

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA



COMPARACIÓN IN VITRO DE RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE DIFERENTES
SISTEMAS ROTATORIOS DE NIQUEL- TITANIO: V-TAPER 2H Y EDGESEQUEL
SAPPHIRE

TRABAJO TERMINAL QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE LA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

PRESENTA
VIANETH VIRIDIANA VELARDE GUTIÉRREZ
PRESIDENTE
DR. JULIO CESAR GARCÍA BRIONES

SINODAL
M.O. SALVADOR OLIVARES RODRÍGUEZ

SINODAL
C.D.E.E LUIS HERNÁN CARRILLO VÁRGUEZ

Contents

INTRODUCCIÓN	8
MARCO TEÓRICO	9
NIQUEL – TITANIO EN LA ENDODONCIA.....	9
FATIGA CÍCLICA.....	12
FRACTURA DE LOS INSTRUMENTOS.....	13
SISTEMAS EXPERIMENTALES.....	14
SISTEMA EDGESEQUEL SAPPHIRE (EDGE ENDO)	14
V TAPER 2H (SS WHITE)	16
ANTECEDENTES.....	17
JUSTIFICACIÓN.....	27
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	28
HIPÓTESIS.....	29
Hipótesis nula	29
Hipótesis 2	29
OBJETIVOS	30
OBJETIVO GENERAL.....	30
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	30
VARIABLES	31
Variable independiente	31
Variable dependiente.....	31
Operación de variables.....	31
MATERIALES Y MÉTODOS	32
Tipo de estudio	32
Universo de estudio	32
Criterios de inclusión.....	32
Criterios de exclusión	32
Muestra	32
MATERIALES.....	32
METODOLOGÍA	33
Prueba de fatiga cíclica.....	34
Prueba estática	35
RESULTADOS	37

NÚMERO DE CICLOS HASTA LA FRACTURA.....	39
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	44
DISCUSIÓN.....	46
CONCLUSIONES.....	48
BIBLIOGRAFÍA	49

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, B.C. a 7 de junio de 2018

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN IN VITRO DE RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE DIFERENTES SISTEMAS ROTATORIOS DE NIQUEL- TITANIO V-TAPER 2H Y EDGESEQUEL SAPPHIRE**

Propuesto por el **C.D. Vianeth Viridiana Velarde Gutiérrez**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

A T E N T A M E N T E

Dr. Julio César García Briones

PRESIDENTE
(DIRECTOR DEL PROYECTO)

Ccp. - Archivo.

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, B.C. a 7 de junio de 2018

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN IN VITRO DE RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE DIFERENTES SISTEMAS ROTATORIOS DE NIQUEL- TITANIO V-TAPER 2H Y EDGESEQUEL SAPPHIRE**

Propuesto por el **C.D. Vianeth Viridiana Velarde Gutiérrez**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

A T E N T A M E N T E

M.O. SALVADOR OLIVARES RODRÍGUEZ

SINODAL
(CO-DIRECTOR DEL PROYECTO)

Ccp.- Archivo.

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, B.C. a 7 de junio de 2018

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **COMPARACIÓN IN VITRO DE RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE DIFERENTES SISTEMAS ROTATORIOS DE NIQUEL- TITANIO V-TAPER 2H Y EDGESEQUEL SAPPHIRE**

Propuesto por el **C.D. Vianeth Viridiana Velarde Gutiérrez**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

A T E N T A M E N T E

C.D.E.E. Luis Hernán Carrillo Vázquez

SINODAL
(CO-DIRECTOR DEL PROYECTO)

Ccp.- Archivo.

**COMPARACIÓN IN VITRO DE RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE
DIFERENTES SISTEMAS ROTATORIOS DE NIQUEL- TITANIO V-TAPER 2H Y
EDGESEQUEL SAPPHIRE**

Presenta:

C.D. Vianeth Viridiana Velarde Gutiérrez

Director:

Dr. Julio César García Briones

Co-directores:

M.O. Salvador Olivares Rodríguez

C.D.E.E. Luis Hernán Carrillo Vázquez

Tijuana, Baja California, 7 de junio del 2018

COMPARACIÓN IN VITRO DE RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE DIFERENTES SISTEMAS ROTATORIOS DE NIQUEL- TITANIO V-TAPER 2H Y EDGESEQUEL SAPPHIRE.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos principales en la terapia endodóntica es lograr la desinfección completa del sistema de conductos para así poder garantizar el éxito del tratamiento. La razón fundamental del tratamiento endodóntico se basa en principios biológicos simples. Como consecuencia de varios factores una pulpa sana puede evolucionar a una pulpa necrótica. Por lo tanto, los productos de esta degeneración escapan del sistema de conductos radiculares, y penetran en el periápice, donde su presencia genera lesiones de origen endodóntico. ⁽¹⁾

La preparación del conducto radicular está reconocida como una de las fases más importantes del tratamiento endodóntico. El procedimiento incluye la remoción completa del tejido vital o necrótico, así como la remoción de la dentina infectada y no infectada. Durante un retratamiento es necesario, además, remover restos de materiales plásticos y/o metálicos del conducto radicular. Es necesario crear un espacio para facilitar la limpieza, y posteriormente realizar una obturación hermética del sistema de conductos radiculares. ⁽²⁾

Los objetivos específicos de la preparación del conducto radicular son:

- 1.- Remoción del tejido vital o necrótico.
- 2.- Preservación de la localización original del conducto radicular.
- 3.- Creación del espacio para la irrigación del sistema de conductos radiculares.
- 4.- Creación del espacio para la obturación del sistema de conductos radiculares

En la actualidad los instrumentos rotatorios de níquel-titanio (NiTi) se usan

comúnmente para la práctica endodóntica. Estos instrumentos ofrecen muchas ventajas sobre las limas convencionales de acero inoxidable; son más flexibles y tienen mayor eficiencia de corte ^(2, 3).

Para que los tratamientos endodónticos tengan éxito, es esencial mantener la configuración original del sistema del conducto radicular sin causar ningún evento iatrogénico ⁽⁴⁾. Los instrumentos de NiTi ofrecen una mayor flexibilidad, y su superelasticidad reduce la fuerza de recuperación, permitiendo de ese modo mejorar la conformación del conducto y reduce la transportación ⁽⁵⁾. La preparación bien centrada con estos instrumentos en conductos curvos ha requerido menos tiempo que el necesario con instrumentos manuales ⁽⁶⁾.

A pesar de estas ventajas, los instrumentos NiTi parecen tener un alto riesgo de separación ⁽⁷⁾.

La fractura de los instrumentos utilizados en movimiento rotatorio ocurre de dos maneras diferentes: fractura causada por torsión y fractura causada por fatiga por flexión ⁽⁸⁾. La fractura por torsión ocurre cuando una punta del instrumento u otra parte del instrumento está bloqueada en el conducto mientras el vástago continúa girando. Cuando el límite elástico del metal es excedido por el esfuerzo de torsión ejercido por la pieza de mano, la fractura de la punta se hace inevitable ⁽⁹⁾. Fractura causada por la fatiga a través de la flexión se produce debido a la fatiga del metal. El instrumento no se fija en el conducto, sino que gira libremente en una curvatura, generando ciclos de tensión / compresión en el punto de máxima flexión hasta que se produce la fractura ⁽¹⁰⁾.

MARCO TEÓRICO

NIQUEL – TITANIO EN LA ENDODONCIA

La utilización del NiTi en endodoncia para realizar instrumentos endodónticos fue sugerida por Civjan, Huget, De Simon en 1973, para confeccionarlos a finales de la década de los 80's por Walia, Brantlye, Gerstein basados en las propiedades físicas

de las aleaciones del níquel-titanio, como la flexibilidad y la resistencia a la fractura por torsión en sentido horario o antihorario, también en sección triangular y fabricadas por el mismo proceso, así como compatibilidad biológica, alta resistencia a la corrosión y torsión inalterada bajo procedimientos de esterilización.⁽¹¹⁾

Estos instrumentos proporcionan propiedades diferentes tales como la superelasticidad, caracterizada por la propiedad de ciertas aleaciones metálicas al retornar a su forma original, después de librarse de una acción (fuerza) de deformación. Cuando están sometidas a la deformación hasta en un 10% pueden retomar a su forma normal, siendo, por lo tanto, recuperables; mientras las limas de acero inoxidable solamente retornan a su estado inicial cuando la deformación no es superior al 1%. Esta propiedad los hace más flexible que el acero inoxidable, sin exceder su límite de elasticidad, permitiendo así una mejor instrumentación de los conductos radiculares curvos, como también minimizando el transporte del foramen apical.⁽¹²⁾

La deformación plástica es la capacidad de sufrir deformaciones permanentes, sin alcanzar la ruptura y permite evaluar la capacidad de trabajo mecánico que el material podría soportar, conservando su integridad física.⁽¹³⁾

Hoy en día se cuenta con la segunda generación de instrumentos rotatorios NiTi desarrollada 20 años después de haber probado por primera vez esta aleación en este tipo de instrumentos, basándose en nuevos métodos de diseño y modos de elaboración. La generación de instrumentos NiTi se enfoca en desarrollar una mayor flexibilidad, más resistencia a la fatiga cíclica, y mayor eficiencia de corte. Existen dos corrientes tecnológicas en las que se basan estos nuevos sistemas, la tecnología M-Wire (ProFile Serie GT por Dentsply, Tulsa Dental, diseñados por el Dr. Stephen Buchanan) que consiste en un tratamiento térmico que se da al metal antes de fabricar el instrumento. Los fabricantes de esta tecnología proporcionan a los instrumentos mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica en comparación con los instrumentos fabricados convencionalmente. La tecnología Fase-R utilizada por la casa Sybron Dental Specialties, consiste en el tratamiento térmico a la aleación de níquel-titanio para optimizar la fase molecular y las propiedades de la

aleación; el resultado es una estructura en fase cristalina modificable, que permite torcer el metal sin que sufra cambios en su morfología; también provee a la aleación de mayor flexibilidad y resistencia a la fractura. ⁽¹⁴⁾

Recientemente, los rotatorios de NiTi de memoria controlada (CM) fueron desarrollados e introducidos en el mercado. Los fabricantes afirman que la flexibilidad y la resistencia a la fatiga / tensión de torsión de instrumentos basados en CM wire se han mejorado sustancialmente. Un estudio previo informó que los instrumentos basados en CM-wire tienen una resistencia superior a la fatiga cíclica que los instrumentos de NiTi convencionales.

Sin más influencias externas, la lima de NiTi con efecto de "memoria controlada" al ser doblada permanece en esta posición a temperatura ambiente. En la fase de austenita, es decir, a temperaturas más altas, el material puede adoptar su estructura original y las moléculas forman una estructura de red cúbica centrada en la cara. El calor induce la transformación de fase y el instrumento vuelve a su estado original durante la esterilización.

Basados en las transformaciones que sufre este material se puede concluir que presenta tres fases, una austenita al ser calentado y alcanzar cierta temperatura, es en este momento que el instrumento completa su transformación de memoria de forma y muestra su característica de superelasticidad, recuperando la forma original. Posteriormente cuando el instrumento se enfría llega a la denominada temperatura de inicio de transformación de la martensita, comenzando un cambio de su fase, hasta llegar a la temperatura en que estos cambios concluyen la cual se denomina temperatura final de transformación de la martensita. Durante este cambio, la forma macroscópica de la martensita no sufre ningún cambio, pero sus propiedades físicas dan lugar a la característica de la memoria de forma. Si se le aplica una fuerza externa en este momento, la martensita es deformada con facilidad y se le conoce como martensita reordenada. Para que el instrumento recupere su forma original habrá que llevarlo nuevamente a su fase austenita requiriendo un cambio de aumento de temperatura.

FATIGA CÍCLICA

La fatiga cíclica es acumulativa y no regresiva; es por esta razón que es recomendable desechar los instrumentos después de haberlos usado cierto número de veces. En realidad, no depende del número de veces que fueron usados, sino de la carga a que fueron sujetos durante el o los tratamientos de conductos radiculares. Los alambres con los que están fabricados los instrumentos se componen por fibras metálicas, las cuales están alineadas longitudinalmente. Existe una fibra metálica en el centro de los instrumentos la cual es denominada fibra neutral. Al introducir un instrumento a un conducto radicular curvo, este sufre una deformación por lo que las fibras del lado cóncavo del instrumento van a ser comprimidas y las del lado convexo van a sufrir una dilatación. Al aplicarle movimientos de rotación al instrumento, las fibras metálicas empiezan a sufrir contracciones y dilataciones alternadamente, por lo que de esta manera se le induce a una fatiga cíclica, la cual es acumulativa y no reversible. Al haber superado los límites de elasticidad del instrumento, éste sufre deformaciones plásticas irreversibles y posteriormente se fractura.

La fractura, por lo general, se produce al empiezo de la curvatura del conducto ya que es ahí donde el instrumento sufre mayor grado de distorsión. ⁽¹⁵⁾

Las estrategias para aumentar la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos rotatorios de NiTi, incluye mejorar los procesos de fabricación, el uso de nuevas aleaciones y tratamientos térmicos para poder conseguir mejores propiedades mecánicas a la fatiga cíclica. Recientemente, varios fabricantes han desarrollado procesamientos termomecánicos especiales, con el objetivo de producir una aleación super elástica de Ni Tique contiene principalmente una fase martensítica estable en condiciones clínicas. Estos nuevos instrumentos tratados térmicamente fueron introducidos al mercado y mostraron mejores propiedades físicas y mecánicas en comparación con los instrumentos fabricados con la aleación de NiTi tradicional. El objetivo final es producir instrumentos los cuales nos proporcionen mayor eficiencia, flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica.

Los sistemas rotatorios son accionados mediante motores mecánicos que dan movimientos en sentido horario y antihorario siendo este último el que se acciona una vez que se ha llegado al máximo torque y se presenta una retención en el conducto, con velocidades entre 150 a 500 rpm, presentan un control automático - de torque, que varía de 0.1 a 10 N-cm. La presión o fuerza física por unidad de área se aplica en la instrumentación rotatoria para la introducción del instrumento en el conducto radicular. Aplicando una fuerza "x" en dirección del ápice, ocurre el contacto del instrumento con las paredes de la dentina. Cuanto mayor es esa área de contacto mayor es la fuerza. Cuanto menor el área, menor la fuerza. ⁽¹⁶⁾

FRACTURA DE LOS INSTRUMENTOS

En la mayoría de los casos, la fractura de los instrumentos rotatorios de NiTi ocurre por el incorrecto o excesivo uso por parte del operador, sin embargo, muchos factores se han relacionado con la predisposición a la fractura de los instrumentos de NiTi. ⁽¹⁷⁾

Las características y diseños de los instrumentos tienen una influencia real en la susceptibilidad a la fractura. En particular, el tamaño, forma cónica y una profundidad de la estría son factores importantes que afectan propiedades como la torsión y flexión. Se necesita un acceso al conducto radicular el cual no esté obstruido ni que tenga la presencia de un material de obturación. De esta manera los instrumentos pueden preparar el conducto radicular con facilidad y reducen la tensión así se disminuyen las posibilidades de fractura. Los estudios donde se instrumenta manualmente el conducto radicular hasta una lima 20 reduce significativamente la tasa de fractura del instrumento rotatorio. ⁽¹⁸⁾ Los motores eléctricos que activan el instrumento rotatorio dentro del conducto gira a una velocidad constante alcanzando un nivel preestablecido, este de forma automática invierte su sentido de rotación y permite que la lima se retire antes de que se produzca la fractura del instrumento ⁽¹⁹⁾ Gabel estudió la influencia de la velocidad de rotación en la preparación de conductos de dientes extraídos de molares, concluyó que la distorsión y fractura del instrumento era de 4 veces más cuando se rotaba a mayor velocidad (330 rpm) que a bajas revoluciones (167 rpm).⁵⁰ De igual

manera Gambarini encontró que los instrumentos utilizados en motores de bajo torque «1 N/cm) eran más resistentes a la fractura que los motores utilizados con mayor torque (>3 N/cm)S1.

En la mayoría de los casos la fractura es el resultado del uso incorrecto o excesivo de un instrumento de endodoncia, y la mayoría se produce comúnmente en el tercio apical de un conducto. Los instrumentos rotatorios de NiTi pueden fracturarse sin previo aviso lo que significa que la fractura involucra muchos más factores siendo al parecer el más importante la habilidad del clínico. La fractura de instrumentos endodónticos rotatorios de níquel/titanio puede ocurrir en dos formas: fractura por torsión y por fatiga cíclica. La fractura por torsión ocurre cuando la punta de la lima ó cualquier parte del instrumento se prende en el conducto radicular, mientras su eje continúa en rotación. En esta situación, se sobrepasa el límite de elasticidad del metal, llevando el mismo a una deformación plástica como también a la fractura. La fractura por fatiga cíclica es causada por el esfuerzo y la fatiga del metal, con este tipo de fractura, el instrumento gira libremente en un conducto acentuadamente curvo, pero en la misma longitud de trabajo, de esta manera, en la curva el instrumento dobla y ocurre la fractura, siendo este hecho considerado de elevada importancia en relación con la fractura de los instrumentos NiTi. ⁽¹⁶⁾ El término de fatiga cíclica se ha utilizado para describir la fractura de instrumentos de NiTi después de la rotación continua en un conducto curvo. ⁽²⁰⁾

SISTEMAS EXPERIMENTALES

SISTEMA EDGESEQUEL SAPPHIRE (EDGE ENDO)

EdgeSequel Sapphire TM se usa exactamente como Vortex®, Vortex Blue® y EndoSequence®. Con 2 veces más resistencia a la fatiga cíclica que Vortex Blue® y 8 veces más resistencia que Vortex® y EndoSequence® así como otros rotatorios con taper .04, .06 y pueden ser utilizados en cualquier pieza de mano con el mismo torque y velocidad.

EDGESEQUEL TM
SAPPHIRE



Imagen 1. Instrumentos de EDGESEQUEL SAPPHIRE

El instrumento está térmicamente elaborado, aleación de níquel -titanio llamada Fire-Wire.

Puntos importantes a recordar:

- Usar una pieza de mano eléctrica
- La lima trabaja de 300-500 rpm (revoluciones por minuto)
- La línea de acceso derecha es imperativo para utilizar propiamente este producto.
- No forzar las limas hacia apical, utilizar presión apical mínima
- Irrigar y lubricar frecuentemente el conducto durante el procedimiento
- Llevar la lima a longitud de trabajo una vez no más de 1 segundo y retirarse
- En el área apical y conductos curvos tener precaución
- Las limas son de un solo uso

Los instrumentos Edge Endo® FireWire™ NiTi son una revolución en los instrumentos rotatorios. Totalmente compatible con el sistema que ya usa, pero mejor. Nuestras pruebas internas muestran que estos instrumentos superan a otros en resistencia a la fatiga cíclica. FireWire™ NiTi permite que los instrumento EdgeEndo® no "reboten", preservando la anatomía del canal, la dentina y siguiendo cuidadosamente el canal a medida que descienden de manera suave y fácil. Si eso

no fuera suficiente, los instrumentos de EdgeEndo® cuestan la mitad del costo de los instrumentos viejos que reemplazan, lo que le ahorra a su consultorio miles de dólares cada año.

V TAPER 2H (SS WHITE)

Este sistema de limas rotatorias con rendimiento mejorado acorta el tiempo de tratamiento mediante el uso de menos limas por caja, lo que permite un tratamiento del conducto radicular seguro, eficiente y conservador. El uso de los instrumentos rotatorios V-Taper 2H™ 2 permite que la mayoría de los molares y premolares se completen con 2-3 limas rotativas y dientes anteriores con 1-2 limas rotatorias. V-Taper 2H™ 2 es una serie de limas rotatorias patentados NiTi de cono variable que permiten formas apicales más profundas con menos instrumentos. Los instrumentos proporcionan una ruta de acceso conservadora que conserva una estructura dental más sana en el corazón del diente, que es fundamental para apoyar las restauraciones más duraderas. Las limas rotatorias V-Taper™ 2 presentan un diseño de sección transversal parabólica que combina alta eficiencia y flexibilidad a la vez que es seguro y resistente a las fracturas. Estas características deseables permiten al clínico combinar efectivamente el acceso y la configuración en un solo proceso integrado. Según el fabricante este sistema trabaja a 300 Rpm.



Imagen 2. Instrumentos V-Taper 2H de SS WHITE

ANTECEDENTES

En el 2014, G Plotino et al., publicaron un estudio in vitro donde se evaluaba la resistencia a la fatiga cíclica de dos instrumentos de Niquel-Titanio. Los instrumentos evaluados fueron Vortex Blue y Profile Vortex (Dentsple Tulsa Dental). Todos los instrumentos evaluados tenían que ser idénticos del mismo calibre y conicidad (15/.04, 20/.06, 25/.04, 25/.06, 30/.06, 35/.06 y 40/.04). Se dividieron en 2 grupos por cada sistema rotatorio los cuales cada uno contaban con 10 limas rotatorias, resultando un total de 140 limas probadas.

Todos los instrumentos fueron rotados a las RPM indicadas por el fabricante en un conducto simulado con un ángulo de curvatura de 60° y un radio de 5 mm hasta que se diera la fractura. El número de ciclos y el tamaño de la fractura fueron grabados en cada instrumento de cada grupo. Los valores medios y la desviación estándar fueron calculados, con el análisis de variación de la prueba T Bonferroni, la cual tiene un nivel confiable del 95%. Los resultados arrojados por este estudio mostraron que existe una diferencia estadística significativa a la fatiga cíclica de ($P < .05$), fue notada en todos los tamaños excepto en el calibre y conicidad 15/.04 ($P = 1.000$). No hubo diferencia significativa en todos los grupos en términos de la longitud de la porción fracturada. En conclusión, Vortex Blue mostró mayor resistencia a la fatiga cíclica que Profile Vortex en las mismas medidas. ⁽²¹⁾

En 2008, G Gambarini, realizó un estudio donde investigó si la resistencia a la fatiga cíclica aumentaba con los nuevos procesos de manufacturación. El compara los instrumentos Twisted Files, usando el método twisted (TF; SybronEndo, Orange, CA, Estados Unidos) y los de aleación de M-wire (GTX; Tulsa-Dental Specialities, Tulsa) con los instrumentos producidos por un proceso tradicional de NiTi (K3, SybronEndo, Orange, CA, Estados Unidos). Se probaron dos grupos de instrumentos endodónticos de NiTi los cuales consistían de tamaños idénticos (ISO 20 y conicidad .06 o ISO 25 y conicidad .06): En el grupo A se compararon K3 25/06 (SybronEndo) con TF 25/06 (SybronEndo) y en el grupo B se compararon K3 20/06 (SybronEndo) con GT series X 20/06 (Dentsply Tulsa-Dental Specialities). Se

probaron 10 instrumentos de cada sistema a resistencia a la fatiga cíclica, resultando un total de 40 instrumentos. Todos los instrumentos se inspeccionaron previamente utilizando un estereomicroscopio óptico con una magnificación de 20x para análisis morfológico y para observar cualquier signo de deformación. Se descartaron todos los instrumentos defectuosos. Las pruebas fueron realizadas con un específico dispositivo de fatiga cíclica que evaluó ciclos a la fractura de instrumentos rotatorios dentro de conductos artificiales curvos. Los resultados indicaron que los instrumentos de TF de tamaño 25/06 demostraron un aumento significativo en el número de ciclos a la fractura en comparación con limas K3 del tamaño 25/06. Los instrumentos K3 del tamaño 20/06 no demostraron ningún aumento significativo en el número de ciclos a la fractura en comparación con los instrumentos de la serie X de GT del tamaño 20/06. Como conclusión, se obtuvo que el nuevo proceso de fabricación produjo limas rotatorias NiTi (Twisted Files) más resistentes a la fatiga que los instrumentos producidos con el proceso de pulido tradicional de NiTi. Los instrumentos producidos con el proceso de M-wire (GTX) no fueron encontrados para ser más resistentes a la fatiga que los instrumentos producidos con el proceso de pulido tradicional de NiTi. ⁽²²⁾

En el 2008 Dina Al-Sudani comparó en su estudio la resistencia a la fatiga de los instrumentos rotatorios de níquel titanio en un canal de raíz artificial de doble curvatura (en forma de S) y comparar esos resultados con los conductos radiculares artificiales de curvatura única.

Como método de este estudio probaron dos instrumentos de endodoncia de níquel-titanio de idéntico tamaño (conicidad constante de .06 y diámetro de punta de 0.25), instrumentos ProFile e instrumentos Vortex. Ambos instrumentos fueron probados para la fatiga dentro de un canal artificial con una doble curvatura y dentro de un canal artificial curvado con una sola curvatura. Diez instrumentos para cada grupo se probaron para fracturarse en movimiento rotatorio continuo a 300 rpm. El número de ciclos hasta el fallo (NCF) se calculó con el número entero más cercano y la longitud del fragmento fracturado se midió en milímetros. Los datos se analizaron

estadísticamente con un nivel de significancia establecido en un nivel de confianza del 95%.

Los resultados de este estudio arrojaron que el valor de NCF siempre fue estadísticamente menor en el canal artificial de doble curva en comparación con la curva única ($P < .05$) en las curvaturas apical y coronal. Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre instrumentos del mismo tamaño de marca diferente solo en la curva única; ProFile registró una media de $633,5 \pm 75,1$ NCF, mientras que Vortex registró una media de $548 \pm 48,9$ NCF.

Conclusiones: Independientemente de las diferencias entre los instrumentos utilizados en el presente estudio, los resultados sugieren que cuanto más complejo es el conducto radicular, más adversos son los efectos sobre la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos. ⁽²³⁾

En el 2015 Duke y cols., publicaron un estudio in vitro donde se evaluaba la flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica de dos instrumentos de níquel-titanio en un conducto artificial y 2 diferentes conductos artificiales con doble curvatura. Los instrumentos evaluados fueron Profile Vortex (Dentsply Tulsa Dental) y Vortex Blue (Dentsply Tulsa Dental). Se utilizó instrumentos calibre 25 y taper .04 (25/.04) los cuales ambos fueron probados en los 3 diferentes conductos el grupo 1 en el conducto con una curvatura de 60° con un radio de 5 mm, en el grupo 2 en un conducto con doble curvatura la primera en coronal una curvatura de 60° con un radio de 5 mm y en apical una curvatura de 30° con un radio de 2 mm, el grupo 3 en un conducto con doble curvatura la primera en coronal una curvatura de 60° con un radio de 5 mm y en apical con una curvatura de 60° con un radio de 2 mm. El número de ciclos (NFC) fue grabado y todos los fragmentos fueron examinados con el microscopio electrónico de barrido. Resultados: En la carga de flexión Vortex Blue fue significativamente menor que profile vortex, el grupo 1 fue significativamente mejor que el grupo 2 y 3 en el NFC. En el grupo 1 vortex Blue mostró mayor resistencia a la fatiga cíclica que Profile Vortex, entre el grupo 2 y 3 no hubo diferencia significativa. Conclusión: los canales con doble curvatura representan

mucho más estrés sobre la lima lo cual anatomías desafiantes en las cuales afectaran la resistencia a la fatiga cíclica y flexibilidad. ⁽²⁴⁾

En el 2015 Higuera y cols., analizaron quince instrumentos nuevos WaveOne Primary NiTi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) calibre 25, 0.08 conicidad variable, 15 nuevos instrumentos Reciproc R25 NiTi (VDW, Munich, Alemania) calibre 25, 0.08 conicidad variable y 15 nuevos Twisted Files Adaptive M -L1 instrumentos NiTi (SybronEndo, Orange, CA) calibre 25, 0.08 conicidad continua, fueron seleccionados. Un total de 45 instrumentos fueron probados y divididos en 3 grupos experimentales: grupo 1, WaveOne Primaria; grupo 2, Reciproc R25; y grupo 3, TF Adaptive M-L1. Los instrumentos fueron sometidos a una prueba de fatiga cíclica mediante el uso de un dispositivo mecánico desarrollado específicamente para este fin y ya utilizado en estudios previos.

El aparato permitió que el instrumento girara libremente dentro de un canal artificial de acero inoxidable con un canal simulado con un ángulo de curvatura de 60° y un radio de curvatura de 5 mm. Para reducir la fricción cuando el instrumento de metal entró en contacto con las paredes del canal de metal, se utilizó aceite sintético.

Los instrumentos WaveOne Primary y Reciproc R25 se activaron utilizando una pieza de mano reductora 6: 1 (Sirona Dental Systems GmbH, Benheim, Alemania) accionada por un motor de control de par (Silver; VDW GmbH) utilizando sus movimientos patentados, WaveOne ALL y Reciproc ALL, respectivamente, mientras que los instrumentos TF Adaptive se activaron mediante el uso de una pieza de mano de reducción 8: 1 accionada por un motor controlado por torque (Elements Motor; SybronEndo) mediante el uso de su movimiento patentado, TF Adaptive.

Todos los instrumentos se activaron hasta que se produjo una fractura, y el tiempo hasta la fractura se registró visualmente para cada instrumento con un cronómetro de 1/100 segundos. La fractura era fácilmente detectable porque los instrumentos eran visibles a través de una ventana de vidrio. El número de ciclos hasta el fallo (NCF) para cada instrumento se calculó multiplicando el tiempo (en segundos) hasta el fallo por el número de rotaciones o ciclos por segundo, independientemente de la dirección de rotación. (Los fabricantes afirman que el modo RECIPROC ALL tiene

una velocidad de 300 rpm, el modo WAVEONE ALL tiene una velocidad de 350 rpm, y el modo TF Adaptive tiene una velocidad de 400 rpm). Los promedios y las desviaciones estándar se calcularon para cada grupo, y los datos se sometieron a un análisis de varianza de una vía para determinar las diferencias significativas entre los grupos. Cuando la prueba F global indicó una diferencia significativa, se realizó el procedimiento de prueba Holm t de comparación múltiple para identificar la media que difería de las otras. La importancia se estableció en el nivel de confianza del 95%. Los instrumentos también se observaron a través del microscopio electrónico de barrido para evaluar el tipo de fractura.

Los resultados de este estudio mostraron que la resistencia a la fatiga cíclica de Reciproc R25 (NCF media, 1325×115) y TF Adaptive M-L1 (NCF media, 1333×73) fue significativamente mayor que la de WaveOne Primary (NCF media, 1225×104 .) ($P = .009$ y $P = .004$, respectivamente). Los resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre TF Adaptive M-L1 y Reciproc R25 ($P = .686$). El análisis de la porción fracturada bajo microscopía electrónica de barrido indicó que todos los instrumentos mostraban características morfológicas de la fractura dúctil que se debía a la acumulación de fatiga del metal ⁽²⁵⁾.

En el 2017 Cangul Keskin y Cols., En su estudio inspeccionaron a 20 aumentos bajo un microscopio estereoscópico (SMZ 745T, Nikon, Tokio, Japón), 15 instrumentos Reciproc Blue R25 (25.08), 15 Reciproc R25 (25.08) y 15 WaveOne Gold Primary (25.07) libres de defectos e irregularidades visibles fueron incluido en el estudio.

Se utilizó un dispositivo de prueba de fatiga cíclica dinámica de acuerdo con los criterios establecidos en un estudio previo. La prueba de fatiga cíclica se realizó en un canal artificial de acero inoxidable con un diámetro interno de 1.5 mm, un ángulo de curvatura de 60° , y una curvatura o radio de 5 mm. Todos los instrumentos se usaron con un motor de endodoncia VDW Silver (VDW) que se conectó al dispositivo dinámico de prueba de fatiga cíclica utilizando el programa preestablecido 'Reciproc ALL' diseñado específicamente para los instrumentos Reciproc R25 y Reciproc Blue R25 y el ALL de WaveOne. " programa diseñado específicamente para instrumentos WaveOne Gold. Para reducir la fricción de los

instrumentos, se aplicó aceite sintético (WD-40, Milton Keynes, Reino Unido) para la lubricación del canal artificial. Todos los instrumentos se operaron con un movimiento axial de 3 mm / s hasta que se produjo la fractura. En este punto, el dispositivo se detuvo automáticamente y se registró el tiempo de fractura (TF) en segundos. Las longitudes de los fragmentos fracturados se midieron con un calibre digital y se registraron. En cada grupo, se examinaron 2 instrumentos fracturados con un microscopio de barrido (JEOL JSM-7001F, JEOL, Tokio, Japón) y se obtuvieron fotomicrografías de las superficies fracturadas con diferentes aumentos.

Para la resistencia a la fatiga cíclica y la longitud de los datos de los fragmentos fracturados, la hipótesis de la normalidad se probó usando la prueba de Shapiro-Wilk. Los datos obtenidos sobre las longitudes de los fragmentos fracturados también se sometieron a análisis de varianza de 1 vía. Los valores de resistencia a la fatiga cíclica se analizaron usando pruebas de Kruskal-Wallis y Dunn y SPSS (SPSS Inc, Chicago, IL) con un 5% seleccionado como nivel de significación.

Resultados

La Tabla 1 presenta la media y la desviación estándar de los valores de TF para cada instrumento. Los valores mayores de TF reflejaron una mayor resistencia a la fatiga cíclica. Los instrumentos Reciproc Blue R25 se asociaron con los valores más altos de resistencia a la fatiga cíclica entre todos los instrumentos ($P < .05$). La resistencia a la fatiga cíclica de WaveOne Gold Primary fue significativamente más alta que la de Reciproc R25 ($P > .05$). No hubo diferencias significativas en la longitud media de los fragmentos fracturados ($P > .05$). Las fotomicrografías de microscopía electrónica de barrido revelaron las características típicas de la falla de fatiga cíclica ⁽²⁶⁾.

En el 2016 Huseyin Sinan Topc y cols., estudiaron un total de 160 nuevos instrumentos de ProTaper Next X2, OneShape, HyFlex CM y ProTaper Universal se probaron en un canal artificial de doble curvatura (en forma de S). Los instrumentos seleccionados fueron PTN X2 (tamaño 25, conicidad .06), OS (tamaño 25, conicidad .06), HCM (tamaño 25, conicidad .06) y PTU F2 (tamaño 25, conicidad 0,08). Antes del experimento, cada instrumento se inspeccionó para detectar defectos y

deformidades utilizando un microscopio estereoscópico (BX60; Olympus, Tokio, Japón) con un aumento de 30, y ninguno se descartó. Cuarenta instrumentos de cada sistema fueron sometidos a pruebas de fatiga cíclica mediante el uso de un bloque de acero inoxidable que contiene un canal artificial en forma de S específicamente desarrollado para el propósito que se ha utilizado en estudios previos.

Todos los instrumentos fueron probados dentro de un canal artificial con una doble curvatura; el primero fue una curva coronal con un ángulo de curvatura 50° y un radio de 5 mm y se localizó a 8 mm de la punta del instrumento; el segundo era una curva apical con un ángulo de curvatura 70° , un radio de 2 mm y un centro a 2 mm de la punta.

La pieza de mano eléctrica se montó en un dispositivo para permitir la colocación precisa y reproducible de cada instrumento dentro del canal artificial en forma de S, asegurando la alineación tridimensional y el posicionamiento de cada instrumento a la misma profundidad cada vez. Todos los instrumentos fueron operados con un motor eléctrico controlado por torque (X-Smart; Dentsply Maillefer) y fueron utilizados de acuerdo con los fabricantes.

recomendaciones como sigue: PTN a 300 rpm y par de 2 N / cm, PTU a 300 rpm y par de 3 N / cm, HCM a 500 rpm y par de 2.5 N / cm, y OS a 350 rpm y par de 2.5 N / cm. Para reducir la fricción y evitar el sobrecalentamiento mientras se trabajaba dentro del canal artificial en forma de S, se usó aceite (WD-40 Company, Milton Keynes, Inglaterra) para la lubricación. El procedimiento fue cronometrado, y el reloj se detuvo tan pronto como se detectó visualmente una fractura. El tiempo transcurrido entre el comienzo del procedimiento hasta que se produjo la fractura del instrumento se registró. El procedimiento experimental fue realizado por un solo operador para evitar la variabilidad entre operadores. El número de ciclos para fracturar (FCN) se calculó utilizando la siguiente fórmula: $NCF = \text{tiempo (segundos)} \text{ hasta el fallo. velocidad de rotación} / 60$. Además, en canales artificiales de doble curva, si la fractura se produjo primero en la curva apical, el tiempo de fractura y NCF también se registraron para el fragmento coronal. La longitud de cada punta

fracturada se midió usando un calibrador digital (Absolute Digimatic, Mitutoyo Corp, Kawasaki, Japón).

Análisis estadístico

El NCF y los datos de la longitud del fragmento fracturado se analizaron mediante el análisis de varianza de una vía y las pruebas post hoc de Tukey. El nivel de significancia se estableció en $P < .05$. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SPSS 16.0 (SPSS Inc, Chicago, IL).

Resultados

El NCF medio y la longitud de los fragmentos fracturados para los instrumentos PTN X2, OS, HCM y PTU F2 se presentan en la Tabla 1. Todos los archivos se fracturaron primero en la curvatura apical y luego en la curvatura coronal. El análisis de varianza de una vía y las pruebas post hoc de Tukey mostraron que PTN X2 y HCM tenían significativamente mayor NCF que los instrumentos OS y PTU F2 en la curvatura apical ($P < .05$). PTN X2 y HCM tenían valores similares de resistencia a la fatiga cíclica en la curvatura apical ($P > .05$). No hubo diferencias estadísticas entre los instrumentos OS y PTU F2 en la curvatura apical ($P > .05$). Los instrumentos PTN X2, OS, HCM y PTU F2 tenían valores similares de resistencia a la fatiga cíclica en la curvatura coronal ($P > .05$). No hubo diferencia estadística entre los instrumentos PTN X2, OS, HCM y PTU F2 con respecto a las longitudes de los fragmentos de instrumentos fracturados en las curvaturas apicales o coronales ($P > .05$)⁽²⁷⁾.

En el 2017 Murilo P. Alcalde y Cols., publicaron su estudio en el cual el cálculo de la muestra se realizó utilizando G * Power v3.1 para Mac (Heinrich Heine, Universidad de Düsseldorf, Alemania) seleccionando la prueba de Wilcoxon - Mann - Whitney de la familia de la prueba t. También se estipularon un error de tipo alfa de 0,05, una potencia beta de 0,95 y una relación $N2 / N1$ de 1. Se indicó un total de 8 muestras por grupo como el tamaño ideal requerido para observar diferencias significativas. Se usaron diez muestras por grupo porque se calculó un 20% adicional para compensar posibles valores atípicos que podrían conducir a la pérdida de la muestra.

Una muestra de 60 instrumentos NiTi (longitud = 25 mm) de 3 sistemas alternativos diferentes (n = 20 por sistema) se utilizaron en este estudio de la siguiente manera: ProDesign R (tamaño n. ° 25, conicidad 0.06), Reciproc R25 (n. ° 25, Conicidad 0.08) y Unicone L25 (tamaño # 25, conicidad 0.06). Cada instrumento fue inspeccionado por defectos o deformidades antes de ser probado bajo un estereomicroscopio (Carl Zeiss, LLC, Oberkochen, Alemania) a 16 aumentos; ninguno fue descartado. Todos los instrumentos utilizados tenían 25 mm de largo, con 10 instrumentos de cada marca utilizados para las pruebas de fatiga cíclica y torsional.

Prueba de fatiga cíclica Las pruebas de fatiga cíclica estática se realizaron utilizando un dispositivo hecho a medida que permitió una simulación reproducible de un instrumento confinado en un canal curvado artificial. El canal artificial se fabricó reproduciendo el tamaño del instrumento y el ahusamiento, proporcionando así al instrumento una trayectoria adecuada con un ángulo de curvatura de 60° y un radio de curvatura de 5 mm. La curvatura del canal artificial de acero inoxidable se montó en un cilindro guía hecho del mismo material (ángulo de curvatura = 60°, radio = 5 mm). Tanto el arco como el cilindro guía tenían una ranura de 1 mm de profundidad situada a 5 mm de la parte superior para coincidir con la altura de la contrafuerza. La ranura sirvió como guía para el instrumento, que permaneció curva y libre para girar entre el cilindro y el arco externo.

Se activaron diez instrumentos de cada sistema alternativo utilizando una pieza de mano reductora 6: 1 (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Alemania) accionada por un motor con control de par (Silver Reciproc, VDW) utilizando los programas preestablecidos " Reciproc ALL " y " WaveOne ALL " para activar Reciproc R25 y ProDesign R 25.06 y Unicone L25, respectivamente. Los programas preestablecidos se seleccionaron de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Para reducir la fricción del instrumento al entrar en contacto con las paredes artificiales del canal, se aplicó un aceite sintético especial de alto flujo preparado para la lubricación de piezas mecánicas (Super Oil, Singer Co Ltd, Elizabethport, NJ). El tiempo de activación del motor se registró y se detuvo tan pronto como se

detectó una fractura visual y / o audible en un temporizador digital. Durante este paso, se realizó una grabación de video de manera simultánea, y se observaron las grabaciones para garantizar el momento preciso de la fractura del instrumento.

Escaneo de microscopía electrónica de evaluación

Las superficies fracturadas de 5 instrumentos de cada marca, seleccionadas al azar después de la prueba de fatiga cíclica y de torsión hasta el fallo, se examinaron mediante microscopía electrónica de barrido (JSM-TLLOA; JEOL, Tokio, Japón) para buscar las características topográficas de los instrumentos fracturados. Antes de realizar una exploración con microscopio electrónico (SEM), los instrumentos se limpiaron por ultrasonidos para eliminar los restos. Las fotomicrografías fueron tomadas a 250 aumentos. Además, se tomaron fotomicrografías adicionales a 1000 aumentos en el centro de la superficie fracturada de los instrumentos sometidos a prueba de torsión.

Resultados

Las desviaciones medias y estándar de la resistencia a la fatiga cíclica y torsional (carga máxima y ángulo de rotación) para cada instrumento se presentan en la Tabla 1. ProDesign R 25.06 tuvo valores de resistencia a la fatiga cíclica significativamente más altos que los otros grupos ($P < .05$). Reciproc R25 mostró una resistencia a la fatiga cíclica significativamente más alta que Unicone ($P < .05$). Los valores máximos de resistencia a la torsión de ProDesign R 25.06 fueron significativamente más bajos que los de Reciproc R25 y Unicone L25 ($P < .05$). Además, hubo una diferencia significativa entre Reciproc R25 y Unicone L25. En relación con la rotación angular, ProDesign R y Unicone L25 mostraron una diferencia significativa en comparación con Reciproc R25 ($P < .05$). No se encontraron diferencias entre ProDesign R 25.06 y Unicone L25 ($P > .05$)⁽²⁸⁾.

JUSTIFICACIÓN

Los instrumentos rotatorios de NiTi tienen un ciclo de vida, inclusive se recomienda su uso una sola vez y desecharlos, por lo que se evaluó cuál de los sistemas utilizados para este estudio soporta un mayor tiempo de trabajo, antes de exceder el límite de resistencia a la fractura.

Con la elaboración de este estudio se pretende evaluar la resistencia a la fatiga cíclica de 3 sistemas de instrumentación de níquel-titanio que utilizan el movimiento rotatorio: EdgeSequel sapphire y V Taper 2H, y así utilizar ese conocimiento para la prevención de separación de instrumentos en el sistema de conductos radiculares.

Con esta investigación saldrá beneficiado aquel que posea la habilidad, estudios y capacidad para poder realizar un tratamiento de conductos ya que limitará las fuerzas de uso y abuso del uso de los instrumentos rotatorios evitando la fractura de estos, y así disminuir estos accidentes para lograr un mejor resultado en el tratamiento de conductos y con ello elevar el pronóstico del tratamiento del órgano dentario.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una gran cantidad de accidentes pueden ocurrir durante nuestra práctica diaria, uno de estos es la fractura de los instrumentos endodónticos de acero inoxidable de níquel titanio en el interior del conducto.

Estas fracturas frecuentemente surgen debido al uso excesivo o también demasiado estrés del instrumento y regularmente se fracturan en la parte más apical del conducto radicular.

La dificultad en la eliminación de fragmentos de instrumentos separados y un pronóstico desfavorable, son las principales problemáticas de este accidente en el procedimiento.

Es por ello que el propósito de este estudio es determinar ¿Cuál de los 2 sistemas rotatorios de Níquel-Titanio: EdgeSequel Sapphire, o V taper 2 presenta mayor resistencia a la fatiga cíclica?

HIPÓTESIS

Hipótesis nula: No existe diferencia significativa en la resistencia a la fatiga cíclica entre los sistemas rotatorios de níquel- titanio: EdgeSequel Sapphire y V Taper 2

Hipótesis 1: El sistema de instrumentación Edsequel Sapphire presenta mayor resistencia a la fatiga cíclica que V Taper 2H

Hipótesis 2: El sistema de instrumentación V Taper 2H presenta mayor resistencia a la fatiga cíclica que Edsequel Sapphire

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Identificar cuál de los sistemas de instrumentación EdgeSequel Sapphire, V Taper 2H presenta una mayor resistencia a la fatiga cíclica.

OBJETIVO ESPECÍFICO

Comparar la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos EdgeSequel Sapphire y V Taper 2H en rotación continua y determinar el tipo de fractura.

VARIABLES

Variable independiente: instrumentos rotatorios, fatiga cíclica.

Variable dependiente: NCF (Número de Ciclos hasta la Fractura).

Operación de variables: El número de ciclos hasta la fractura (NCF) de cada instrumento se calculó utilizando la siguiente fórmula: tiempo total (segundos) para la fractura multiplicado por la velocidad racional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio: Descriptivo, observacional, transversal, comparativo y experimental

Universo de estudio: 20 Instrumentos rotatorios de níquel-titanio.

Criterios de inclusión: instrumentos rotatorios nuevos de níquel-titanio EdgeSequel Sapphire y V Taper 2H.

Criterios de exclusión: Instrumentos nuevos que al Microscopio estereoscópico presentaron microfracturas o deformaciones de fábrica.

Muestra: Se utilizaron un total de 20 instrumentos rotatorios de Níquel Titanio de 2 casas comerciales distintas: SS WHITE y EDGE ENDO

MATERIALES

- 10 instrumentos rotatorios EdgeSequel Sapphire 25.06 (Edge Endo)
- 10 instrumentos rotatorios V Taper 25.06 (SS white)
- Microscopio clínico con aumento CARL ZEISS
- Microscopio electrónico de barrido
- Cámara fotográfica (Canon EOS T6)
- Modelo metálico de acero inoxidable con conducto prefabricado, con un radio de curvatura de 5 mm y una angulación de curvatura de 60°.
- Ultrasonido
- Motor endodóntico Elements (SybronEndo, Orange, CA)
- Aceite para lubricación de piezas de mano (Viarden)
- Alcohol isopropílico
- Regla endodóntica (Endoring sybronendo)
- Guantes de latex (Ambiderm)
- Bolsas para esterilizar (Sunset desechables)

- Pinzas de curación
- Cronómetro digital
- Laptop HP
- Software para edición de videos Movie Maker (Windows 8)

METODOLOGÍA

Para este estudio fueron seleccionados dos grupos diferentes de instrumentos rotatorios de NiTi de similares calibres:

Grupo 1: V Taper (SS white) ISO 25 y conicidad 0.06

Grupo 2: EdgeSequel Sapphire (Edge Endo) ISO 25 y conicidad 0.06

Se asignaron dos grupos experimentales para la realización del estudio para evaluar la fatiga cíclica en conductos simulados en los cuales diez instrumentos de cada sistema fueron evaluados para conocer la resistencia a la fatiga cíclica que presentan, resultando en un total de 20 instrumentos.

Para poder llevar a cabo este estudio inicialmente se realizó una ultrasonidificación a los instrumentos con el propósito de eliminar cualquier residuo adherido a la superficie producto del proceso de fabricación de estos y posteriormente se analizaron bajo el microscopio electrónico para el análisis morfológico y observar cualquier signo visible de deformación.



Imagen 3. Microscopio clínico Carl ZEISS



Imagen 4. Vista bajo el microscopio clínico de EDSEQUEL SAPPHIRE



Imagen 5. Vista bajo el microscopio clínico de V-TAPER

Prueba de fatiga cíclica

Los instrumentos se distribuyeron en 2 grupos experimentales (n= 10) . La prueba estática se realizó con el uso de un soporte el cual fue diseñado para mantener fijo el contrángulo del motor. Además se utilizó un bloque de acero el cual se diseñó con 3 conductos simulados con diferentes angulaciones, en este caso utilizamos el

conducto con un ángulo de curvatura de 60° y 5 mm de radio de curvatura, que además tiene una tapa de acrílico para así poder observar los instrumentos en el conducto y detener el fragmento separado.

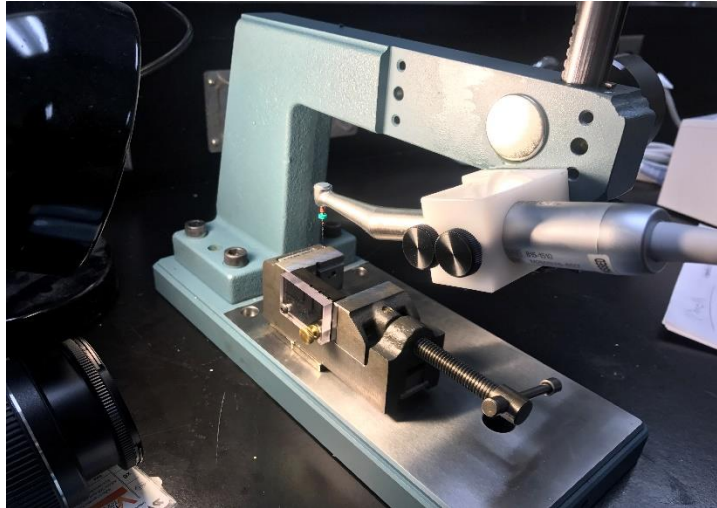


Imagen 6. Base para soporte y fijación del contrángulo



Imagen 7. Bloque de metal con conductos simulados

Prueba estática

Se utilizó un contrángulo de reducción 8:1 accionado por un motor de torque controlado Elements Motor (SybronEndo). Todos los instrumentos se activaron

siguiendo las instrucciones del fabricante: EDGE ENDO sapphire (500 rpm) y V Taper (300 rpm).

Se le colocó aceite sintético como lubricante en el interior del conducto simulado para evitar la fricción y la producción de calor. Los instrumentos se colocaron en el contrángulo a una longitud de 18 mm y se activaron libremente dentro del conducto simulado según las indicaciones de cada fabricante. Utilizando un cronómetro se tomó el tiempo en el cual ocurrió la fractura del instrumento, este lo detuvimos en el momento en el que se detectó la fractura visualmente y mediante audición. Para evitar error humano, se realizó una grabación de video de cada uno de los instrumentos desde el inicio hasta que se produjo la fractura para asegurar que los tiempos concordaran con el momento en el que se fracturó el instrumento.

El número de ciclos hasta la fractura (NFC) de cada instrumento se calculó utilizando la siguiente formula: tiempo total (segundos) para la fractura multiplicado por la velocidad que indica cada fabricante (Edgesequel Sapphire 500 rpm y V Taper 300 rpm).

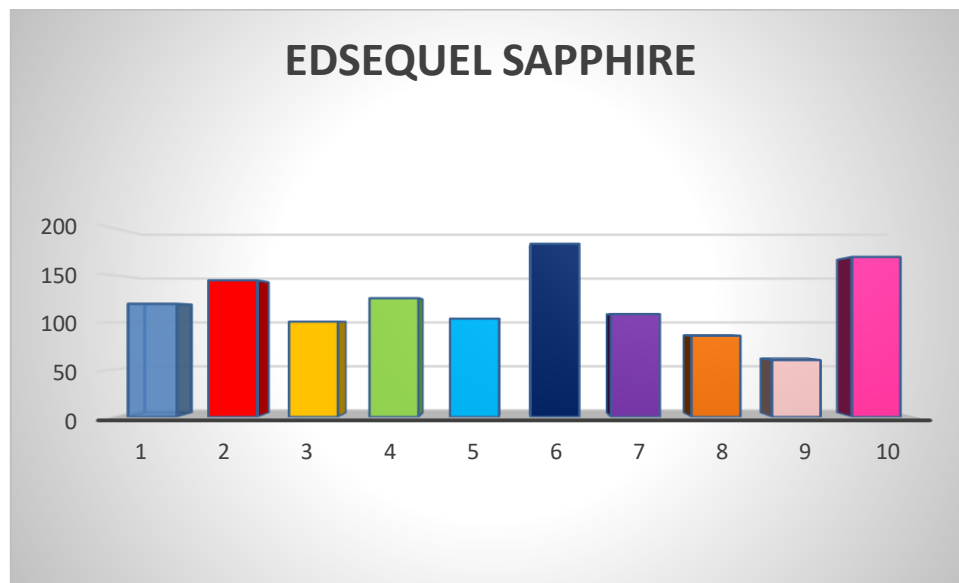
Un micromcalibrador electrónico midió la longitud de los fragmentos separados de cada instrumento. El promedio de longitudes confirma que el instrumento se fracturó en el centro de la curvatura o debajo de este punto. Los fragmentos se colocaron en una bolsa de esterilización de manera individual para después ser analizados bajo el microscopio electrónico de barrido para realizar la fractografía.

RESULTADOS

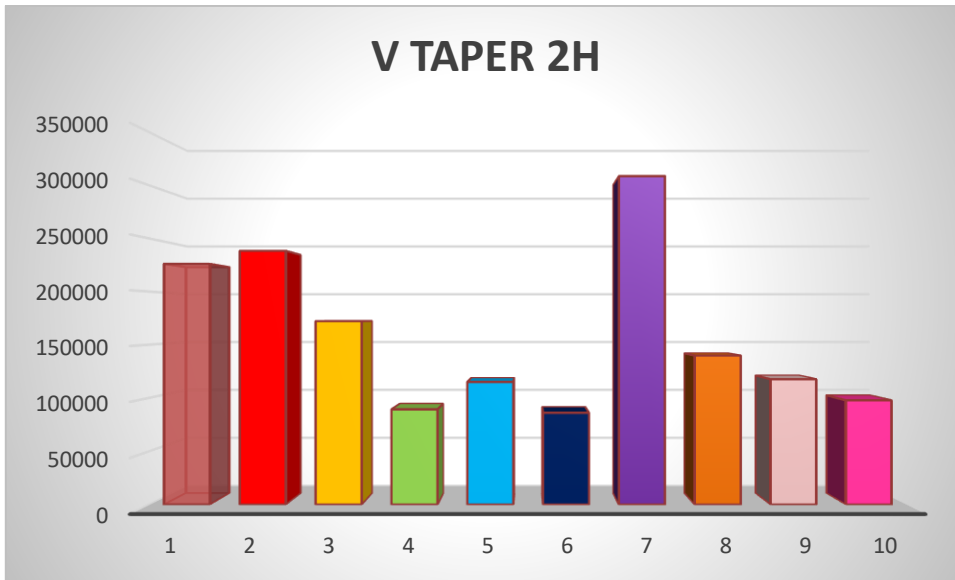
TIEMPO A LA FRACTURA EN SEGUNDOS

TIEMPO A LA FRACTURA (SEGUNDOS)		
MUESTRA	EDSEQUEL SAPPHIRE	V TAPER 2H
1	119.79	753.43
2	144.46	794.29
3	100.8	573.83
4	125.63	297.36
5	104.01	383.06
6	183.1	286.45
7	108.89	1028.75
8	85.93	465.8
9	60.14	391.6
10	169.18	325.58
MEDIA	120.193	530.015

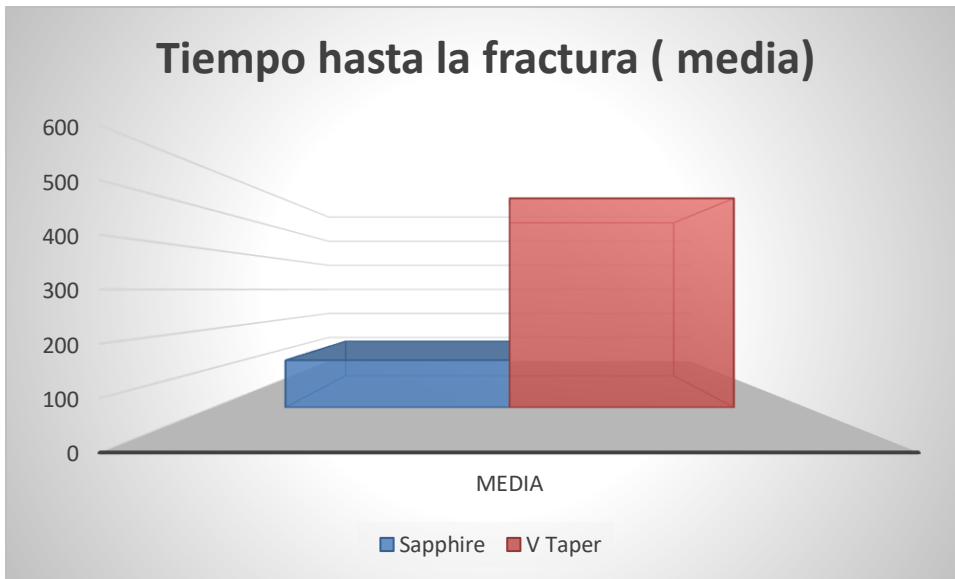
Tabla 1. Resultado en segundos del tiempo de fractura



Gráfica 1. Tiempo en segundos hasta la fractura de EDGESEQUEL SAPPHIRE



Gráfica 2. Tiempo en segundos hasta la fractura de V-TAPER



Gráfica 3. Media de los tiempos hasta la fractura en segundos de los 2 grupos

NÚMERO DE CICLOS HASTA LA FRACTURA

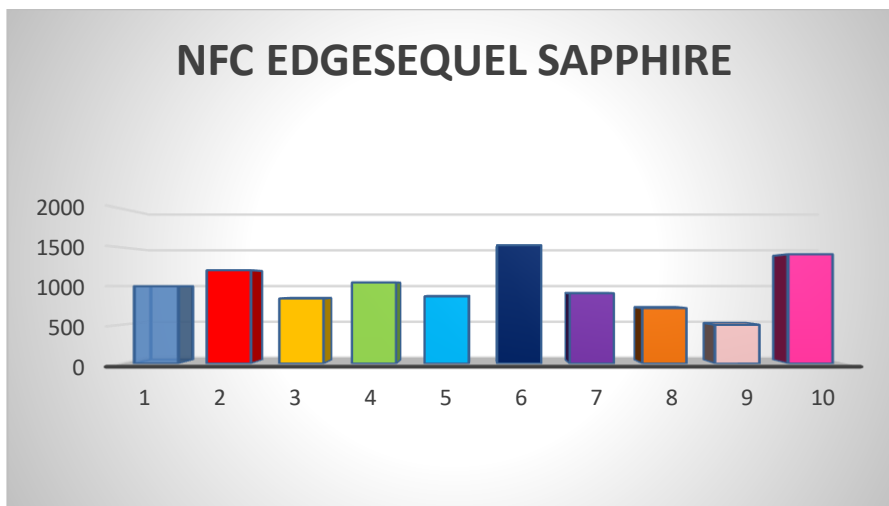
El número de ciclos hasta la fractura (NFC) de cada instrumento se determinó utilizando la fórmula:

$NFC = \text{Tiempo total (segundos) para la fractura} \times \text{velocidad (determinada por el fabricante) sobre } 60.$

Para EDGESEQUEL Sapphire 500 rpm y V TAPER 2H 300 rpm.

MUESTRA	(NFC)		
	EDGESEQUEL SAPPHIRE	(S) 500	(S)500/60
1	119.79	59895	998.25
2	144.46	72230	1203.833
3	100.8	50400	840
4	125.63	62815	1046.917
5	104.01	52005	866.75
6	183.1	91550	1525.833
7	108.89	54445	907.4167
8	85.93	42965	716.0833
9	60.14	30070	501.1667
10	169.18	84590	1409.833
MEDIA	120.193	60096.5	1001.608

tabla 2. Número de ciclos hasta la fractura de EDGESEQUEL SAPPHIRE

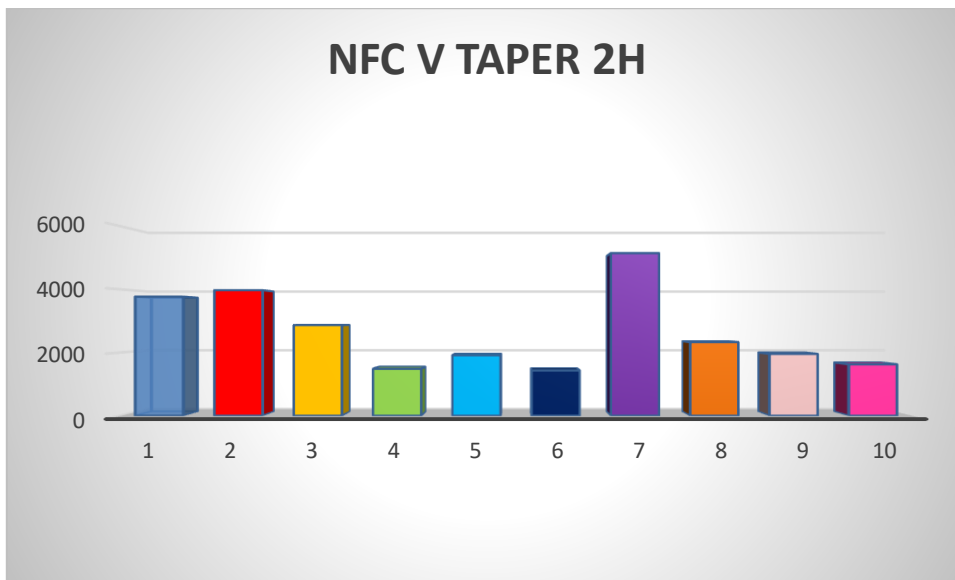


Gráfica 4. Número de ciclos hasta la fractura de EDGESEQUEL SAPPHIRE

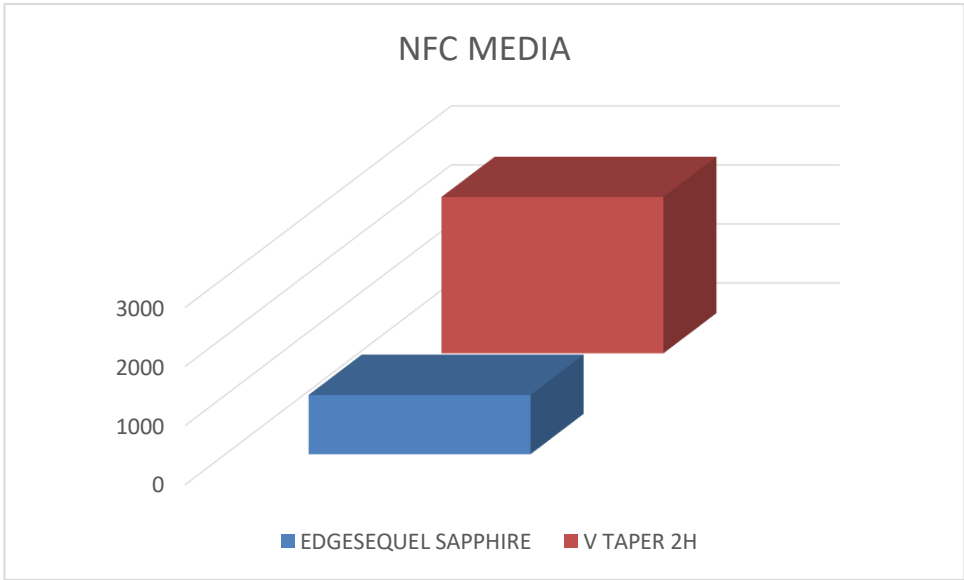
NFC

MUESTRA	V TAPER 2H	(S) 300	(S)300/60
1	753.43	226029	3767.15
2	794.29	238287	3971.45
3	573.83	172149	2869.15
4	297.36	89208	1486.8
5	383.06	114918	1915.3
6	286.45	85935	1432.25
7	1028.75	308625	5143.75
8	465.8	139740	2329
9	391.6	117480	1958
10	325.58	97674	1627.9
MEDIA	530.015	159004.5	2650.075

Tabla 3. Número de ciclos hasta la fractura de V TAPER 2H



Gráfica 5. . Número de ciclos hasta la fractura de V TAPER 2H

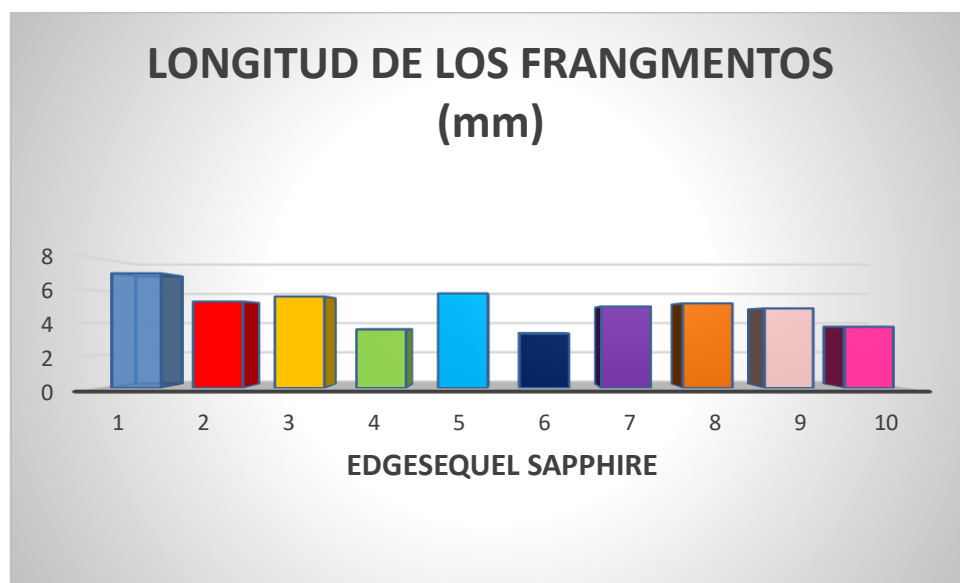


Gráfica 6. Comparación de medias de los ciclos hasta la fractura de ambos grupos

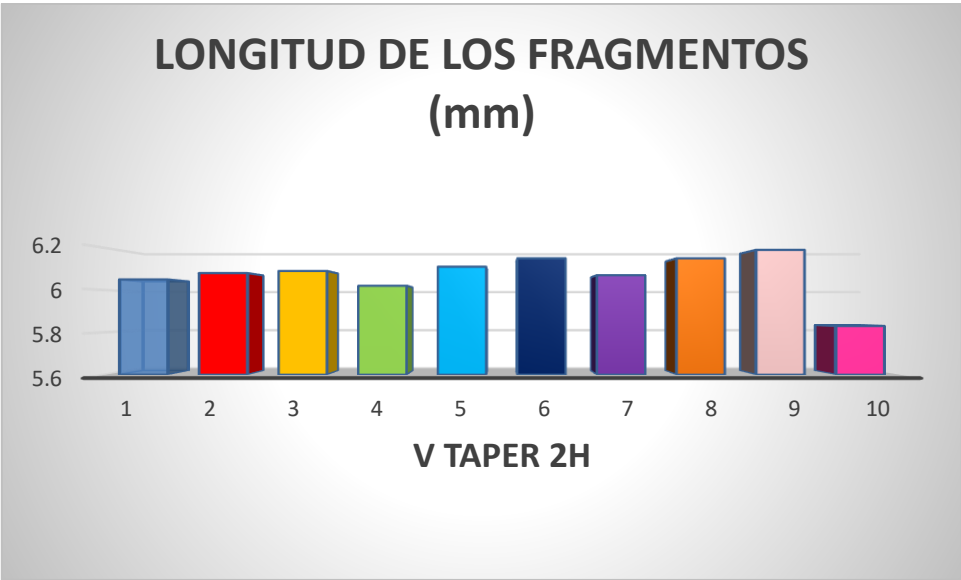
LONGITUD DE LOS FRAGMENTOS

LONGITUD DE LOS FRAGMENTOS (MILÍMETROS)			
MUESTRA	EDGESEQUEL SAPPHIRE	V TAPER 2H	
1		7.05	6.05
2		5.32	6.08
3		5.63	6.09
4		3.61	6.02
5		5.82	6.11
6		3.35	6.15
7		5.02	6.07
8		5.21	6.15
9		4.9	6.19
10		3.77	5.83
MEDIA		4.968	6.074

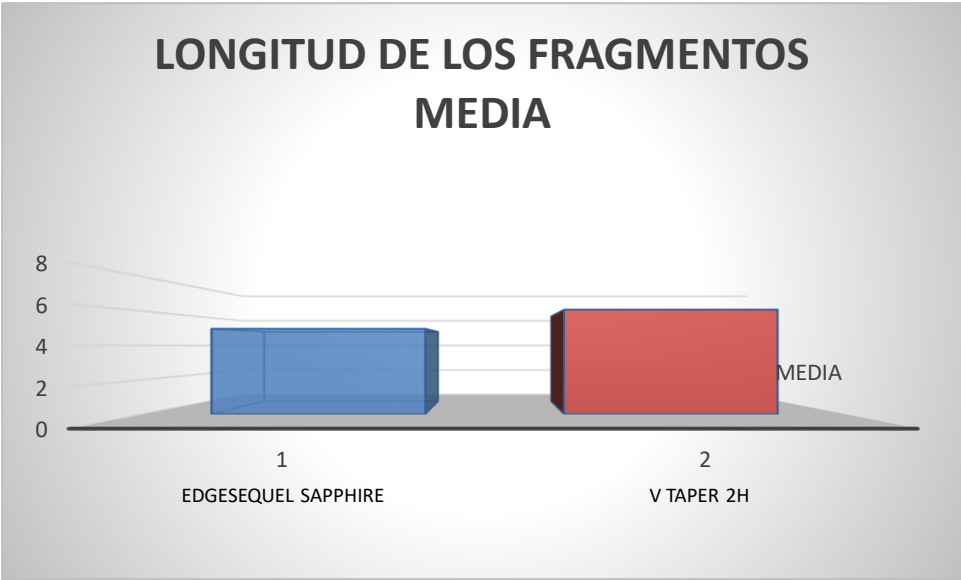
Tabla 4. Longitud de los fragmentos separados



Gráfica 7. Longitud de los fragmentos separados de los instrumentos de EDSEQUEL SAPPHIRE



Gráfica 8. . Longitud de los fragmentos separados de los instrumentos de V TAPER 2H



Gráfica 9. Comparación de medias de las longitudes de los fragmentos de los 2 grupos.

ANALISIS ESTADÍSTICO

Se realiza prueba *t-student* para muestras independientes:

Estadísticas de grupo

LIMA		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
TIEMPO	EDGE	10	120.1930	37.30010	11.79533
	VTAPER	10	530.0150	251.77942	79.61964

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias			
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
TIEMPO	Se asumen varianzas iguales	18.892	.000	-5.092	18	.000	-409.82200
	No se asumen varianzas iguales			-5.092	9.395	.001	-409.82200

Prueba de muestras independientes

prueba t para la igualdad de medias

		Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
			Inferior	Superior
TIEMPO	Se asumen varianzas iguales	80.48862	-578.92231	-240.72169
	No se asumen varianzas iguales	80.48862	-590.74002	-228.90398

Resultados: Las limas V-Taper se separan en mayor tiempo que las limas Edge, con diferencia significativa ($p < 0.05$).

DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue evaluar la resistencia a la fatiga cíclica de dos sistemas diferentes: EdgeSequel Sapphire 25.06 y V taper 25.06.

Hasta la fecha, no ha habido ninguna estandarización para probar la fatiga cíclica de los instrumentos rotatorios de NiTi. Se han utilizado diferentes pruebas con diferentes diseños, una de estas es utilizando un bloque de metal con conductos curvos simulados y diferentes grados de angulación ⁽²⁹⁾. A pesar de esto en nuestro estudio utilizamos un modelo estático con las mismas características al que utilizaron en el estudio de Keskin y Cols. en el 2018.

En el 2017 Cangul Keskin y Cols., En su estudio inspeccionaron a 20 aumentos bajo un microscopio estereoscópico (SMZ 745T, Nikon, Tokio, Japón), 15 instrumentos Reciproc Blue R25 (25.08), 15 Reciproc R25 (25.08) y 15 WaveOne Gold Primary (25.07) libres de defectos e irregularidades visibles fueron incluido en el estudio.

Se utilizó un dispositivo de prueba de fatiga cíclica dinámica de acuerdo con los criterios establecidos en un estudio previo. La prueba de fatiga cíclica se realizó en un canal artificial de acero inoxidable con un diámetro interno de 1.5 mm, un ángulo de curvatura de 60°, y una curvatura o radio de 5 mm. Todos los instrumentos se usaron con un motor de endodoncia VDW Silver (VDW) que se conectó al dispositivo dinámico de prueba de fatiga cíclica utilizando el programa preestablecido 'Reciproc ALL' diseñado específicamente para los instrumentos Reciproc R25 y Reciproc Blue R25 y el ALL de WaveOne. " programa diseñado específicamente para instrumentos WaveOne Gold. Para reducir la fricción de los instrumentos, se aplicó aceite sintético (WD-40, Milton Keynes, Reino Unido) para la lubricación del canal artificial. Todos los instrumentos se operaron con un movimiento axial de 3 mm / s hasta que se produjo la fractura. En este punto, el dispositivo se detuvo automáticamente y se registró el tiempo de fractura (TF) en segundos. Las longitudes de los fragmentos fracturados se midieron con un calibre digital y se registraron. En cada grupo, se examinaron 2 instrumentos fracturados

con un microscopio de barrido (JEOL JSM-7001F, JEOL, Tokio, Japón) y se obtuvieron fotomicrográficas de las superficies fracturadas con diferentes aumentos.

En el 2016 Chang y Cols., analizaron la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos V TAPER 2 de NiTi convencional (V2; # 25, SS White, Lakewood, CA) y V TAPER 2H CM (V2H; # 25, SS White). Cada instrumento se montó en un motor eléctrico controlado por torque (Aseptico, Woodinville, WA) que tenía una pieza de mano de reducción (20: 1) y se giró a la velocidad recomendada por el fabricante (300 rpm) dentro de un canal artificial de 1,5 mm de diámetro, 60 ° de curvatura, 5 mm de radio) con un movimiento de picoteo (6 mm a 0,5 ciclos por segundo). Los canales artificiales se llenaron con RC-prep (Premier Dental Products, Norristown, PA) para reducir la fricción y disipar el calor generado. Los resultados arrojaron que V2H mostró significativamente más alta resistencia a la fatiga cíclica y resistencia a la torsión que V2. Estas propiedades superiores se pueden atribuir al efecto de recocido, al efecto de relajación del estrés interno y posiblemente a la fase de martensita. Lo cual coincidimos con los resultados de Chang y Cols., donde V TAPER 2H presenta mayor resistencia a la fatiga cíclica que los instrumentos EdgeSequel Sapphire

El resultado de este estudio, realizando la prueba de t Student, mostró que V TAPER 2H es más resistente a la fatiga cíclica que EdgeSequel Sapphire con diferencia estadísticamente significativa (**p<0.05**)

CONCLUSIONES

Las limas V-Taper de SS WHITE mostraron mayor resistencia a la fatiga cíclica comparado con los instrumentos de Edgesequel sapphire.

El instrumento de EdgeSequel Sapphire que giró en el conducto por menor tiempo que fue de 1 :00.14 minutos y el que giró por mayor tiempo fue de 3:03.10 minutos que en comparación con los instrumentos de V TAPER 2H de los cuales el que giró por mayor tiempo fue de 4:46.45 minutos y el que mayor tiempo giró fue de 17:08.75 minutos dando mejores resultados.

De tal manera se llegó a la conclusión de que el tipo de aleaciones del níquel titanio influye en gran parte en la resistencia de los instrumentos, así como también el diseño y las indicaciones de uso del fabricante. Cabe mencionar que el operador pudiera influir en gran medida en la disminución de la resistencia a la fatiga cíclica, debido al mal uso de los instrumentos rotatorios.

Independientemente de las diferencias entre los instrumentos utilizados en el presente estudio, los resultados sugieren que cuanto más complejo es el conducto radicular, más adversos son los efectos sobre la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos.

Se sugiere buscar un método para analizar como influye el diseño de los instrumentos o su manufactura en la resistencia a la fatiga cíclica. Así como también analizar la resistencia a la fatiga cíclica y la resistencia torsional en todo el caso, ya que es lo que más se asemeja a lo que sucede en la práctica clínica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Vorwek, G. *Terapéutica endodóntica con instrumentos rotativos. Concepto terapéutico sistemático para la práctica dental*. Quintessence (Ed. Esp.) Volumen 13, número 10, 2000.
2. Álvaro Cruz González, Jorge Vera Rojas, Armando Lara Rosana, Benjamín Briseño Marroquín, Elisa Betancourt Lozano.(2012) "Endodoncia, fundamentos científicos para la práctica clínica". Amateditorial, página 105, México.
3. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004;30:559–67.
4. Sch€afer E, Schulz-Bongert U, Tulus G. Comparison of hand stainless steel and nickel titanium rotary instrumentation: a clinical study. *J Endod* 2004;30:432–5.
5. Gonzalez-Rodriguez MP, Ferrer-Luque CM. A comparison of ProFile, Hero 642, and K3 instrumentation systems in teeth using digital imaging analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;97:112–5.
6. Gergi R, Rjeily JA, Sader J, Naaman A. Comparison of canal transportation and centering ability of twisted files, Pathfile-ProTaper system, and stainless steel hand K-files by using computed tomography. *J Endod* 2010;36:904–7
7. Sch€afer E, Erler M, Dammaschke T. Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments: part 1—shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J* 2006;39:196–202.
8. Arens FC, Hoen MM, Steiman HR, Dietz GC Jr. Evaluation of single-use rotary nickeltitanium instruments. *J Endod* 2003;29:664–6.
9. Serene TP, Adams JD, Saxena A. *Nickel-titanium instruments. Applications in endodontics*. St. Louis, MO: Ishiyaku EuroAmerica, Inc.; 1995.
10. Martín B, Zelada G, Varela P, et al. Factors influencing the fracture of nickeltitanium rotary instruments. *Int Endod J* 2003;36:262–6.

11. Mayhew, M.J. , Kusy, RP. Effects of sterilization on the mechanical properties and the surface topography of nickel-titanium arch wire. *Am J Orthod. Dentofacial Orthop.*, 1988 (93) 232-6.
12. Pettiette, M., Delano, F.O. , Trope, M. Evaluation of success rate of endodontic treatment performed by student with stainless - steel K file and Nickel-titanium hand files . *J Endod* 2001 (25)no.2 124-7.
13. Lopes, H.P., Siqueira, J.F. *Endodontia-biologia e técnica*. Rio de Janeiro: Medisi, 1999, 277pp.
14. Silva-Herzog Flores D., Estudio comparativo entre las técnicas de instrumentación Profile 0.04 RBS- Power R, Quantec 2000 y lateral modificada. *Rev Oficial A.M.E.* 1998 (2) 1 :ene-mar, 13-20.
15. Gianluca Gambarini, MD, DDS, Nicola Maria Grande, DDS, Gianluca Plotino, DDS, Francesco Somma, MD, DDS, Manish Garala, DDS, Massimo De Luca, MD, DDS, and Luca Testarelli, DDS "Fatigue Resistance of Engine-driven Rotary Nickel-Titanium Instruments Produced by New Manufacturing Methods". *J endod* , August 2008; Volume 34, Number 6.
16. Leonardo M, R., Toledo R.. *Sistemas rotatórios em endodoncia instrumentos de niquel-titanio*. Editorial Artes Médicas Ltda. Sao Paulo, Brasil. 2002 3-26, 295,296,297.
- 17.25. Hilt B, Cunningham C, Shen C, Richards N, "Torsional Properties of Stainless-steel and Nickel-Titanium Files After Multiple Autoclave Sterilizations". .*J endod* , 2000; Volume 26.
18. Patino PV, Biedma BM, Uebana CR, Cantatore G, Bahillo JG. The influence of a manual glide path on the separation rate of NiTi rotary instruments. *J Endod* 2005;31(2):114-6.
19. . Yared GM, Bou Dagher, Kulkarni GK. Influence of torque control motors and operator's proficiency on ProTaper file failures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;96:229-33.
20. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod* 2000; 26: 161-165.

21. G. Plotino, Nicola M. Grande, Elisabeth Cotti, Luca Testarelli, Gianluca Gambarini; Blue treatment Enhances Cyclic Fatigue Resistance of Vortex Nickel Titanium Rotary Files. *J Endod* 2014; 40-9.
22. Gianluca Gambarini, MD, DDS, Nicola Maria Grande, DDS, Gianluca Plotino, DDS, Francesco Somma, MD, DDS, Manish Garala, DDS, Massimo De Luca, MD, DDS, and Luca Testarelli, DDS "Fatigue Resistance of Engine-driven Rotary Nickel-Titanium Instruments Produced by New Manufacturing Methods". *J endod* , August 2008; Volume 34, Number 6.
23. Dina Al-Sudani, DDS, MsEd, Nicola M. Grande, DDS, PhD, Gianluca Plotino, DDS, PhD, Giorgio Pompa, MDM, DDS, Stefano Di Carlo, MDM, DDS, Luca Testarelli, DDS, PhD, and Gianluca Gambarini, MD, DDS. "Cyclic Fatigue of Nickel-Titanium Rotary Instruments in a Double (S-shaped) Simulated Curvature". *J endod* , July 2012. Volume 38, Number 7
24. Frederic Duke, Ya Shen, Huimin Zhou, Dorin Ruse, Zhe-jun Wang, Ahmed Hieawy, Markus Haapasal; Cyclic fatigue of profile vortex and vortex blue Nickel-Titanium Files in single and doublé curvatures. *J Endodo* 2015; 41-10.
25. Oscar Higuera, Gianluca Plotino, Luigi Tocci, Gabriela Carrillo, Gianluca Gambarini, David E. Jaramillo. (March 12, 2015). Cyclic Fatigue Resistance of 3 Different Nickel-Titanium Reciprocating Instruments in Artificial Canals. *Journal of Endodontics*, 41, 913-915.
26. Cangül Keskin, Uğur Inan, Murat Demiral, Ali Keleş. (June 27, 2017). Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc Blue, Reciproc, and WaveOne Gold Reciprocating Instruments. *Journal of Endodontics*, 43, 1360-1363.
27. Hüseyin Sinan Topçuoğlu, Gamze Topçuoğlu, Ahmet Akti, Salih Düzgün. (April 16, 2016). In Vitro Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of ProTaper Next, HyFlex CM, OneShape, and ProTaper Universal Instruments in a Canal with a Double Curvature. *Journal of Endodontics*, 42, 969-971.
28. Murilo P. Alcalde, Mario Tanomaru-Filho, Clovis M. Bramante, Marco Antonio H. Duarte, Juliane Maria Guerreiro-Tanomaru, Jader Camilo-Pinto, Marcus Vinicius Reis Só, Rodrigo Ricci Vivan. (May 17, 2017). Cyclic and Torsional

Fatigue Resistance of Reciprocating Single Files Manufactured by Different Nickel-titanium Alloys. *Journal of Endodontics*, 43, 1186-1191.

29. Cheung GS. Instrument fracture: mechanisms, removal of fragments, and clinical outcomes. *Endod Topics* 2007; 16:1–26.