



CARACTERÍSTICAS DE LA ALEACIÓN Y RESISTENCIA A LA  
FATIGA CICLICA DE LOS INSTRUMENTOS ENDODÓNTICOS DE  
NÍQUEL TITANIO CON TRATAMIENTO TÉRMICO DISPONIBLES  
EN EL MERCADO CHILENO.

POR RODOLFO IGNACIO GREIG CABRERA

Tesina presentada a la Facultad de Ciencias de la Salud, de la Universidad del  
Desarrollo para optar al Postítulo de Especialidad en Endodoncia

PROFESOR GUIA

Dr. Cristian Weitzel Franzani

Junio 2022.

CONCEPCIÓN

© Se autoriza la reproducción de esta obra en modalidad acceso abierto para fines académicos o de investigación, siempre que se incluya la referencia bibliográfica.

© Se autoriza la reproducción de fragmentos de esta obra para fines académicos o de investigación, siempre que se incluya la referencia bibliográfica.

## Agradecimientos

**A todas las personas que me han acompañado en este camino, en especial a mi pareja e hijo, Catalina y Vicente.**

## Tabla de contenido

1	Portada .....	i
2	Permisos de reproducción, uso y archivo .....	ii
3	Tabla de contenido.....	iv
4	Resumen.....	vi
5	Introducción .....	1
6	Proceso de Investigación .....	3
6.1	Pregunta de búsqueda .....	3
7	Objetivos de búsqueda.....	3
7.1	Objetivo General.....	3
7.2	Objetivos Específicos.....	4
8	Criterios de inclusión y exclusión.....	4
9	Antecedentes .....	5
9.1	Aleación NITI.....	5
9.2	Wave One Gold.....	6
9.3	Hyflex CM.....	9
9.4	Hyflex EDM.....	11
9.5	Reciproc Blue.....	12
10	Métodos y procedimientos.....	13
10.1	Descripción de la metodología.....	13
10.2	Estrategia de búsqueda.....	14
10.3	Flujograma de búsqueda.....	15
11	Resultados .....	16

12	Discusión .....	25
13	Conclusión .....	28
14	Bibliografía .....	29

## Resumen

En los últimos años, las limas endodónticas de Níquel-Titanio (NiTi) han mostrado un gran desarrollo buscando disminuir la posibilidad de fractura generada por la fatiga cíclica, además de preparar y conformar el canal radicular desgastando la menor cantidad de dentina posible, mejorando el tiempo de trabajo por parte del operador. El objetivo de este trabajo fue realizar una revisión actualizada de las características de aleación y comparar la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos endodónticos de Níquel-Titanio con tratamiento térmico disponibles en el mercado chileno. Se realizó una búsqueda bibliográfica extensa en distintas bases de datos, limitando esta búsqueda a los últimos 10 años.

Las diferencias mecánicas de las limas endodónticas NiTi dependen principalmente las propiedades de las fases que existen en la aleación, que es determinada por la temperatura de transformación de fase.

Según la información obtenida de diversos estudios y las pruebas realizadas en cubículos de acero de 60 y 90 grados, podemos concluir que las limas HyFlex EDM poseen una mayor resistencia a la fatiga cíclica en comparación a Reciproc Blue, Wave One Gold y Hyflex C.

## Introducción

El principal objetivo del tratamiento de canales es la limpieza mecánica y química de la cavidad pulpar y su obturación tridimensional, con un material de sellado inerte y un sellado coronal que prevenga el ingreso de microorganismos (Schilder, 2006), además de prevenir o lograr la ausencia de periodontitis apical post-tratamiento, logrando la mantención del diente en la boca de manera funcional (Maldonado, Gómez, Rosas & Hernández 2020).

Las limas manuales de acero inoxidable se han utilizado durante muchas décadas en la limpieza y conformación de sistemas de conducto radicular; sin embargo, se han reportado varios inconvenientes con el uso de limas acero inoxidable, como cambios involuntarios en las paredes del canal durante el proceso de limpieza y conformación, lo que puede complicar la obturación adecuada del sistema de conducto radicular (Mohammad, Abdulmohsen, Sager & Abdulrahman 2022).

La introducción de aleaciones de Níquel-Titanio y la posterior automatización de la preparación mecánica, fueron los primeros pasos hacia una nueva era en la endodoncia. Estos cambios marcaron el comienzo de un progreso cada vez mayor en la especialidad, con investigaciones científicas y corporativas centradas en el desarrollo de instrumentos capaces de satisfacer las necesidades de una preparación del conducto radicular más anatómicamente predecible, que se

pueda lograr en menos tiempo y con mayor comodidad tanto para el dentista como para el paciente.

Las limas de acero inoxidable (figura N°1), tienen dificultades sustanciales para seguir la curvatura que se encuentra en la mayoría de los sistemas de conductos. En los últimos años, se han observado muchos cambios, incluidas innovaciones en el diseño de instrumentos, tratamientos de superficie y térmicos para aleaciones de NiTi, y la incorporación e hibridación de nuevas estrategias de movimiento para impulsar los sistemas de instrumentación (Gavini et al,2018).

La flexibilidad se produce por una transformación de fase reversible entre Austenita y Martensita (figura N°2). Las propiedades mecánicas y el comportamiento del NiTi, pueden ser alterados por pequeños cambios en la composición, impurezas y tratamiento térmicos durante el proceso de fabricación, esta característica del NiTi ha creado una revolución en la fabricación de instrumentos endodónticos (Lugo, Galiana, Montiel & Gualdoni, 2018).



Figura N° 1

Limas de acero inoxidable.

Fuente: Denstply Maillefer.



Distintas fases del nitinol y cómo se modifican con la temperatura

Figura N° 2

Fuente: Nitinol: un material mágico hecho de ciencia Moléculas a reacción (wordpress.com).

## Proceso de Investigación

A través de esta revisión narrativa se pretendió responder una pregunta de investigación formulada mediante un proceso sistémico y explícito.

- Planteamiento del problema
- Búsqueda sistemática
- Análisis resultados
- Discusión y conclusión

### 6.1 Pregunta de búsqueda

¿Cuáles son las características de la aleación y la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos endodónticos de Níquel Titanio con tratamiento térmico disponibles en el mercado chileno?

### Objetivos de búsqueda

#### 7.1 Objetivo General

Describir las características de la aleación y la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos endodónticos de Níquel Titanio con tratamiento térmico disponibles en el mercado chileno.

## 7.2 Objetivos Específicos

1. Describir las características de la aleación de los instrumentos endodónticos de Níquel Titanio con tratamiento térmico disponibles en el mercado chileno.
2. Describir la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos endodónticos de Níquel Titanio con tratamiento térmico disponibles en el mercado chileno.

## Criterios de inclusión y exclusión

### Criterios de inclusión:

1. Estudios sobre aleación de fabricación
2. Estudios sobre comportamiento clínico
3. Estudios sobre resistencia a la fatiga cíclica
4. Estudios sobre tratamiento térmico aplicado
5. Estudios entre el año 2012 – 2022

## Criterios de Exclusión:

1. Estudios sin tratamiento térmico
2. Usos clínicos inadecuados según protocolo de fabricante
3. Materiales sin disponibilidad en mercado chileno

## Antecedentes

### 8.1 Aleación NITI

Esta aleación fue creada en los laboratorios militares navales de Estados Unidos por el Ingeniero William J. Buehler en el año 1958 mientras estudiaban activamente nuevos tipos de aleaciones. Esta aleación posee la capacidad de recuperar su forma cuando se le somete a alguna fuerza, propiedad conocida como memoria de forma, a través del calentamiento o mediante la eliminación de la carga, lo que se conoce como efecto súper-elástico, pero a pesar de mostrar una excelente elasticidad, su fragilidad es reconocida como una limitación, sobre todo cuando las limas se rompen frente a diversas pruebas (Cesar Zeballos, 2018).

Las aleaciones NiTi utilizadas para la fabricación de los instrumentos de endodoncia contienen aproximadamente el 56% (en peso) de Níquel y el 44% (en peso) de Titanio (Mohammadi, Soltani & Asgary, 2014). Sin embargo; incluso un cambio del 0,1% en la composición de estas aleaciones puede dar lugar a un

cambio de 10 °C en la temperatura de transformación, lo que posteriormente puede afectar a las características mecánicas de estas aleaciones. A temperatura ambiente, estas aleaciones están en forma de Austenita, que es una estructura cúbica centrada en el cuerpo. Al enfriarse, la forma de Austenita se convierte en una estructura monoclinica llamada Martensita, debido a una contracción térmica lineal clásica (Tabassum, Zafar & Umer, 2019).

## 8.2 Wave One Gold

Se ha desarrollado un nuevo concepto de instrumentos rotatorios de NiTi que incluye diferentes movimientos de trabajo que preparan los conductos radiculares con solo 1 instrumento. WaveOne (WO) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) es uno de estos sistemas de una sola fila que utiliza un movimiento reciprocante. (Burklein, Benten & Schafer, 2013).

Posee tres calibres, de #21-0,06 (amarillo), #25-0,08 (rojo), #40-0,08 (negro). Vienen en longitudes de 21,25 y 31 mm (Lugo et al, 2018).

El movimiento alternativo se basa en un movimiento en sentido antihorario (CCW) (dirección de corte) y en sentido horario (CW) (liberación del instrumento). El ángulo de la dirección de corte CCW es mayor que el de CW y, por lo tanto, CCW permite que el instrumento avance en el canal y se acople a la dentina para cortarla, mientras que CW permite que la lima se desenganche inmediatamente

y progrese con seguridad a lo largo del canal mientras disminuye la propensión a atornillarse y fracturarse. Los instrumentos WO tienen una sección transversal triangular convexa modificada en la punta y una sección transversal triangular convexa en la porción media y coronal del instrumento. Además, WO se fabrica utilizando NiTi de alambre M para mejorar la flexibilidad y la resistencia a la fatiga del instrumento (Mehmet & Capar, 2015).

Las aleaciones de limas con tratamiento térmico de oro se someten a una temperatura de 370 °C a 510 °C durante 10 a 60 minutos, dependiendo del tamaño y la contracción de los archivos. En Wave One Gold (WOG)(Figura N°3), se aplica una tensión constante de 3–15 kg a una temperatura de 410°C – 440°C Después del mecanizado, la parte de trabajo vuelve a ser tratada térmicamente a 120 °C– 260 °C (Khasnis, Kar, Kamal & Patil, 2018).



Figura N° 3

Fuente: Denstply Maillefer.

El Sistema WOG presenta una serie de ventajas al compararlo al anterior sistema WO. Según pruebas internas, WOG Primary es 50% más resistente a la fatiga cíclica que WO Primary, y es 80% más flexible.

	Wave One	Wave One Gold	Ventaja comparativa de Wave One Gold
Sección Transversal	Triangular modificada en punta; triangular convexa hacia el mango	Paralelogramo descentrado con uno o dos puntos de contacto alternados (Similar a la de Protaper Next®)	Facilita salida de detritus Más eficiente Menor riesgo de enroscamiento y mayor resistencia torsional. Más flexibilidad y resistencia a fatiga cíclica
Aleación	M – Wire	Gold	Mayor resistencia a la fatiga cíclica y mayor flexibilidad
Punta	No cortante	Semi-activa modificada	Se debe realizar menos presión para progresar con la lima

Diámetros Máximos	Diámetros Máximos mayores (Primary 1.20mm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Small 1.055 mm</li> <li>• Primary 1.135 mm</li> <li>• Medium 1.155mm</li> <li>• Large 1.135mm</li> </ul>	Mayor conservación dentina cervical
Diámetros y Tapers	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Small 21.06</li> <li>• Primary 25.08</li> <li>• Large 40.06</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Small 20.07</li> <li>• Primary 25.07</li> <li>• Medium 35.06</li> <li>• Large 45.05</li> </ul>	Mayor versatilidad para tratar diferentes anatomías

(Karin Steinfort, 2017).

### 8.3 Hyflex CM

HyFlex CM (Coltene Whaledent, Suiza) (Figura N°4) es un sistema de limas NiTi que se fabricó en 2011 utilizando una aleación de memoria controlada (CM). Las limas NiTi hechas de aleación CM no tienen la memoria de forma que tienen las limas NiTi tradicionales, estas son fabricadas en un procedimiento termo-

mecánico especial que tiene como objetivo aumentar la flexibilidad (Guls, Taha & Koray, 2017).

El sistema Hyflex CM posee una sección triangular simétrica y son producidos por una metodología innovadora que utiliza un proceso único para controlar la memoria del material (un complejo tratamiento de calentamiento y enfriamiento), que utiliza una aleación equiatómica compuesta por 52 % en peso de Níquel, mientras que la mayoría de los sistemas comerciales están compuestos por 54,5-57 % en peso de Níquel, todo esto hace que el fabricante asegure que el sistema proporciona una flexibilidad superior y permitiría un mejor mantenimiento de la curvatura del canal radicular (Lugo et al, 2018).

Hyflex CM se encuentra disponible en

- HYFLEX CM 08/25 19MM
- HYFLEX CM 04/30 21MM
- HYFLEX CM 06/20 21MM
- HYFLEX CM 04/15 25MM
- HYFLEX CM 04/20 25MM
- HYFLEX CM 04/25 25MM
- HYFLEX CM 04/30 25MM
- HYFLEX CM 04/35 25MM
- HYFLEX CM 04/40 25MM
- HYFLEX CM 04/45 25MM



Hyflex CM

Figura N° 4

Fuente: Coadental.

- HYFLEX CM 04/50 25MM
- HYFLEX CM 04/60 25MM
- HYFLEX CM 06/20 25MM
- HYFLEX CM 06/25 25MM

#### 8.4 Hyflex EDM

Los instrumentos HyFlex EDM (Coltene/ Whaledent) (Figura N°5) introducidos recientemente se fabrican con el mismo alambre de memoria controlada que HyFlex CM, pero se fabrican mediante mecanizado por electro-descarga, las chispas generadas durante este proceso hacen que la superficie del material se funda y evapore (Iacono et al, 2017).

El sistema HyFlex EDM que se somete a tratamiento con memoria controlada, ha demostrado que aumenta la flexibilidad y la resistencia a la fatiga cíclica, pero además son actualmente los únicos instrumentos producidos por el mecanizado de la descarga eléctrica (EDM). Estos instrumentos se caracterizan por tener una sección transversal variable, es rectangular en la parte apical y se transforma en 2 formas trapezoidales diferentes en las porciones media y coronal (Lugo et al, 2018).

Las limas Hyflex se fabrican utilizando un proceso exclusivo en el que la fase cristalográfica transita de Austenita a Martensita a temperatura ambiente, lo que

permite que las limas sean extremadamente flexibles y resistentes a la rotura (Coltene, EE. UU.)

HyFlex EDM se encuentra disponible en

- Lima de abertura HyFlex EDM 25/.12
- Lima Glidepath HyFlex EDM 15/.03 / 21 y 25 mm.
- Lima Glidepath HyFlex EDM 10/.05 / 21 y 25 mm.
- Lima de preparación HyFlex EDM 20/.05 / 21 y 25 mm.
- HyFlex EDM 25/~ OneFile / 21y 25 mm
- Lima de acabado HyFlex EDM 40/.04 / 21y 25 mm.
- Lima de acabado HyFlex EDM 50/.03 / 21y 25 mm.
- Lima de acabado HyFlex EDM 60/.02/ 21 y 25 mm.



Hyflex EDM

Figura N° 5

Fuente: Coltene.

## 8.5 Reciproc Blue

VDW (Munich, Germany) (Figura N°6) introdujo las limas Reciproc Blue, que son un desarrollo de Reciproc M-wire. De hecho, estos dos instrumentos tienen la misma forma y movimiento de utilización; sin embargo, Reciproc Blue es sometido a un tratamiento térmico específico que da como resultado una fina capa azul de Óxido de Titanio



Fuente: VDW.

en su superficie (Plotino et al. 2018). Este tratamiento térmico mejora la flexibilidad y la resistencia a la fatiga cíclica de las limas (Deus et al. 2016). Reciproc Blue se puede precurvar durante el uso clínico debido a su fase martensítica (Plotino et al. 2018).

Las limas Reciproc Blue tienen una sección transversal en forma de S las cuales tienen una conicidad regresiva que comienza a los 3 mm de la punta. Reciproc Blue # 25 tiene un diámetro de 0,25 mm en la punta y una conicidad del 8 % (0,08 mm/mm), # 40 tiene un diámetro de 0,40 mm en la punta y una conicidad del 6 % (0,06 mm/mm), # 50 tiene un diámetro de 0,50 mm en la punta y una conicidad del 5 % (0,05 mm/mm) (Ghassan, 2017).

## Métodos y procedimientos

### 9.1 Descripción de la metodología

El diseño de esta investigación fue una revisión narrativa. Se realizó una búsqueda sistemática de la literatura que se obtuvo a través de diferentes bases de datos.

- a. Planteamiento del problema
- b. Búsqueda sistemática
- c. Análisis resultados
- d. Discusión y conclusión

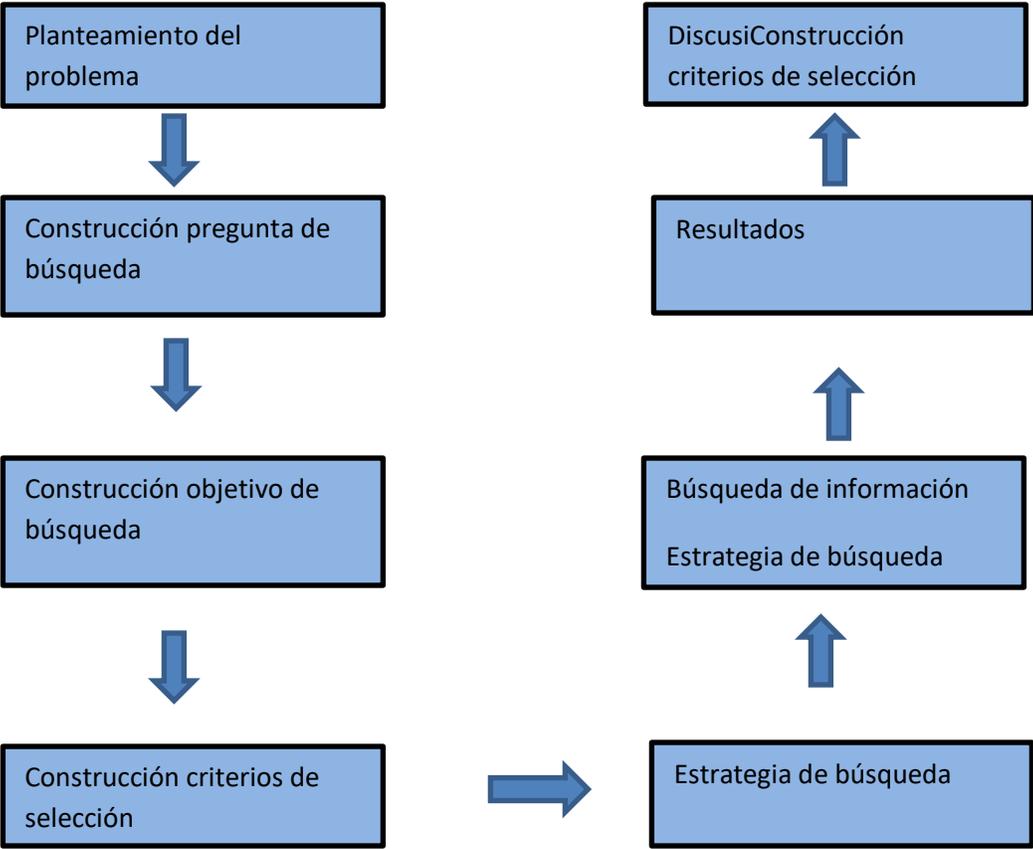
## 9.2 Estrategia de búsqueda

En junio del año 2022 se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos PubMed, EBSCO host, Scielo. Se limitó la búsqueda sobre aleaciones NiTi en artículos publicados 2012 -2022.

Los términos utilizados para la recopilación de artículos fueron: Files endodontics, alloys in endodontics, Wave One Gold, Reciproc Blue, Hyflex CM, Hyflex EDM, Cyclic Fatigue, heat treatment, M-Wire Gold.

Dentro de los criterios de inclusión fueron artículos que tenían información sobre la aleación de fabricación, comportamientos clínicos, resistencia a la fatiga cíclica y tratamientos térmicos aplicados. Los criterios de exclusión que se utilizaron fueron: artículos referentes a limas NiTi sin tratamiento térmico, usos clínicos inadecuados del material sin protocolo según fabricante y materiales sin disponibilidad en el mercado chileno.

### 9.3 Flujograma de búsqueda



## Resultados

Análisis metodológico con respecto a estudios relacionados con pruebas de resistencia a la fatiga cíclica en curva 60°

<b>Autor</b>	<b>Método</b>	<b>Tipo de estadística</b>	<b>Outcome</b>	<b>Muestra</b>	<b>Resultados (Numero de ciclos)</b>
Gundogar & Oziurek,2017.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60 °	30 limas Wave One Gold primary 25.07	1737.00 +- 376.32
Gundogar & Oziurek,2017.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60°	30 limas Reciproc Blue 25.08	2875.89 +- 105.35
Gundogar & Oziurek,2017.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60°	30 limas Hyflex EDM 25. ~	3456.33 +- 633.37

Oziurek,2016.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60°	20 limas Wave One Gold primary 25.07	1628 +- 107
Lara y Mendoza,2021.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60°	5 limas Wave One Gold primary 25.07	1704.96 +- 315
Lara y Mendoza,2021.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60°	5 Reciproc Blue 25.08	3339.96 +- 601
Uygun et al,2020.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60°	12 limas Hyflex EDM 25. ~	1710.42 +- 114
Keskin et al,2017.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la	15 limas Wave One Gold	549.54 +- 186.70

				fatiga cíclica curvatura 60°	primary 25.07	
Keskin et al,2017.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar	resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60°	15 Reciproc Blue 25.08	872.06 +- 155.40
Ahmet Demirhan Uygun,2020.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar	resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60°	20 Reciproc Blue 25.08	407.3±29.3
Serafin,2019.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar	resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60°	20 Reciproc Blue 25.08	334 +- 32
Topçuoğlu et al, 2017.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar	resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60°	12 limas Wave One Gold primary 25.07	242.5+-31.3

Topçuoğlu et al, 2019.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60°	20 limas Hyflex CM 25. ~	1612.1 +-357.6
Gundogar, Uslu, Oziurek, Plotino, 2020.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60°	20 limas Hyflex CM 25. ~	1,566.62 ± 250.55
Pedulla et al, 2015.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura a 60°	20 limas Hyflex EDM 25. ~	973 +- 152
Kaval, Capal & Ertas, 2016.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60°	20 limas Hyflex EDM 25. ~	3689 +- 1577

Plotino et al, 2014.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60°	10 limas Hyflex CM 25. ~	1331 +- 315
Yilmaz, Ozyurek, Uslu, 2019.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60°	20 limas Hyflex EDM 25. ~	1647.3 +- 239.6
Gouedard et al, 2021.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60°	10 limas Hyflex CM 25. ~	1009 ± 110
Yilmaz et al. 2018.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60°	20 limas Hyflex EDM 25. ~	388.21 +- 46.62
Braga et al, 2021.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 60°	20 limas Hyflex CM 25. ~	1865 +- 219

Análisis metodológico con respecto a estudios relacionados con pruebas de resistencia a la fatiga cíclica en curva 90°

<b>Autor</b>	<b>Método</b>	<b>Tipo de estadística</b>	<b>Outcome</b>	<b>Muestra</b>	<b>Resultados (Numero de ciclos)</b>
Yilmas & Ozyurek, 2017.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 90°	20 limas Wave One Gold primary 25.07	116.18 ± 7.66
Ozyurek et al, 2018.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 90°	20 limas Wave One Gold primary 25.07	141.85 ± 18.43
Ozyurek et al, 2018.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 90°	20 limas Hyflex EDM 25. ~	155.88 ± 24.94

Ozyurek et al, 2018.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 90°	20 Reciproc Blue 25.08	221.83 ± 31.05
Grace, Ganguly, Alageshan, Banga, 2020.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 90°	30 Reciproc Blue 25.08	908.5 +- 95.3
Grace, Ganguly, Alageshan, Banga, 2020.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 90°	30 limas Wave One Gold primary 25.07	416.1 +- 85.1
Mustafa, Jamal & Haider,2019.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 90°	10 limas Wave One Gold primary 25.07	116.1 +- 36.7

Mustafa, Jamal & Haider,2019.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 90°	10 limas Hyflex EDM 25. ~	61.6 +- 19.4
Keskin, Inan, Akgun, 2020.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 90°	10 limas Wave One Gold primary 25.07	574.00 ± 116.2
Keskin, Inan, Akgun, 2020.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 90°	10 limas Hyflex EDM 25. ~	1529.16 ± 294.4
Azim et al, 2018.	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 90°	10 limas Hyflex EDM 25. ~	538.86 +- 110

Inojosa et al, 2018	Ensayo Clínico	Descriptiva	Comparar resistencia a la fatiga cíclica curvatura 90°	20 limas Hyflex CM 25. ~	517,1 ± 102.4
------------------------	-------------------	-------------	--	--------------------------------	---------------

## Discusión

La fatiga cíclica ocurre cuando un metal se somete a ciclos repetidos de tensión y compresión que hacen que su estructura se rompa, lo que finalmente conduce a la fractura. Es la razón principal de la mayoría (93%) de los instrumentos rotos. La fractura provocada por La fatiga cíclica de los instrumentos endodónticos de Níquel-Titanio es difícil de detectar durante la práctica clínica debido a los signos invisibles de deformación permanente. Es por eso que se han realizado muchos intentos para mejorar la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos de Níquel-Titanio, incluido el procesamiento termo-mecánico novedoso y la exploración de nuevos materiales. La vida de la fatiga está determinada por dos factores: la tasa de iniciación de grietas y la tasa de propagación de grietas (Zhou, Peng & Zheng, 2013).

En los últimos 10 años, se desarrollaron varios avances en las aleaciones Níquel-Titanio, las cuales fueron patentadas, buscando mejorar las propiedades mecánicas de los instrumentos de endodoncia. Además de los tratamientos térmicos y mecánicos específicos, los fabricantes introdujeron varios procedimientos de mecanizado (p. ej: torneado, mecanizado por descarga eléctrica), así como técnicas para el acabado superficial final (Zupanc, Vahdat-Pajouh & Schäfer, 2018).

Según la evidencia científica analizada es evidente que el cambio que más aumentaría la resistencia a la fractura es la modificación de la aleación tradicional por las nuevas tratadas térmicamente (Lugo et al, 2019).

En la presente revisión se seleccionaron veintitrés estudios, los cuales buscaban explicar y comparar los diferentes instrumentos endodónticos Níquel-Titanio y su resistencia a la fatiga cíclica según su tratamiento de fabricación.

Se observaron diferencias significativas en la cantidad de ciclos previo a su fractura en los estudios que comparaban las aleaciones Níquel-Titanio con ángulos de 60° vs 90°, siendo la primera la de mejor resultado en todas las limas. Gundogar & Oziurek, 2017, evaluó 30 Hyflex EDM en un ángulo 60° logrando registrar 3456.33 +- 633.37 ciclos previos a su fractura, sus resultados demostraron el mejor desempeño a la fatiga cíclica.

Este mismo autor comparó 30 Reciproc Blue con 2875.89 +- 105.35, ciclos previos a su fractura, obteniendo el segundo mejor resultado.

Braga et al, 2020, analizó la resistencia a la fatiga cíclica de 20 limas Hyflex CM sometidas a una prueba en un ángulo de 60°, obteniendo 1865 +- 219, logrando ser la tercera lima con mejor resultado, no muy alejado de Wave One Gold donde 20 limas obtuvieron 1628 +- 107 ciclos.

Oziurek, 2016.

Los resultados obtenidos de diversos estudios demuestran que existe una disminución significativa del número de ciclos rotativos previos a la fractura al momento de exponer los instrumentos Níquel-Titanio a pruebas con un mayor

grado de curvatura. Keskin, Inan & Akgun, 2020, realizaron un estudio donde 10 limas Hyflex EDM fueron sometidas a pruebas en un cubículo de acero con un ángulo de 90°. Como resultado se obtuvo  $1529.16 \pm 294.4$  ciclos demostrando el mejor resultado por sobre Wave One Gold, Reciproc Blue y Hyflex CM.

Grace, Ganguly, Alageshan, Banga, 2020, analizo 30 Reciproc en un cubículo de acero en 90°, los resultados previos a la fractura fueron de  $908.5 \pm 95.3$  ciclos, no logrando superar a Hyflex EDM y su nueva aleación por electro descarga. Dentro del mismo estudio, se evaluó las limas Wave One Gold obteniendo como resultado  $416.1 \pm 85.1$  ciclos previo a la fractura.

Solo un estudio se encontró relacionado con limas Hyflex CM donde fue analizado su resistencia a la fatiga cíclica en un cubículo de 90°. Inojosa et al, 2018, estableció en 20 limas un numero de ciclos previo a la fractura de  $517,1 \pm 102.4$ .

## Conclusión

En los últimos años, han salido al mercado instrumentos con innumerables modificaciones en sus diseños, según la evidencia científica analizada es evidente que el cambio que más aumentaría la resistencia a la fractura es la modificación de la aleación tradicional por las nuevas tratadas térmicamente.

Las diferencias mecánicas de las limas endodónticas NiTi dependen principalmente las propiedades de las fases que existen en la aleación, que es determinada por la temperatura de transformación de fase.

Según la información obtenida de diversos estudios y las pruebas realizadas en cubículos de acero de 60 y 90 grados, podemos concluir que las limas HyFlex EDM poseen una mayor resistencia a la fatiga cíclica en comparación a Reciproc Blue, Wave One Gold y Hyflex CM.

Hyflex EDM ha demostrado que aumenta la flexibilidad y la resistencia a la fatiga cíclica, pero además son actualmente los únicos instrumentos producidos por el mecanizado de la descarga eléctrica, lo que se transforma en una mayor seguridad y confianza a la hora de utilizarla en la preparación biomecánica.

## Bibliografia

- Azim, T. A. (2018). *Comparison between Single-file Rotary Systems:Part 2—The Effect of Length of the Instrument Subjected to Cyclic Loading on Cyclic Fatigue Resistance.*
- Braga, R. P. (2021). *Evaluation of the Cyclic and Torsional Fatigue Resistance of Thermally Treated Hyflex CM versusAurum BlueNickel-titanium Rotary Instruments.*
- Burklein, B. &. (590-597). Shaping ability of different single file systems in severely curved root canals of extracted teeth. En *International Endodontic Journal.*
- De-Deus, N. (2016). *Blue Thermomechanical Treatment Optimizes Fatigue Resistance and Flexibility of the Reciproc Files.*
- Gavini, S. (Mayo de 2018). Nickel–Titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art.
- Gouedard, P. C. (2021). *Comparison of the cyclic fatigue resistance of One Curve, F6 Skytaper, Protaper Next, and Hyflex CM endodontic files.*
- Grace, G. A. (2020). *A comparative evaluation of cyclic fatigue resistance of Reciproc Blue, WaveOne Gold and 2Shape nickel–titanium rotary files in different artificial canals.*

- Gundogar, U. ,. (2020). *Comparison of the cyclic fatigue resistance of VDW.ROTATE, TruNatomy, 2Shape, and HyFlex CM nickel-titanium rotary files at body temperature.*
- Iacono, P. (F. Iacono C. Pirani, , G. Bolelli, P. Sassatelli). *Análisis estructural de instrumentos HyFlex EDM.*
- Inojosa, L. P. (2018). *Fatigue resistance of endodontic instruments manufactured in NiTi CM Wire and in conventional NiTi alloy with eletrochemical treatment.*
- Kaval, C. &. (2016). *Evaluation of the Cyclic Fatigue and Torsional Resistance of Novel Nickel-Titanium Rotary Files with Various Alloy Properties.*
- Keskin, I. &. (2020). *Comparison of the Fracture Resistance of Hyflex EDM and WaveOne Gold Rotary System Instruments in Abrupt Apical Curvature.*
- Keskin, I. D. (2017). *Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc Blue, Reciproc, and WaveOne Gold Reciprocating Instruments.*
- Khasnis, K. &. (2018). *La ciencia rotativa y su impacto en la separación de instrumentos: una revisión enfocada.*
- Lugo, G. &. (Diciembre de 2018). *Comportamiento mecánico de los nuevos instrumentos en endodoncia.*

- Maldonado, G. R. (2020). Evaluacion del éxito de tratamientos endodónticos realizados por estudiantes de pregrado en una universidad Chilena. *Int. J. Odontostomat*, 154-159.
- Mendoza, L. &. (2021). Fatiga cíclica en sistemas recíprocos WaveOne Gold y Reciproc Blue después de su uso en canales artificiales con curvaturas severas.
- Mohammad, A. S. (Enero de 2022). In Vitro Analysis of the Fatigue Resistance of Four Single File Canal Preparation Instruments.
- Mohammadi, M. &. (2014). A Review of the Various Surface Treatments of NiTi Instruments.
- Mustafa, J. &. (2019). *Evaluate the effect of canal curvature on Fracture Resistance and Cyclic Fatigue of Three NiTi Rotary Instruments (A comparative in vitro study)*.
- Oziurek, G. &. (2017). Cyclic Fatigue Resistance of OneShape, HyFlex EDM, WaveOne Gold, and Reciproc Blue Nickel-titanium Instruments.
- Ozyurek. (2016). Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc, WaveOne and WaveOne Gold Nickel-Titanium Instruments.
- Ozyurek, G. U. (2018). *Cyclic fatigue resistances of Hyflex EDM, WaveOne gold, Reciproc blue and 2shape NiTi rotary files in different artificial canals*.

- Ozyurek, Y. &. (2017). *Cyclic fatigue life of Tango-Endo, WaveOne GOLD, and Reciproc NiTi instruments.*
- Pedulla, L. S. (2015). *Torsional and Cyclic Fatigue Resistance of a New Nickel-Titanium Instrument Manufactured by Electrical Discharge Machining.*
- Plotino, G. &. (2018). *Cyclic Fatigue of Reciproc and Reciproc Blue Nickel-titanium Reciprocating Files at Different Environmental Temperatures.*
- Plotino, T. A. (2012). *Fatigue resistance of rotary instruments manufactured using different nickel–titanium alloys: a comparative study.*
- Schilder, H. (2006). Filling Root Canals in Three Dimensions. En *JOE* (págs. 281-290).
- Serafin, D. B. (2019). Influencia de diferentes movimientos en la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos de endodoncia Reciproc y Reciproc Blue.
- Steinfort, K. (2017). *WaveOne® Gold: La nueva apuesta de Dentsply Sirona.*
- Tabassum, Z. &. (2019). Nickel-Titanium Rotary File Systems: What's New?
- Topçuoğlu, D. D. (2017). Cyclic fatigue resistance of new reciprocating files (Reciproc Blue, WaveOne Gold, and SmartTrack) in two different curved canals.
- Topcuoglu, T. k. (2019). *Effect of two different temperatures on resistance to cyclic fatigue of one Curve, EdgeFile, HyFlex CM and ProTaper next files.*

- Uslu, O. Y. (2017). *Comparison of Alterations in the Surface Topographies of HyFlex CM and HyFlex EDM Nickel-titanium Files after Root Canal Preparation: A Three-dimensional Optical Profilometry Study.*
- Uygun. (2020). Cyclic fatigue resistance of VDW. ROTATE and Reciproc Blue Nickel-Titanium files at root canal temperature.
- Uygun, U. F. (s.f.). Comparison of the cyclic fatigue resistance of hyflex EDM, vortex blue, protaper gold, and onecurve nickel-Titanium instruments.
- Yared, G. (2017). *Reciproc blue: the new generation of reciprocation.*
- Yilmaz, O. &. (2019). *COMPARISON OF CYCLIC FATIGUE RESISTANCE OF ONE CURVE, HYFLEX EDM, WAVEONE GOLD AND RECIPROC BLUE NICKEL-TITANIUM ROTARY FILES AT INTRA-CANAL TEMPERATURE.*
- Yılmaz, U. G. (2018). *Cyclic fatigue resistances of several nickel–titanium glide path rotary and reciprocating instruments at body temperature.*
- Zevallos. (2018). Comparación de la eficacia de cuatro sistemas de limas con propiedades de memoria de forma y control de memoria para la desobstrucción de conductos de raíces con curvatura severas: estudio in vitro.
- Zhou, P. &. (2013). *An overview of the mechanical properties of nickel–titanium endodontic instruments.*

Zupanc, V. P. (2018). *New thermomechanically treated NiTi alloys – a review.*