

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del catálogo en línea, página web y Repositorio Institucional del CRAI-USTA, así como en las redes sociales y demás sitios web de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor, nunca para usos comerciales.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-USTA
Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

Evaluación de los cambios estructurales de la lima Primary del sistema Wave One Gold sometidos a procesos de esterilización química y por calor húmedo.

Cristóbal Enrique Suarez Chinchia y Andrés Felipe Osorio Mendoza

Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Endodoncia

**Director:
Daniel Vivas
Especialista en Endodoncia**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga
División de Ciencias de la Salud
Facultad de Odontología
Especialización de Endodoncia
2021**

Tabla de Contenido

1. Introducción	9
1.1 Planteamiento del Problema	10
1.2 Justificación	11
2. Marco Teórico.....	12
2.1 Aleaciones de Acero Inoxidable	13
2.2 Estructuras de los instrumentos de Níquel Titanio	13
2.2.1. Fase R.....	14
2.2.2. M – Wire.....	14
2.2.3. T – Wire.....	14
2.2.4. Memoria Controlada: (CM).	14
2.2.5. Mecanizada por Descarga Eléctrica (EDM).	14
2.2.6. Blue Wire.....	15
2.2.7. Gold Wire.....	15
2.2.8. Max Wire.....	15
2.2.9 Super Elasticidad.....	15
2.3 Componentes de las limas de Níquel – Titanio	15
2.4 Lima Wave One Gold	16
2.5 Protocolo de Uso de lima Wave One Gold recomendado por la casa fabricante	16
2.6 Conceptos y definiciones Esterilización	17
2.7 Transmisión de infecciones durante la consulta odontológica	18
2.7.1. Enfermedades transmisibles en la práctica odontológica.....	18
2.8 Clasificación de los instrumentos odontológicos.....	18
2.8.1 Clasificación de Spaulding	18
2.9 Niveles de los desinfectantes	18
2.10 Métodos De Esterilización.....	19
2.10.1. Métodos Físicos.....	19
2.10.2. Métodos Químicos.....	19
2.11 Etapas del proceso de esterilización	20
3. Objetivos	20
3.1 Objetivo General	20
3.2 Objetivos Específicos.....	20
4. Métodos.....	21
4.1 Tipo de Estudio	21
4.2 Selección y descripción de participantes población.....	21
4.2.1 Población.....	21
4.2.2 Muestra y Tipo de Muestra:	21
4.2.3 Criterios de Inclusión:.....	21
4.2.4 Criterios de Exclusión:.....	21
4.3 Variables	21
4.4 Instrumento	22
4.5 Procedimiento	22
4.6 Plan de Análisis Estadísticos	24
4.6.1 Plan de Análisis Univariado.....	24
4.6.2 Plan de Análisis Bivariado.....	24

4.7 Implicaciones Bioéticas	24
4.8 Hipótesis	24
4.9 Prueba piloto	25
5. Resultados	25
6. Discusión.....	30
7. Limitaciones.....	31
8. Conclusión	32
9. Recomendaciones	32
Referencias bibliográficas.....	33

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Métodos</i>	20
Tabla 2. <i>Variables</i>	21
Tabla 3. <i>Análisis Univariado</i>	28
Tabla 4. <i>Alteración de las limas asociadas al tipo de Esterilización</i>	29

Tabla 5. <i>Alteración de las limas asociado a usos del Instrumento</i>	29
---	----

Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Dientes naturales estandarizados a 16mm	22
<i>Figura 2.</i> Fotografía lima Primary Esterilizada con calor húmedo después de 19 ciclos de esterilización.	23

<i>Figura 3.</i> Fotografía lima Primary esterilizada con método químico después de 19 ciclos de esterilización.	23
<i>Figura 4.</i> Fotografía lima Primary Grupo Control	24
<i>Figura 5.</i> Corrosión y estiramiento de las estrías en lima Primary esterilizada con Calor húmedo después de 19 ciclos de esterilización.....	26
<i>Figura 6.</i> Corrosión y estiramiento de las estrías en lima Primary esterilizada con método químico después de 19 ciclos de esterilización.....	26
<i>Figura 7.</i> Presencia de Grietas en la parte activa de Limas Primary en tercio entre D11 y D16 esterilizadas con calor húmedo.	26
<i>Figura 8.</i> Presencia de Grietas en la parte activa de Limas Primary en tercio entre D11 y D16 esterilizadas con método químico.....	27
<i>Figura 9.</i> Fotografía lima Primary esterilizada por calor húmedo fracturada en tercio entre D0 y D5 después de 16 ciclos de esterilización.....	27
<i>Figura 10.</i> Fotografía lima Primary esterilizada con método químico fracturada en tercio entre D0 y D5 después de 17 ciclo de esterilización.	28

Resumen

Las limas de Nique Titanio (NiTi) ofrecen una mayor elasticidad y adaptación a la morfología de los conductos radiculares permitiendo realizar una mejor preparación y conformación de este sistema, Recientemente se introdujeron en el mercado instrumentos NiTi con tratamiento térmico y movimiento reciprocante con lo es el sistema WaveOne Gold (WOG) (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, EE. UU), estos instrumentos cuentan con la capacidad de brindar mejor resistencia a la fatiga cíclica y la torción, que junto a su alto coste han llevado a la reutilización de estos y ser sometidos a procesos de esterilización. El objetivo de esta investigación es describir los cambios estructurales macroscópicos de las limas Primary del sistema Wave One Gold sometidas a procesos de esterilización química y por calor húmedo, luego de realizar diferentes ciclos de instrumentación en dientes naturales. **Materiales y métodos:** Se utilizaron 22 limas Primary (25/07) del sistema Wave One Gold (Dentsply, Maillefer, Suiza), Las cuales fueron asignadas aleatoriamente en 3 diferentes grupos, Grupo I, Grupo II y Grupos III grupo control, Todas las limas fueron sometidas a un proceso de instrumentación y posterior ciclo de esterilización de acuerdo con el grupo asignado, posterior mente fueron fotografiadas con la cámara digital (6D EOS Mark II, Cannon) y lente macro de 100mm (EF 100mm /FLLS USM Macro Lens, Cannon) para ser evaluadas. **Resultados:** obtenidos evidenciaron alteraciones en el 100% de las muestras después de instrumentar un promedio de 20 conductos por lima en cada grupo y realizar el correspondiente ciclo de esterilización química o por calor húmedo. Dichos cambios fueron observados en 19 (95,0%) instrumentos. principalmente entre los usos 16-20. **Conclusión:** Todas las limas Primary del sistema Wave One Gold analizada en este estudio presentaron cambios estructurales después de las instrumentar un promedio de 20 conductos y 19 ciclos de esterilización, independientemente del método de esterilización realizado.

Palabras clave: cambios estructurales, wave one gold, esterilización, Niti.

Abstract

Nickel Titanium (NiTi) files offer greater elasticity and adaptation to the morphology of root canals, allowing better preparation and shaping of this system. NiTi instruments with heat treatment and reciprocating movement were recently introduced on the market with the WaveOne Gold (WOG) system (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA), these instruments have the ability to provide better resistance to cyclical fatigue and twisting, which together with their high cost have led to reuse of these and be subjected to stylization processes. The objective of this research is to describe the macroscopic structural changes of the Primary files of the Wave One Gold system subjected to chemical and moist heat sterilization processes, after performing different cycles of instrumentation on natural teeth. **Materials and methods:** 22 Primary files (07/25) of the Wave One Gold system (Dentsply, Maillefer, Switzerland) were used, which were randomly assigned in 3 different groups, Group I, Group II and Groups III control group, All the Files were subjected to an instrumentation process and subsequent sterilization cycle according to the assigned group, then they were photographed with a digital camera (6D EOS Mark II, Cannon) and a 100mm macro lens (EF 100mm / FLLS USM Macro Lens, Cannon) to be evaluated. **Results:** obtained showed alterations in 100% of the samples after instrumenting an average of 20 canals per file in each group and carrying out the corresponding cycle of chemical or humid heat sterilization. These changes were observed in 19 (95.0%) instruments. mainly between uses 16-20. **Conclusion:** All Primary files of the Wave One Gold system analyzed in this study showed structural changes after instrumenting an average of 20 canals and 19 sterilization cycles, regardless of the sterilization method performed.

Keywords: structural changes, wave one gold, sterilization, Niti.

1. Introducción

La aleación de níquel – titanio (NITI) fue descubierta por Buehler y colaboradores en el laboratorio de artillería naval estadounidense en 1963. Fue hasta 1988 que la implementación y fabricación de instrumentos de NiTi en el área de endodoncia permitió el perfeccionamiento y creación de nuevos instrumentos endodónticos, los cuales aparecieron como nuevos modelos a la hora de preparar e instrumentar el sistema de conductos radiculares. La conformación del conducto radicular es uno de los pasos más importante y determinante del éxito o fracaso de la terapia endodóntica. (1)

Las limas de NiTi ofrecen una mayor elasticidad y adaptación a la morfología de los conductos radiculares permitiendo realizar una mejor preparación y conformación de este sistema. Esto se ha logrado, gracias a las características mecánicas y físicas que presenta la aleación de estos instrumentos, la cual le proporciona una mayor flexibilidad, un mejor corte y permite una resistencia mayor a la fractura. (2)

Los instrumentos de NiTi han mostrado un rendimiento clínico superior con respecto a las limas de acero inoxidable, convirtiéndolos en los instrumentos de elección por parte de los endodoncistas a la hora de realizar la preparación de los conductos radiculares. Sin embargo, aunque estos instrumentos, presenten mejores propiedades con respecto a las limas de acero inoxidable, la separación repentina es un defecto importante que presentan aun sin características visibles de daño. Esta separación se atribuía a fatiga cíclica o por torsión. (3)

La separación por fatiga cíclica se produce cuando se somete la lima a fuerzas y tensiones repetitivas (4). Por su parte, la separación por torsión ocurre cuando la punta del instrumento se traba en el interior del conducto y el motor sigue rotando, lo cual conlleva a que supere su límite elástico y se fracture (5).

Las nuevas aleaciones y los diferentes tratamientos térmicos utilizados en los instrumentos de NiTi por parte de las diferentes casas comerciales, han mejorado la resistencia a la separación por fatiga cíclica al brindarle mayor flexibilidad y resistencia(4). Las limas Wave One Gold (Dentsply Maillefer), presentan una sección transversal rectangular, un alambre Gold sometido a tratamiento térmico y presentan una conicidad variable (6).

Estas características de mejoramiento, y el alto costo que presentan han promovido el uso repetitivo de los instrumentos de NiTi, aumentando el riesgo de separación por fatiga cíclica. Esta práctica de reutilizar los instrumentos es altamente común en el ámbito de la endodoncia, a pesar de que se recomiendan por parte de la casa comercial utilizarlas 1 vez (6).

El reúso de los instrumentos implica utilizar mecanismos de esterilización y/o desinfección que permitan realizar su uso de manera segura entre paciente y paciente. El método más utilizado descrito en la literatura científica para la esterilización es la esterilización física por calor, que implica la utilización de autoclaves que alcanzan altas temperaturas. Este proceso ha generado dudas y diferentes discrepancias, sobre el efecto que pueden generar en las propiedades mecánicas y físicas de los instrumentos de níquel –titanio (7).

Alazemi y colaboradores (2015), manifiestan que el proceso de esterilización ayuda a que la lima recupere su forma y aumente su resistencia a la fatiga cíclica (8). Mientras que otros autores, como Dioguardi y colaboradores (2019), manifiestan que los procesos de esterilización pueden repercutir sobre las resistencias a la fatiga cíclica, fractura por torsión y el corte de las limas endodónticas (7).

Teniendo en cuenta lo mencionado, el objetivo de este estudio es evaluar los cambios estructurales macroscópicos que se presentan en las Limas Primary del sistema Wave One Gold (Dentsplay Maillefer), después de ser utilizadas en dientes naturales unirradiculares y sometidas a diferentes procesos de esterilización.

Para dar cumplimiento al objetivo, el presente trabajo se organizó en primera instancia, presentando el planteamiento del problema, en el cual se expone como el alto costo de las limas endodónticas de NITI conllevan a la reutilización por parte de los especialistas en endodoncia en muchos países, en especial en aquellos en vía de desarrollo.

En el segundo apartado de este trabajo, se expone el marco teórico el cual plasma el estado del arte actual de los instrumentos de NITI, realizando un relato histórico desde su inicio hasta las últimas evoluciones, así como los procesos de esterilización utilizados en la endodoncia contemporánea y como estos procesos pueden influir en las alteraciones estructurales de las limas.

En el tercer apartado se presenta los objetivos de este trabajo y seguimiento en el proceso metódico cuantitativos que se desarrollan mediante la aplicación de técnicas de observación de corte transversal, entre las cuales están: el análisis macroscópico de las superficies estructurales de las limas primary del sistema Wave One Gold sometidas a dos procesos de esterilización, con un posterior análisis de la información que permitan determinar cómo los procesos de esterilización afectan estructuralmente las superficie de las limas primary.

En el cuarto apartado se presenta los resultados obtenidos en el presente trabajo, los cuales muestran que las limas primary del sistema Wave One Gold, son afectadas negativamente a los ciclos de esterilización independientemente del método utilizado.

1.1 Planteamiento del Problema

Uno de los objetivos principales de la terapia endodóntica es la disminución de la carga bacteriana y sus desechos depositados dentro del conducto radicular. Se ha evidenciado que una correcta conformación, limpieza y desinfección disminuye significativamente las bacterias dentro del conducto radicular (9). Las limas de NiTi permiten la conformación de los conductos radiculares de manera eficiente. Junto con una buena irrigación y obturación, ayudan a la efectividad y seguridad de los tratamientos endodónticos (2). Sin embargo, el alto costo de las limas endodónticas hace que en muchas ocasiones y en muchos países, los especialistas tengan que esterilizarlas para poder utilizarlas en diferentes pacientes.

Actualmente se esterilizan las limas por dos métodos: por esterilización física con calor húmedo a través de autoclave y través de diferentes soluciones químicas como el Glutaraldehído. Estos procesos de esterilización tienen un efecto diferente en las estructuras de las limas, por lo que es importante identificar los posibles cambios que ocurren al momento de reutilizar los instrumentos de NiTi.

Durante la conformación del conducto radicular, las limas endodónticas entran en contacto con la dentina, sangre, saliva, tejido necrótico, bacterias y patógenos. Por lo tanto, estos instrumentos endodónticos dentro del conducto son fácilmente contaminables, y facilitan el intercambio de este material a otros pacientes. Estas condiciones hacen que las limas endodónticas, actúen como vectores para la transmisión de microorganismos patógenos o enfermedades (10). Por tal motivo las limas de NiTi deben pasar por procesos de esterilización antes y después de utilizarlas en los pacientes (11).

Sheth y colaboradores (2017) afirman que la esterilización en autoclave es el proceso más eficaz para lograr una correcta desinfección y eliminación de microorganismos de los instrumentos de uso odontológico (11). Este proceso de esterilización somete a los instrumentos a altas temperaturas y produce una serie de cambios en las fases cristalográficas de las limas de NiTi (12).

Razavian y colaboradores (2016), afirman que estos cambios de temperatura ayudan a mejorar las propiedades físicas de los instrumentos, aumentando la resistencia a la fatiga cíclica y mejorando el corte (13).

Thompson y colaboradores (2000), afirmaron que las aleaciones de NiTi al someterlas a calor luego de una deformación, les permite volver a su forma original otorgándole la característica de memoria de forma (14). Dichas afirmaciones fueron refutadas por Dioguardi y colaboradores (2019) en su investigación en donde concluyeron que estos procesos de esterilización en autoclave pueden afectar la estructura interna de las limas y debilitarlas. Esto puede ocasionar fracturas en el interior del conducto radicular(7).

Por su parte, Nóvoa XR y colaboradores (2017), afirmaron que los instrumentos de NiTi al someterse a sustancias como el NaOCL, pueden minimizar la corrosión dependiendo del pH. Sustancias como el glutaraldehído se presentan con un pH ácido de 4, pero se neutralizan con bicarbonato de sodio hasta alcanzar un pH de 7.5 o 8.5.(15).

Las limas Wave One Gold (Dentsply Maillefer®), presentan nuevas aleaciones y diferentes tratamientos térmicos que ayudan y mejoran sus características físicas y le brindan mayor resistencia a la fractura (16).

A pesar de todas estas mejoras en las aleaciones de los instrumentos de NiTi, siguen presentando grandes porcentajes de fractura que generan complicaciones para los profesionales (11). Estos aspectos motivan a profundizar en los aspectos relacionados con la esterilización que puedan intervenir en los cambios estructurales de las limas de NiTi y la consecuente separación del instrumento para de esta manera poder controlar los posibles factores que puedan aumentar los riesgos de fractura de las limas endodónticas.

En base a lo anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación, *¿Cuáles son los efectos macroscópicos que la esterilización química y/o por calor húmedo ejercen en el componente estructural de las limas Wave One Gold (Dentsply Maillefer®) luego de recibir múltiples ciclos de esterilización?*

1.2 Justificación

Los procesos de esterilización permiten la eliminación de microorganismos, material orgánico e inorgánico de los diferentes instrumentos de uso odontológico reusables en los pacientes. En los instrumentos de uso endodónticos, el proceso de esterilización más eficaz reportado en la literatura es la autoclave, el cual utiliza altas temperaturas, para lograr la ausencia absoluta de gérmenes en los instrumentos endodónticos (17).

Las limas de NiTi son instrumentos reutilizables en muchos países, aunque la recomendación por el fabricante diga que son de uso único (7). Esto obliga a someter estos instrumentos a exigentes controles de esterilización, para evitar infecciones cruzadas en los pacientes (18). Este fenómeno de reutilizar las limas de uso endodóntico obliga a investigar, evaluar y conocer que efecto produce en el componente estructural de estos instrumentos los diferentes procesos de esterilización (18).

El sistema de limas Wave One Gold (Dentsply Maillefer), presenta una sección transversal rectangular, una conicidad variada, un alambre Gold, modificaciones geométricas y estructurales que le brindan mejores características físicas obtenidas durante su proceso de fabricación. Este proceso de fabricación consta de someter a la lima a un tratamiento térmico, donde se realiza un calentamiento rápido y un proceso de enfriamiento lento. Este proceso le brinda su aspecto dorado a la lima.(16)

Aunque las nuevas aleaciones, tratamientos térmicos y diferentes secciones transversales, han mejorado la resistencia a la fractura de los instrumentos de NiTi, estos todavía siguen presentando grandes porcentajes de separación durante el tratamiento. Ya sea por fractura por fatiga cíclica o por torsión, estos instrumentos son altamente propensos a separarse. (19)

La corrosión es uno de los acelerantes para que la fractura de las limas de NiTi se produzca más rápido. Sustancias desinfectantes como el hipoclorito de sodio, la esterilización por autoclave, u otras sustancias de desafección utilizadas se asocian a la presencia o aparición de corrosión en las limas de uso endodóntico. Este proceso corrosivo en el instrumento afecta su estructura interna y por ende afecta su funcionamiento y disminuye su resistencia a la fractura (20).

Si bien es cierto que la corrosión aumenta el riesgo de la separación de los instrumentos mediante el presente estudio se dará a conocer mediante la toma de fotografías, los efectos macroscópicos que los procesos de esterilización producen en la estructura de las limas Primary Wave One Gold (Dentsply Maillefer), luego de pasar por procesos de esterilización química y mediante autoclave.

Además, concederá conocimiento acerca los cambios y modificaciones que experimente la lima dependiendo del tipo de esterilización utilizada y también establecer y aclarar a todos los profesionales, que medio de esterilización produce mayor daño estructural y por ende mayor riesgo de separación del instrumento.

Esta investigación brindará herramientas para disminuir riesgos por parte del especialista de separar los instrumentos, teniendo en cuenta que proceso de esterilización afecta más la estructura macroscópica de las limas de NiTi en el tratamiento endodóntico(21).

2. Marco Teórico

Durante mucho tiempo los instrumentos convencionales de acero inoxidable fueron el Gold estándar en la instrumentación endodóntica, con la llegada de los instrumentos de NiTi se desarrollaron instrumentos más seguros y eficientes, estos se llevaron a cabo gracias a una nueva aleación inteligente descubierta en los laboratorios de la marina estadounidense (Naval Ordnance Laboratory) mientras buscaban un material resistente al agua y a la sal para el uso en la fuerza naval estadounidense. El nombre de la aleación fue NITINOL, que desglosada representa Ni (Niquel), Ti (Titanio) y NOL (Naval Laboratory). Esta nueva aleación proporciona mayor elasticidad y resistencia a la fatiga cíclica. El uso de esta aleación en el campo de la endodoncia se remonta al año 1988 cuando Walia y colaboradores compararon la resistencia a la fractura de limas de acero inoxidable y limas de NiTi (22).

Con los años los instrumentos de NiTi fueron accionados por motor y han aparecido en la endodoncia como medio para proporcionar una mejor preparación y conformación de los conductos radiculares. (23) Entre sus ventajas con respecto a la instrumentación manual encontramos la capacidad de producir una mayor conicidad del conducto, menor tiempo de trabajo

durante la preparación, una mayor eliminación de tejido dentinal, calentar el irrigante y producir una turbulencia y agitación de este durante la rotación del instrumento (23).

Estos motores que accionaban los instrumentos aparecieron por primera vez en 1899 con un número de revoluciones de 100 rpm. Fue hasta 1964 con el lanzamiento del contra ángulo Giromatic (MicroMega) donde estos sistemas tuvieron gran acogida en el campo de la odontología (22)

Estos sistemas accionados por motor presentan dos tipos de rotación, rotación continua y rotación recíproca. Los motores de rotación continua giran en sentido horario a una velocidad y torque constante. Los motores de rotación recíproca a diferencia de la rotación continua giran en sentido antihorario y en sentido horario. En sentido antihorario corta y en sentido horario libera el instrumento. Estas características generan mayor resistencia a la fatiga cíclica y alivia el estrés del instrumento (23).

Además, gracias a las nuevas aleaciones de las limas endodónticas los sistemas reciprocantes brindan el concepto de lima única para la preparación del conducto radicular. Esto permite disminuir el número de instrumentos utilizados durante los procesos de preparación y conformación, disminuir los riesgos de contaminación cruzada al intercambiar las limas y disminuir el riesgo de extrusión apical. (24)

2.1 Aleaciones de Acero Inoxidable

Son aleaciones compuestas de hierro mezcladas con un 12% de cromo. El cromo le proporciona la protección a la aleación cuando esta entra en contacto con agentes agresivos como soluciones a base de cloro. Esta protección se logra al crear una película de cromo impermeable en la superficie del instrumento. (25)

Este tipo aleación utilizada para fabricar instrumentos endodónticos son basados para su elaboración en la especificación número 29 de la ANSI/ADA de 1976. Se caracteriza por ser aleaciones inoxidable austeníticas de la serie AISI (American Iron and Steel Institute) 30, 302 y 303. Además, presentan buena resistencia a la corrosión, resistencia a la fractura, tenacidad y dureza. (25)

2.2 Estructuras de los instrumentos de Níquel Titanio

Las limas de NiTi están compuestas por un 56% de Níquel y un 44% de Titanio, de las cuales han experimentado diferentes transformaciones en su aleación que han mejorado las características físicas de las limas. Actualmente se encuentran aleaciones de NiTi convencional, alambre fase R, alambre fase M, alambre CM, Gold, Blue, EDM y Max Wire.(26)

La fase interna de las limas de NiTi están compuesta por dos fases austenita y martensita. La austenita es la fase madre, con características de dureza pero que a la vez le permite al instrumento recuperar la forma original una vez que se elimine la fuerza que lo deforma. La fase martensítica es la fase hija, que le permite al instrumento tener un comportamiento plástico, el cual una vez se elimine la fuerza que lo deforma, el instrumento mantiene la forma que tuvo al deformarse. (26)

La creación de una nueva fase cristalográfica les confirió nuevas propiedades a los instrumentos de NiTi. Esta fase se conoce como la fase R o pre martensítica, la cual se caracteriza por ser una

fase anterior a la martensítica. Esta fase permite que el instrumento vuelva a una fase austenita al someterlas a calor. (26)

2.2.1. Fase R. Este tipo de aleación fue desarrollada a partir de someter los instrumentos de NiTi convencional a diferentes procesos térmicos de enfriamiento y calentamiento. Este proceso de cambios de temperatura en el instrumento permitió la creación de una fase cristalográfica llamada Estructura Cristalina Romboédrica (Fase R), la cual permitía la fabricación de estos instrumentos de Níquel Titanio por torsión. (25,27)

Estos instrumentos presentan unas características especiales como menor resistencia a la deformación elástica, lo cual se traduce en el instrumento como mayor flexibilidad y menor rigidez. Además, presenta una mayor resistencia la fractura por fatiga cíclica. (27,28)

2.2.2. M – Wire. Esta aleación se obtiene gracias a tratamientos térmicos específicos, los cuales permiten que la martensita esté presente en la composición estructural de la aleación.(27,28)

Entre las características que ofrece esta aleación encontramos mayor flexibilidad del instrumento y mayor resistencia a la fatiga cíclica.(27,28)

2.2.3. T – Wire. Es una aleación fabricada bajo un tratamiento térmico que le ofrece características de mayor flexibilidad, mejor corte, mejor remoción de debris y mayor resistencia a la fractura por fatiga cíclica y por torsión.(27,28)

2.2.4. Memoria Controlada: (CM). Son aleaciones fabricadas con un proceso único y detallado que permite controlar la memoria de forma del material. (25)Esto le permite al instrumento adaptarse a la anatomía del conjunto de sistemas de conductos radiculares presentes en los dientes y así reducir el riesgo de crear escalones, trasportación apical y perforaciones radiculares al momento de la instrumentación del conducto radicular.(27,28)

Durante su acción de trabajo en el interior del conducto radicular este tipo de instrumento distorsiona sus hélices cortantes para disminuir la adherencia a las paredes del conducto. Esta característica le ofrece a la aleación una mayor resistencia a la fractura por torsión al no quedarse entorchada en el interior del conducto radicular. (27,28)

Esta distorsión generada en las hélices de corte del instrumento se puede revertir y recuperar su forma original al someter el instrumento a altas temperaturas como al momento de esterilización con autoclave. Esta distorsión de las hélices de corte del instrumento siempre debe ser en sentido derecha a izquierda. En casos donde la distorsión sea de izquierda a derecha la lima se debe descartar. (27,28)

Entre las mejoras presentadas por esta aleación encontramos mayor flexibilidad y resistencia la fractura por fatiga cíclica o por torsión.(27,28)

2.2.5. Mecanizada por Descarga Eléctrica (EDM). Es una aleación fabricada con alambre CM el cual es sometido a un proceso de mecanizado por descarga eléctrica. Este proceso permite un corte exacto del instrumento durante su fabricación ofreciéndole una superficie con menos irregularidades y más compacta. (27,28)

Entre las ventajas de esta aleación está una mayor resistencia a la fractura por fatiga cíclica y por torsión, una preparación centrada del conducto, un mejor corte y mayor dureza. Esta característica de dureza del instrumento se logra gracias al proceso de fabricación por descarga eléctrica. Radwański M y colaboradores 2018 concuerdan en esta teoría y le atribuyen esa mayor

dureza al proceso de fabricación a pesar de que los instrumentos EDM comparados con otras aleaciones (CM, NiTi convencional) tienen una menor cantidad de austenita en su estructura interna. (27,28)

2.2.6. Blue Wire. Son instrumentos fabricados a partir de un proceso de calentamiento y enfriamiento, el cual produce en la superficie externa de la lima una capa de óxido de titanio que le confiere al instrumento su color azul característico.(27,28)

Entre las características que presenta esta aleación esta mayor flexibilidad, memoria controlada, ductilidad, mayor resistencia a la fatiga cíclica y por torsión.(27,28)

2.2.7. Gold Wire. Al igual que los instrumentos endodónticos fabricados con alambre Blue Wire, esta aleación también es sometida a un proceso de calentamiento y enfriamiento durante su proceso de fabricación. Este proceso le ofrece a la lima su característica dorada.(27,28)

Entre sus características está mayor flexibilidad, memoria controlada, ductilidad, mayor resistencia a la fatiga cíclica y fractura por torsión. (27,28)

2.2.8. Max Wire. Es el primer sistema de limas endodónticas, el cual ofrece características de memoria de forma y súper elasticidad en una misma lima. En su fase martensítica, estos instrumentos son rectos y en su fase austenítica son curvos. (27,28)

Entre las características que ofrece esta aleación se encuentra súper elasticidad, memoria de forma, mayor resistencia a la fatiga cíclica, adaptación a la morfología del conducto y mayor resistencia a la fractura por torsión.(27,28)

2.2.9 Super Elasticidad. la propiedad super elástica se debe a que la fase la austenita se transforma en martensita, La deformación permanece constante durante esta transformación hasta que toda la masa de NiTi se ha convertido a la forma de martensita a un punto reversible. (29)

2.3 Componentes de las limas de Níquel – Titanio

- **Superficie Radial:** Permite una superficie de contacto entre la pared del conducto radicular y la lima, lo cual al girar el instrumento propicia el ensanchamiento del conducto radicular y disminuye el riesgo de fractura.(30)

- **Alivio de la Superficie Radial:** Disminuye la fricción del instrumento al proporcionar un área de menor contacto con la dentina.(30)

- **Ángulo Helicoidal:** Formado por la superficie de corte del instrumento y la pared de dentina. A mayor ángulo helicoidal mayor corte del instrumento. (30)

- **Diseño de la Punta:** Las limas endodónticas pueden presentar puntas inactivas, semi activas y activas.(30)

- **Taper:** Es el aumento del diámetro del instrumento.(30)

- **Diámetro:** Radio al cuadrado.(30)

- **Angulo de ataque:** Borde cortante que toca la dentina. (30)

- **Pitch:** Es la distancia que existe entre estría y estría. (30)

- **Sección Transversal:** Es la forma que presenta la lima cuando se realiza un corte transversal. (30)

- **Profundidad de la estría:** Define la fortaleza y flexibilidad del instrumento. (30)

- **Área de escape:** área que permite la eliminación de dentina.(30)

2.4 Lima Wave One Gold

Las limas Wave One Gold están conformadas en diferentes tamaños, Small, Primary, médium y Large. Estas limas presentan una sección transversal en forma de paralelogramo, una conicidad variable y un alambre Gold. Estas características y nombre del alambre surgen del tipo y procesos de fabricación que es sometida la lima. (26)

Al proceso de fabricación maquinado de la lima se le suman nuevas tecnologías que juegan a favor de las características del instrumento. Las limas Wave One Gold presentan un tratamiento térmico donde se realiza un calentamiento rápido y un proceso de enfriamiento lento. Este proceso le brinda su aspecto dorado a la lima. (21)

Este tipo de alambre le ofrece al instrumento una mayor flexibilidad, mayor resistencia a la fatiga torsional y física, buen corte y menor fricción durante la preparación y conformación del conducto y mejor comportamiento en la preparación de raíces curvas. (26)

El mecanismo de funcionamiento de estas limas es mediante rotación recíproca realizando movimientos antihorarios y movimientos horarios, estas limas alcanzan los 360° en tres movimientos, gracias a que la rotación antihoraria es mayor que la horaria, la lima puede avanzar en dirección al ápice. Este mecanismo permite realizar el corte de las paredes del conducto en sentido antihorario y liberar el instrumento de las paredes del conducto en sentido horario. (26) Además este sistema brinda la opción de lima única que permite acortar los tiempos de preparación y conformación de los conductos radiculares, reduce el estrés de la lima y aumenta la resistencia a la fatiga cíclica y a la fatiga por torsión al destrabar la lima al bloquearse en el conducto radicular. (26)

2.5 Protocolo de Uso de lima Wave One Gold recomendado por la casa fabricante

Limas de conformación Wave One Gold: Inicie siempre el proceso de conformación con la lima Primary Wave One Gold en presencia de hipoclorito de sodio.(31)

Evaluación radiográfica: revise radiografías tomadas desde diferentes ángulos del plano horizontal para determinar la anchura, la longitud y la curvatura del conducto radicular; preparación del acceso: cree un acceso en línea recta al orificio de entrada del conducto, teniendo presente la conicidad y el acabado de las paredes axiales internas. (31)

Precauciones: Irrigue abundante y frecuentemente después de retirar cualquier lima, retire la lima si no avanza con facilidad, limpie e inspeccione las espiras cortantes, irrigue, recapitule con una lima K del calibre 10 y vuelva a irrigar. Realice un movimiento de picoteo suave hacia dentro, con avances de poca profundidad, para avanzar pasivamente con la lima a lo largo de una vía de deslizamiento suave y reproducible.(31)

Determinar la longitud de trabajo con una radiografía preoperatoria (obligatoria) y un localizador de ápice, confirmar la permeabilidad y verificar que existe una vía de deslizamiento reproducible y suave hasta un tamaño en el que quepa holgadamente una lima manual de calibre 10, Irrigue y con una suave presión hacia dentro, dejar que la lima Wave One Gold avance pasivamente por las regiones protegidas del conducto. Usar la lima en una o varias pasadas hasta

alcanzar toda la longitud de trabajo, irrigar la vía de deslizamiento expandida, recapitular y volver a irrigar; volver a confirmar la longitud de trabajo.(31)

En conductos más restringidos, utilizar una lima manual del calibre 10 en cualquier región del conducto para crear la vía de deslizamiento, expandir dicha vía hasta al menos 0,15 mm utilizando una lima manual o mecánica específica, como PathFile, ProGlider o la lima específica Wave One Gold Glider, iniciar siempre el proceso de conformación con la lima Primary (025/07 roja) aplicando hipoclorito de sodio (NaClO). Aplicar una leve presión hacia dentro y hacer avanzar la lima Primary pasivamente por cualquier zona del conducto donde se haya verificado una vía de deslizamiento, tras haber conformado 2-3 mm del conducto, retirar y limpiar la lima Primary, irrigar, recapitular con una lima manual del calibre 10 y volver a irrigar; continuar con la lima Primary y hacer 2 o 3 pasadas para llevar a cabo un ensanchamiento previo de los dos tercios corales del conducto, efectuar un movimiento de cepillado hacia el exterior para eliminar interferencias corales o para mejorar los resultados de conformación en conductos que presenten secciones transversales irregulares.(31)

En conductos más restringidos, utilizar una lima manual del calibre 10 y aplicar gel quelante para continuar hasta el término del conducto, utilizar esta lima con suavidad hasta que quede completamente suelta en toda su longitud, establecer la longitud de trabajo, confirmar la permeabilidad apical y verificar la vía de deslizamiento. Luego expandir dicha vía hasta al menos 0,15 mm utilizando una lima de vía de deslizamiento manual o mecánica, hacer avanzar la lima Primary hasta la longitud de trabajo completa en una o más pasadas.(31)

Al alcanzar dicha longitud, retirar la lima para evitar agrandar el foramen en exceso. Inspeccionar las espiras apicales; si están llenas de restos de dentina, significa que la conformación está acabada. Si la lima Primary no avanza, utilizar la lima Small (020/07 amarilla) en una o más pasadas hasta la longitud de trabajo y, a continuación, utilizar la lima Primary hasta la longitud de trabajo para optimizar la forma. Una vez confirmada la forma, continúe con los protocolos de desinfección. Si la lima Primary está suelta a la longitud dada y no hay restos de dentina en las espiras apicales, continuar la conformación con la lima Medium (035/06 verde) o Large (045/05 blanca) hasta que se llenen las espiras apicales.(31)

2.6 Conceptos y definiciones Esterilización

- **Bioseguridad:** Son las medidas preventivas destinadas a mantener el control de los factores que ponen en riesgos la integridad de los profesionales en salud procedentes de agentes biológicos, físicos o químicos.(32,33)
- **Asepsia:** Es la ausencia de microorganismos que pueden causar enfermedad. Este concepto incluye la preparación del equipo, la instrumentación y el campo de operaciones mediante los mecanismos de esterilización y desinfección (32,33)
- **Descontaminación:** Proceso de liberación de un objeto de una sustancia contaminante como la suciedad, material infectante.(32,33)
- **Desinfección:** Es la disminución de los microorganismos en un área mediante el uso de agentes físicos o químicos para eliminar, inactivar o destruir los agentes patógenos de modo que ya no son capaces de transmitir partículas infecciosas (32,33)
- **Antisepsia:** es el proceso que, por su baja toxicidad, se utiliza para la destrucción de microorganismos presentes sobre la superficie cutáneo-mucosa. Este término tampoco implica la destrucción de todas las formas de vida.(32,33)

- **Estéril:** es la ausencia de todo microorganismo vivo. (32,33)
- **Esterilización:** Es el proceso mediante el cual se alcanza la ausencia de todas las formas de vida microbianas, incluyendo bacterias, esporuladas, hongos y virus. (32,33)

2.7 Transmisión de infecciones durante la consulta odontológica

La transmisión de patógenos infecciosos dentro de las instituciones prestadoras de servicio de salud puede darse diferentes modelos de transmisión, pueden ser transmisión por contacto directo, transmisión por contacto indirecto y la transmisión por aerosoles o salpicaduras. (29)

2.7.1. Enfermedades transmisibles en la práctica odontológica. Durante el desempeño clínico de la odontología se ha demostrado que se puede adquirir y propagar con facilidad las siguientes enfermedades. (34)

Causadas por virus. Hepatitis b, hepatitis a, hepatitis c, herpes simple, herpes zoster, mononucleosis infecciosa, sarampión, rubeola y sida (34)

Causas por bacteria. Neumonía, infección por Staphylococcus, Streptococcus, pseudomonas y aquellas enfermedades de transmisión sexual. (34)

2.8 Clasificación de los instrumentos odontológicos

2.8.1 Clasificación de Spaulding

- **Críticos:** son los instrumentos que entra en contacto directo con los tejidos blandos, tejidos duros, fluidos corporales y sangre del paciente, incluyendo áreas estériles del mismo. Estos dispositivos son exploradores, espejos, agujas de anestesia, hojas de bisturí, fresas para cirugía, agujas de sutura, instrumental de cirugía, instrumental de endodoncia, instrumental de periodoncia. Este tipo de material debe ser obligatoriamente esterilizado y descartado en los casos que sea posible. (35)

- **Semicríticos:** Instrumental que no entra en contacto directo con los tejidos del paciente, sin embargo, está en contacto con la mucosa y los fluidos orales del mismo. Como son los espejos, condensadores, turbina y micromotor, jeringa triple, instrumental de diagnóstico, instrumental de operatoria, instrumental protésico, instrumental de ortodoncia, material de laboratorio. Estos dispositivos deben esterilizarse después de cada uso. Si la esterilización no es factible porque el instrumento será dañado por el calor, éste deberá recibir, como mínimo, una desinfección de alto nivel. (35)

- **No críticos:** son aquellos instrumentos o dispositivos que se encuentran expuestos a contaminarse por aerosoles o por manipulación del operador, paciente o personal auxiliar, pero que no representa un foco infeccioso tales como componentes externos del equipo de Radiología, que sólo entran en contacto con piel intacta. (35)

2.9 Niveles de los desinfectantes

Los desinfectantes se pueden clasificar según su capacidad de producir la inactivación de bacterias, hongos, espores, y virus, alto nivel, medio nivel y bajo nivel. (31)

- **Desinfectantes de alto nivel:** Se caracterizan por actuar sobre los esporos, bacterias, hongos y virus. Produciendo una esterilización química si el tiempo de acción es el adecuado. Se utilizan sobre instrumentos médicos o quirúrgicos termosensibles. (31)
- **Desinfectantes de mediano nivel:** se caracterizan por la destrucción de hongo, virus y bacterias, no tienen la capacidad para eliminar espore. (31)
- **Desinfectantes de bajo nivel:** son aquellos que se caracterizan por que no tienen acción sobre esporas, virus y Mycobacterium tuberculosis. (31)

2.10 Métodos De Esterilización

Los medios de esterilización pueden clasificarse por métodos físicos y químicos. (32,33)

2.10.1. Métodos Físicos. Dentro de los métodos de esterilización físicos encontramos calor húmedo y calor seco. (32,33)

- **Calor Seco:** Es el proceso de esterilización obtenido por altas temperaturas en hornos de aire caliente que distribuyen el calor de manera pareja. Son adecuados para la esterilización de objetos de vidrio o metal, sustancias en polvo y materiales anhidridos. A 160°C, la esterilización toma dos horas y una, a 180°C. (32,33)

- **Calor Húmedo:** Es la esterilización obtenida por vapor saturado bajo presión a altas temperaturas. La norma universal dice que debe usarse a 121°C 1 atm por 20 minutos, el vapor es el medio de esterilización más confiable. Posee un espectro amplio de actividad microbicida y buena capacidad de penetración, mientras que al mismo tiempo es económico y su eficacia es fácil de monitorear. (32,33)

2.10.2. Métodos Químicos. Es el proceso de esterilización fundamentado en la utilización de sustancias químicas que tienen la capacidad de promover reacciones químicas capaces de producir la muerte de los microorganismos. (32,33)

- **Glutaraldehído:** Es un agente químico desinfectante de alto nivel, en concentraciones del 2% es utilizado con fines de esterilización. La duración del tiempo de contacto necesaria para esterilizar es de aproximadamente 10 horas. Tiene un amplio espectro de actividad antimicrobiana, es activo ante la presencia de materia orgánica e inactiva rápidamente los microorganismos, excepto las esporas. Fáciles de usar son relativamente no corrosivos. (32,33)

- **Peróxido De Hidrógeno:** Es el proceso de esterilización con el uso de peróxido de hidrógeno se consigue utilizándolo en concentraciones del 6%, ha demostrado ser esporicida, y muy corrosivo en instrumentales delicados. (32,33)

- **Formaldehído:** La esterilización se consigue a la concentración del 8% por 24 horas de inmersión. El formaldehído ha sido cuestionado en la actualidad debido a su alta toxicidad. (32,33)

- **Ácido Peracético:** Es un agente derivado del peróxido de hidrógeno, manifiesta alta actividad microbiana, en concentraciones altas, es inflamable y que debe ser manipulado con extrema precaución pues constituye una solución muy corrosiva e inestable. (32,33)

- **Óxido De Etileno:** El proceso por el cual el óxido de etileno destruye los microorganismos es por alquilación. Se considera efectiva, si se utilizan equipos que garanticen los parámetros necesarios para la esterilización tales como temperatura, humedad, tiempo de exposición, presión, y concentración del agente. (32,33)

2.11 Etapas del proceso de esterilización

- **Desinfección y Limpieza:** tiene como objetivo la remoción de todo material orgánico e inorgánica adherido al instrumental, es una de las etapas claves en el proceso de esterilización, pues este tipo de materia puede interferir en los métodos de esterilización y de desinfección, ya sea impidiendo el contacto del agente esterilizante o prolongando los tiempos de exposición requeridos para lograr el mismo. (32,33)

- **Lavado y Empacado:** El lavado y empaque del instrumental proporcionan las condiciones que faciliten su manipulación y exposición al agente esterilizante o desinfectante de alto nivel que evite daño o deterioro del material y lo proteja de la exposición del ambiente y microorganismos durante la manipulación una vez finalizada su exposición al método de esterilización. (32,33)

- **Esterilización:** Todos los métodos de esterilización contarán con procedimientos compatibilidad con los materiales a ser esterilizados, condiciones de operación de los equipos, tiempos y procesos de eliminación de residuos del agente esterilizante. (32,33)

- **Almacenamiento:** Garantizan el mantenimiento y preservación de los procesos de desinfección y esterilización, este debe realizarse en superficies planas, bien iluminadas y asépticas. (32,33)

Tabla 1. *Métodos*

MÉTODO	PARÁMETRO	TEMPERATURA	OTRO PARÁMETRO	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
CALOR HÚMEDO (AUTOCLAVE)	Tiempo,	134 °C	Presión 3,1 bar	3 minutos
	Temperatura,	134 °C	Presión 3,1 bar	18 minutos
	Presión del	126 °C	Presión 2,4 bar	10 minuto
	Vapor	121 °C	Presión: 2,0 bar	15 minutos
GLUTARALDEHÍDO	Tiempo,	37- 44 °C	concentración:	6-10 horas
	Temperatura,		2%	
	Humedad			

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Describir los cambios estructurales macroscópicos de las limas Primary del sistema Wave One Gold sometidas a procesos de esterilización química y por calor húmedo, luego de realizar diferentes ciclos de instrumentación en dientes naturales.

3.2 Objetivos Específicos

- Observar mediante la toma de fotografías que cambios estructurales son producidos en las limas Wave One Gold al someterlas a diferentes procesos de esterilización.
- Observar el número de ciclos de instrumentación que puede realizar una lima Primary dependiendo del medio de esterilización utilizado.

- Comparar qué proceso de esterilización afecta más el componente estructural de las limas Wave One Gold.

4. Métodos

4.1 Tipo de Estudio

Es un estudio observacional descriptivo de corte transversal.

4.2 Selección y descripción de participantes población

4.2.1 Población: Limas rotatorias Wave One Gold (Dentsply Maillefer) Primary de 25mm de longitud.

4.2.2 Muestra y Tipo de Muestra: Se incluyeron 22 limas Primary del sistema Wave One Gold que se distribuyeron en 2 grupos. En el grupo 1 esterilizadas con químicos 10 limas, en el grupo 2 esterilizadas por calor húmedo 10 limas y 2 limas nuevas para comprar los resultados.

4.2.3 Criterios de Inclusión:

- Limas Rotatorias de Níquel Titanio nuevas.
- Limas Primary Wave One Gold.

4.2.4 Criterios de Exclusión:

- Limas Usadas.
- Limas con defecto de fábrica.
- Limas manuales de acero inoxidable.

4.3 Variables

A continuación, se listan las variables que fueron evaluadas, en el apéndice A se describen la definición operacional, naturaleza y escala de medición de cada variable.

Tabla 2. *Variables*

VARIABLES DEPENDIENTE	VARIABLES INDEPENDIENTE
Sistema de esterilización química	• Separación del instrumento
Sistema de esterilización por calor	• Ubicación de la separación del instrumento
húmedo	• Estiramiento de las estrías
Número de usos	• Grietas
	• Ubicación de la grieta
	• Ciclos de esterilización
	• Corrosión

4.4 Instrumento

Para la recolección de la información se diseñó un instrumento formulario, (Ver Apéndice B) donde se registraron las observaciones de los cambios estructurales de las limas sometidas a esterilización por autoclave y esterilización química después de cada uso.

4.5 Procedimiento

Se utilizaron 22 limas Primary (25/07) del sistema Wave One Gold (Dentsply, Maillefer, Suiza), Las cuales fueron asignadas aleatoriamente en 3 diferentes grupos, Grupo I conformado por 10 limas primary sometidas a esterilizadas mediante calor húmedo, Grupo II conformada por 10 primary sometidas a esterilizadas con Glutaraldehído, Grupos III grupo control, conformado por 2 limas primary.

De una muestra de quinientos dientes unirradiculares con un solo conducto extraídos por problemas periodontales o por razones ortodónticas, donados y soportados con un consentimiento de donación por odontólogos (Ver Apéndice E). cuatrocientos cuarenta fueron incluidos en el estudio y 60 dientes fueron excluidos por presentar conductos calcificados, conductos muy amplios o conductos que presentaban curvaturas.

Los cuatrocientos cuarenta dientes seccionados, se decoronaron aproximadamente de 1 a 3 mm por encima el nivel de unión cemento-esmalte, para estandarizar la longitud del conducto radicular a 16mm. (Figura 1) Se determinó la longitud de trabajo mediante lima tipo K # 10 hasta fuera visible en el foramen apical mediante la utilización de lupas binoculares Zumax.

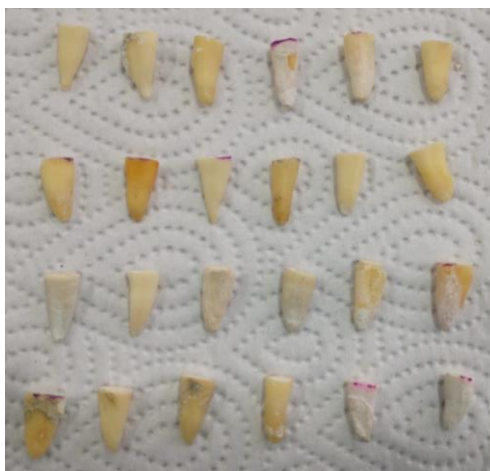


Figura 1. Dientes naturales estandarizados a 16mm

El proceso de instrumentación en todos los grupos se llevó a cabo realizando una permeabilización del conducto con lima manual tipo K #10 y luego con lima tipo K #15 hasta la longitud de trabajo definitiva verificando su ajuste. Se irrigaron los conductos con NaOCL al 5.25% entre lima y lima.

La instrumentación mecanizada se realizó utilizando un motor endodóntico X-Smart Plus (Dentsply, Maillefer, Suiza) a una velocidad de 300 rpm y un torque de 2.4 Ncm. Se utilizaron

limas del sistema Wave One Gold (Dentsply, Maillefer, Suiza) con lima Primary 25/07 (Dentsply, Maillefer, Suiza) hasta la longitud de trabajo definitiva.

La instrumentación se llevó a cabo realizando movimiento de picoteo de 3 mm como sugiere el fabricante hasta alcanzar la longitud de trabajo. Por último, se realizó una irrigación final con NaOCL 5.25% en cada conducto.

Todas las limas luego de cada proceso de instrumentación fueron sometidas a un ciclo de esterilización de acuerdo con el grupo asignado.

GRUPO I: Las limas fueron sometidas a limpieza y desinfección. Primero se sumergieron en jabón enzimático (Proquizyme Plus, Proquident S.A, Guarne-Antioquia, Colombia) durante 15 minutos. Luego se realizó un cepillado manual de las superficies de la lima y enjuague posterior con abundante agua. Por último, se secaron con toallas de papel adsorbente y finalmente empacadas en bolsas de esterilizar (Self – Sealing Selecto Dent) y llevadas al autoclave (MK Tuttnauer) a una temperatura de 128 ° C a 15 lb de presión por 16 minutos. (Figura 2)



Figura 2. Fotografía lima Primary Esterilizada con calor húmedo después de 19 ciclos de esterilización.

GRUPO II: Las limas fueron sometidas a limpieza y desinfección. Primero se sumergieron en jabón enzimático (Proquizyme Plus, Proquident S.A, Guarne-Antioquia, Colombia) durante 15 minutos. Luego se realizó un cepillado manual de las superficies de la lima y enjuague posterior con abundante agua. Posteriormente se secaron con toallas de papel adsorbente y fueron depositadas en un recipiente con glutaraldehído al 2% (Glutacides, Proquident S.A, Guarne-Antioquia, Colombia) durante 12 horas. Por último, se enjuagaron con abundante agua, se secaron y se empacaron en bolsas de esterilizar (Self – Sealing Selecto Dent). (Figura 3)



Figura 3. Fotografía lima Primary esterilizada con método químico después de 19 ciclos de esterilización.

GRUPO Control: Las limas utilizadas en este grupo no recibieron ningún tipo de esterilización, solo se compararon con las limas de los grupos I y II. (Figura 4)



Figura 4. Fotografía lima Primary Grupo Control

Este proceso de instrumentación y posterior esterilización se repitió hasta que se produjera separación del instrumento o hasta alcanzar 20 ciclos de esterilización.

Todas las limas Primary fueron fotografiadas con la cámara digital (6D EOS Mark II, Cannon) y lente macro de 100mm (EF 100mm /FLLS USM Macro Lens, Cannon) para evaluar los cambios estructurales producidos en ellas posterior a la instrumentación y ciclo de instrumentación.

La evaluación se llevó a cabo observando los cambios estructurales visibles macroscópicamente que se pueden encontrar según la literatura reportada actualmente tales grietas, corrosión, estiramiento y separación.

4.6 Plan de Análisis Estadísticos

Para la evaluación estadística de las observaciones se utilizó el programa STATA 15 con licencia de la Universidad Santo Tomas.

4.6.1 Plan de Análisis Univariado. Se realizó análisis estadístico univariado, donde se calcularon frecuencias, porcentaje y valores absolutos para las variables cualitativas. (Ver apéndice A)

4.6.2 Plan de Análisis Bivariado. El análisis bivariado se evaluó la asociación las alteraciones de las limas Wave One Gold asociados a los diferentes tipos de esterilización y a los diferentes usos de los instrumentos. Para esto se utilizó CHI 2 y la prueba exacta de Fisher. (Ver apéndice A)

4.7 Implicaciones Bioéticas

La presente investigación se acoge a la normatividad establecida en la resolución 008430 de 1993 del entonces Ministerio de Salud, por la cual se establecieron las normas científicas, técnicas y administrativas que rigen el desarrollo de la actividad investigativa en salud de Colombia. Según la resolución 8430 de 1993 (4 de octubre de 1993) el presente trabajo se clasifica como una investigación sin riesgo, ya que la información se obtendrá a través de fuentes secundarias mediante instrumentos endodónticos que se obtuvieron con recursos propios (44).

4.8 Hipótesis

La hipótesis nula es que no existe diferencias en los cambios estructurales observados macroscópicamente de las limas Primary Wave One Gold después de someterlas a esterilización química, comparadas a las esterilizadas por calor húmedo.

La hipótesis alterna es que, si existe cambios estructurales en las limas Primary Wave One Gold después de someterlas a esterilización química, comparadas a las esterilizadas por calor húmedo.

4.9 Prueba piloto

Se utilizaron 2 limas Primary (25/07) del sistema Wave One Gold (Dentsply, Maillefer, Suiza), Las cuales fueron asignadas aleatoriamente en 2 diferentes grupos, Grupo I conformado por 1 limas primary sometidas a esterilizadas mediante calor húmedo, Grupo II conformada por 1 primary sometidas a esterilizadas con Glutaraldehído.

Es una muestra conformada por 10 dientes acrílicos estandarizados a 16 mm, fueron clasificados aleatoriamente en dos grupos conformados por 5 dientes para cada uno.

El proceso de instrumentación en ambos grupos se llevó a cabo realizando una permeabilización del conducto con lima manual tipo K #10 y luego con lima tipo K #15 hasta la longitud de trabajo definitiva verificando su ajuste. Se irrigaron los conductos con NaOCL al 5.25% entre lima y lima.

La instrumentación mecanizada se realizó utilizando un motor endodóntico X-Smart Plus (Dentsply, Maillefer, Suiza) a una velocidad de 300 rpm y un torque de 2.4 Ncm. Se utilizaron limas del sistema Wave One Gold (Dentsply, Maillefer, Suiza) con lima Primary 25/07 (Dentsply, Maillefer, Suiza) hasta la longitud de trabajo definitiva.

La instrumentación se llevó a cabo realizando movimiento de picoteo de 3 mm como sugiere el fabricante hasta alcanzar la longitud de trabajo. Por último, se realizó una irrigación final con NaOCL 5.25% en cada conducto.

Todas las limas luego de cada proceso de instrumentación fueron sometidas a un ciclo de esterilización de acuerdo con el grupo asignado.

Todas las limas Primary fueron fotografiadas con la cámara digital (6D EOS Mark II, Cannon) y lente macro de 100mm (EF 100mm /FLLS USM Macro Lens, Cannon) para evaluar los cambios estructurales producidos en ellas posterior a la instrumentación y ciclo de instrumentación. La prueba piloto proporcionó información que conllevo a realizar el estudio en dientes naturales, mayor número de variables y cambios en el instrumento elaborado para registrar la observación macroscópica de los cambios estructurales de las limas Primary del sistema Wave One Gold.

5. Resultados

El objetivo de este trabajo era describir los cambios estructurales de las limas Primary del sistema Wave One Gold sometidas a procesos de esterilización química y física, luego de realizar de instrumentación en 440 dientes naturales con conductos rectos y un promedio de 19 ciclos de esterilización por lima según el grupo.

Los resultados obtenidos evidenciaron alteraciones en el 100% de las muestras después de instrumentar un promedio de 20 conductos por lima en cada grupo y realizar el correspondiente ciclo de esterilización química o por calor húmedo. Dichos cambios fueron observados en 19 (95,0%) instrumentos. principalmente entre los usos 16-20 (Tabla 1)

Los cambios observados mediante el análisis macroscópico de las limas fueron por una parte estiramiento, corrosión y grietas que se presentaron en el 100% (20) de las muestra de los dos grupos. (Figura 5) (Figura 6) Las grietas fueron observadas principalmente en el tercio entre D11

y D16 70% (14). (Figura 7) (Figura 8) Seguido del tercio compuesto entre D6 a D10 45% (9). Se observó más de una grieta a lo largo de la estructura activa de la lima. (Tabla 1)



Figura 5. Corrosión y estiramiento de las estrías en lima Primary esterilizada con Calor húmedo después de 19 ciclos de esterilización.



Figura 6. Corrosión y estiramiento de las estrías en lima Primary esterilizada con método químico después de 19 ciclos de esterilización.



Figura 7. Presencia de Grietas en la parte activa de Limas Primary en tercio entre D11 y D16 esterilizadas con calor húmedo.

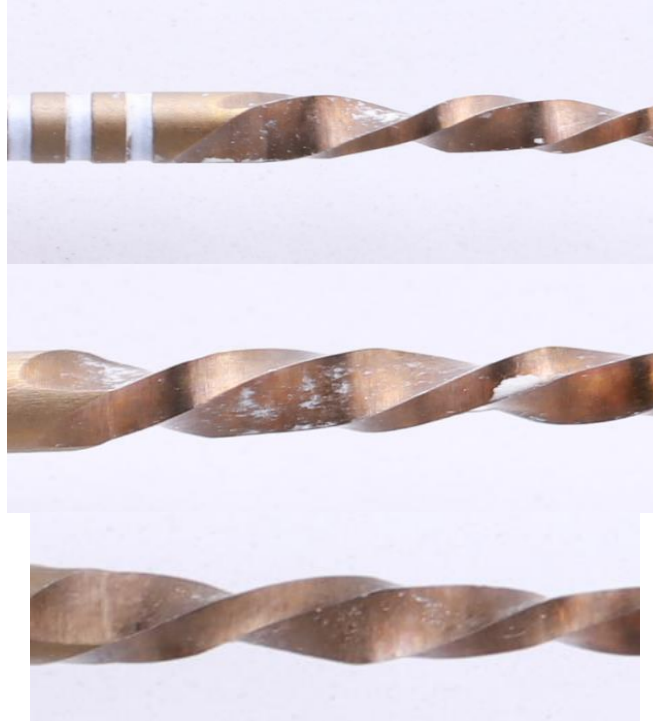


Figura 8. Presencia de Grietas en la parte activa de Limas Primary en tercio entre D11 y D16 esterilizadas con método químico.

Por otra parte 7 (35,0%) instrumentos, presentaron fractura en el tercio comprendido entre D0 y D5 después de 19 ciclos de esterilización. (Figura 9) (Figura 10) En el grupo II donde se realizó esterilización química 4 (40,0%) limas se fracturaron por su parte en el grupo I con esterilización por calor húmedo 3 limas (30,0%), presentaron separación. (Tabla 1)

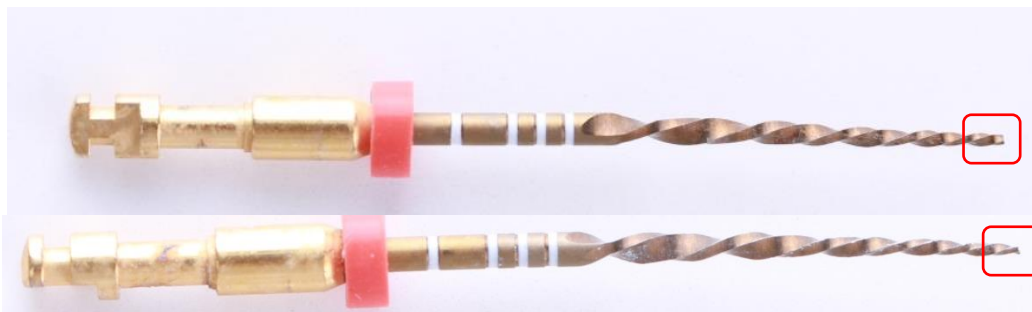


Figura 9. Fotografía lima Primary esterilizada por calor húmedo fracturada en tercio entre D0 y D5 después de 16 ciclos de esterilización.

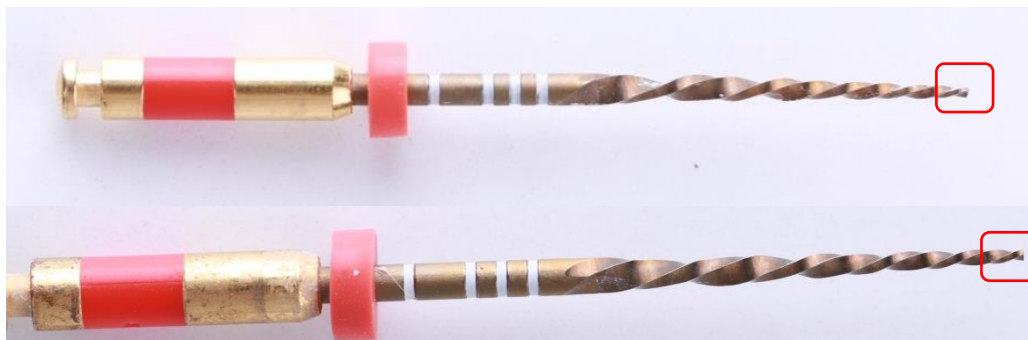


Figura 10. Fotografía lima Primary esterilizada con método químico fracturada en tercio entre D0 y D5 después de 17 ciclo de esterilización.

Tabla 3. *Análisis Univariado*

VARIABLE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Alteraciones Vs Ciclos Esterilización		
11-15	3	15
16-20	17	85
Alteraciones Vs Usos de instrumento		
11-15	1	5
16-20	19	95
Cambios estructurales	20	99,9
Estiramiento	20	99,9
Corrosión	20	99,9
Grietas	20	99,9
Grietas D0D5		
Si	3	15
No	17	85
Grietas D6D10		
Si	9	45
No	11	55
Grietas D11D16		
Si	14	70
No	6	30
Separación		
Si	7	35
No	13	65
Separación D0D5		
SI	7	35
NO	13	65
Separación D6D11		
SI	0	
NO	20	99,9
Separación D11D16		
SI	0	
NO	20	99,9
Frecuencia de los diferentes cambios estructurales que se observaron macroscópicamente en las limas Primary del sistema Wave One Gold luego de diferentes usos y varios ciclos de esterilización tanto por calor húmedo como por esterilización química.		

Al realizar la asociación entre el tipo de las alteraciones de la lima y el tipo de esterilización se encontró que el estiramiento, la corrosión y las grietas se presentaron en todos los instrumentos independientemente del tipo de esterilización. Sin embargo, el mayor número de grietas fue observado en 9 instrumentos en el segmento D11 a D16 en los cuales el método de esterilización fue químico, sin ser estadísticamente significativo ($p \leq 0,05$) (Tabla 2).

Tabla 4. *Alteración de las limas asociadas al tipo de Esterilización*

VARIABLE	Esterilización física				Esterilización química				
	ALTERACIÓN				ALTERACIÓN				
	SI		NO		SI		NO		P
	F	%	F	%	F	%	F	%	
ESTIRAMIENTO	10	100	0	0	10	0			
CORROSION	10	100	0	0	10	100	0	0	
GRIETAS	10	100	0	0	10	100	0	0	
GRIETAS D0D5	3	30	7	70	0	0	10	100	0,06
GRIETAS D6D10	5	50	5	50	4	40	6	60	0,65
GRIETAS D11D16	5	50	5	50	9	90	1	10	0,05
SEPARACION	3	30	7	70	4	40	6	60	0,63
SEPARACIÓN D0D5	3	30	7	70	4	40	6	60	0,63
SEPARACIÓN D6D10	0	0	10	100	0	0	10	100	
SEPARACIÓN D11D16	0	0	10	100	0	0	10	100	

Comparación de los diferentes cambios estructurales producidos en las limas Primary de acuerdo con el tipo de esterilización utilizado.

De acuerdo con el número de usos, cambios estructurales como estiramiento, corrosión y grietas fueron observados entre los usos 16 a 20 (68,4%) al igual que la separación de los instrumentos (31,6%), sin ser estadísticamente significativos ($p \leq 0,05$). (Tabla 3)

Tabla 5. *Alteración de las limas asociado a usos del Instrumento*

VARIABLES	11-15 USOS				16-20 USOS				Valor P
	ALTERACIÓN				ALTERACIÓN				
	PRESENCIA		AUSENCIA		PRESENCIA		AUSENCIA		
	FRECUENCIA	%	FRECUENCIA	%	FRECUENCIA	%	FRECUENCIA	%	
	IA		IA		IA		IA		
CAMBIOS EN LAS LIMAS	1	5			19	95			
ESTIRAMIENTO	1	5			19	95			
CORROSIÓN	1	5			19	95			
GRIETAS	1	5			19	95			
GRIETAS D0-D5	0	0	1	5	3	15,8	16	84,2	0,66
GRIETAS D6-D10	0	0	1	5	9	45	10	50	0,35
GRIETAS D11-D16	1	5	0	0	13	68,4	6	31,6	0,5
SEPARACIÓN	1	5	0	0	6	31,6	13	68,4	0,16

Tabla 5. (Continuación)

SEPARACIÓN D0-D5	1	5	0	0	6	31,6	13	68,4	0,16
SEPARACIÓN D6-D10	0	0	10	100	0	0	10	100	
SEPARACIÓN D11-D16	0	0	10	100	0	0	10	100	
Comparación de los diferentes cambios estructurales producidos en las limas Primary de acuerdo al uso del instrumento.									

6. Discusión

Actualmente las limas de NiTi son las más utilizadas por los especialistas en endodoncia por su mayor rendimiento clínico comparada con las limas convencionales de acero inoxidable. (36)El constante desarrollo y avance tecnológico han mejorado su diseño, las aleaciones y cinemática, proporcionando así una mayor resistencia y flexibilidad.(37)

A pesar de estos avances tecnológicos los instrumentos de NiTi presentan un riesgo de separación ya sea por fatiga cíclica o por torsión al momento de la práctica endodóntica. Se estima que entre el 50% al 90% de las fracturas se asocia a la fatiga cíclica de los instrumentos (38).

La fractura debido a la fatiga cíclica ocurre cuando las limas están expuestas a la compresión repetitiva y fuerzas de tensión dentro de los conductos curvos. Con el fin de disminuir la fractura de fatiga cíclica de las limas, los fabricantes llevaron a cabo investigaciones en los nuevos diseños de limas y métodos de producción. Özyürek 2017.(4)

ProTaper Gold (Limas de Dentsply Maillefer) tienen un diseño con táper variable progresivo y sección transversal triangular. Las aleaciones, de la que están hechas las limas aumentan la flexibilidad y resistencia a la fractura de los instrumentos. Generalmente, los tratamientos termomecánicos aplicados en los instrumentos de NiTi proporcionan alto nivel de memoria de forma y propiedades de super elasticidad. Özyürek 2017(4)

La esterilización de los instrumentos NiTi debe garantizarse antes del uso clínico, a excepción de los que vienen pre-esterilizados. El uso repetitivo de las limas bajo condiciones clínicas requiere la esterilización autoclave después de cada uso, este calentamiento adicional podría mejorar la flexibilidad de las limas. Özyürek 2017(4)

En esta investigación se observaron los efectos ocasionados en el componente estructural de las limas Primary del sistema Wave One Gold (Dentsply, Maillefer, Suiza) utilizando dos tipos de esterilización, química y por calor húmedo luego de varios usos en dientes naturales.

Los resultados evidenciaron que las limas Wave One Gold presentaron cambios estructurales en el 100% de las muestras después de instrumentar un promedio de 20 conductos y ser sometidas a 19 ciclos de esterilización química y con calor húmedo.

Yared y colaboradores (2001) informaron que los instrumentos rotatorios se pueden utilizar de forma segura en hasta 10 canales curvos (39), en este estudio se determinó un número máximo de 19 usos y 20 ciclos de esterilización instrumentando dientes naturales con técnica corono apical en conductos rectos para determinar cómo se ven afectados los instrumentos por procedimientos de esterilización repetitivas en cuanto a sus alteraciones estructurales visibles estructuralmente.

La mayor cantidad de cambios estructurales como grietas, corrosión, estiramiento de la estría y separación se observaron principalmente después de 16 usos. Paramashi y colaboradores (2019), proponen que la cantidad de usos recomendados varía entre 1 y 10 dependiendo de la anatomía del conducto radicular (40).En el presente estudio se observaron los cambios con un número mayor

de usos que puede estar relacionado con la anatomía de los conductos seleccionados sin curvaturas que podrían prolongar la cantidad de usos del instrumento.

Los dos tipos de esterilización utilizados en este estudio química y por calor húmedo no presentaron asociación con los cambios en la estructura de las limas. Hilfer y colaboradores (2011), afirmaron que el calor o la energía generada durante el proceso de esterilización en autoclave no es suficiente para generar un efecto o una alteración en la fase cristalina de estas limas. Las temperaturas necesarias para generar una mayor resistencia a la fatiga cíclica OCCILAN en los rangos de 430°C – 440°C y para lograr una conversión de martensítico a austenítico se necesitan aproximadamente 640°C.(41)

Los cambios presentados pueden estar más relacionados con el número de usos donde a mayor número de usos mayores serán la cantidad de cambios estructurales sobre las superficies de la lima y la mayor probabilidad de ocurrir una fractura del instrumento. Este hallazgo también fue reportado anteriormente por Salvador y colaboradores (2015) que sugieren limitar los números de usos, por la aparición de diferentes tipos de defectos sobre las superficies de estos instrumentos de NiTi (42)

Pun & Berzins (2008), reportaron que las limas de níquel titanio muestran tasas de corrosión más altas con el aumento de los ciclos de esterilización en autoclave y esterilización química, debido a que alteran las concentraciones superficiales de níquel, titanio y oxígeno sobre la aleación (43). Resultados que son congruentes con los hallazgos encontrados en esta investigación, donde se observó corrosión en el 100% de las muestras después de 19 ciclos de esterilización por autoclave y por esterilización química.

Por otra parte, se observó que las fracturas se presentaron después del uso 16 y en todos los instrumentos estuvo presente en el segmento DO a D5. El estudio realizado por Kanthimathinathan y colaboradores, (2013) manifestaron que el electropolido de la superficie, la torsión del alambreen vez de mecanizado y el diseño del instrumento están íntimamente relacionados con la incidencia a presentar separación por fatiga cíclica. (44) Por tal motivo las propiedades estructurales de cada instrumento determinarán su capacidad a presentar mayor resistencia a la fatiga cíclica.

Por otra parte, en este estudio se evidenció macroscópicamente que las limas del grupo control, las cuales no fueron utilizadas para los procesos de instrumentación y esterilización, presentaban grietas a lo largo de su componente estructural pudiendo aumentar el riesgo de separación del instrumento. Esto concuerda con lo expuesto por Pirani y colaboradores (2011) donde demuestran que todas las limas nuevas presentan irregularidades en la superficie que pueden ser el origen de grietas que conduzcan a fallas de la lima. (42)

Caballero y colaboradores (2015), analizaron los cambios superficiales después de varios usos en las limas Twisted file y Reciproc, reconocieron la presencia de defectos superficiales como bordes romos, microfisuras, cráteres y presencia de barrillo dentinario .resultados que coinciden totalmente con la presente investigación donde se evidenciaron cambios estructurales en las limas Wave One Gold como estiramiento, corrosión, grietas y separación.(42)

7. Limitaciones

En el presente estudio no fue posible realizar las observaciones con microscopio electrónico de barrido (SEM) de las limas Primary del sistema Wave One Gold, debido a las restricciones derivadas de la pandemia producida por el nuevo corona virus SARS COV 2, razón por la cual las observaciones que se realizaron fueron apreciadas al ojo humano y fotografiadas con cámara

fotográfica. Por otra parte, no se tomaron en cuenta las variables propias del operador las cuales pueden variar en cada proceso de instrumentación, de igual forma no se registró el instrumento el momento en que se presentaban los primeros signos de fatiga de los instrumentos, solo los evidentes al finalizar todos los ciclos de esterilización.

8. Conclusión

Todas las limas Primary del sistema Wave One Gold analizada en este estudio presentaron cambios estructurales después de las instrumentar un promedio de 20 conductos y 19 ciclos de esterilización, independientemente del método de esterilización realizado.

Dentro de los cambios presentes en las limas, se observaron grietas, corrosión, estiramiento y fracturas. Dichos cambios fueron más evidentes después de 16 usos en conductos rectos, lo que refleja que a medida que las limas son sometidas a más usos y ciclos de esterilización mayor será la cantidad de cambios estructurales sobre las superficies de las limas y mayor probabilidad de ocurrir una fractura.

Se pudo evidenciar que la mayor cantidad de grietas presentes en las limas Primary se localizaron el tercio comprendido entre D11 a D16 y todas las separaciones se localizaron en el segmento comprendido entre D0 a D5.

9. Recomendaciones

Se pudo evidenciar que a mayor número de ciclos de esterilización es mayor el número de cambios y modificaciones en el componente estructural de las limas Primary del sistema Wave One Gold, por tal motivo se hace necesario ampliar el estudio a otros sistemas de limas rotatorias con diferente manufactura y características.

Además, realizar análisis microscópico de la superficie de los instrumentos mediante el uso de microscópico electrónico de barrido, que permita conocer que cambios estructurales se producen en los instrumentos y no fueron visibles en el presente estudio.

Referencias bibliográficas

- (1) Buehler WJ, Gilfrich JV, Wiley RC. Effect of Low-Temperature Phase Changes on the Mechanical Properties of Alloys near Composition TiNi. *Journal of Applied Physics* 1963 May 1;34(5):1475-1477.
- (2) Jaiswal NU, Mantri SP, Paul B, Dube K, Singh V, Bhatnagar N. Comparative evaluation of the effectiveness and fracture rate of three pathfinding nickel-titanium rotary instruments, Mtwo, OneG, and ProGlider, in mechanically negotiating moderately curved molar canals to the full working length. *Journal of Conservative Dentistry* 2019 5/1;22(3):260.
- (3) Nair AS, Tilakchand M, Naik BD. The effect of multiple autoclave cycles on the surface of rotary nickel-titanium endodontic files: An in vitro atomic force microscopy investigation. *Journal of Conservative Dentistry* 2015 5/1;18(3):218.
- (4) Özyürek T, Yılmaz K, Uslu G. The effects of autoclave sterilization on the cyclic fatigue resistance of ProTaper Universal, ProTaper Next, and ProTaper Gold nickel-titanium instruments. *Restor Dent Endod* 2017 -11;42(4):301-308.
- (5) Pedullà E, Lo Savio F, La Rosa, Giusy Rita Maria, Miccoli G, Bruno E, Rapisarda S, et al. Cyclic fatigue resistance, torsional resistance, and metallurgical characteristics of M3 Rotary and M3 Pro Gold NiTi files. *Restorative dentistry & endodontics* 2018 May;43(2):e25.
- (6) Rubio J, Zarzosa JI, Pallarés A. A Comparative Study of Cyclic Fatigue of 10 Different Types of Endodontic Instruments: an in Vitro Study. *Acta Stomatol Croat* 2019 -03;53(1):28-36.
- (7) Dioguardi M, Sovereto D, Aiuto R, Laino L, Illuzzi G, Laneve E, et al. Effects of Hot Sterilization on Torsional Properties of Endodontic Instruments: Systematic Review with Meta-Analysis. *Materials (Basel)* 2019 -07-08;12(13).
- (8) Alfoqom Alazemi M, Bryant ST, Dummer PMH. Deformation of HyFlex CM instruments and their shape recovery following heat sterilization. *Int Endod J* 2015 -06;48(6):593-601.
- (9) Moyin S, Punathil S, Pulyodan MK, Thayil S, Mohan A, Valsan D. An Ex Vivo Evaluation of Antimicrobial Efficacy of Root Canal Preparation With Hand K-Files, Hand Pro Taper, and Pro Taper Rotary Files. *J Pharm Bioallied Sci* 2019 -05;11(Suppl 2):S305-S308.
- (10) Méndez BRR, Sánchez KBM, Mendoza JMG, Alba JdS. Comparación de la eficacia entre los diferentes métodos de limpieza para limas endodónticas. *Rev ADM* 2015 /05/15;72(3):134-138.
- (11) Sheth NC, Rathod YV, Sheno PR, Shori DD, Khode RT, Khadse AP. Evaluation of new technique of sterilization using biological indicator. *Journal of Conservative Dentistry* 2017 9/1;20(5):346.
- (12) Hp L, Ej M, Cn E, Ra dA, Ms N. Cyclic fatigue of ProTaper instruments. *J Endod* 2007 /01/01;33(1):55-57.
- (13) Razavian H, Iranmanesh P, Mojtahedi H, Nazeri R. Effect of Autoclave Cycles on Surface Characteristics of S-File Evaluated by Scanning Electron Microscopy. *Iran Endod J* 2016;11(1):29-32.
- (14) Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J* 2000 -07;33(4):297-310.
- (15) Nóvoa XR, Martín-Biedma B, Varela-Patiño P, Collazo A, Macías-Luaces A, Cantatore G, et al. The corrosion of nickel-titanium rotary endodontic instruments in sodium hypochlorite. *Int Endod J* 2007 -01;40(1):36-44.

- (16) Salvador C, Pazmiño D. Estudio comparativo de los defectos superficiales de las limas Reciproc y Wave One Gold después de la instrumentación de conductos radiculares en molares extraídos mediante el uso de Microscopía Electrónica de Barrido. *OdontoInvestigación* 2017 October 1,;3.
- (17) Laneve E, Raddato B, Dioguardi M, Di Gioia G, Troiano G, Lo Muzio L. Sterilisation in Dentistry: A Review of the Literature. *International Journal of Dentistry* 2019 /01/15;2019:e6507286.
- (18) Raju, T. B. V. G., Garapati S, Agrawal R, Reddy S, Razdan A, Kumar SK. Sterilizing Endodontic Files by four different sterilization methods to prevent cross-infection - An In-vitro Study. *J Int Oral Health* 2013 -12;5(6):108-112.
- (19) Bermejo Sánchez AC, Bermejo Sánchez AC. Efecto de los procesos termomecánicos en la resistencia a fatiga. 2018; Available at: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/51175/>. Accessed Apr 18, 2021.
- (20) Bulem ÜK, Kececi AD, Guldaz HE. Experimental evaluation of cyclic fatigue resistance of four different nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite and/or sterilization. *J Appl Oral Sci* 2013 Nov-Dec;21(6):505-510.
- (21) Kuhn G, Tavernier B, Jordan L. Influence of structure on nickel-titanium endodontic instruments failure. *J Endod* 2001 -08;27(8):516-520.
- (22) Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod* 1988 -07;14(7):346-351.
- (23) Siddique R, Nivedhitha MS. Effectiveness of rotary and reciprocating systems on microbial reduction: A systematic review. *J Conserv Dent* 2019;22(2):114-122.
- (24) Ilija E. Leonadi. Comparación de dos métodos para evaluar la transportación apical. Available at: <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2007/3/art-9/>. Accessed Mar 22, 2021.
- (25) Rowan MB, Nicholls JI, Steiner J. Torsional properties of stainless steel and nickel-titanium endodontic files. *J Endod* 1996 -07;22(7):341-345.
- (26) Bermejo Sánchez AC, Bermejo Sánchez AC. Efecto de los procesos termomecánicos en la resistencia a fatiga. 2018; Available at: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/51175/>. Accessed Mar 22, 2021.
- (27) Radwański M, Łęski M, Pawlicka H. The influence of the manufacturing process of rotary files on the shaping of L-shaped canals. *Dent Med Probl* 2018 Oct-Dec;55(4):389-394.
- (28) Gavini G, Santos MD, Caldeira CL, Machado, Manoel Eduardo de Lima, Freire LG, Iglecias EF, et al. Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz Oral Res* 2018 -10-18;32(suppl 1):e67.
- (29) Tabassum S, Zafar K, Umer F. Nickel-Titanium Rotary File Systems: What's New? *European endodontic journal* 2019;4(3):111-117.
- (30) Tudela CV. Geometría, indigerible pero interesante. El porqué de la variedad. *Gaceta dental: Industria y profesiones* 2007(182):104-115.
- (31) Aranguren J. WaveOne Gold. Surfea el conducto radicular con confianza. *IEI*.
- (32) Hoyos Serrano M, Gutiérrez Choque LN. Esterilización, desinfección, antisépticos y desinfectantes. *Revista de Actualización Clínica Investiga* / :2635.
- (33) Hernández-Navarrete M, Celorrio-Pascual J, Lapresta Moros C, Solano Bernad V. Fundamentos de antisepsia, desinfección y esterilización. *Enferm Infecc Microbiol Clin* 2014 /12/01;32(10):681-688.
- (34) Medellín GC, Gío EA. Evidencia genómica de la transmisión de infecciones en el consultorio dental. *Ciencias Clínicas* 2015 /01/01;16(1):2-4.

- (35) A DV, Cristina S. Normas de Bioseguridad en el consultorio Odontológico. *Acta Odontológica Venezolana* 2002 06/;40(2):213-216.
- (36) Hamdy TM, Galal M, Ismail AG, Abdelraouf RM. Evaluation of Flexibility, Microstructure and Elemental Analysis of Some Contemporary Nickel-Titanium Rotary Instruments. *Open Access Maced J Med Sci* 2019 -10-13;7(21):3647-3654.
- (37) Gambarini G, Galli M, Di Nardo D, Seracchiani M, Donfrancesco O, Testarelli L. Differences in cyclic fatigue lifespan between two different heat treated NiTi endodontic rotary instruments: WaveOne Gold vs EdgeOne Fire. *J Clin Exp Dent* 2019 -07;11(7):e609-e613.
- (38) Sundaram KM, Srinivasan N, Ebenezer RAV, Narayanan LA, Rajkumar K, Mahalaxami S. Comparative evaluation of the effects of multiple autoclaving on cyclic fatigue resistance of three different rotary Ni-Ti instruments: An in vitro study. *J Conserv Dent* 2013;16(4):323-326.
- (39) Yared GM, Bou Dagher FE, Machtou P. Influence of rotational speed, torque and operator's proficiency on ProFile failures. *Int Endod J* 2001 -01;34(1):47-53.
- (40) Das P, Swapna DV, Nadig RR. Comparison and evaluation of surface deformation of Hyflex controlled memory and Hyflex electric discharge machining nickel titanium rotary files and cyclic fatigue resistance after instrumentation and heat sterilization - An in vitro study. *J Conserv Dent* 2019 Sep-Oct;22(5):464-469.
- (41) Pb H, Be B, Mj M, Hw R, Bg J. Multiple autoclave cycle effects on cyclic fatigue of nickel-titanium rotary files produced by new manufacturing methods. *J Endod* 2011 /01/01;37(1):72-74.
- (42) Caballero H, Rivera F, Salas H. Scanning electron microscopy of superficial defects in Twisted files and Reciproc nickel–titanium files after use in extracted molars. *International Endodontic Journal* 2015;48(3):229-235.
- (43) Pun DK, Berzins DW. Corrosion behavior of shape memory, superelastic, and nonsuperelastic nickel-titanium-based orthodontic wires at various temperatures. *Dent Mater* 2008 -02;24(2):221-227.
- (44) Sundaram KM, Ebenezer RAV, Ghani MF, Martina L, Narayanan A, Mony B. Comparative evaluation of the effects of multiple autoclaving on cyclic fatigue resistance of three different rotary Ni-Ti instruments: An in vitro study. *J Conserv Dent* 2013 -07;16(4):323-326.