

UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA

FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA



*“RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE DOS TIPOS DE LIMAS
MECANIZADAS DE ACCIÓN ALTERNADA.”*

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
SEGUNDA ESPECIALIDAD EN CARIOLOGÍA Y ENDODONCIA**

**PRESENTADO POR:
C.D. KATTY LOURDES TABOADA CORDERO**

**LIMA – PERÚ
2019**

DEDICATORIA

Dedicado a mi madre por ser mi gran ejemplo de perseverancia, coraje y valentía.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor el Dr. Martín Vargas Acevedo por siempre motivarme e incentivarme a seguir con mi objetivo en este último peldaño de mi especialidad y a mi padrino el Dr. Santiago Quijano Ortiz por haberme apoyado en todo este largo proceso de mi tesis.

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA N°1: Resistencia a la fatiga cíclica por número de ciclos hasta la fractura.....	42
TABLA N°2: Diferencia de resistencia a la fatiga cíclica por longitud del fragmento separado.....	43
TABLA N°3: Diferencia de resistencia a la fatiga cíclica por tiempo de fractura	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA N°1: Resistencia a la fatiga cíclica por número de ciclos hasta la fractura (10 especímenes).....	45
FIGURA N°2: Resistencia a la fatiga cíclica por número de ciclos hasta la fractura (08 especímenes).....	45
FIGURA N°3: La longitud de fragmento separado (10 especímenes).....	46
FIGURA N°4: La longitud de fragmento separado (08 especímenes).....	46
FIGURA N°5: Resistencia a la fatiga cíclica por tiempo de fractura (10 especímenes).....	47
FIGURA N°6: Resistencia a la fatiga cíclica por tiempo de fractura (08 especímenes).....	47

ÍNDICE

Carátula.....	I
Dedicatoria.....	II
Agradecimientos.....	III
Índice de tablas.....	IV
Índice de figuras.....	V
Índice.....	VI
Resumen.....	VII
Abstract.....	VIII
Introducción.....	IX
CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Marco Teórico.....	1
1.2. Investigaciones.....	18
1.3. Marco Conceptual.....	23
CAPÍTULO II: EL PROBLEMA, OBJETIVOS, HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	25
2.1. Planteamiento del Problema.....	25
2.1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	25
2.1.2. Definición del Problema.....	26
2.1.2.1. Problema Principal.....	26
2.1.2.2. Problemas Específicos.....	26
2.2. Finalidad y Objetivos de la Investigación.....	26
2.2.1. Finalidad.....	26

2.2.2. Objetivo General y Específicos.....	27
2.2.2.1. Objetivo General.....	27
2.2.2.2. Objetivos Específicos.....	27
2.2.3. Delimitación del Estudio.....	28
2.2.4. Justificación e Importancia del Estudio.....	29
2.3. Hipótesis y Variables.....	29
2.3.1. Hipótesis Principal y Específicas.....	29
2.3.1.1. Hipótesis Principal.....	29
2.3.1.2. Hipótesis Específicas.....	29
2.3.2. Variables e Indicadores.....	31
CAPÍTULO III: MÉTODO, TÉCNICA E INSTRUMENTO.....	32
3.1. Población y Muestra.....	32
3.1.1. Población.....	32
3.1.2. Muestra.....	32
3.1.3. Unidad de Muestreo.....	33
3.1.4. Unidad de Análisis.....	33
3.1.5. Tipo de Muestreo.....	33
3.1.6. Selección de la Muestra.....	33
3.1.6.1. Criterios de Inclusión.....	33
3.1.6.2. Criterios de Exclusión.....	34
3.2. Diseño Utilizado en el Estudio.....	34
3.2.1. Propósito.....	34
3.2.2. Enfoque.....	34
3.2.3. Secuencia Temporal.....	34
3.2.4. Temporalidad.....	35

3.2.5. Asignación de Factores.....	35
3.2.6. Finalidad.....	35
3.2.7. Diseño Específico.....	35
3.2.8. Nivel.....	35
3.2.4. Aspectos Éticos.....	35
3.3. Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos.....	36
3.3.1. Técnica de Recolección de Datos.....	36
3.3.2. Instrumento de Recolección de Datos.....	36
3.3.3. Procedimiento de Recolección de Datos.....	36
3.3.4. Capacitación y Calibración.....	36
3.3.5. Validación del Instrumento.....	37
3.3.6. Procesamiento de Datos.....	38
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	39
4.1. Presentación de Resultados.....	39
4.2. Contrastación de Hipótesis.....	45
4.3. Discusión de Resultados.....	46
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
5.1. Conclusiones.....	49
5.2. Recomendaciones.....	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXOS.....	5

RESUMEN

Introducción: El planteamiento y desarrollo de esta investigación evaluó la fatiga de las limas endodónticas mecanizadas, que representaron un alto porcentaje de frecuencia. En presencia de conductos curvos aumenta la fatiga cíclica y la fractura de las limas endodónticas, debido a los ciclos continuos de tracción y compresión. Esta investigación tuvo por objetivo determinar la diferencia de resistencia a la fatiga cíclica de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura. A lo largo del tiempo, se trató de mejorar la ineficiencia de resistencia a la fatiga de las limas, introduciendo al mercado la cinemática de acción alternada (reciprocante); esto mejoró las propiedades mecánicas de los instrumentos, aumentando la resistencia a la fatiga cíclica en comparación con la cinemática de rotación continua. También se trató de mejorar el tipo de aleación, con una reducción significativa de fractura por fatiga cíclica; siendo la aleación CM – Wire más resistente a la fatiga que los instrumentos fabricados con níquel titanio convencional. La hipótesis que planteó esta investigación es que la resistencia a la fatiga cíclica de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada fue mayor en las de diseño Easy Prodesign Logic® que en las Reciproc Blue® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura. Esto se demostró a través de un estudio “in vitro” en un simulador de conducto radicular con curvatura severa artificial. Se midió el tiempo hasta la fractura con un cronómetro digital y una cámara de video; además de la longitud del fragmento fracturado.

Métodos: Se emplearon 20 limas nuevas mecanizadas de acción alternada Easy Prodesign Logic® y Reciproc Blue® distribuidas en 10 para cada grupo. Se introdujeron en un simulador de curvatura artificial con movimientos y velocidad ya establecidos por el fabricante; se observó y se midió el tiempo mediante un cronómetro y cámara de video hasta su fractura.

Resultados: No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número de ciclos hasta la fractura según el tipo de lima cuando se analizaron 10 ($p=0.19$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la longitud del fragmento según el tipo de lima cuando se analizaron 10 ($p<0.01$).

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de fractura según el tipo de lima cuando se analizaron 10 ($p=0.19$).

Conclusiones: No hay diferencias en la resistencia a la fatiga cíclica según el número de ciclos hasta la fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada entre Easy Prodesign Logic® y Reciproc Blue® después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

Existen diferencias en las longitudes de los fragmentos separados entre los dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada; siendo Reciproc Blue® la de mayor longitud de fragmento separado en comparación con Easy Prodesign Logic® después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

No hay diferencias en la resistencia a la fatiga cíclica según tiempo de fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada entre Easy Prodesign Logic® y Reciproc Blue® después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

Palabras Claves: Fatiga Cíclica, Movimiento Reciprocante, Fractura por Torsión, Fractura por Flexión, Easy Prodesyn Logic, Reciproc Blue.

ABSTRACT

Introduction: The approach and development of this research evaluated fatigue of mechanized endodontic files, who represented a high occurrence rate. In the presence of curved ducts, cyclic fatigue and fracture of the endodontic files increased due to the continuous cycles of traction and compression. This research was aimed at determining the resistance to cyclic work of two different types of mechanized files of alternate action working in a simulated root canal with a severe degree of curvature. Over time, the fatigue resistance of the files was tried to be improved through the introduction of the kinematics of alternating action (reciprocating) to the market; this improved the mechanical properties of the instruments, increasing the resistance to cyclic fatigue in comparison with the continuous rotation kinematics. Also tried to improve the type of alloy, with significant reduction of cyclic fatigue fracture; the CM - Wire alloy being more resistant to fatigue than the instruments manufactured with conventional nickel titanium. The hypothesis of this research raises is that the resistance to cyclic fatigue of two types of mechanized files of alternating action was greater in Easy Prodesign Logic® design than Reciproc Blue® working in a simulated root canal with severe grade of curvature . This was demonstrated through an "in vitro" study in a root canal simulator with severe artificial curvature. The time to fracture was measured with a digital chronometer and a video camera; in addition to the length of the fractured fragment.

Methods: 20 new Easy Prodesign Logic® and Reciproc Blue® alternate action mechanized files distributed in 10 for each group. There were introduced in an artificial curvature simulator with movements and speed already established by the manufacturer; time was observed and measured by a chronometer and video camera until fracture.

Results: No statistically significant differences were found in the number of cycles up to the fracture according to the type of file when 10 were analyzed ($p = 0.19$).

Significant statistically differences were found in the length of the fragment according to the type of file when 10 were analyzed ($p = <0.01$).

No significant statistically differences were found in the fracture time according to the type of file when 10 were analyzed ($p = 0.19$).

Conclusions: There are not differences in the resistance to cyclic fatigue according to the number of cycles until the fracture of two types of altered mechanized files between Easy Prodesign Logic® and Reciproc Blue® after worked in a simulated root canal with a severe grade of curvature.

There are differences in the lengths of the separated fragments between the two types of altered mechanized files; Reciproc Blue® being the longest separate fragment length compared to Easy Prodesign Logic® after worked in a simulated root canal with a severe grade of curvature.

There are no differences in the resistance of cyclic fatigue according to the fracture time of two types of alternating mechanized files between Easy Prodesign Logic® and Reciproc Blue® after worked in a simulated root canal with a severe grade of curvature.

Keywords: Cyclic Fatigue, Reciprocating Movement, Torsion Fracture, Flexural Fracture, Easy Prodesyn Logic, Reciproc Blue.

INTRODUCCIÓN

El planteamiento y desarrollo de esta investigación evaluó la fatiga de las limas endodónticas mecanizadas por representar un alto porcentaje de frecuencia. En presencia de conductos curvos aumenta la fatiga cíclica y la fractura de las limas endodónticas debido a los ciclos continuos de tracción y compresión. Esta investigación tuvo por objetivo determinar la diferencia de resistencia a la fatiga cíclica de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura. A lo largo del tiempo se trató de mejorar esta ineficiencia de fatiga de las limas, introduciendo al mercado la cinemática de acción alternada (reciprocante); esto mejoró las propiedades mecánicas de los instrumentos y aumentó la resistencia a la fatiga cíclica en comparación con la cinemática de rotación continua. También han mejorado el tipo de aleación con un aumento significativo de resistencia por fatiga cíclica, siendo la aleación CM – Wire la que presentó más resistencia que los instrumentos fabricados con níquel titanio convencional. La hipótesis que planteó esta investigación es que la resistencia a la fatiga cíclica de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada es mayor en las de diseño Easy Prodesign Logic® que en las Reciproc Blue® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura. Esto se demostró a través de un estudio “in vitro” en un simulador de conducto radicular con curvatura severa artificial con movimientos y velocidad establecidos por los fabricantes. Se observó y se midió el tiempo hasta la fractura mediante un cronómetro digital y una cámara de video; además se evaluó la longitud del fragmento fracturado.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. MARCO TEÓRICO

1.2.1. Endodoncia

Es la rama de la Odontología que trata de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental y los tejidos perirradiculares. ⁽¹⁾

1.2.1.1 Limpieza y Conformación

Schilder H. 1974; explica que el objetivo de la endodoncia no se resume solamente a la remoción del tejido pulpar, restos necróticos y dentina infectada del conducto radicular, sino también atribuir una conformación de mayor diámetro en la porción cervical y menor en apical; favoreciendo la irrigación del conducto radicular y su obturación, haciéndola lo más hermética posible. ⁽¹⁾

1.2.1.2 Limas Manuales

Inicialmente la fabricación de las limas endodónticas se originaba de la torsión de un asta piramidal de acero carbono, siendo este metal sustituido después de 1961 por el acero inoxidable con mejores propiedades. Hoy en día también se utiliza el níquel titanio para fabricar limas manuales. Estas limas tienen una conicidad estándar ANSI n° y diseño transversal poco variable ⁽¹⁾

1.2.1.3 Limas mecanizadas

El avance tecnológico y la asociación de la metalurgia en la endodoncia permitieron que se fabricaran limas con aleación de níquel-titanio, que confiere superelasticidad, flexibilidad, resistencia a la deformación plástica y a la fractura.⁽¹⁾

1.2.1.4 Limas de Acción Rotacional Continua

Constituyen la tercera generación en el perfeccionamiento del tratamiento del conducto radicular y son fabricados con níquel-titanio para un mejor funcionamiento. Giran continuamente en sentido horario a determinadas R.P.M. y control de torque a indicación del fabricante. ⁽¹⁾

1.2.1.5 Limas de Acción Alternada

El movimiento de acción alternada es una innovación reciente en las limas de instrumentación de níquel titanio que pretende resistir la separación de instrumentos, permitiendo un tratamiento más fácil y acortando así la curva de aprendizaje de los sistemas de limas de níquel titanio. Giran con alternancia horaria y antihoraria con determinado trayecto y control de torque propuesto por el fabricante. ⁽¹⁾

1.2.1.6 Fabricación de las Limas

A. Limas manuales

Fabricadas con aleaciones de acero inoxidable son consideradas aún los instrumentos endodónticos más utilizados en el mundo. Ofrecen buena resistencia a la fractura, no se oxidan fácilmente, permiten la torsión, incluso los de pequeño calibre son precurvables y debido a su dureza son relativamente rígidos; permitiendo su avance en la exploración de conductos radiculares atrésicos y curvos. Son fabricadas por corte a partir de una varilla más refilada de acuerdo a un diseño geométrico que la obliga a una cinemática específica.⁽¹⁾

B. Limas mecanizadas

Existen diferentes tipos de limas mecanizadas, en cuanto a su aleación por ejemplo: Níquel-Titanio, M-Wire, CM-Wire, Fase R, etc; en cuanto a su conocida por ejemplo: de progresión aritmética, geométrica, mixta, etc y en cuanto a su diseño transversal por ejemplo: triangular, helicoidal, trapezoidal, etc.⁽¹⁾

1.3.1. Fatiga Cíclica

La separación del instrumento es una preocupación seria en el área de endodoncia y se produce cuando una estructura física como por ejemplo limas endodónticas son sometidas a ciclos repetidos de tensión y compresión, causando que su estructura se descomponga y finalmente se fracture.⁽²⁾

Existe dos tipos de fractura en las limas endodónticas; Por torsión; que es la ruptura de un metal alrededor de su eje longitudinal en un extremo mientras que el otro extremo está en una posición fija y por flexión; que ocurre cuando el instrumento no se atasca, sino que gira libremente en una curvatura, generando ciclos de tensión / compresión en el punto de máxima flexión hasta que se produce la fractura.⁽³⁾

La fatiga cíclica es más probable que ocurra en un conducto radicular con curva severa y radio de curvatura corto, como expone Pruett J. et al; siendo la causa principal de la fractura de los instrumentos de níquel titanio. Un instrumento necesita ser resistente a la fatiga cíclica y tener flexibilidad suficiente para permitir la preparación de conductos radiculares curvos, pero también resistencia suficiente para que no se produzca la separación del instrumento. La fatiga cíclica ha sido implicada como la razón principal de la fractura de las limas endodónticas mecanizadas.⁽⁴⁾

Para reducir la fractura de las limas endodónticas se debe evitar mantener una posición estática del instrumento mecanizado, usando un movimiento de vaivén de entrada y de salida hasta el punto en que se sienta resistencia ejercida sobre el instrumento durante la preparación.⁽²⁾

La fractura en torsión y flexión pueden ocurrir al mismo tiempo. Sin embargo las fracturas por fatiga cíclica son más prevalentes, con más del 90% de los incidentes de separación de los instrumentos.⁽⁵⁾

1.3.1.1 Factores que influyen en la fatiga cíclica

A. Aleación

A.1. NiTi

Las limas de níquel titanio presentan estrés mecánico cuando trabaja en una curvatura del conducto radicular o se exponen a la dureza de la dentina y a ciclos repetitivos de función. En presencia de conductos curvos aumenta la fatiga cíclica y la fractura de las limas endodónticas debido a estos ciclos continuos de tracción y compresión. La introducción del movimiento de acción alternada, ha generado un aumento en el rendimiento y en la seguridad de los instrumentos de níquel titanio. Este movimiento puede emplearse para utilizar un único instrumento de níquel titanio, porque hay menor tensión para preparar todo el conducto radicular. ⁽⁴⁾

A.2. M-Wire

Esta aleación introducida en el 2007, está compuesta de nitinol 508 sometido a un método patentado de tratamiento que consiste en extraer el alambre crudo bajo tratamientos específicos de tensión y calor a diversas temperaturas; resultando un material con parte R martensítico y premartensítico. Un inconveniente de las pruebas experimentales de los instrumentos rotatorios de níquel titanio en el comportamiento de fatiga es que existe una dificultad de eliminar los factores de confusión, como las propiedades de los materiales, el diseño y las dimensiones del instrumento, que son específicos de la marca probada. Esto dificulta cuantificar el efecto de una sola variable en el comportamiento de la fatiga. ⁽⁶⁾

Johnson E. et al; informaron que los instrumentos fabricados con M-Wire en un diseño ProFile® exhibían casi 400% más resistencia a la fatiga cíclica que los instrumentos de alambre superelásticos de níquel titanio del mismo tipo ($p < 0.001$). ⁽⁷⁾

Gao Y. et al; compararon la resistencia a la fatiga cíclica de ProFile Vortex® con dos aleaciones diferentes: M-Wire y níquel titanio convencional a 2 velocidades de

rotación distintas. Las limas ProFile Vortex® fabricados con M-Wire exhibieron una resistencia superior a la fatiga cíclica (150% más larga de fatiga) en comparación con los realizados con níquel titanio convencional a dos velocidades de prueba (300 y 500 rpm). No hubo diferencias significativas en la resistencia a la fatiga bajo diferentes velocidades de rotación($p>0.05$).⁽⁸⁾

Recientemente, Gao Y.et al; evaluaron el impacto de las materias primas (incluyendo acero inoxidable, níquel titanio convencional, M-Wire y un prototipo de Vortex Blue NiTi®) sobre la resistencia a la fatiga de los instrumentos rotatorios (25/.06) trabajando en un canal de acero inoxidable artificialmente construido. Los resultados mostraron que hubo diferencias significativas en la vida media de fatiga y flexibilidad para instrumentos fabricados a partir de diferentes materiales ($p<.05$). El prototipo de Vortex Blue NiTi® clasificó primero en la vida de fatiga y flexibilidad seguida por M-Wire, níquel titanio convencional y finalmente acero inoxidable ($p<.01$).⁽⁹⁾

A.3. CM - Wire

Fue introducida en el 2012, Shen Y. et al; comprueban que los instrumentos fabricados con esta aleación tienen casi 300% -800% más resistencia a la fatiga que los instrumentos fabricados con alambre de níquel titanio convencional ($p<.05$).⁽¹⁰⁾ La forma cuadrada de los instrumentos de níquel titanio con aleación CM Wire muestra una sobrevida de fatiga significativamente más larga que la forma triangular de los instrumentos de níquel titanio convencionales ($p<.01$). Los valores del área de fractura ocupada por la región de anfractuosidades (que muestra la fractura final) fueron significativamente menores en los instrumentos CM Wire que en los instrumentos fabricados con aleación de níquel titanio convencional ($p<0.01$).⁽¹⁰⁾ Por lo tanto, las limas de la serie CM Wire tienen una resistencia a la fatiga superior a las limas fabricadas con aleación de níquel titanio convencional.
⁽¹⁰⁾

Shen Y.et al; mostraron que dos nuevos instrumentos con aleación CM Wire produjeron mejor sobrevida a la fatiga, de 4 a 9 veces más larga que las limas convencionales con el mismo diseño bajo diversas soluciones irrigantes ($p<0.05$).⁽¹¹⁾ La sobrevida de fatiga de 3 instrumentos superelásticos de níquel

titanio convencionales fueron similares en varios ambientes, mientras que la sobrevida a la fatiga de dos tipos de limas nuevas con aleación CM Wire fueron mucho más largas en medios líquidos. ($p < 0.05$).⁽¹¹⁾

Una función de los medios acuosos en el comportamiento de la fatiga del metal es llevar el calor lejos del contacto con el metal. Por lo tanto, un medio acuoso puede servir como disipador eficaz de calor para facilitar la sobrevida a la fatiga del instrumento con aleación CM Wire.⁽¹¹⁾

A.4. Fase - R

La fabricación de un instrumento a partir del alambre en fase R la hace más flexible y tiene memoria de forma. Además una histéresis de tensión más estrecha significa que se puede transformar más austenita durante la transformación martensítica inducida por estrés.⁽¹²⁾

La fase austenita se expresa cuando la lima está en reposo y cuando está en movimiento rotatorio presenta una deformación conocida como martensita.⁽¹²⁾

La lima Twisted File® es fabricada con aleación de fase R usando un método de torsión. Pedulla et al; evaluaron la resistencia a la fatiga cíclica de las limas Twisted File®, Mtwo® y Revo S Shaping Universal® después de la inmersión en hipoclorito de sodio. Los resultados mostraron que la inmersión estática o dinámica en NaOCl durante 1 o 5 minutos no redujo la resistencia a la fatiga en comparación con pruebas de estado seco de las limas níquel titanio ($p > .05$). La lima Twisted File® fue más resistente seguido por las limas de Mtwo® y Revo S SU® ($p < .001$).⁽¹³⁾

A.5. Al modificarse el tratamiento térmico

Una nueva generación de instrumentos (limas de acción giratoria Vortex Blue® y ProTaper Gold®) tienen un tratamiento complejo de refrigeración y calefacción, que da como resultado una capa visible de óxido de titanio en la superficie del instrumento. Este tratamiento controla las temperaturas de transición, creando una aleación con memoria de forma, con propiedades mecánicas superiores y gran rendimiento de los instrumentos NiTi.⁽¹⁴⁾

Gundogar M. et al; explica que los instrumentos WaveOne Gold® se fabrican con tratamiento térmico de oro. El tratamiento térmico de oro se realiza calentando y enfriando lentamente el instrumento, después de su producción. Los instrumentos Reciproc Blue® por ejemplo se fabrican alterando la estructura molecular a través de un tratamiento térmico con el fin de aumentar la resistencia a la fatiga cíclica. Este nuevo tratamiento térmico le proporciona al instrumento su color azul.⁽¹⁵⁾

B. Resistencia a la torsión

Kim Ch. et al; examinaron la resistencia a la torsión de Reciproc® y WaveOne®. Los investigadores encontraron que el ángulo de rotación en el punto inicial de deformación torsional era mayor para el sitio de unión más alejado de la punta del instrumento de ambos sistemas ($p < 0.05$). Concluyeron que las 2 marcas de instrumentos recíprocos son seguras, cuando respetan el ángulo de rotación en su motor patentado.⁽¹⁶⁾

Kim H. et al; evaluaron la carga máxima de torsión en diferentes instrumentos mecanizados. Reciproc® como WaveOne® mostraron una resistencia a la torsión significativamente mayor que Protaper® ($p < 0.05$).⁽¹⁷⁾

C. Eficiencia de corte

La capacidad de una lima para eliminar eficazmente la dentina depende del número de estrías, diseño del área transversal, ángulo helicoidal, ángulo de corte, diseño de la punta, propiedades metalúrgicas y del tratamiento superficial de las limas. Existen pocos estudios que investigan la eficiencia de corte de los nuevos instrumentos mecanizados. Gambarini G. et al; demostraron que no hay diferencias significativas en la capacidad de corte de Reciproc® y Twisted File Adaptive® utilizados en movimiento recíproco o en rotación continua ($p > 0.05$), demostrando que el movimiento rotacional no reduce la capacidad de corte de estas limas.⁽¹⁸⁾

Plotino G. et al; demostraron que Reciproc® R25 mostraron una eficiencia de corte mayor que WaveOne Primary® ($p < .05$).⁽¹⁸⁾

Los instrumentos reciprocantes cuando se utilizan con su propio movimiento de acción alternada presentan una eficacia de corte superior.⁽¹⁸⁾

D. Análisis de superficie

Pirani Ch. et al; evaluaron las alteraciones de la superficie y la topografía de dos instrumentos alternativos de alambres M-Wire antes y después de dar forma a los conductos radiculares. Las limas WaveOne® y Reciproc® confirmaron la presencia de una textura superficial regular con marcas de fresado en toda la superficie, principalmente perpendiculares al eje largo de las limas. No hay diferencias significativas en la alteración de la superficie de WaveOne® y Reciproc® ($p < 0.001$).⁽¹⁹⁾ Ambas limas mostraron deformación de la punta y desgaste en su superficie.⁽¹⁹⁾

Caballero H. et al; evaluaron el número de usos y los defectos en la superficie de Twisted File® utilizado en rotación continua y Reciproc® R25 en movimiento reciprocante después de la instrumentación en conductos radiculares de molares mandibulares; concluyeron que la conformación adecuada de conductos radiculares de molares extraídos se logra hasta en 6 oportunidades con Twisted File® y en 9 oportunidades con Reciproc® R25, antes de la aparición de defectos en la superficie de los instrumentos. La presencia de defectos aumentó significativamente con usos sucesivos en ambos grupos ($P < 0.05$), pero Twisted File presentó defectos más superficiales que Reciproc® R25 ($P < 0.001$).⁽²⁰⁾

E. Capacidad de conformación y preservación de la anatomía del espacio del conducto radicular

Los avances actuales sobre instrumentos mecanizados de acción alternada han mostrado un cambio de paradigma en las técnicas de preparación de conductos radiculares. La capacidad de conformación de los instrumentos reciprocantes contemporáneos preserva la forma original del conducto radicular, principalmente por la interacción de 3 factores: la cinemática de movimiento alternativo, la sección de la lima y la aleación de M-wire.⁽²¹⁾

De Deus G. et al; informaron que con el uso de la lima Reciproc® R25, pudieron alcanzar la longitud total de trabajo del conducto radicular cuando son patentizados con una lima # 10 K.⁽²¹⁾

Jeon HJ. et al; encontraron que tanto WaveOne® como Reciproc® R25 fueron capaces de preparar adecuadamente la porción apical de los conductos radiculares simulados en forma de J, pero un mayor número de tiempos de “picoteo” después de alcanzar la longitud de trabajo puede producir un diámetro apical mayor que el tamaño real de la lima ($p < 0.05$).⁽¹²⁾

La necesidad de obtener un camino de patencia antes del uso de limas reciprocantes es aún una controversia. A pesar de las observaciones favorables reportadas con Reciproc®; el procedimiento de “glide path” técnicamente es una exigencia.⁽¹²⁾

Berutti E. et al; mostraron que el uso previo de una lima tipo K de la serie especial seguido de una lima rotatoria de níquel titanio WaveOne® mejoró la mantención de la anatomía original del conducto radicular, minimizando los errores de procedimiento y con menos tiempo para alcanzar la longitud de trabajo. ⁽²²⁾

De Deus G. et al; compararon WaveOne® con Reciproc® y afirmaron que es necesario el uso de “glide path” ($p < 0.05$). Parece que el mayor diámetro del núcleo y el mayor número de estrías en espiral de WaveOne® aumenta la rigidez de la punta, que conduce a alteraciones de la forma y longitud original del conducto radicular.⁽²³⁾

1.3.1.2. Fatiga cíclica y resistencia a la flexión

Los instrumentos reciprocantes se trasladan a una distancia circunferencial más corta que un instrumento de rotación continua, que somete a la lima a valores de tensión más bajos. Se aduce que este instrumento debe tener una mayor resistencia a la fatiga por ser utilizado con movimiento reciprocante en lugar de movimiento de rotación continua.⁽²⁴⁾

Lee W. et al; demostraron que el movimiento recíprocante ofrece mayor resistencia a la fatiga cíclica en comparación con el movimiento rotatorio convencional ($p > 0.05$).⁽²⁴⁾

De Deus G. et al; publicaron el primer estudio sobre este tema y demostraron que la cinemática de movimiento es uno de los principales factores que determinan la resistencia a la fractura cíclica de las limas mecanizadas de níquel titanio. El movimiento recíprocante promovió una sobrevida más prolongada de fatiga cíclica en comparación con rotación continua ($p < 0.05$).⁽²⁵⁾

Estos resultados fueron confirmados posteriormente por otros estudios, que concluyeron que el movimiento recíprocante prolonga la vida útil de las limas endodónticas de níquel titanio.⁽²⁶⁻²⁸⁾

Las limas Reciproc® están asociadas a una resistencia a la fatiga cíclica significativamente mayor que las limas WaveOne®.^{(12,29)(30-33)}

La probabilidad de vida media de Reciproc® es 62% mayor que WaveOne® a 5 mm de la punta y 100% mayor a 13 mm.⁽²⁸⁾

Higuera O. et al; encontraron que la resistencia a la fatiga cíclica de Reciproc® R25 era significativamente mayor que WaveOne® ($p = 0.04$).⁽³⁴⁾

Las limas recíprocantes comercializadas en la actualidad mostraron una sobrevida de fatiga cíclica más larga que las limas de acción mecanizada rotacional continua.^(12,35,36)

La alteración de la amplitud del movimiento alternado tiene una influencia significativa en la sobrevida de fatiga cíclica de las limas de níquel titanio. Cuando se aumenta el ángulo del movimiento alternado, aumenta el ángulo de progresión de cada ciclo de vaivén y se reduce la resistencia a la fatiga cíclica. La sobrevida de la fatiga cíclica también disminuye con el aumento de la amplitud en movimiento alternativo estacionario (oscilación con ángulo en el sentido de las agujas del reloj = ángulo en sentido contrario a las agujas del reloj).^(33,37)

Shin CS. et al; demostraron que la fatiga aumenta de un 50% a 355% respecto a la rotación continua ($p > 0.05$). Además, el movimiento recíprocante progresivo proporciona una sobrecarga de fatiga más larga que el movimiento recíprocante estacionario, con un aumento de la sobrecarga útil a la fatiga hasta un 990% superior al de rotación continua. Durante el movimiento recíprocante progresivo, las ubicaciones de tensión se desplazan hacia nuevos lugares durante el incremento angular periódico de las limas en lugar de permanecer estacionarias. Esto distribuye eficazmente el daño por fatiga en diferentes puntos de la circunferencia, reduciendo el efecto perjudicial de un daño localizado. A partir de estas observaciones, el incremento angular progresivo de las limas debe ser preferiblemente pequeño y no debe ser completamente en los 360° para ser más efectivo. ⁽³⁸⁾

De Deus G. et al; demostraron que las limas recíprocantes WaveOne® presentaron mayor resistencia a la flexión que Reciproc® ($p < 0.05$). Existe menos flexibilidad del WaveOne®; por el diseño transversal de la lima. ⁽³⁹⁾

Elnaghy AM. et al; comprobaron que el instrumento recíprocante WaveOne® mostró una mayor flexibilidad que la OneShape®; también en relación a su configuración o diseño transversal del instrumento ($p < 0.001$). ⁽⁴⁰⁾

Los resultados obtenidos por las pruebas de fatiga cíclica están correlacionados con la flexibilidad de las limas; y esta flexibilidad en esta asociación con su diseño transversal, una propiedad importante para conformar los conductos radiculares estrechos y curvos. ⁽⁴⁰⁾

1.3.1.3. Métodos para evaluar la fatiga cíclica

Hasta la fecha, no hay ninguna especificación o norma internacional para probar la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos endodónticos. Se han utilizado con mayor consistencia cuatro métodos para investigar la resistencia a la fractura por fatiga “in vitro” de los instrumentos de endodoncia giratoria de níquel titanio. ⁽²⁾

A. Tubo metálico curvo

Pruett JP. et al 1997; normó el radio de curvatura para el tubo de metal curvado. Se encontró que el radio de curvatura tenía un efecto más profundo sobre la vida de fatiga global que el ángulo a través del cual el instrumento estaba curvado. El mismo método ha sido utilizado para probar varias marcas de instrumentos de níquel titanio, cada uno con parámetros ligeramente diferentes para la prueba. ⁽⁴⁾

Por ejemplo, algunos autores utilizaron un tubo de metal de aproximadamente 1mm de diámetro, mientras que otros de 2 mm de diámetro.^(6,41)

Algunos experimentos han utilizado tubos de vidrio en lugar de acero inoxidable. Los primeros experimentos se realizaron secos porque no se mencionaron lubricantes o material acuoso, como irrigador de conductos radiculares habitualmente utilizado en el tratamiento endodóntico. Este diseño tiene una limitación importante. Como se utiliza siempre el mismo tubo para ensayar instrumentos de diferentes tamaños, un instrumento pequeño quedaría con un ajuste suelto, tendría una tensión menor. El radio de curvatura sería mayor en un instrumento más grande. Informar la sobrevida de fatiga de los instrumentos mecanizados en función de la curvatura del tubo metálico sería un error de inferencia, especialmente para los instrumentos que quedan sueltos. Por lo tanto, es probable que exista una sobrevida de fatiga desproporcionadamente mayor para los instrumentos más pequeños en comparación con los instrumentos más grandes.⁽⁴²⁾

B. Bloque y varilla acanalada

Propuesto por el grupo de Haikel Y. et al; para probar instrumentos de acero inoxidable, se adaptó para la acción mecanizada de níquel titanio. Consiste en una ranura en forma de V en un bloque de acero templado con una varilla de acero de tamaño apropiado, el instrumento es confinado pero gira libremente en la ranura. En la descripción original, se propone una corriente de aire fría sobre el conjunto para disipar la influencia del calor. ⁽⁴³⁾

En los instrumentos de acción mecanizada de níquel titanio, la fuente de calor puede influir en la fricción entre el instrumento y la pared del conducto artificial. Estudios recientes expresan la necesidad del uso de alguna forma de lubricación

durante la prueba. Además el grado de ajuste dentro de la ranura puede afectar a la curvatura real, y por lo tanto a la deformación del instrumento y la sobrevida de fatiga cíclica reportada. Reconociendo esto, la medida del canal artificial debe ser de modo que su diámetro interno sea 0.2mm mayor que el instrumento a ensayar, lo que parece ser un movimiento positivo para minimizar la variación que surge de un grado de ajuste.⁽⁴⁴⁾

C. Rotación contra un plano inclinado

Li U. et al; examinaron la sobrevida a la fatiga de algunos instrumentos de níquel titanio colocados contra una superficie metálica inclinada y pulida. El ángulo de inclinación de la superficie metálica se alteró para controlar el radio de curvatura del instrumento. Este método de ensayo es fácil de montar y puede incorporar un movimiento vertical de picoteo, pero la amplitud de la deformación superficial es bastante difícil de estimar. Por lo tanto, no puede haber una relación definida entre el ángulo del plano inclinado y la sobrevida de fatiga del instrumento.⁽⁴⁵⁾

D. Rotación con una curva de tres puntos

Este método es nuevo en la literatura endodóntica. Se utiliza un dispositivo de tres puntos para imponer una curvatura sobre el instrumento rotatorio; la amplitud de deformación en la superficie del instrumento puede estimarse para cada muestra con este método.⁽⁴⁶⁾

Utilizando este método de análisis, el comportamiento de los instrumentos de níquel titanio tienen una región de fatiga de ciclo bajo y otra de ciclo alto con una transición diferente entre la primera a la última. Este método de ensayo permite realizar el experimento en diversos entornos incluso en inmersión previa del instrumento en solución de hipoclorito.⁽⁴⁶⁾

Sin embargo, en un esfuerzo por comprender la naturaleza de las alteraciones metálicas y su impacto en la mejora de la resistencia a la fatiga cíclica. Debería elaborarse un estándar internacional para ensayos de fatiga cíclica de los instrumentos rotatorios de níquel titanio, a fin de garantizar la uniformidad de las metodologías, los datos pueden ser comparados, otorgar consistencia científica y acercarnos a la inferencia de la investigación.⁽⁴⁶⁾

1.3.1.2. Diseño del instrumento

El desarrollo de la producción de instrumentos mecanizados de níquel titanio se introdujo por primera vez en 1988. Los instrumentos de níquel titanio mejoran la preparación mecánica del conducto radicular y ofrecen más ventajas en comparación con las limas convencionales; son más flexibles, tienen mayor eficiencia de corte, superelasticidad y prepara el conducto radicular más centrado, manteniendo su forma original. A pesar de poseer estas grandes ventajas los instrumentos mecanizados de níquel titanio tienen un alto riesgo a la separación.^(47,48)

Existen dos tipos de fractura de los instrumentos de níquel titanio por torsión y/o flexión. La fatiga por torsión ocurre cuando la punta o una parte de la lima se insertan en el conducto radicular, mientras la lima sigue girando. La fatiga por flexión se produce cuando el instrumento gira dentro de un conducto curvo y se expone a tensiones de compresión y de tensión.⁽⁴⁸⁾

1.3.1.3. Sistemas mecanizados de acción alternada (reciprocantes) en endodoncia

El movimiento de acción alternada es una innovación reciente en los sistemas de instrumentación de níquel titanio que pretende adicionalmente resistir la separación de instrumentos, permitiendo un tratamiento más fácil y acortando así la curva de aprendizaje de los sistemas de limas de níquel titanio. Ha sido antes utilizado con limas de acero inoxidable en el desarrollo de instrumentación mecánica endodóntica.⁽²⁾

A. Evolución

El movimiento recíprocante puede definirse como un movimiento oscilante completo, que se asemeja al movimiento de reloj.⁽²⁾

Yared G.; introdujo por primera vez el sistema recíprocante; programó un motor con un tipo de movimiento alternativo (ATR Teknica; ATR, Pistoia, Italia) junto con limas diseñadas para uso rotatorio (ProTaper® F2; Dentsply Maillefer). Los ángulos utilizados describieron cuatro décimas de círculo (144°) de corte en sentido horario y dos décimas de círculo (72°) en sentido no cortante antihorario con un ajuste de velocidad de 400 rpm. La velocidad total de un tipo de movimiento alternativo rotacional es mucho menor que la velocidad utilizada para el movimiento alternativo oscilante.⁽⁴¹⁾

En consecuencia, el efecto de rotación dado por la diferencia entre los movimientos horario y antihorario mantiene una eficiencia de corte y una progresión apical adecuada. Se ha especulado que, este tipo de reciprocidad puede determinar una dinámica de corte que puede parecerse a la acción de la técnica de fuerza equilibrada, tal como describe Roane et al en 1985. Esta técnica contribuye a mantener el instrumento centrado en el conducto radicular, siendo la fuerza de corte igual en el lado cóncavo y convexo de la curva.⁽⁴¹⁾

La ventaja del esfuerzo de torsión limitado, que se desarrolla en el vástago de las limas durante la acción de corte, permite el desarrollo de un instrumento único.⁽⁴¹⁾ En un instrumento recíprocante, solo se utiliza una lima después de una fase inicial de negociación del conducto realizado por pequeñas limas de exploración manual (0,08 y 0,10 mm de diámetro de punta), para determinar la forma final de la instrumentación. Este enfoque puede ser arriesgado para los instrumentos utilizados en rotación completa, porque si el instrumento se ajusta en el conducto radicular mientras gira, conducirá a la fractura por fatiga de torsión. El movimiento horario /antihorario modificado condujo a los instrumentos de níquel titanio específicamente diseñados para su uso en reciprocidad parcial, como WaveOne® (Dentsply Maillefer) y Reciproc® (Dentsply VDW, Munich, Alemania).⁽¹⁷⁾

Estas limas se utilizan con diferentes ángulos de corte y no cortantes en sus puntas (150° / 30° Para Reciproc® con una velocidad media de 300 rpm y 170° / 50° Para WaveOne® con una velocidad media de 350 rpm). Se registraron discrepancias entre los movimientos que impulsan la alternancia en los motores a

las limas como por ejemplo el retardo entre el movimiento y la aceleración para alcanzar la velocidad deseada podrían desempeñar un papel importante en la eficacia de los diferentes instrumentos. Por razones comerciales, la dirección de corte de estas limas de níquel titanio son diseñadas para que la estría gire en dirección antihoraria, pero es en sentido horario para todos los demás instrumentos de níquel titanio giratorios. Reciproc® y WaveOne® están concebidas como técnicas de un solo instrumento en las que, después de un reconocimiento inicial del conducto radicular y una evaluación clínica de la dimensión media, solo se utiliza una única lima reciprocante para obtener la forma final.⁽¹⁷⁾

Baugh et al; expone que la lima única reciprocante pretende obtener una forma básica del conducto radicular en lugar de una serie de limas diferentes; pero algunas veces, podría ser necesario utilizar instrumentos adicionales para limpiar el tercio apical y las aletas de los conductos radiculares. La lima única reciprocante se somete a una cierta cantidad de estrés mecánico durante el uso que se distribuye entre una serie de limas diferentes. Por esta razón, los fabricantes recomiendan un único uso de las técnicas de lima única reciprocante para prevenir el mayor riesgo de separación de la lima en caso de usos múltiples.^(41,49)

Recientemente, la lima WaveOne® ha sido actualizada a WaveOne Gold®. La cinemática de este sistema no ha cambiado, pero la sección, el tamaño y la geometría de estos instrumentos han sido modificados para hacer la lima más flexible.⁽¹⁵⁾

Hieawy A. et al; demuestran que el tratamiento térmico de los instrumentos ha cambiado de M-wire a tratamiento de aleación de oro, lo que permite una mayor flexibilidad en comparación con níquel titanio y la aleación M – wire ($p < 0.5$).⁽⁴⁷⁾

Yared G.; anuncia que el instrumento Reciproc® (Dentsply VDW) puede preparar los tercios coronal y medio de los conductos radiculares, incluso sin limas especiales para el procedimiento de exploración y sin el establecimiento de un camino de negociación. Este procedimiento parece clínicamente útil y seguro incluso en canales complejos, siempre que el clínico se adhiera a las instrucciones de fabricación.⁽⁴⁰⁾

Otra compañía (SybronEndo) combina un tratamiento térmico con la torsión de Niti para producir la Twisted File. SybronEndo ha denominado a su proceso "fase R" y afirma que mejora la resistencia a la fatiga cíclica y la superelasticidad.⁽³⁵⁾

1.3.1.4. Grado de curvatura

Según lo establecido por Schneider et al; el grado de curvatura de los conductos radiculares es variado. Ellos utilizaron un método donde proyectaban la imagen radiográfica del conducto en un plano bucolingual y mesiodital, luego trazaron una primera línea que pasaba a lo largo del eje longitudinal del diente y una segunda línea que marcaba en donde comenzaba la curvatura pasando por el foramen apical. En el punto de intersección de estas dos líneas, se mide el ángulo de curvatura con un transportador. Por lo tanto se estableció una clasificación del grado de curvatura de la raíz, recto: 5° o menos, moderado: 10 a 20 grados y severo: 25 a 70 grados.⁽⁵⁰⁾

La curvatura del conducto radicular puede ser evaluada clínicamente mediante radiografías, preferiblemente tomadas desde varias angulaciones. Sin embargo, está bien documentado el hecho de que hay curvaturas en el plano mesio-distal así como en el plano vestíbulo-lingual, más accesible.⁽⁵¹⁾

Pruett et al; introdujeron un parámetro nuevo conocido como "radio de la curvatura", para medir las curvaturas del conducto radicular. Para determinar el ángulo de la curvatura y el radio de la curvatura, se traza una línea recta a lo largo del eje de la porción coronal del conducto radicular y se traza una segunda línea a lo largo del eje de la porción apical del conducto radicular. Hay un punto en cada una de estas líneas en el cual el conducto radicular se desvía para comenzar (punto a) o finalizar (punto b) la curvatura del conducto. La porción curvada del conducto radicular está representada por un círculo con tangentes en los puntos a y b. El ángulo de curvatura es el número de grados en el arco del círculo entre los puntos a y b. El ángulo de curvatura también puede definirse por el ángulo formado por líneas perpendiculares dibujadas a partir de los puntos de desviación (a y b) que se intersectan en el centro del círculo. La longitud de estas líneas es el radio del círculo y define el radio de la curvatura del conducto radicular. El radio de curvatura (r_1 y r_2) es la longitud del radio del círculo medido en milímetros. Cuanto menor sea el

radio de curvatura, más brusca será la desviación del canal. Los parámetros de ángulo de curvatura y radio de curvatura son independientes entre sí. Los conductos radiculares pueden tener ángulo de curvatura con diferentes radios de curvatura, dando lugar a curvas más abruptas. El radio de la curvatura aumenta el estrés de los instrumentos y puede ser un factor que contribuye a la separación del instrumento y la transportación del conducto radicular.⁽⁴⁾

Cuanto más severos son el ángulo y el radio de una curvatura, es más severa la transportación apical en la deformación de la anatomía original del conducto radicular, siendo esta mayor que en aquellos conductos relativamente rectos.⁽⁴⁸⁾

1.2. INVESTIGACIONES

Higuera (2015); realizó un estudio experimental “in vitro”, evaluando la resistencia a la fatiga cíclica de 3 diferentes instrumentos recíprocos de níquel titanio, para lo cual evaluó un total de 45 instrumentos de níquel titanio y divididos en 3 grupos experimentales: grupo 1 WaveOne® Primario tamaño de la punta 25, 0.08 conicidad variable, Grupo 2 Reciproc® R25 tamaño de la punta 25, 0.08 conicidad variable y el grupo 3, TF Adaptive® M-L1 tamaño de la punta 25, 0.08 conicidad continua; los instrumentos fueron sometidos a pruebas de fatiga cíclica utilizando un dispositivo mecánico con un canal simulado de 60° de curvatura y un radio de curvatura de 5mm; los instrumentos WaveOne® Primario y Reciproc® se activaron con el motor Silver® (VDW) y el instrumento TF Adaptive® M-L1 fue activado con el motor SybronEndo® utilizando su propio movimiento; todos los instrumentos se activaron hasta que se produjo la fractura y el tiempo de fractura se registró visualmente para cada instrumento con un cronómetro de 1/100 de segundo, los instrumentos también se observaron a través de microscopía electrónica de barrido para evaluar el tipo de fractura. Los resultados obtenidos mostraron que la resistencia a la fatiga cíclica de Reciproc® R25 y TF Adaptive® M-L1 fue significativamente mayor que la de WaveOne® Primario ($P = 0,009$ y $P = 0,004$, respectivamente) y no hubo diferencias estadísticamente significativas entre TF Adaptive® M-L1 y Reciproc® R25 ($P = .686$).⁽³⁴⁾

De-Deus (2016); realizó un estudio experimental “in vitro”, evaluando el tratamiento termomecánico “Blue®” optimiza la resistencia a la fatiga y la flexibilidad de las limas Reciproc®, para lo cual evaluó un total de 30 instrumentos de níquel titanio para su uso en movimiento alternativo (Reciproc® R25) y 30 prototipos de instrumentos Reciproc® fabricados en aleación blue (Reciproc Blue® R25). Se seleccionaron 10 instrumentos al azar de cada sistema para la prueba de resistencia a la flexión, se utilizó una máquina de ensayo universal con una carga de 20 N a 15 mm / min aplicados al alambre, esta prueba se llevó a cabo hasta que la punta de cada muestra sufrió un desplazamiento elástico de 45°. Otros 10 instrumentos de cada sistema fueron sometidos a prueba de fatiga cíclica utilizando un dispositivo mecánico con un canal simulado de 60° de curvatura y un radio de curvatura de 5mm; todos los instrumentos fueron activados con el motor Silver® (VDW) utilizando el programa "Reciproc ALL" hasta que se produjo la fractura y el tiempo de fractura se registró visual y/o audible; para limitar posibles errores humanos, se realizó la grabación de video simultáneamente, y se observaron entonces las grabaciones para comprobar el tiempo de fractura de la lima. Los instrumentos también se observaron mediante microscopio electrónico de barrido para analizar las superficies de fractura y el eje helicoidal de los instrumentos fracturados para determinar el modo de fractura y la aparición de deformaciones plásticas en el eje helicoidal. Los resultados obtenidos mostraron que Reciproc Blue® reveló una resistencia a la flexión significativamente más baja y una vida de fatiga cíclica más larga que el Reciproc® original ($P < 0,05$). La inspección visual por microscopía electrónica de barrido de la superficie fracturada indicó que todos los instrumentos presentaban características fractográficas de fractura dúctil. Se identificaron amplias formas de defectos en general y no se observaron deformaciones plásticas en el eje helicoidal de los instrumentos fracturados.⁽⁵²⁾

Topcuoglu (2016); realizó un estudio experimental “in vitro”, evaluando la comparación en laboratorio de la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos WaveOne Gold®, Reciproc® y WaveOne® en conductos con doble curvatura, para lo cual evaluó un total de 120 instrumentos de níquel titanio y dividió 3 grupos experimentales: Grupo 1 Waveone Gold® primario, Grupo 2 Reciproc® R25 y Grupo 3 Waveone® primario todos los grupos son de 25mm de longitud; 40 instrumentos de cada grupo fueron sometidos a pruebas de fatiga cíclica usando

un bloque de acero inoxidable que contenía un conducto artificial en forma de S (diámetro, 1,4 mm y longitud, 18 mm). La curva coronal tenía un ángulo de curvatura de 60 ° y un radio de 5 mm y estaba situada a 8 mm de la punta del instrumento; La curva apical tenía un ángulo de curvatura de 70 °, un radio de 2 mm y un centro de 2 mm desde la punta; todos los instrumentos se activaron con el motor Silver (VDW) utilizando sus respectivos movimientos patentados. Se incorporó un movimiento ascendente y descendente continuo para simular el movimiento de “picoteo” o vaivén (de entrada y salida) en una situación clínica real. El procedimiento experimental fue realizado por un operador para evitar la variabilidad del interoperador. El número de ciclos a fallo (NCF) para cada instrumento se calculó multiplicando el tiempo (en segundos) por el número de rotaciones o ciclos por segundo. La longitud de cada punta fracturada se midió usando un calibrador digital con precisión de 0,01 mm. Los resultados obtenidos mostraron que todos los instrumentos se fracturan primero en la curvatura apical y luego en la curvatura coronal. El instrumento primario WaveOne Gold® tenía NCF significativamente mayor que los instrumentos primarios Reciproc® R25 y WaveOne® en las curvaturas apical y coronal ($P < 0,05$). El instrumento Reciproc® R25 tenía NCF significativamente mayor que el instrumento WO primario en la curvatura apical ($P < 0,05$). Los instrumentos primarios Reciproc® R25 y WO tenían valores similares de resistencia a la fatiga cíclica en la curvatura coronal ($P > 0,05$). No hubo diferencias significativas entre los instrumentos primarios WaveOne Gold®, Reciproc® R25 y WaveOne® primarios con respecto a la longitud de los fragmentos de los instrumentos fracturados en la curvatura apical o coronal ($P > 0,05$).⁽⁵³⁾

Alcalde (2017); realizó un estudio experimental “in vitro”, evaluando la resistencia a la fatiga cíclica y torsional de las limas individuales intercambiables fabricadas por diferentes aleaciones de níquel titanio, para lo cual evaluó un total de 60 instrumentos de níquel titanio y dividido en 3 grupos experimentales: grupo 1 Prodesign R® tamaño de la punta 25, 0.06, Grupo 2 Reciproc® R25 tamaño de la punta 25, 0.08 conicidad variable y el grupo 3 Unicore® L25 tamaño de la punta 25, 0.06; 10 instrumentos de cada grupo fueron sometidos a pruebas de fatiga cíclica utilizando un dispositivo mecánico con un canal simulado de 60° de curvatura y un radio de curvatura de 5mm, todos los instrumentos se activaron con el motor Silver® (VDW) usando los programas preestablecidos " Reciproc ALL " y "

WaveOne ALL " hasta que se produzca la separación del instrumento y el tiempo de fractura se registró mediante una cámara de video; los otros 10 instrumentos de cada grupo fueron sometidos a pruebas de fatiga torsional utilizando una máquina de torsión con una velocidad de giro de 2rpm, se controló el registro continuo, la rotación angular y se obtuvo la máxima resistencia a la torsión y rotación angular. Las superficies fracturadas de 5 instrumentos de cada marca son seleccionadas al azar después de la prueba de fatiga cíclica y de torsión hasta el fallo, fueron examinadas por microscopía electrónica de barrido para buscar las características topográficas de los instrumentos fracturados. Los resultados obtenidos mostraron que la resistencia a la fatiga cíclica de ProDesign R® 25,06 tuvo valores de resistencia a la fatiga cíclica significativamente mayores que los otros grupos ($p < 0,05$). Además, hubo una diferencia significativa entre Reciproc® R25 y Unicore® L25. En relación con la rotación angular, ProDesign R® y Unicore® L25 mostraron una diferencia significativa en comparación con Reciproc® R25 ($P < 0,05$).⁽⁵⁴⁾

Gundovar (2017); realizó un estudio experimental "in vitro", evaluando la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos de níquel titanio OneShape®, HyFlex EDM®, WaveOne Gold® y Reciproc Blue®, para lo cual se evaluó un total de 120 instrumentos de níquel titanio y divididos en 4 grupos experimentales: Grupo 1 Reciproc Blue® R25 (25 / .08), Grupo 2 Hyflex EDM® (25 / . \ Beta), Grupo 3 WaveOne Gold® primarios (25 / .07) y Grupo 4 One Shape® (25 / .06); los instrumentos fueron sometidos a pruebas de fatiga cíclica utilizando un dispositivo mecánico con un conducto simulado de 60° de curvatura, un radio de curvatura de 5mm y un diámetro interior de 1.5mm; los instrumentos WaveOne Gold® Primario y Reciproc Blue® se activaron con el motor VDW Reciproc Gold usando los programas preestablecidos " Reciproc ALL " y " WaveOne ALL ", el instrumento Hyflex EDM® se activó con el motor VDW Reciproc Gold® a 500 rpm y 2,5 g / cm de torque y el instrumento One Shape® se activó con el motor VDW Reciproc Gold® a 400 rpm y un par de torsión de 4 g / cm; todos los instrumentos se activaron hasta que se produjo la fractura y el tiempo de fractura se registró usando cronómetro digital. Utilizando los datos de tiempo, se calcularon los números de ciclos a fallo (NCFs) de acuerdo con la siguiente fórmula: $NCFs = \text{revoluciones por minuto} \times \text{Tiempo de fractura (segundos)} / 60$. Se examinaron 8 instrumentos (2 para cada grupo) con un microscopio electrónico de barrido para confirmar que los

instrumentos se fracturaron debido a la fatiga cíclica. Los resultados obtenidos mostraron que la resistencia a la fatiga cíclica Hyflex EDM® (3456.33 a 633.37) presentó la resistencia a la fatiga estadísticamente más alta y el instrumento One Shape® la más baja (1221.63 a 812.4) ($P < 0,05$). El NCF medio del instrumento Reciproc Blue® (2875,89 \leq 105,35) fue estadísticamente más alto que el instrumento WaveOne Gold® (1737,00 \pm 376,32) ($P < 0,05$).⁽¹⁵⁾

Pedulla (2018); realizó un estudio experimental “in vitro”, evaluando la fatiga cíclica de limas reciprocantes; Reciproc® y Reciproc Blue® a diferentes temperaturas ambientales, para lo cual se evaluó un total de 160 limas reciprocantes, divididas en 2 grupos: Grupo 1 Reciproc Blue® R25 tamaño de la punta 25, 0.08 conicidad variable y Grupo 2 Reciproc® R25 tamaño de la punta 25, 0.08 conicidad variable; los instrumentos fueron sometidos a pruebas de fatiga cíclica utilizando un conducto artificial de acero inoxidable. Durante el experimento, se usaron 4 temperaturas diferentes (0 ° C, 20 ° C, 35 ° C y 39 ° C) en un baño termostático controlado usando controles electrónicos e infrarrojos. Ochenta Reciproc Blue® R25 (VDW, Munich, Alemania) y 80 Reciproc® R25 (VDW) se reciprocaron en el conducto artificial hasta que se produjo la fractura, y se registró el tiempo de fractura y la longitud del fragmento fracturado. La temperatura de transformación de fase para 3 instrumentos de cada tipo se analizó mediante calorimetría diferencial de barrido. El análisis de varianza de una vía y las pruebas de Bonferroni se utilizaron para analizar estadísticamente los datos a un nivel de significación del 5% ($p < 0,05$). Los resultados obtenidos mostraron que los instrumentos Reciproc Blue® fueron significativamente más resistentes a la fatiga cíclica que Reciproc® a todas las temperaturas probadas ($P < .05$). La resistencia a la fatiga fue proporcionalmente mayor a medida que la temperatura ambiental disminuyó (0 ° C > 20 ° C > 35 ° C > 39 ° C). No se registró una diferencia significativa en la longitud del fragmento fracturado de ambos instrumentos probados en todas las temperaturas probadas ($P > .05$).⁽⁵⁵⁾

1.3. MARCO CONCEPTUAL

- **Easy Prodesign Logic®:**

Lima endodónticamente mecanizada con una aleación de níquel-titanio (NiTi) y un tratamiento térmico CM, está disponible en cuatro tamaños diferentes: 25.06, 30.05, 35.05 y 40.05mm. El instrumento presenta una sección transversal en forma de S con dos o tres cuchillas de corte y una punta inactiva.⁽⁵⁶⁾

- **Fatiga:**

Es el resultado de cualquier esfuerzo repetitivo que ocurre, predominantemente durante la flexión, mientras gira alrededor de una curvatura del conducto y está estrechamente relacionado con el área cuadrada del instrumento.⁽⁵⁷⁾

- **Fatiga Cíclica:**

Efecto que se produce cuando el metal es sometido a ciclos repetidos de tensión y compresión, causando que su estructura se descomponga y finalmente conduzca a la fractura.⁽⁵⁸⁾

- **Fractura por torsión:**

Consecuencia de la ruptura de un metal alrededor de su eje longitudinal en un extremo mientras que el otro extremo está en una posición fija.⁽⁵⁹⁾

- **Fractura por flexión:**

Consecuencia que ocurre cuando el instrumento no se une, sino que gira libremente en una curvatura, generando ciclos de tensión / compresión en el punto de máxima flexión hasta que se produce la fractura. ⁽⁶⁰⁾

- **Grado de curvatura:**

Establecido por Schneider, donde el grado de curvatura puede ser: recto: 5° o menos, moderado: 10 a 20 grados o severo: 25 a 70 grados.⁽⁵⁰⁾

- **Longitud:**

Magnitud física que expresa la distancia entre dos puntos, y cuya unidad en el sistema internacional es el metro.⁽⁶¹⁾

- **Movimiento Reciprocante:**

Se describe como un movimiento oscilante cuando un instrumento gira en una dirección y luego invierte su dirección antes de completar una rotación completa.⁽²⁾

- **Reciproc Blue®:**

Lima endodónticamente mecanizada con una sección transversal en forma de S, 2 filos de corte y una punta no cortante. Sin embargo, los instrumentos Reciproc Blue® se fabrican alterando la estructura molecular a través de un nuevo tratamiento térmico con el fin de aumentar la resistencia a la fatiga cíclica. Este nuevo tratamiento térmico da al instrumento su color azul. Según el fabricante, los instrumentos Reciproc Blue® tienen aproximadamente 2 veces más resistencia a la fatiga cíclica que los instrumentos Reciproc®.⁽⁶²⁾

- **Torsión:**

Es la fuerza axial de ser torsionada cuando una parte del instrumento gira a una velocidad diferente que la otra parte.⁽⁵⁷⁾

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA, OBJETIVOS, HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La fatiga cíclica se produce cuando un metal se somete a ciclos repetidos de tensión y compresión que después de una deformación plástica conlleva a la fractura. Existe dos tipos de fractura; la fractura por torsión, cuando un metal gira alrededor de su eje longitudinal en un extremo mientras que el otro extremo está en una posición fija. La fatiga cíclica por flexión se produce cuando el instrumento gira dentro de un conducto curvo y se expone a tensiones de compresión y de tensión. Por lo tanto, un instrumento necesita ser resistente a la fatiga por torsión y tener elasticidad suficiente para permitir la preparación de conductos curvos; además de tener la resistencia a la fatiga cíclica con la fuerza suficiente para que no se produzca la separación del instrumento. La fatiga ha sido implicada como la razón principal de la fractura de las limas rotatorias endodónticas utilizadas clínicamente.^(3,4)

La introducción del movimiento de acción alternada mecanizada (reciprocante) ha generado un aumento en el rendimiento y en la seguridad de los instrumentos de níquel titanio. Los instrumentos reciprocantes se han creado para reducir su incidencia de fractura. Se aduce que los instrumentos reciprocantes se trasladan a una distancia circunferencial más corta que un instrumento rotatorio, lo que somete a la lima a valores de tensión más bajos. Por lo tanto, un instrumento debe tener una mayor resistencia a la fatiga cuando se utiliza en movimiento reciprocante en lugar de movimiento de rotación continua.⁽¹⁶⁾

2.1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1.2.1. Problema Principal

¿Cuál es la resistencia a la fatiga cíclica de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura?

2.1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es la diferencia de resistencia a la fatiga cíclica por número de ciclos de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura?
- ¿Cuál es la diferencia de resistencia a la fatiga cíclica por longitud de fragmento separado de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura?
- ¿Cuál es la diferencia de resistencia a la fatiga cíclica por tiempo de fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura?

2.2. FINALIDAD Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1. Finalidad

El presente estudio tuvo por finalidad evaluar la resistencia a la fatiga cíclica de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada en un simulador de curvatura.

La fatiga cíclica se produce cuando un metal se somete a ciclos repetidos de tensión y compresión que finalmente se fractura. En presencia de conductos curvos aumenta la fatiga cíclica por consecuencia adicional a tensión por torsión y flexibilidad, se produce la fractura de las limas endodónticas porque aumenta los ciclos continuos de tracción y compresión.

Se pretendió determinar la resistencia a la fatiga cíclica en limas reciprocantes Easy Prodesign Logic® y Reciproc Blue® utilizando un bloque de metal que contiene un conducto artificial de 90° grados.

2.2.2. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

2.2.2.1. Objetivo General

Determinar la diferencia de resistencia a la fatiga cíclica de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

2.2.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la resistencia a la fatiga cíclica por número de ciclos de Easy Prodesign Logic® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.
- Determinar la resistencia a la fatiga cíclica por número de ciclos de Reciproc Blue® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.
- Determinar la resistencia a la fatiga cíclica por número de ciclos de Reciproc Blue® comparado con Easy Prodesign Logic® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.
- Determinar la longitud de fragmento separado de Easy Prodesign Logic® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.
- Determinar la longitud de fragmento separado de Reciproc Blue® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

- Determinar la longitud de fragmento separado de Reciproc Blue® comparado con Easy Prodesign Logic® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.
- Determinar la diferencia de resistencia a la fatiga cíclica por tiempo de fractura de Easy Prodesign Logic® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.
- Determinar la diferencia de resistencia a la fatiga cíclica por tiempo de fractura de Reciproc Blue® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.
- Determinar la diferencia de resistencia a la fatiga cíclica por tiempo de fractura de Reciproc Blue® comparado con Easy Prodesign Logic® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

2.2.3. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO

La presente investigación se llevó a cabo en el semestre académico 2019 – I, periodo comprendido entre los meses marzo a abril del año en mención, constituyéndose así los límites temporales del estudio. El estudio se llevó a cabo en modelo experimental de laboratorio con simulador del conducto radicular, el que fue sometido a procesos planificados por el investigador, el cual nos permitió comprender mejor la resistencia a la fatiga cíclica en limas mecanizadas de acción alternada.

La obtención de los datos se llevó a cabo en los ambientes de la Unidad de Segunda Especialidad en Cariología y Endodoncia de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega.

2.2.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

Los instrumentos mecanizados de acción alternada funcionan basándose en el Concepto de Fuerzas Balanceadas propuesto por Roane en 1985, donde explica la importancia de realizar movimientos horarios y antihorarios como técnica para superar las pronunciadas curvaturas de algunos conductos. Ofrecen mayor resistencia a la fatiga cíclica, reducción del tiempo de trabajo, preparación del conducto con un único instrumento, tienen eficacia de corte y capacidad de mantener el conducto centrado.

2.3. HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.3.1. Hipótesis Principal y Específicas

2.3.1.1. Hipótesis Principal

Hipótesis Nula (Ho): La resistencia a la fatiga cíclica de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada no es mayor en Easy Prodesign Logic® que en Reciproc Blue® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

Hipótesis de Investigación (Hi): La resistencia a la fatiga cíclica de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada es mayor en Easy Prodesign Logic® que en Reciproc Blue® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

2.3.1.2. Hipótesis Específicas

Hipótesis 1:

- **Hipótesis Nula (Ho):** La resistencia a la fatiga cíclica según número de ciclos hasta la fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada no es mayor en Easy Prodesign Logic® que en Reciproc Blue® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

- **Hipótesis de Investigación (Hi):** La resistencia a la fatiga cíclica según número de ciclos hasta la fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada es mayor en Easy Prodesign Logic® que en Reciproc Blue® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

Hipótesis 2:

- **Hipótesis Nula (Ho):** La longitud del fragmento separado de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada no es mayor en Easy Prodesign Logic® que en Reciproc Blue® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.
- **Hipótesis de Investigación (Hi):** La longitud del fragmento separado de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada es mayor en Easy Prodesign Logic® que en Reciproc Blue® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

Hipótesis 3:

- **Hipótesis Nula (Ho):** La resistencia a la fatiga cíclica según tiempo de fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada no es mayor en Easy Prodesign Logic® que en Reciproc Blue® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.
- **Hipótesis de Investigación (Hi):** La resistencia a la fatiga cíclica según tiempo de fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada es mayor en Easy Prodesign Logic® que en Reciproc Blue® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

Para la comprobación de las hipótesis se contó con un nivel de confianza de 95% y un $p < 0.05$.

2.3.2. VARIABLES E INDICADORES

En la presente investigación participaron las siguientes variables con sus respectivos indicadores:

A. Variables de Estudio:

- **Variable Independiente:**

- Tipo del Instrumento.

- **Indicadores:**

- Tipo del instrumento.

- **Variable Dependiente:**

- Resistencia a la Fatiga Cíclica.

- **Indicadores:**

- Número de ciclos hasta la fractura.
- Longitud del fragmento separado.
- Tiempo de fractura.

La evaluación de las variables se llevó a cabo mediante la definición operacional de las variables, en la cual se establece la descomposición de las variables en sus dimensiones, indicadores y escalas de medición (**Ver Anexo 01**).

CAPÍTULO III

MÉTODO, TÉCNICA E INSTRUMENTO

3.1. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.1.1. POBLACIÓN

La población de este estudio estuvo constituida por todas las limas mecanizadas de acción alternada que existen en el mercado.

3.1.2. MUESTRA

La investigación planificada se llevó a cabo en una muestra representativa de la población de estudio, en un tamaño muestral mínimo. Tras la revisión de la literatura no se han podido identificar estudios que sirvan como antecedentes para realizar el cálculo, razón por la cual se llevó a cabo un estudio piloto a fin de generar la información necesaria para dicho fin. El estudio piloto se ejecutó en una muestra conformada por 4 limas para cada grupo, con los datos obtenidos de dicho piloto se procedió a recalcular el tamaño de la muestra final.

El tamaño de la muestra para el estudio completo se calculó empleando el software especializado G*Power en su versión 3.1.9.2; para ello se utilizaron los datos obtenidos en los resultados del estudio piloto, en el cual se empleó la prueba estadística t de Student para muestras independientes, tomando en cuenta que el objetivo del estudio busca comparar medias entre 2 grupos basados en una distribución T.

De manera puntual la inferencia se aplicó con un nivel de significancia de 0.05 y una potencia de 0.80; la comparación se estimó a dos colas esperando que los grupos se distribuyan de forma balanceada. Para el cálculo del tamaño del efecto se emplearon las medias y desviaciones estándar para cada grupo.

Los datos previamente señalados permitieron identificar un tamaño de efecto de 5.5449231; con lo cual el tamaño de muestra total para el estudio se calculó en 6 unidades muestrales, vale decir 3 muestras por cada subgrupo; pero tomando en consideración las recomendaciones internacionales, se sugirió emplear como mínimo 10 por subgrupo.

3.1.3. UNIDAD DE MUESTREO

Cada una de las limas mecanizadas de acción alternada que participaron en el estudio.

3.1.4. UNIDAD DE ANÁLISIS

Cada uno de los registros de video de cada una de las limas que participaron en el estudio.

3.1.5. TIPO DE MUESTREO

No probabilístico – Consecutivo.

3.1.6. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Las limas que fueron considerados unidades muestrales en el estudio, se evaluaron en base a los siguientes criterios de elegibilidad: Easy Prodesign Logic® (Dental Paiva – Brasil) y Reciproc Blue® (VDW Dental – Perú)

3.1.6.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Las limas, para ser considerados dentro del estudio como unidades de muestreo, debieron cumplir con los siguientes criterios:

- Limas reciprocantes nuevas.
- Limas reciprocantes con aleación M-Wire y tratado térmico Blue.
- Limas que vengan con empaque sellado.
- Limas reciprocantes de 25mm de longitud.

- Limas de conicidad variable – Taper 0.08 y 0.05

3.1.6.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Las limas que presenten alguno de los criterios listados abajo, no podrán ser considerados como unidades muestrales del estudio:

- Limas que fueron sometidas a un proceso de esterilización.
- Limas que presentaron defectos o deformidades.
- Limas con más de un uso.
- Limas de menor o mayor diámetro de punta que 0.25

3.2 DISEÑO UTILIZADO EN EL ESTUDIO

3.2.1 PROPÓSITO

APLICADA.- Debido a que se buscó emplear el conocimiento teórico para dar explicación a fenómenos de manera fundamental, entendiendo así la resistencia a la fatiga cíclica.

3.2.2 ENFOQUE

CUANTITATIVO.- El investigador centró su evaluación en aspectos objetivos y puntuales, los cuales fueron obtenidos en base a una muestra representativa de la población, lo que permitió llevar a cabo la contratación de las hipótesis del estudio.

3.2.3 SECUENCIA TEMPORAL

TRANSVERSAL.- La recolección de los datos del estudio se llevó a cabo mediante una sola medición, por lo cual el investigador tuvo contacto con las unidades muestrales en un solo momento de tiempo.

3.2.4 TEMPORALIDAD

PROSPECTIVO.- La información fue obtenida de datos principales, correspondientes a registros del tiempo de la resistencia de la fatiga cíclica.

3.2.5 ASIGNACIÓN DE FACTORES

EXPERIMENTAL.- El factor de estudio que se deseó evaluar, se presentó de manera intencional por lo que el investigador manipuló su exposición, reportando las características de los eventos que observa.

3.2.6 FINALIDAD

DESCRIPTIVO.- Mediante la presente investigación se pretendió identificar la vinculación entre las variables de estudio, considerándose la existencia de asociación entre ellas, no siendo posible establecer causalidad.

3.2.7 DISEÑO ESPECÍFICO

ESTUDIO "IN VITRO".- Se planificó la realización del estudio, mediante la evaluación experimental y descriptiva de las variables, obtenidas de una muestra representativa de la población.

3.2.8 NIVEL

RELACIONAL.-La investigación estuvo orientada a establecer la vinculación entre las variables de estudio, mediante la evaluación planificada de la muestra seleccionada.

3.2.4 ASPECTOS ÉTICOS

Para el desarrollo del presente estudio, el investigador manifestó su compromiso de cumplir bioéticos así como de mantenerse objetivo, evitando todo lo posible conflicto de intereses al no aceptar donaciones ni muestras comerciales para que estas formen parte de las muestras del estudio.

El investigador asumió la responsabilidad de velar por la veracidad de los datos reportados.

3.3 TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de los datos en el presente estudio se llevó a cabo por medio de la técnica de observación estructurada no participante individual de laboratorio; por la cual el investigador realizó la evaluación clínica de las unidades de análisis que conformen la muestra de estudio; dichos datos obtenidos fueron registrados en el instrumento de investigación.

3.3.2 INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El instrumento de recolección de datos empleado en la presente investigación fue una ficha de observación ad-hoc (**ver anexo 02**) elaborada para los fines específicos de la investigación, la cual estuvo conformada por ítems abiertos y cerrados acorde a los indicadores de las variables operacionalizadas. La mencionada ficha fue aplicada únicamente por el investigador, todas las mediciones fueron llevadas a cabo bajo las mismas circunstancias (físicas y procedimentales).

3.3.3 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de los datos se llevó a cabo de manera secuencial según la disposición de los indicadores, ello se realizó a cabo evaluando cada unidad muestral de forma individual. Para lograr los objetivos planificados se llevó a cabo los siguientes pasos de manera secuencial: se adquirió 20 limas reciprocantes nuevas Easy Prodesign Logic® y Reciproc Blue® de las cuales se distribuyen 10 para cada grupo; se introdujo cada lima recíprocante en un simulador de curvatura artificial con movimientos y velocidad ya establecidos por el fabricante; se observó y se midió el tiempo mediante un cronómetro y cámara de video hasta su fractura.

3.3.4 CAPACITACIÓN Y CALIBRACIÓN

Para llevar a cabo la adecuada medición de las variables de estudio, el investigador recibió capacitación por parte de un experto en el área; el cual emitió un reporte que garantice el proceso de evaluación, lo que permitió respaldar la calidad de los resultados. Adicionalmente, el capacitador realizó la

medición de las unidades muestrales por medio de la aplicación del instrumento, cuyos resultados obtenidos sirvieron como patrón de comparación o calibración a las mediciones del investigador. **(Ver anexo 03)**

3.3.5 VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

El instrumento que se empleó al ser una ficha Ad-Hoc requirió de validación previa a su aplicación final, la cual se estableció en base a la determinación de su viabilidad, sensibilidad al cambio, confiabilidad y validez.

La viabilidad del instrumento se estableció en base a su sencillez, ya que al constar de solo una cara, y de no requerir procedimientos complejos, la recolección de datos no supuso esfuerzos excesivos por parte del investigador. El instrumento posee sensibilidad al cambio ya que los resultados obtenidos difirieron entre las unidades muestrales analizadas.

La validez total del instrumento se estableció a cuatro niveles; a nivel lógico los reactivos del instrumento se consideraron válidos ya que su construcción sigue una secuencia ordenada y una comprensión gramatical adecuada; la validez de contenido se obtuvo mediante la evaluación de 3 expertos.

Los jueces calificaron las características del instrumento por medio de una ficha de validación por expertos **(Ver Anexo 02)**, para lo cual se les entregó a cada uno la matriz de consistencia interna del estudio **(Ver Anexo 05)**; las puntuaciones obtenidas por la evaluación de cada uno de los jueces validadores fueron integradas en la matriz de validación por jueces **(Ver Anexo 06)**, lo que permitió obtener la validez del contenido global.

3.3.6 PROCESAMIENTO DE DATOS

Posterior a la recolección de datos se procedió a organizar las fichas de recolección y a enumerarlas para ser ingresadas a la base de datos en Microsoft Excel en su versión de acces, bajo las codificaciones planteadas por el investigador.

El procesado de los datos se llevó a cabo en una laptop de marca TOSHIBA, modelo 00267-63071-53107-AAOEM, de 4GB de memoria RAM con sistema operativo Windows 8.1.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. Presentación de Resultados

Tabla N°1. Resistencia a la fatiga cíclica por número de ciclos hasta la fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

TIPO DE LIMA	n	NÚMERO DE CICLOS FRACTURA				p
		Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	
Easy Prodesign Logic®	10	26 040.00	12 287.23	16 500.00	51 000.00	0.19*
Reciproc Blue ®	10	19 290.00	3 397.20	13 200.00	24 000.00	
Easy Prodesign Logic®	8	20 400.00	3 270.65	16 500.00	25 000.00	0.21**
Reciproc Blue ®	8	18 337.50	3 069.64	13 200.00	21 300.00	

p: Significancia estadística.

*Prueba de U de Mann Whitney.

**Prueba de T de Student.

El tamaño de la muestra fue de 10 limas por grupo, pero los resultados se dispararon en 2 limas de cada grupo por lo que se consideró necesario hacer un análisis adicional restando las 2 limas que se dispararon (8 limas cada uno).

En la tabla N°1, se describió el número de ciclos hasta la fractura según tipo de lima, se encontró que al analizar los 10 especímenes, el Easy Prodesign Logic® tuvo un promedio de 26 040.00 NCF (DE=12 287.23), con un mínimo de 16 500 NCF y un máximo de 51 000 NFC. Para el mismo número de especímenes, en el caso de Reciproc Blue® tuvo un promedio de 19 290.00 NCF (DE=3 397.20), con un mínimo de 13 200 NCF y un máximo de 24 000 NFC. No se encontró diferencias estadísticamente significativas (p=0.19).

En la misma tabla N°1, se evaluó el número de ciclos hasta la fractura según tipo de lima, se encontró que al analizar los 8 especímenes, el Easy Prodesign Logic® tuvo un promedio de 20 400.00 NCF (DE=3 270.65), con un mínimo de 16 500 NCF y un máximo de 25 000 NFC. Para el mismo número de especímenes, en el caso

de Reciproc Blue ® tuvo un promedio de 18 337.50 NCF (DE=3 069.64), con un mínimo de 13 200 NCF y un máximo de 21 300 NCF. Y no se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p=0.21$).

Tabla N°2. Diferencia de resistencia a la fatiga cíclica por longitud de fragmento separado de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

TIPO DE LIMA	n	LONGITUD DE FRAGMENTO (mm)				p
		Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	
Easy Prodesign Logic®	10	10.61	0.32	10.33	11.30	<0.01*
Reciproc Blue ®	10	12.73	0.50	12.06	13.39	
Easy Prodesign Logic®	8	10.65	0.35	10.41	11.30	<0.01*
Reciproc Blue ®	8	12.74	0.44	12.07	13.35	

p: Significancia estadística.

*Prueba de U de Mann Whitney.

En la tabla N°2, se presentó la longitud del fragmento según tipo de lima, el Easy Prodesign Logic® tuvo un promedio de 10.61mm (DE=0.32), con un mínimo de 10.33mm y un máximo de 11.30mm. Para el mismo número de especímenes, en el caso de Reciproc Blue® tuvo un promedio de 12.73mm (DE=0.50), con un mínimo de 12.06mm y un máximo de 13.39mm. Se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p=<0.01$).

En la misma tabla N°2, se presentó la longitud del fragmento según tipo de lima, se encontró que al analizar los 8 especímenes, el Easy Prodesign Logic® tuvo un promedio de 10.65mm (DE=0.35), con un mínimo de 10.41mm y un máximo de 11.30mm. Para el mismo número de especímenes, en el caso de Reciproc Blue ® tuvo un promedio de 12.74mm (DE=0.44), con un mínimo de 12.07mm y un máximo de 13.35mm. Se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p=<0.01$).

Tabla N°3. Diferencia de resistencia a la fatiga cíclica por tiempo de fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

TIPO DE LIMA	n	TIEMPO DE FRACTURA (s)				p
		Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	
Easy Prodesign Logic®	10	86.80	40.96	55.00	170.00	0.19*
Reciproc Blue ®	10	64.30	11.32	44.00	80.00	
Easy Prodesign Logic®	8	68.00	10.90	55.00	84.00	0.21**
Reciproc Blue ®	8	61.13	10.23	44.00	71.00	

p: Significancia estadística.

*Prueba de U de Mann Whitney.

**Prueba de T de Student.

En la tabla N°3, se describió el tiempo de fractura según tipo de lima, se encontró que al analizar los 10 especímenes, el Easy Prodesign Logic® tuvo un promedio de 86.80s (DE=40.96), con un mínimo de 55s y un máximo de 170s. Para el mismo número de especímenes, en el caso de Reciproc Blue® tuvo un promedio de 64.30s (DE=11.32), con un mínimo de 44s y un máximo de 80s. No se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p=0.19$).

En la misma tabla N°3, se describió el tiempo de fractura según tipo de lima, se encontró que al analizar los 8 especímenes, el Easy Prodesign Logic® tuvo un promedio de 68s (DE=10.90), con un mínimo de 55 s y un máximo de 84s. Para el mismo número de especímenes, en el caso de Reciproc Blue ® tuvo un promedio de 61.13s (DE=10.23), con un mínimo de 44s y un máximo de 71s. No se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p=0.21$).

Figura N°1. Resistencia a la fatiga cíclica por número de ciclos hasta la fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura. (10 especímenes)

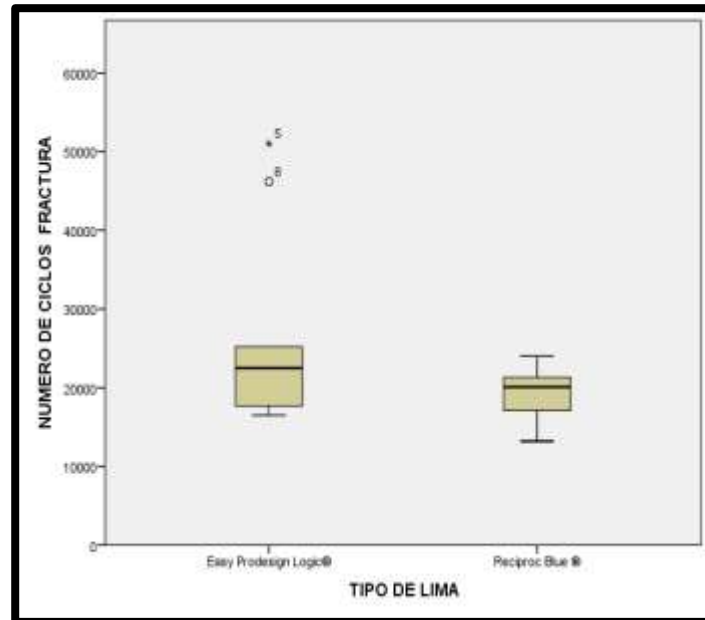
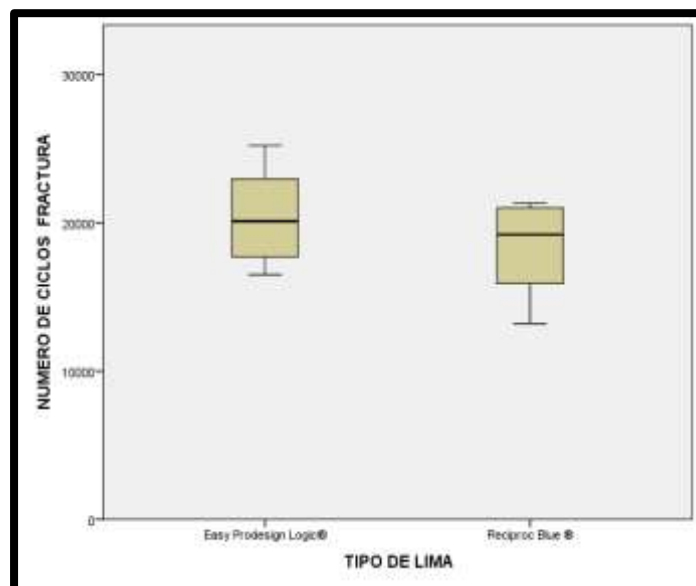


Figura N°2. Resistencia a la fatiga cíclica por número de ciclos hasta la fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura. (8 especímenes)



En la figura N°1 y N°2, se describió el número de ciclos hasta la fractura según tipo de lima, se encontró que, al analizar los 10 especímenes por grupo, Easy Prodesign Logic® tuvo un mínimo de NCF más alto que Reciproc Blue®, siendo de igual forma

sus valores extremos mayores. Esta tendencia se mantuvo cuando se consideraron únicamente 8 especímenes.

Figura N°3. La longitud de fragmento separado de dos tipo de limas Mecanizadas de acción alternada después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura (10 especímenes)

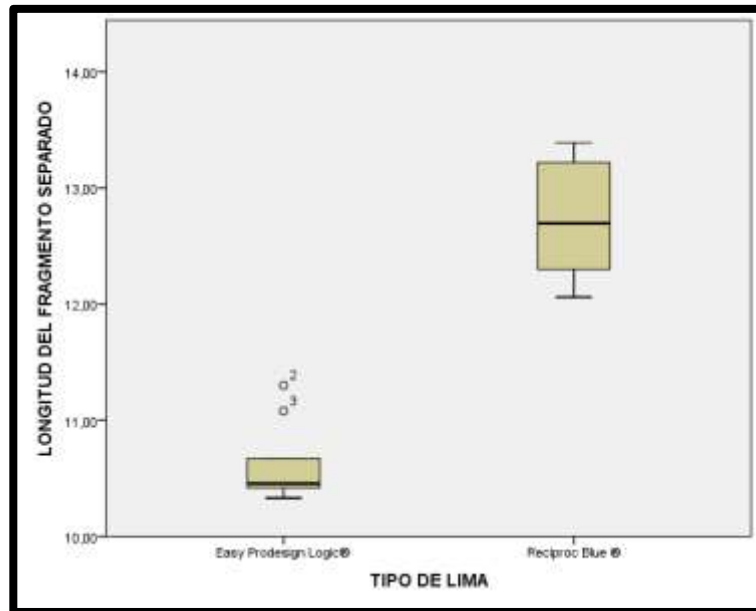
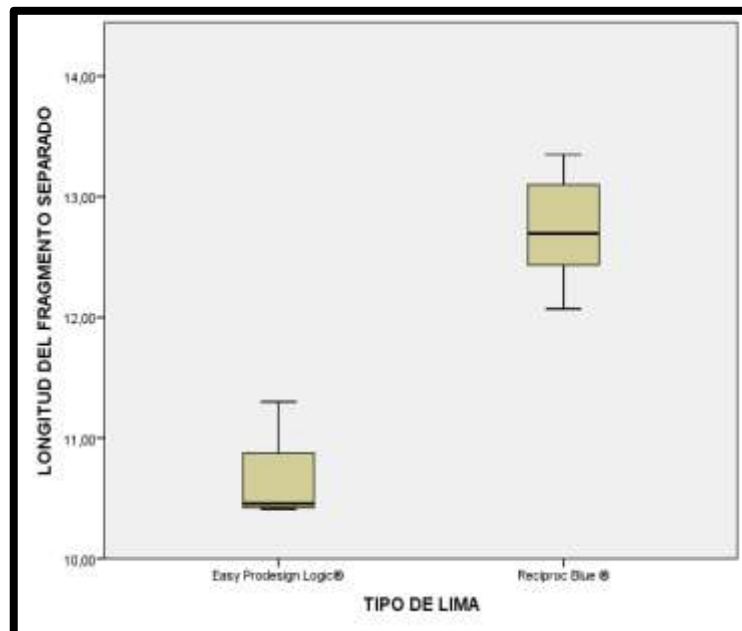


Figura N°4. La longitud de fragmento separado de dos tipo de limas Mecanizadas de acción alternada después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura (8 especímenes)



En la figura N°3 y N°4, se describió la longitud del fragmento según tipo de lima, se encontró que, al analizar los 10 especímenes por grupo, Reciproc Blue® tuvo una

mayor longitud del fragmento que Easy Prodesign Logic®, siendo de igual forma sus valores extremos mayores. Esta tendencia se mantuvo cuando se consideraron únicamente 8 especímenes.

Figura N°5. Resistencia a la fatiga cíclica por tiempo de fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura (10 especímenes).

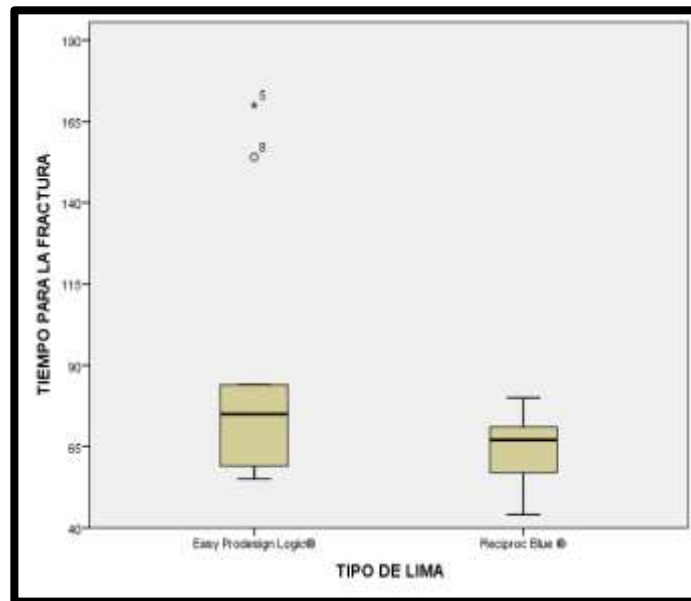
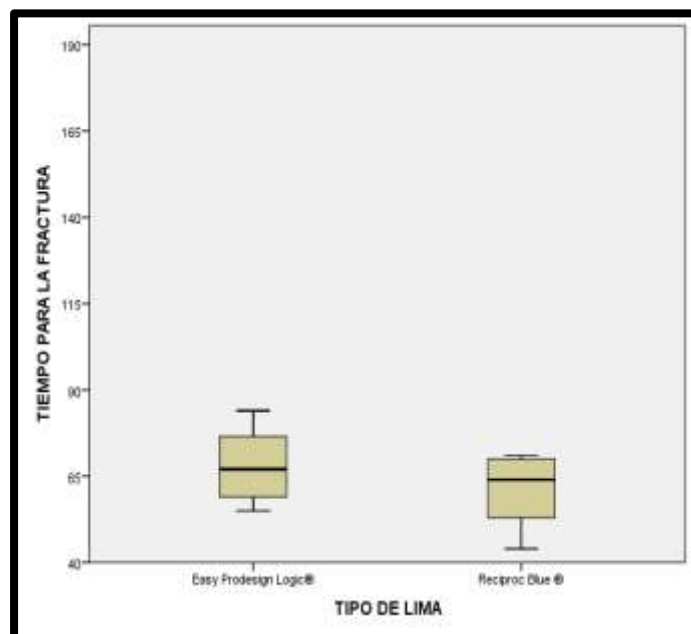


Figura N°6. Resistencia a la fatiga cíclica por tiempo de fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura (8 especímenes).



En la figura N°5 y N°6, se describió el tiempo de fractura según tipo de lima, se encontró que, al analizar los 10 especímenes por grupo, Easy Prodesign Logic® tuvo un mínimo de tiempo más alto que Reciproc Blue®, siendo de igual forma sus valores extremos mayores. Esta tendencia se mantuvo cuando se consideraron únicamente 8 especímenes.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

HIPÓTESIS PRINCIPAL

Se acepta la Hipótesis nula (Ho) (Prueba de U de Mann Whitney; $p < 0.05$), y se concluye que: La resistencia a la fatiga cíclica de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada no es mayor en Easy Prodesign Logic® que en Reciproc Blue® después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

2.3.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Hipótesis 1:

Se acepta la Hipótesis nula (Ho) (Pruebas de U de Mann Whitney y T de Student; $p > 0.05$), la resistencia a la fatiga cíclica según número de ciclos hasta la fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada no es mayor en Easy Prodesign Logic® que en Reciproc Blue® después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

Hipótesis 2:

Se rechaza la Hipótesis nula (Ho) (Prueba de U de Mann Whitney; $p < 0.05$), La longitud del fragmento separado de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada es mayor en Easy Prodesign Logic® que en Reciproc Blue® después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

Hipótesis 3:

Se acepta la Hipótesis nula (Ho) (Pruebas de U de Mann Whitney y T de Student; $p > 0.05$), La resistencia a la fatiga cíclica según tiempo de fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada no es mayor en Easy Prodesign

Logic® que en Reciproc Blue® después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este estudio evaluó la resistencia a la fatiga cíclica de Easy Prodesign Logic® y Reciproc Blue® en movimiento mecanizado de acción alternada trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura.

Los 2 instrumentos alternativos (Easy Prodesign Logic® y Reciproc Blue®) utilizados en este estudio fueron seleccionados porque son aceptables comercialmente. Los instrumentos Easy Prodesign Logic® tienen una sección transversal en forma de S con doble o triple cuchilla de corte y Reciproc Blue® presenta una sección transversal en forma de S con 2 cuchillas de corte.

Li U. et al; demostraron que se han utilizado muchos dispositivos para investigar la resistencia a la fatiga cíclica in vitro en modelos estáticos y dinámicos.
(45)

Se utilizaron varios dispositivos no dentales para investigar la resistencia a la fatiga cíclica in vitro tanto en modelos estáticos como dinámicos. Aunque un modelo dinámico podría aproximarse estrechamente a un movimiento clínico de “cepillado o picoteo” (45), tiene limitaciones porque los instrumentos que se ensayan no están restringidos en una trayectoria precisa. Por otra parte, la amplitud y la velocidad de los movimientos axiales podrían ser estandarizadas en un estudio de modelo dinámico, pero estas variables son completamente subjetivas y se duda que sean constantes y reproducibles en la práctica clínica; porque este tipo de movimiento ascendente y descendente es controlado manualmente (61).

Por lo tanto, elegimos un modelo estático con el fin de descartar las causas de confusión.

Alcalde MP. et al; demostraron que los instrumentos ProDesign R®, Reciproc® y Unicore® tienen los mismos tamaños de punta (# 25). Sin embargo, las conicidades difieren entre ellas, por lo tanto el valor más bajo del taper de

ProDesign R® y Unicone® en comparación con Reciproc® R25 debería garantizar un mayor tiempo de fatiga cíclica, obteniendo como resultado que Prodesign R® tuvo un mayor resistencia a la fatiga cíclica ($p < 0.05$) ⁽⁵³⁾.

En este estudio no se encontraron diferencias significativas cuando se comparó Easy Prodesing Logic® con Reciproc Blue® en la resistencia a la fatiga cíclica en ambos grupos ($p = 0.21$).

A pesar de que cada instrumento presentó diferente tipo de aleación, diseño, conicidad y método de fabricación; no influyeron en los resultados de este estudio.

Existen varios factores que influyen considerablemente en la distribución del estrés de las limas mecanizadas de Ni-Ti, incluyendo el diseño de la sección transversal, la composición química de la aleación y el proceso termomecánico aplicado durante la fabricación ^(62, 63).

El instrumento Easy Prodesign Logic® posee una aleación de Ni-Ti y un tratamiento térmico CM ⁽⁵⁵⁾; mientras el instrumento Reciproc Blue® se fabrican alterando su estructura molecular a través de un nuevo tratamiento térmico con el fin de aumentar la resistencia a la fatiga cíclica ⁽⁶⁰⁾. Este estudio observó que a pesar de las diferencias en cuanto a la aleación no hubo diferencia significativa en cuanto a la resistencia a la fatiga cíclica.

En las condiciones experimentales del presente estudio, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los instrumentos ensayados, excepto para el tamaño de la longitud del fragmento separado que fue mayor en el instrumento Easy Prodesign Logic® que en el instrumento Reciproc Blue®. Esto puede deberse a que el instrumento Easy Prodesign Logic® se fracturó pasando la curvatura por presentar menor masa que el instrumento Reciproc Blue® que se fracturó antes de llegar a la curvatura.

No siendo objetivo de este estudio se evaluó en SEM los fragmentos separados y se observó que la superficie en el instrumento Reciproc Blue® era

homogénea mientras que en el instrumento Easy Prodesign Logic® era heterogénea.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

No hay diferencias en la resistencia a la fatiga cíclica según el número de ciclos hasta la fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada, Easy Prodesign Logic® (20 400.00RPM) y Reciproc Blue® (18 337.50RPM) después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura ($p>0.05$).

La longitud de los fragmentos separados de las limas mecanizadas de acción alternada Easy Prodesign Logic® (10.61mm) es más corta que Reciproc Blue® (12.74mm) después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura ($p<0.05$).

No hay diferencias en la resistencia a la fatiga cíclica según tiempo de fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada entre Easy Prodesign Logic® (68.00seg.) y Reciproc Blue® (61.13seg.) después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura ($p>0.05$).

5.2. RECOMENDACIONES

*Analizar con el microscopio electrónico de barrido todas las limas antes y después de realizar la prueba a la fatiga cíclica.

*Replicar la investigación con otros sistemas de limas de acción alternada para evaluar su resistencia a la fatiga cíclica y su influencia según el diseño transversal, longitudinal; así como su aleación, esterilización y cinemática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Leonardo M, De Toledo R. Sistemas rotatorios en endodoncia: instrumentos de níquel-titanio. Sao Paulo (BRA): Artes Médicas; 2002.
2. Gambarini Gianluca. Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instruments after clinical use with low-and high-torque endodontic motors. J Endod 2001 December; 27(12):772–4.
3. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH, Walia H, Brantley W, et al. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. J Endod 2000 March; 26(3):161–5.
4. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. J Endod 1997 February; 23(2):77–85.
5. Oh SR, Chang SW, Lee Y, Gu Y, Son WJ, Lee W, et al. A comparison of nickel-titanium rotary instruments manufactured using different methods and cross-sectional areas: ability to resist cyclic fatigue. Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology 2010 April; 109(4):622–8.
6. Yao JH, Schwartz SA, Beeson TJ. Cyclic fatigue of three types of rotary nickel-titanium files in a dynamic model. J Endod 2006; 32(1):55–7.
7. Johnson E, Lloyd A, Kuttler S, Namerow K. Comparison between a novel nickel-titanium alloy and 508 nitinol on the cyclic fatigue life of proFile 25/.04 rotary instruments. J Endod 2008 November; 34(11):1406–9.
8. Gao Y, Shotton V, Wilkinson K, Phillips G, Ben Johnson W. Effects of raw material and rotational speed on the cyclic fatigue of profile vortex rotary instruments. J Endod 2010 July; 36(7):1205–9.
9. Gao Y, Gutmann JL, Wilkinson K, Maxwell R, Ammon D. Evaluation of the impact of raw materials on the fatigue and mechanical properties of profile vortex rotary instruments. J Endod 2012 March; 38(3):398–401.
10. Shen Y, Qian W, Abtin H, Gao Y, Haapasalo M. Effect of environment on fatigue failure of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments. J Endod 2012 March; 38(3):376–80.
11. Shen Y, Qian W, Abtin H, Gao Y, Haapasalo M. Fatigue testing of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments. J Endod 2011 July; 37(7):997–1001.

12. Ha JH, Kim SK, Cohenca N, Kim HCh. Effect of R-phase heat treatment on torsional resistance and cyclic fatigue fracture. *J Endod* 2014 March; 40(2):281–4.
13. Pedullá E, Grande NM, Plotino G, Pappalardo A, Rapisarda E. Cyclic fatigue resistance of three different nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite. *J Endod* 2011 August; 37(8):1139–42.
14. Plotino G, Grande NM, Cotti E, Testarelli L, Gambarini G. Blue Treatment enhances cyclic fatigue resistance of vortex nickel-titanium rotary files. *J Endod* 2014;1–3.
15. Mustafa Gundovar, Taba Ozyurek. Cyclic fatigue resistance of oneshape, hyflex EDM, waveone gold, and reciproc blue nickel-titanium instruments. *J Endod* 2017; 43(7):1192-1196.
16. Kim JW, Ha JH, Cheung GSP, Versluis A, Kwak SW, Kim HC. Safety of the factory preset rotation angle of reciprocating instruments. *J Endod* 2014; 40(10):1671–5.
17. Kim HC, Kwak SW, Cheung GSP, Ko DH, Chung SM, Lee W. Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion:reciproc versus waveone. *J Endod* 2012; 38(4):541–4.
18. Plotino G, Giansiracusa Rubini A, Grande NM, Testarelli L, Gambarini G. Cutting efficiency of reciproc and waveone reciprocating instruments. *J Endod* 2014; 40(8):1228–30.
19. Pirani C, Paolucci A, Ruggeri O, Bossù M, Polimeni A, Antonella Gatto MR, et al. Wear and metallographic analysis of waveOne and reciproc niti instruments before and after three uses in root canals. *Wiley Periodicals Inc* 2014 March 4; 36(5):517–25.
20. 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. *Int Endod J* 2015; 48(3):229–35.
21. De Deus G, Arruda T, Souza E, Neves A, Magalhaes K, Thuanne E, Fidel R. The ability of the reciproc r25 instrument to reach the full root canal working length without a glide path. *Int Endod J* 2013; 46(10):993-8.
22. Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, et al. Effect of canal length and curvature on working length alteration with waveone reciprocating files. *J Endod* 2011 December; 37(12):1687–90.

23. De-Deus G, Leal Vieira VT, Nogueira Da Silva EJ, Lopes H, Elias CN, Moreira EJ. Bending resistance and dynamic and static cyclic fatigue life of reciproc and waveone large instruments. *J Endod* 2016; 40(4):575–9.
24. Lee W, Hwang YJ, You SY, Kim HC. Effect of reciprocation usage of nickel-titanium rotary files on the cyclic fatigue resistance. *Aust Endod J* 2013; 39(3):146–50.
25. De-Deus G, Moreira E JL, Lopes HP, Elias CN. Extended cyclic fatigue life of F2 protaper instruments used in reciprocating movement. *Int Endod J*. 2010 April; 43(12):1063–8.
26. Vadhana S, Saravanakarthykeyan B, Nandini S, Velmurugan N. Cyclic fatigue resistance of race and mtwo rotary files in continuous rotation and reciprocating motion. *J Endod* 2014; 40(7):995–9.
27. Gavini G, Caldeira CL, Akisue E, Candeiro GTDM, Kawakami DAS. Resistance to flexural fatigue of reciproc R25 files under continuous rotation and reciprocating movement. *J Endod* 2012; 38(5):684–7.
28. Gambarini G, Rubini AG, Al Sudani D, Gergi R, Culla A, De Angelis F, et al. Influence of different angles of reciprocation on the cyclic fatigue of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod* 2012; 38(10):1408–11.
29. Arias A, Perez-Higueras JJ, De La MacOrra JC. Differences in cyclic fatigue resistance at apical and coronal levels of reciproc and waveone new files. *J Endod* 2012 September; 38(9):1244–8.
30. Pedullà E, Grande NM, Plotino G, Palermo F, Gambarini G, Rapisarda E. Cyclic fatigue resistance of two reciprocating nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite. *Int Endod J* 2012; 46(2):155–9.
31. Pedullà E, Grande NM, Plotino G, Gambarini G, Rapisarda E. Influence of continuous or reciprocating motion on cyclic fatigue resistance of 4 different nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2013 February; 39(2):258–61.
32. Pedullà E, Franciosi G, Ounsi HF, Tricarico M, Rapisarda E, Grandini S. Cyclic fatigue resistance of nickel-titanium instruments after immersion in irrigant solutions with or without surfactants. *J Endod* 2014; 40(8):1245–9.
33. Plotino G, Grande NM, Testarelli L, Gambarini G. Cyclic fatigue of reciproc and waveone reciprocating instruments. *Int Endod J* 2012; 45(7):614–8.
34. Higuera O, Plotino G, Tocci L, Carrillo G, Gambarini G, Jaramillo DE. Cyclic fatigue resistance of 3 different nickel-titanium reciprocating instruments in

- artificial canals. *J Endod* 2015; 41:913–5.
35. Castelló-Escrivá R, Alegre-Domingo T, Faus-Matoses V, Román-Richon S, Faus-Llácer VJ. In vitro comparison of cyclic fatigue resistance of protaper, waveone, and twisted files. *J Endod* 2012 November; 38(11):1521–4.
 36. Lopes HP, Elias CN, Vieira MVB, Siqueira JF, Mangelli M, Lopes WSP, et al. Fatigue life of reciproc and mtwo instruments subjected to static and dynamic tests. *J Endod* 2013 May; 39(5):693–6.
 37. Saber SEDM, El Sadat SMA. Effect of altering the reciprocation range on the fatigue life and the shaping ability of waveone nickel-titanium instruments. *J Endod* 2013 May; 39(5):685–8.
 38. Shin CS, Huang YH, Chi CW, Lin CP. Fatigue life enhancement of niti rotary endodontic instruments by progressive reciprocating operation. *Int Endod J* 2014 December; 47(9):882–8.
 39. De-Deus G, Arruda TEP, Souza EM, Neves A, Magalhães K, Thuanne E, et al. The ability of the reciproc r25 instrument to reach the full root canal working length without a glide path. *Int Endod J* 2013; 46(10):993–8.
 40. Elnaghy AM, Elsaka SE. Torsion and bending properties of oneshape and waveone instruments. *J Endod* 2014; 41(4):544–7.
 41. Yared GM, Dagher FE, Machtou P, Bou Dagher FE, Machtou P. Cyclic fatigue of profile rotary instruments after clinical use. *Int Endod J* 2000; 33(3):204–7.
 42. Mize SB, Clement DJD, Pruett JPJP, Carnes DLDL, Weine F, Abou-Rass M, et al. Effect of sterilization on cyclic fatigue of rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod* 1998 December; 24(12):843–7.
 43. Haïkel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, Allemann C. Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod* 1999 June; 25(6):434–40.
 44. Plotino G, Grande NM, Sorci E, Malagnino VA, Somma F. A comparison of cyclic fatigue between used and new mtwo ni-ti rotary instruments. *Int Endod J* 2006 March; 39(9):716–23.
 45. Li U-M, Lee B-S, Shih C-T, Lan W-H, Lin C-P. Cyclic fatigue of endodontic nickel titanium rotary instruments: static and dynamic tests. *J Endod* 2002 June; 28(6):448–51.
 46. Cheung GSP, Shen Y, Darvell BW. Effect of environment on low-cycle fatigue of a nickel-titanium instrument. *J Endod* 2007 December; 33(12):1433–7.

47. Hieawy A, Haapasalo M, Zhou H, Wang Z-J, Shen Y. Phase transformation behavior and resistance to bending and cyclic fatigue of protaper gold and protaper universal instruments. *J Endod* 2015; 41:1134–8.
48. Peters OA, Fiedl MS. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004; 30(8):559–67.
49. Baugh D, Wallace J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. *J Endod* 2005 May; 31(5):333–40.
50. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg* 1971 August; 32(2):271-75
51. Cohen S, Burns R. *Vías de la pulpa*. 8 ed. Madrid (ESP): Elsevier; 2008
52. De-deus G, Silva L, Leal V, Goncalvez F, Elias C, Plotino G, et al. Blue thermomechanical treatment optimizes fatigue resistance and flexibility of the reciproc files. *J Endod* 2016;1–5.
53. Topcuoglu H.S, Duzgun S, Akti A. Laboratory comparison of cyclic fatigue resistance of waveone gold, reciproc and waveone files in canals with a double curvature. *Int Endod J* 2016 June 25; (50):7
54. Alcalde MP, Tanomaru-filho M, Bramante CM, Duarte MAH, Guerreiro-tanomaru JM, Vivan RR. Cyclic and torsional fatigue resistance of reciprocating single files manufactured by different nickel-titanium alloys. *J Endod* 2017; 3–8.
55. Pedullá E, La Rosa GR, Boninelli S, Rinaldi OG, Rapisarda E, Kim H. Influence of different angles of file access on cyclic fatigue resistance of reciproc and reciproc blue instruments. *J Endod* 2018; 44(12):1849-55.
56. Easy.odo.br [internet] 2019 [citado 5 May 2019]. Disponible en: URL: <https://easy.odo.br>
57. Mcspadden J. *Mastering endodontic instrumentation*. Chattanooga (CAN): Arbor Books; 2007.
58. Gambarini G, Grande NM, Plotino G, Somma F, Garala M, De Luca M, et al. Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel-titanium instruments produced by new manufacturing methods. *J Endod* 2008 August; 34(8):1003–5.
59. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JEA, Messer HH. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod* 2000; 26(3):161–5.
60. Zelada G. The effect of rotational speed and the curvature of root canals on

the breakage of rotary endodontic instruments. J Endod 2002 July; 28(7):540–2.

61. RAE.es [Internet] 2019 [citado 6 May 2019]. Disponible en: URL: <https://www.rae.es>
62. VDW-dental.com [Internet] 2019 [citado 6 May 2019]. Disponible en: URL: <https://www.vdw-dental.com>

ANEXOS