

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA ENTRE LOS SISTEMAS RECIPROCANTES, RECIPROC® BLUE Y WAVE ONE® GOLD, MEDIANTE UN TEST DINÁMICO, SOMETIDOS A INMERSIÓN EN HIPOCLORITO DE SODIO Y/O ESTERILIZACIÓN

COMPARISON OF THE CYCLIC FATIGUE RESISTANCE BETWEEN THE RECIPROCAT SYSTEMS, RECIPROC® BLUE AND WAVE ONE® GOLD, BY A DYNAMIC TEST, SUBMITTED TO IMMERSION IN SODIUM HYPOCHLORITE AND / OR STERILIZATION

Juan Carlos Murcia Celedón, DDS, *Brandon Nicolás Alvarado Caicedo, *Olga Janeth Garzón Barrero, *Diana Carolina Sierra Collazos, Néstor Ríos Osorio, DDS, MSc.

RESUMEN

Introducción: El propósito de la siguiente búsqueda fue determinar la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos Reciproc Blue® (VDW, Múnich, Alemania) y Wave One Gold® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) sometidos a inmersión en hipoclorito de sodio y/o esterilización, bajo una prueba de fatiga cíclica dinámica. **Materiales y métodos:** 15 limas Reciproc Blue y 15 limas Wave One Gold "Primary" fueron probadas en un test de fatiga cíclica dinámica con un conducto simulado, con una curvatura de 60° y un radio de curvatura de 5 mm. Los instrumentos se usaron hasta que se produjo la fractura; el tiempo y la longitud del fragmento fracturado fueron grabados por una cámara de video. Para la resistencia debida a la fatiga cíclica y los datos sobre la longitud de los fragmentos fracturados, la hipótesis de normalidad se prueba utilizando la prueba de Shapiro-Wilk. Los datos obtenidos sobre las longitudes de los fragmentos también se someten a un análisis de varianza de 1 vía. Los valores de resistencia a la fatiga cíclica se analizan utilizando la prueba U de Mann Whitney y SPSS con un nivel de significancia del 5%. **Resultados:** RECIPROC® Blue "R25" presentó valores más altos de resistencia a la fatiga cíclica que los instrumentos Wave One Gold® "Primary" ($P < .05$). No hubo diferencias significativas entre los grupos en términos de la longitud promedio de los fragmentos ($p > 0.05$). **Conclusiones:** Los instrumentos RECIPROC® Blue "R25" fueron significativamente más resistentes a la fatiga cíclica que los instrumentos Wave One Gold® "Primary".

Palabras clave: Fatiga cíclica, resistencia a la flexión, Reciproc Blue, Wave One Gold, prueba dinámica, canales simulados.

ABSTRACT

Introduction: The purpose of the following research was to determine the resistance to cyclic fatigue of the RECIPROC® Blue (VDW, Munich, Germany) and Wave-One® Gold (Dentsply Maillefer,

Ballaigues, Switzerland) instruments Submerged in sodium hypochlorite and / or sterilization, under a dynamic cyclic fatigue test. **Materials and Methods:** 15 RECIPROC® Blue "R25" files and 15 Wave-One® Gold "Primary" files were tested on a dynamic cyclic fatigue test with a simulated canal with a curvature of 60 ° and a 5 mm curvature radius. The instruments were used until the fracture occurs; the time and length of the fractured fragment were recorded by a video camera. For resistance due to cyclic fatigue and data on the length of the fractured fragments, the normality hypothesis is tested using the Shapiro-Wilk test. The data obtained on the lengths of the fragments are also subjected of a 1-way analysis of variance. The cyclic fatigue resistance values are analyzed using the Mann Whitney U test and SPSS with a 5% level of significance. **Results:** RECIPROC® Blue "R25" presented higher values of resistance to cyclic fatigue than WaveOne® Gold "Primary" instruments ($P < .05$). There were no significant differences between the groups in terms of the average length of the fragments ($p > 0.05$). **Conclusions:** The RECIPROC® Blue "R25" instruments were significantly more resistant to cyclic fatigue than WaveOne® Gold "Primary" instruments.

Key words: cyclic fatigue, bending resistance, Reciproc blue, wave one gold, dynamic test, simulated canals

INTRODUCCIÓN

Los instrumentos rotatorios de endodoncia hechos de una aleación de níquel-titanio (Ni-Ti), tienen una serie de ventajas sobre los instrumentos de acero inoxidable convencionales, como mayor flexibilidad, una preparación del conducto radicular más rápida y centrada y un control de la longitud de trabajo. Por lo tanto, se han desarrollado una variedad de productos que difieren en sus características de diseño (conicidad, sección transversal, forma de los bordes de corte, ángulos helicoidales)

y procesos de fabricación (aplicación de procesamiento termo-mecánico); con el objetivo de mejorar la precisión

y eficacia de la preparación del sistema de conductos radiculares [1]. Sin embargo, a pesar de las ventajas de los instrumentos Ni-Ti; estos están sujetos a una fractura inesperada que puede atribuirse a la fatiga por flexión o sobrecarga torsional. Para mitigar este riesgo, recientemente, los fabricantes invirtieron en el desarrollo de diseños innovadores de

instrumentos y tratamientos térmicos [2].

La fractura de los instrumentos rotatorios de níquel titanio (Ni-Ti), es una de las principales preocupaciones de la práctica en endodoncia. Dicha complicación puede ocurrir principalmente debido a dos deficiencias mecánicas diferentes: (a) fatiga torsional o (b) fatiga cíclica por flexión [3]. La fatiga torsional ocurre cuando la parte apical del instrumento se bloquea dentro de las paredes del conducto radicular mientras el vástago de la lima sigue girando. Cuando se excede el límite elástico del metal, la fractura es un evento inevitable [4,5]. Además, la fatiga cíclica de flexión se asocia a ciclos repetidos de tensión / compresión que ocurren en el punto de máxima flexión del instrumento; cuando la lima está girando dentro de un conducto radicular curvo hasta que se produce la fractura [5,6].

Otro factor que limita potencialmente la resistencia a la fatiga y la fractura torsional es la corrosión que puede ocurrir en presencia de una solución de hipoclorito de sodio. El hipoclorito de sodio (NaOCl) es el irrigante más

común; utilizado en el tratamiento endodóntico, este tiende a corroer los instrumentos quirúrgicos [7].

La corrosión puede afectar negativamente las propiedades físicas de los instrumentos de Ni-Ti [7]; ya que elimina selectivamente el níquel de la superficie del instrumento y causa micro-picaduras, lo que afecta negativamente a las propiedades físicas y mecánicas de las limas de Ni-Ti [8] causando defectos microestructurales que pueden conducir a áreas de acumulación de tensión y formación de grietas, debilitando la estructura del instrumento [9]. Este efecto corrosivo del NaOCl sobre los instrumentos de Ni-Ti se ha estudiado previamente; Haikel et al utilizaron instrumentos manuales totalmente sumergidos en una solución al 2.5% durante 24 a 48 horas y no detectaron corrosión obvia. Busslinger et al, utilizaron 5% de NaOCl durante 30 o 60 minutos en instrumentos rotatorios Lightspeed y encontraron patrones de corrosión, incluso si los autores no estaban seguros de las implicaciones clínicas. Sin embargo, estos estudios proporcionan un contacto de los instrumentos de endodoncia con el

hipoclorito en modo estático y durante diferentes momentos. De hecho, la parte funcional de los instrumentos de endodoncia contacta dinámicamente con la solución de NaOCl por unos minutos durante la preparación biomecánica. Por tal motivo si está presente, la corrosión puede afectar negativamente las propiedades físicas [10].

Las posibles explicaciones para estos resultados; son los diferentes protocolos de prueba e inmersión utilizados. La inmersión varió sustancialmente (entre 5 minutos y 48 horas) siempre que el instrumento se sumergiera total y estáticamente en la solución. Estas condiciones, que imitan las utilizadas durante los procedimientos de limpieza de los instrumentos y que involucran NaOCl como agente desinfectante, son muy poco probables en la práctica clínica cuando el eje está completamente alojado dentro de la cabeza de la pieza de mano y la lima gira durante todo el tratamiento [1].

Un factor adicional que puede contribuir a la fatiga torsional y fatiga cíclica es la esterilización. Los ciclos

repetitivos afectan a las fases cristalinas de la aleación de Ni-Ti. Estos cambios dan lugar a propiedades físicas mejoradas, tales como una mayor eficacia de corte y resistencia a la fractura [11]. Yahata et al. (2009) sugirieron que el retratamiento de calor adicional de los instrumentos de Ni-Ti durante la esterilización en autoclave puede aumentar esta flexibilidad. Silvaggio y Hicks (1997) demostraron que 10 ciclos de esterilización por calor de los instrumentos (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza), no aumentaron la probabilidad de fractura. La esterilización en autoclave se realizó a 134 ° C, con una presión de 30 psi, durante 5 min [12]. Otros investigadores informaron de que el "tratamiento térmico adicional", durante la esterilización en autoclave puede mejorar la flexibilidad de las limas, y la esterilización de las limas mediante el uso de aire caliente seco y una autoclave, tendría un efecto positivo en la resistencia a la fatiga cíclica [13].

Para mejorar las propiedades mecánicas de los instrumentos Ni-Ti se han propuesto diferentes estrategias, como los tratamientos de

electro pulido, la implantación de iones, los recubrimientos de superficie y los tratamientos térmicos del instrumento con el objetivo de evitar la fractura de los sistemas de limas [14].

Además de las modificaciones mencionadas anteriormente, la introducción de una cinemática de movimiento recíprocante ha tenido un impacto positivo en la vida útil de los instrumentos de endodoncia de Ni-Ti en comparación con los sistemas de rotación continua [5,15]. La dinámica recíproca implica un movimiento en sentido de las agujas del reloj, destinado a realizar la acción de corte, seguido de un movimiento en sentido anti horario para liberar la lima de las paredes de la dentina. El movimiento recíprocante es mayor en sentido anti horario (dirección de corte) y movimiento inverso en sentido horario (liberación del instrumento), por lo tanto, genera valores de voltaje más bajos en los instrumentos y evita la fatiga cíclica durante un período prolongado de tiempo [15,16].

RECIPROC® (VDW, Múnich, Alemania) y Wave One® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) son los

principales ejemplos de sistemas recíprocante y, dado que la filosofía del sistema intenta principalmente el uso de una sola lima, el procedimiento de endodoncia se reduce en tiempo. Ambos instrumentos están fabricados con tecnología M-Wire, caracterizada por un tratamiento térmico que proporciona cambios en el volumen del instrumento con la apariencia de la fase R y una superficie de la lima más rica en TiO₂, destinado a optimizar la súper elasticidad y la memoria de forma de las limas endodónticas, que a su vez mejora la resistencia a la fractura de los sistemas de limas Ni-Ti [14,17].

RECIPROC® Blue es la versión más nueva del sistema de limas RECIPROC®. El sistema RECIPROC® Blue incluye 3 instrumentos ("R25" 25 / 0.08 para conductos pequeños, "R40" 40 / 0.06 para conductos medianos y "R50" 50 / 0.05 diseñados para conductos grandes), que utilizan un movimiento de 150 ° en sentido anti horario y rotación de 30 ° en sentido horario a 300 rpm (5). Todos los instrumentos RECIPROC® Blue tienen una sección transversal en forma de S, 2 ángulos

de corte y una punta no cortante. A diferencia del sistema RECIPROC®, las limas RECIPROC® Blue se fabrican alterando la estructura molecular a través de un nuevo tratamiento térmico que le da a las limas su color azul y aumenta la resistencia a la fatiga cíclica [18,19].

Wave One Gold® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) es la última versión de las limas Wave One®. La serie de limas Wave One Gold® incluye 4 instrumentos ("Pequeño" 20 / .07, "Primario" 25 / .07, "Medio" 35 / .06 y "grande" 45 / .05) diseñado para que alterne movimientos de 150° en sentido anti horario y 30° en sentido horario a 350 rpm. La sección transversal de las limas Wave One Gold® es un paralelogramo con un ángulo de corte positivo de 85 grados y un contacto alterno de uno o dos puntos. Contrariamente a la tecnología M Wire, que usa tratamiento térmico antes de la producción, las limas Wave One Gold® se fabrican calentando y luego enfriando lentamente la lima después de la producción lo que aumenta su flexibilidad [19, 20,21].

En los últimos 10 años, se desarrollaron varios procedimientos de procesamiento patentados para la aleación de níquel titanio (Ni-Ti) con el fin de mejorar las propiedades mecánicas de los instrumentos endodónticos de Ni-Ti. Las aleaciones de Ni-Ti utilizadas para los instrumentos endodónticos pueden subdividirse en instrumentos que contienen principalmente la fase austenítica (Ni-Ti convencional, M-Wire, R-Phase) y las que contienen principalmente la fase martensita (CM Wire, Gold y Blue heat) [22].

Wave One Gold y Reciproc Blue son fabricadas a partir de aleación CM wire. El alambre de memoria controlada (CM) que se introdujo en 2010, es la primera aleación endodóntica Ni-Ti tratada mecánicamente que no posee propiedades súper elásticas (Zhou et al. 2012). Debido a una composición de fase modificada, los instrumentos CM Wire pueden deformarse debido a la reorientación de las variantes de martensita (Shen et al. 2013). Por lo tanto, a diferencia de las limas de Ni-Ti austenítica, los instrumentos CM Wire no tienden a enderezarse

completamente durante la preparación de conductos radiculares curvos. Todas las limas con tratamiento térmico Gold y Blue demostraron una mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga en comparación con los instrumentos convencionales Ni-Ti y M-Wire [23].

Los instrumentos endodónticos de Ni-Ti convencionales contienen aproximadamente 56% en peso de níquel y 44% en peso de titanio (Thompson 2000). En el caso de aleación CM wire para poder tener control de memoria se disminuyó el peso de níquel a 52% [22].

La resistencia a la fatiga cíclica de las limas rotatorias Ni-Ti, generalmente se prueba con el test de flexión rotacional. De acuerdo con la especificación No. 28 ANSI / ADA (American National Standards Institute / American Dental Association), estas pruebas, deben realizarse en una condición estática en la que las limas rotatorias se pueden girar libremente en un dispositivo de vidrio artificial o metal con diferente curvatura geométrica hasta que ocurra la fractura (sin involucrar la oscilación

axial comúnmente utilizada durante las técnicas clínicas de instrumentación endodóntica con limas rotativas Ni-Ti) [3].

Sin embargo, varios estudios han concluido que las pruebas dinámicas de fatiga cíclica en las que las limas se operan con movimiento de oscilación axial simultáneo a la rotación libre dentro del dispositivo artificial, proporcionan resultados más confiables con respecto a la resistencia a la fatiga cíclica y también representan mejor la realidad clínica [24,25].

En vista de lo anterior, el objetivo principal de este estudio fue comparar la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos RECIPROC® Blue "R25" y Wave One® Gold "Primary" bajo una prueba dinámica de fatiga cíclica, los cuales fueron sometidos a inmersión en hipoclorito de sodio al 5,25% y a ciclos de esterilización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Un total de 30 limas nuevas RECIPROC® Blue "R25" 25 / .08 y 30 Wave One Gold® "Primary" 25 / .07 fueron seleccionadas en este estudio

experimental in vitro. De estos instrumentos, 30 fueron examinados previamente con un aumento de x160 bajo un microscopio electrónico de barrido (JEOL JSM 6490), en términos de deformaciones estructurales. Ninguno de los instrumentos examinados tenía defectos visibles. Por lo tanto, todas las limas se

sometieron a una prueba dinámica de fatiga cíclica.

Todos los instrumentos fueron asignados aleatoriamente en 7 grupos (n = 15) para cada marca. Grupo 1 (grupo control) incluyó instrumentos nuevos que no estaban inmersos en NaOCl o sometidos a esterilización en autoclave.



Figura 1: Distribución aleatoria de los instrumentos Reciproc Blue y Wave One Gold en 7 grupos de estudio.

Se incluyó en el Grupo 2, 15 limas RECIPROC® Blue "R25" 25/.08 y 15 limas Wave One® Gold "Primary" 25/.07. Todas las limas se colocaron en pequeños recipientes de vidrio con la cantidad de solución de NaOCl necesaria para contactar los 16 mm de la parte activa del instrumento; se permitió la inmersión dinámica, activando los instrumentos de endodoncia con una pieza de mano (Sirona Dental Systems GmbH,

Bensheim, Alemania); alimentada por el motor VDW Silver Reciproc (VDW, Munich, Alemania). Estas limas fueron sometidas a inmersión activa 3 veces durante 3 minutos en hipoclorito de sodio al 5,25%; se removió la solución de hipoclorito con suero fisiológico después de cada ciclo para neutralizar el efecto del NaOCl; se secaron y se almacenaron en recipientes identificados con el número de la lima,

tipo de Sistema y número de inmersiones en NaOCl.

Se esperaron 24 horas para su inmersión a un nuevo ciclo hasta completar el número de inmersiones requeridas. Posteriormente se realizó la prueba de fatiga cíclica en el modelo de simulación, donde se introdujo solo 22 mm de su longitud.

En el grupo 5 se incluyeron 15 limas RECIPROC® Blue "R25" 25/.08 y 15 limas Wave One® Gold "Primary" 25/.07. Todas las limas se colocaron en pequeños recipientes de vidrio con la cantidad de solución de NaOCl necesaria para contactar los 16 mm de la parte activa del instrumento; se permitió la inmersión dinámica, activando los instrumentos de endodoncia con una pieza de mano (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Alemania); alimentada por el motor VDW Silver Reciproc (VDW, Munich, Alemania). Estas limas fueron sometidas a inmersión activa 1 vez durante 3 minutos en hipoclorito de sodio al 5,25%; se removió la solución de hipoclorito con suero fisiológico para neutralizar el efecto del NaOCl; se secaron y se almacenaron en

recipientes identificados con el número de la lima, tipo de Sistema y número de inmersiones en NaOCl. Se esperaron 24 horas para realizar la prueba de fatiga cíclica en el modelo de simulación, donde se introdujo solo 22 mm de su longitud.

La prueba de fatiga cíclica dinámica se realizó en un canal artificial de acero inoxidable serie 300, con un diámetro interno de 1.5 mm, un ángulo de curvatura de 60 ° y radio de curvatura de 5 mm (Fig. 2) . La punta del instrumento tiene 7 mm en la mitad del segmento curvo [3]. Todos los instrumentos se utilizaron con un motor endodóntico Silver Reciproc (VDW, Munich, Alemania) conectado al dispositivo de prueba de fatiga cíclica dinámica (Fig.3) utilizando el programa "Reciproc ALL" diseñado específicamente para RECIPROC® y el "Wave One ALL" diseñado específicamente para instrumentos Wave One®. Todos los instrumentos con una longitud fija de 22 mm se operaron con un movimiento axial de 3 mm / s hasta que se produjo la fractura del instrumento.

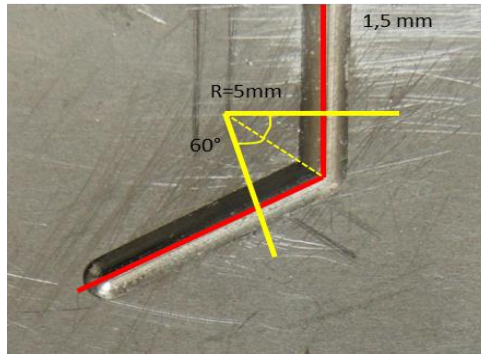


Figura 2: Canal artificial de acero inoxidable

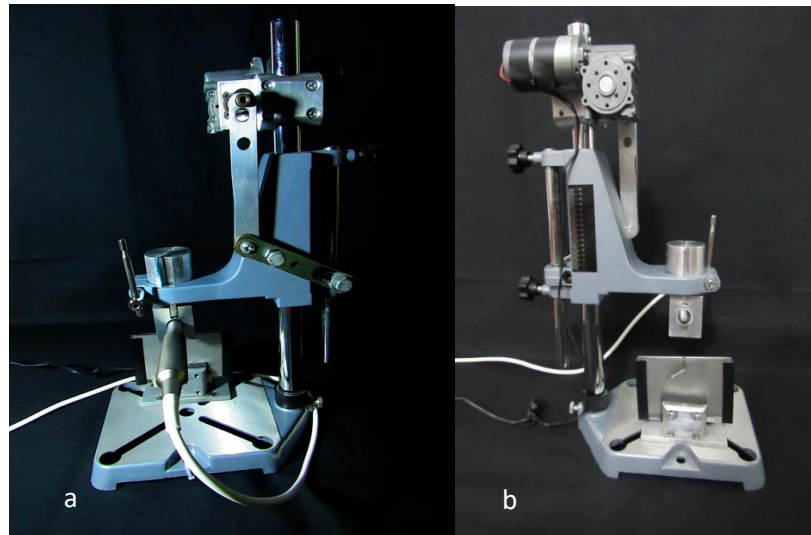


Figura 3: (a) Modelo de simulación prueba de fatiga cíclica, con pieza de mano VDW Silver Reciproc. (b) Modelo de simulación prueba de fatiga cíclica en el que se observa el canal artificial de acero inoxidable.

El tiempo de fractura (TF) para cada lima probada se registró en segundos usando un cronómetro; además, se realizó un registro de video para cada instrumento para verificar el tiempo de fractura. La longitud del fragmento fracturado se midió en mm para cada

instrumento con un microcaliper digital. Después de que se produjo la fractura, el grado de deformación sufrido por los instrumentos fue evidenciado por la observación en el Microscopio Electrónico de Barrido de electrons (JEOL, modelo JSM 6490-LV, Universidad de los Andes); se

analizó el tipo de fractura, y se tomaron fotomicrografías de las superficies fracturadas con diferentes aumentos ($\times 120$ a $\times 600$).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para los datos obtenidos de la resistencia a la fatiga cíclica y la longitud de la fractura, la hipótesis de normalidad, se probó utilizando la prueba de Shapiro-Wilk. Los datos obtenidos de las longitudes de los fragmentos se sometieron a un análisis de varianza de 1 vía. Los valores de resistencia a la fatiga cíclica

se analizaron utilizando la prueba U de Mann Whitney y SPSS en base a un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS

La Tabla 1 representa los valores de tiempo de fractura, fragmento apical y fragmento coronal para cada instrumento, en los cuales no se encontró normalidad de los grupos ($p < 0.05$, Prueba de Shapiro Wilk); en consecuencia se opta por hacer la comparación de los grupos con el uso de estadística no paramétrica.

Tabla 1: Prueba de normalidad de las variables evaluadas

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
TIEMPO	,901	60	,000
FRAG APICAL	,926	60	,001
FRAG CORONAL	,906	60	,000

El análisis inferencial reveló diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes

grupos considerando el tipo de instrumento como la variable independiente ($P < .05$).

La tabla 2 representa las diferencias en la distribución de las medianas entre los grupos de Reciproc Blue y Wave One Gold sometidas a una inmersión en hipoclorito de sodio al

5,25%; en el cual se concluye que entre el tiempo, fragmento apical y fragmento coronal existen diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 2: Comparación entre limas Reciproc Blue y Wave One Gold sometidas a una inmersión en hipoclorito de sodio al 5,25%

Lima	Promedio de TIEMPO (DE)	Promedio de FRAG APICAL (DE)	Promedio de FRAG CORONAL (DE)
RB	343,13 (204,9) a	10,96 (2,5) a	16,23 (2,7) b
WOG	161,26 (67,8) b	6,86 (1,7) b	18,26 (1,8) a
	p valor 0,001	p valor 0,002	p valor 0,021

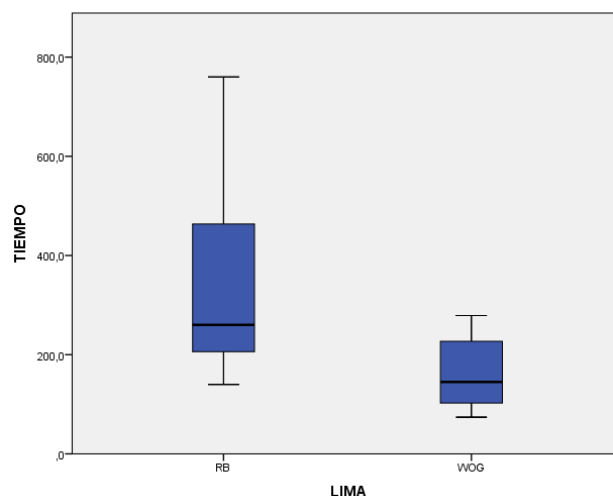


Figura 4: Comparación del tiempo de fractura entre las limas sometidas a una inmersión en hipoclorito de sodio al 5,25%

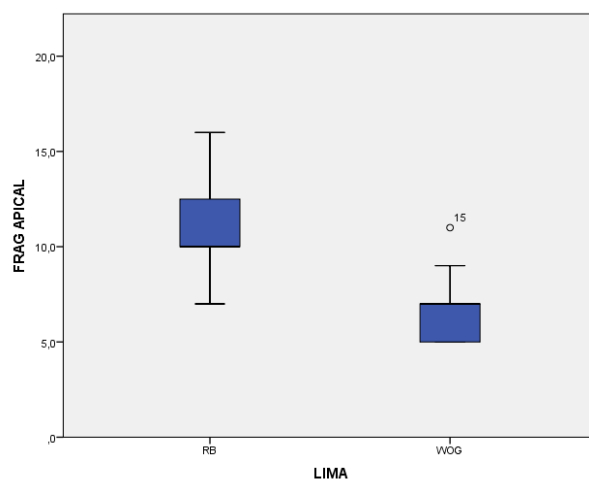


Figura 5: Comparación de los fragmentos apicales de las limas sometidas a una inmersión en hipoclorito de sodio al 5,25%

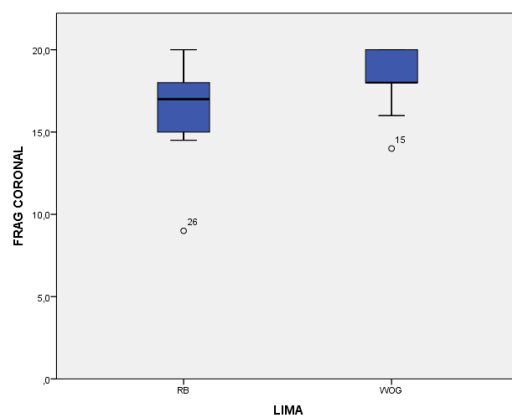


Figura 6: Comparación de los fragmentos coronales de las limas sometidas a una inmersión en hipoclorito de sodio al 5,25%

Tabla 3: Comparación entre limas Reciproc Blue y Wave One Gold sometidas a tres inmersiones en hipoclorito de sodio al 5,25%

LIMA	Promedio de TIEMPO (DE)	Promedio de FRAG APICAL (DE)	Promedio de FRAG CORONAL (DE)
RB	514,53 (77,3) a	6,93 (1,3) a	17,8 (1,6) a
WOG	233,86 (59,5) b	5,9 (1,7) a	18,83 (1,3) a
	p valor 0,0001	p valor 0,161	p valor 0,161

De acuerdo a los resultados obtenidos para el grupo 2 (inmersión en hipoclorito 3 veces), se contrasta la hipótesis de diferencias en la distribución de las medianas entre los grupos Reciproc Blue y Wave One

Gold con el test de U Mann Whitney. El test estadístico muestra un p valor inferior al alfa de 0,05 ($p < 0.05$); por lo cual se concluye que en el tiempo hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

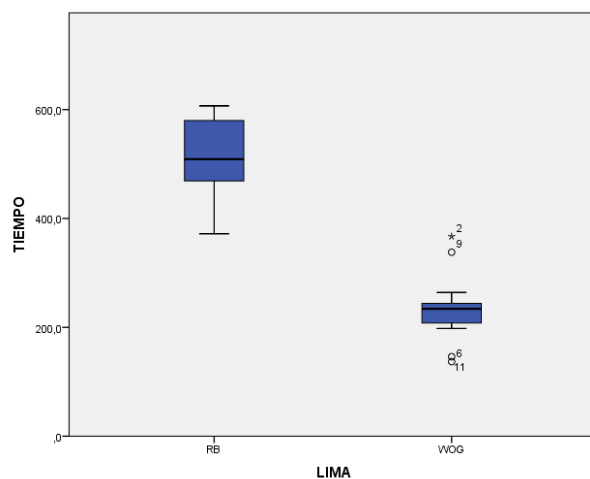


Figura 7: Comparación entre los sistemas Reciproc Blue y Wave One Gold, los cuales fueron sometidos a tres inmersión en hipoclorito de sodio al 5,25%

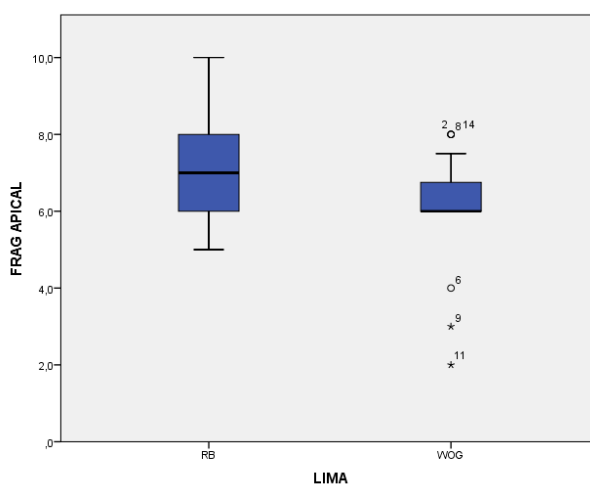


Figura 8: Comparación de los fragmentos apicales de las limas sometidas a tres inmersiones en hipoclorito de sodio al 5,25%

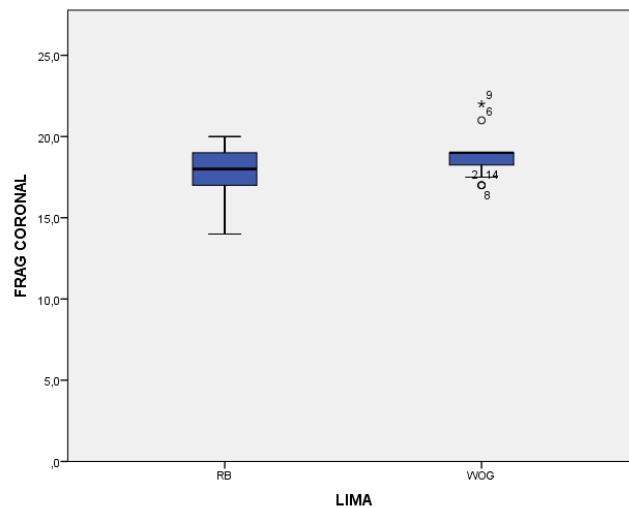


Figura 9: Comparación de los fragmentos coroneales de las limas sometidas a tres inmersiones en hipoclorito de sodio al 5,25%

En la tabla 4 se compara los instrumentos Reciproc Blue y Wave One Gold con el número de inmersiones a las que fueron sometidos antes de realizar el test dinámico de fatiga cíclica. Se realizó la prueba estadística de U Mann Whitney; la cuál mostró un p valor inferior al alfa de 0,05 ($p < 0.05$), en las

Comparaciones de tiempo y fragmento apical. Por lo tanto se concluye que tanto en el tiempo como en la longitud del fragmento apical existen diferencias estadísticamente significativas entre las inmersiones únicamente para el grupo de Reciproc Blue.

Tabla 4: Promedio del número de inmersiones en hipoclorito de sodio al 5,25% para Reciproc Blue y Wave One Gold.

	Promedio de TIEMPO	Promedio de FRAG APICAL	Promedio de FRAG CORONAL
RB	428,83 (175,3)	8,95(2,8)	17,01 (2,3)
1	343,13 (204,9) a	10,96 (2,5) a	16,23 (2,7) a
3	514,53 (77,3) b	6,93 (1,3) b	17,8 (1,6) a
WOG	197,56 (72,8)	6,38 (1,7)	18,55 (1,6)
1	161,26 (67,89) b	6,86 (1,7) a	18,26 (1,8) b
3	233,86 (59,5) a	5,9 (1,7) a	18,83 (1,3) b

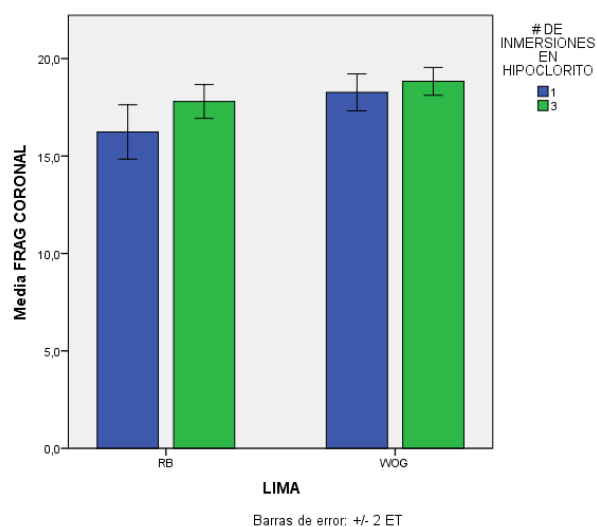


Figura 10: Media de los fragmentos coroneales de las limas Reciproc Blue y Wave One Gold sometidas a una o tres inmersiones en hipoclorito de sodio al 5,25%

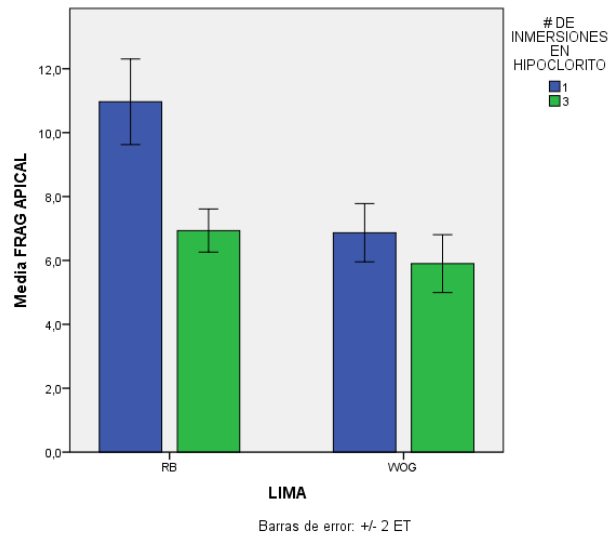


Figura 11: Media de los fragmentos apicales de las limas Reciproc Blue y Wave One Gold sometidas a una o tres inmersiones en hipoclorito de sodio al 5,25%

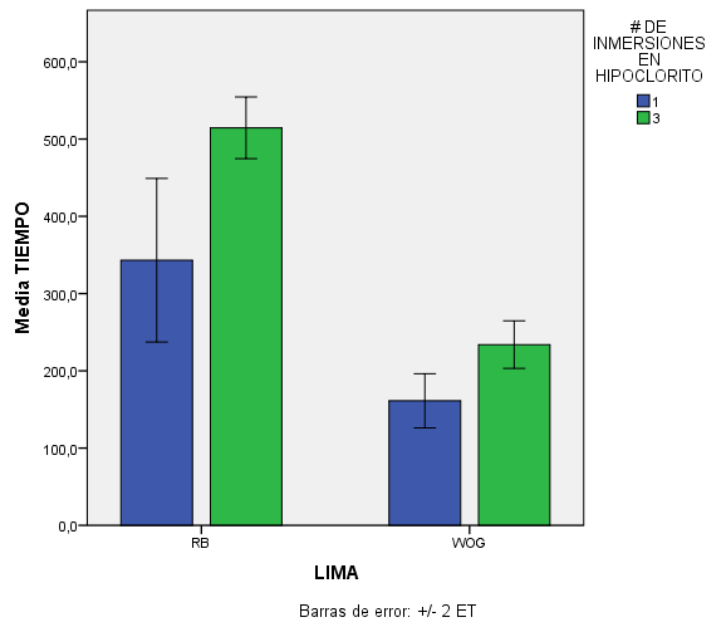


Figura 12: Media del tiempo que tardaron en fracturarse las limas Reciproc Blue y Wave One Gold sometidas a una o tres inmersiones en hipoclorito de sodio al 5,25%

DISCUSIÓN

Este estudio experimental "in vitro" se realizó en base a la comparación de la resistencia a la fatiga cíclica de los sistemas reciprocantes, RECIPROC Blue y Wave One Gold, cuando se evaluó bajo una prueba dinámica e inmersión en hipoclorito de sodio al 5,25% y esterilización en autoclave.

La fatiga cíclica de los instrumentos rotatorios está influenciada por varios factores; tales como la velocidad de las limas, los ángulos de curvatura, el torque, las características de diseño del instrumento y la aleación en la que se fabrican [26]. La cinemática reciprocante se ha desarrollado especialmente para reducir la incidencia de fracturas de instrumentos al influir en la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos de níquel titanio [5,26]. Los procesos patentados están altamente influenciados por la temperatura y los intervalos de tiempo. Cualquier proceso de mecanizado adicional afectará las temperaturas de transición y el porcentaje de fases de la aleación. Esto se puede explicar por

qué el rendimiento de los instrumentos de Ni-Ti puede verse influido por la calidad de los procesos de fabricación y los diferentes tratamientos térmicos [13]. Las hipótesis para dar cuenta de estos resultados son múltiples, incluido el hecho de que los instrumentos reciprocantes giran una distancia circunferencial más corta en comparación con la cinemática de rotación continua, por lo tanto, someten la lima a valores de tensión mucho más bajos [27].

En este estudio, la prueba de fatiga cíclica dinámica se llevó a cabo utilizando los programas de motor preestablecidos (Silver Reciproc, VDW, Múnich, Alemania) "Reciproc ALL" para activar RECIPROC Blue 25 / .08 y "Wave One ALL" para activar Wave One Gold Primary 25 / .07. El modo preestablecido "Reciproc ALL" tiene un ángulo de 150 ° de rotación en sentido anti horario (CCW) y 30 ° en sentido horario (CW) y 300 rpm. Por otro lado, el modo preestablecido "wave-one all" tiene ángulos de rotación de 170 ° CCW y 50 ° CW y 350 rpm (fig. 13)[28]. Estudios

anteriores han revelado que la mayor rotación de los ángulos durante el movimiento recíprocante y las velocidades más altas tienden a disminuir el tiempo de resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos [29,30].

Sin embargo, algunos autores han informado que los modos preestablecidos "Reciproc ALL" y "Wave One ALL" no influyen en la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos [28,31]; conclusión que se ha vuelto contradictoria según otros

autores que informaron que la alteración de la amplitud del movimiento recíproco representa un factor que puede influir significativamente en la vida de la fatiga cíclica de los archivos Ni-Ti [26,27]. Estos últimos estudios concuerdan con la presente investigación; ya que se observa que los instrumentos con menos rango de amplitud tardan más ciclos en fracturarse que aquellos con amplios rangos, lo que indica que la amplitud del rango y las rpm influyen en la fractura de los mismos.

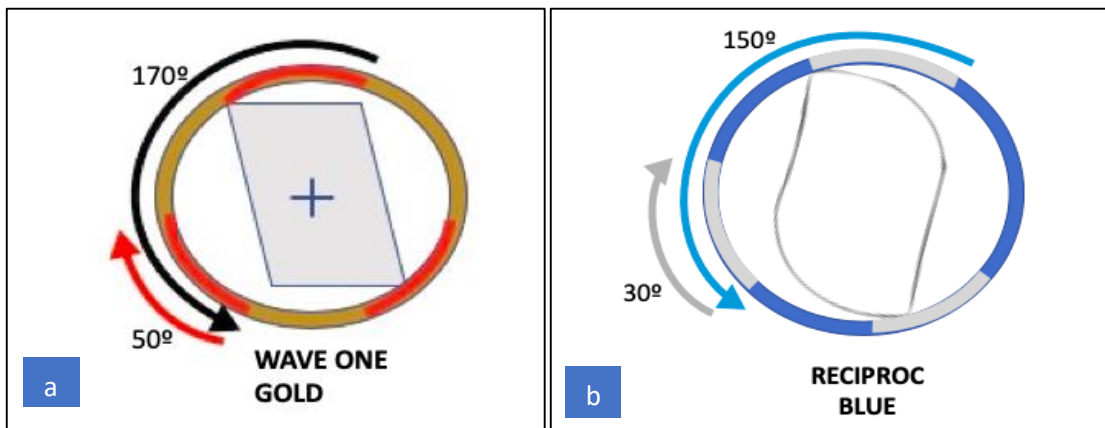


Figura 13: Movimiento alterno recíprocante (a) ángulos de rotación del sistema Wave One All, 170° en sentido anti horario (CCW), 50° en sentido horario (CW); (b) ángulos de rotación del sistema Reciproc Blue, 150° en sentido anti horario (CCW), 30° en sentido horario (CW)

De lo contrario, aunque los instrumentos probados en esta investigación tienen los mismos diámetros en la punta (# 25); el diseño

de la sección transversal y el tratamiento térmico de estos instrumentos son diferentes entre ellos. RECIPROC Blue "R25" y Wave

One Gold "Primary" tienen conicidades de .08 y .07 respectivamente, en los primeros 3 mm apicales. En general, los instrumentos con conicidades inferiores garantizan una mayor resistencia a la fatiga cíclica [28]; sin embargo, según los resultados del presente estudio, los instrumentos Reciproc Blue R25 / 0.8 mostraron una mayor resistencia a la fatiga cíclica que los Wave One Gold "Primary" / 07. Estos resultados están de acuerdo con el informe de Gündoğar y Özyürek T., 2017; Özyürek T et al., 2018 y Özyürek T et al., 2017 [19, 32]. Por lo tanto, las conicidades no se considerarían una variable que influyó en los valores de resistencia a la fatiga cíclica en este estudio; porque tienen el mismo taper a los 7 mm, lugar donde se fracturaron las dos limas o porque simplemente la zona que más tensión recibe es la que está justo donde termina la curva; sin embargo unas se fracturaron más rápido que las otras.

Otras variables como el tratamiento térmico de los instrumentos y el diseño transversal, representan un factor

importante en los resultados de esta investigación. Como se mencionó anteriormente, ambos instrumentos elegidos tienen diferentes tipos de aleaciones. Los instrumentos Ni-Ti tratados con calor muestran cambios de transformación de fase que mejoran la flexibilidad y la resistencia a la fatiga de los instrumentos [33]. RECIPROC Blue presenta una aleación recientemente desarrollada, obtenida mediante un proceso de fabricación termo mecánico; en el que se agrega una capa superficial de óxido patentada, y ha demostrado un rendimiento general mejorado en comparación con las diferentes aleaciones (Ni-Ti convencional, M-Wire) que demuestran una mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga. Esta aleación presenta micro dureza reducida manteniendo las características similares de su superficie [18].

Por otro lado, el sistema Wave One Gold® está fabricado con tratamiento térmico "Gold". A diferencia de la tecnología M-Wire basada en el tratamiento térmico antes de la producción, el tratamiento "Gold" se

realiza calentando y enfriando lentamente la lima después de su producción. Los fabricantes afirman que dicho tratamiento térmico aumenta la flexibilidad de los instrumentos [34].

Dados los hallazgos y resultados de esta investigación y de investigaciones anteriores, se demostró que las limas RECIPROC® Blue podrían beneficiarse de su proceso de fabricación. Es probable que los diferentes tratamientos térmicos entre ellos puedan dar lugar a diferentes transformaciones de la fase martensítica y podrían inducir diferentes disipaciones de la energía requerida para la formación y/o propagación de fisuras durante las pruebas de fatiga cíclica [25,35]. Sin embargo, esto debe ser confirmado por investigaciones adicionales.

La fatiga cíclica también está influenciada por las dimensiones y el diseño de la sección transversal de los instrumentos [4,6]. RECIPROC® Blue 25 / .08 tiene un diseño de sección transversal en "S" itálica, mientras que Wave One Gold® 25 / .07 tiene una

sección transversal en forma de paralelogramo. Estudios previos han demostrado que un mayor volumen de masa metálica en el punto máximo de tensión de los instrumentos afecta la resistencia a la fatiga cíclica [28]. Por lo tanto, un diseño transversal diferente puede ser un factor determinante en la resistencia a la fatiga cíclica de diferentes limas [6,28].

Es necesario enfatizar que, dentro de las limitaciones de este estudio, las características de los instrumentos, como los tratamientos térmicos y el diseño transversal, tuvieron una influencia significativa en las propiedades mecánicas de los instrumentos evaluados. Los resultados mostraron que RECIPROC® Blue 25 / .08 tiene la mayor resistencia a la fatiga cíclica en comparación con Wave One® Gold 25 / .07.

Para las pruebas de fatiga cíclica, se han utilizado diferentes dispositivos con modelos estáticos y dinámicos. En los modelos estáticos, el instrumento gira a una longitud fija en el canal artificial sin ningún movimiento axial

[37]. Mientras que en los modelos dinámicos hay un movimiento axial hacia arriba y hacia abajo del instrumento con una amplitud de 3 mm, según lo establecido en esta investigación, y como se ha utilizado en estudios anteriores [24, 38,39, 40]. Los dispositivos dinámicos se han utilizado recientemente porque esa prueba representa mejor la práctica clínica un poco más que los dispositivos de prueba de fatiga cíclica estática [41,42].

En estos modelos dinámicos, el valor del tiempo de fractura aumenta, porque la tensión se distribuye en las áreas de tensión y compresión durante el movimiento, en comparación con los modelos de prueba estáticos en los que la tensión se concentra en un área constante y específica del instrumento [37, 38,41].

Los instrumentos de Ni-Ti se reutilizan con frecuencia, lo que conduce a una disminución en la resistencia a la fatiga cíclica. La fatiga del material

parece ser una razón importante para la fractura de los instrumentos durante el uso clínico [13].

Por lo tanto, en el presente estudio, se investigó el efecto de la inmersión en NaOCl al 5,25% y la esterilización en autoclave a 132°C por 45 minutos en cuanto a la resistencia a la fatiga cíclica de 2 instrumentos Ni-Ti tratados térmicamente. Para acercarse a las condiciones clínicas, el protocolo de este estudio proporcionó una inmersión dinámica en NaOCl al 5,25% durante 3 minutos en su parte activa (16 mm). Para simular un número realista de veces que los instrumentos pueden reutilizarse, se eligieron de 1 a 3 ciclos de esterilización y / o inmersión en NaOCl. Se construyó un modelo de simulación dinámica con un conducto artificial con un ángulo de curvatura de 60° y un radio de curvatura de 5 mm ya que la mayoría de los estudios previos sobre fatiga cíclica se basaron bajo parámetros [13].

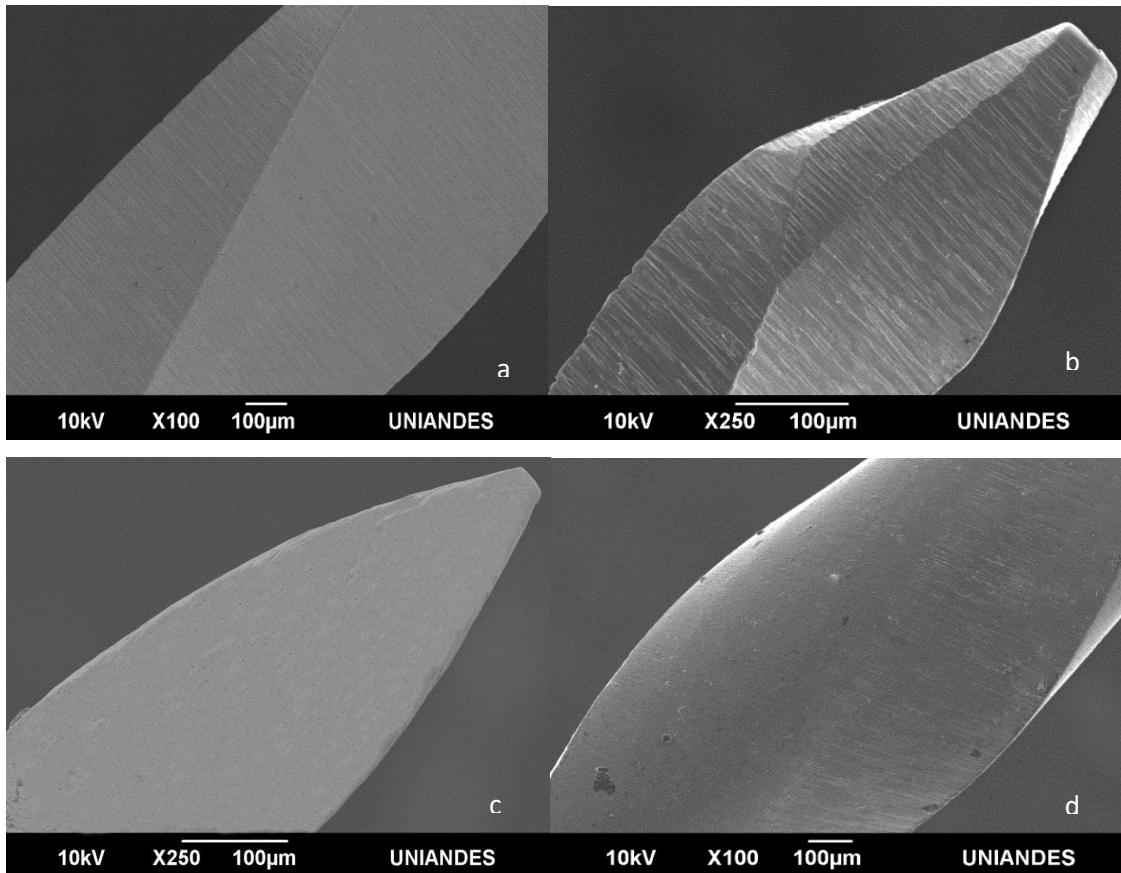


Figura 14. Análisis de microscopía electrónica de barrido realizado en lima Wave One Gold antes de inmersión en hipoclorito de sodio al 5,25% para verificar defectos estructurales (a y b); Análisis de microscopía electrónica de barrido realizado en lima Reciproc Blue antes de inmersión en hipoclorito de sodio al 5,25% para verificar defectos estructurales (c y d).

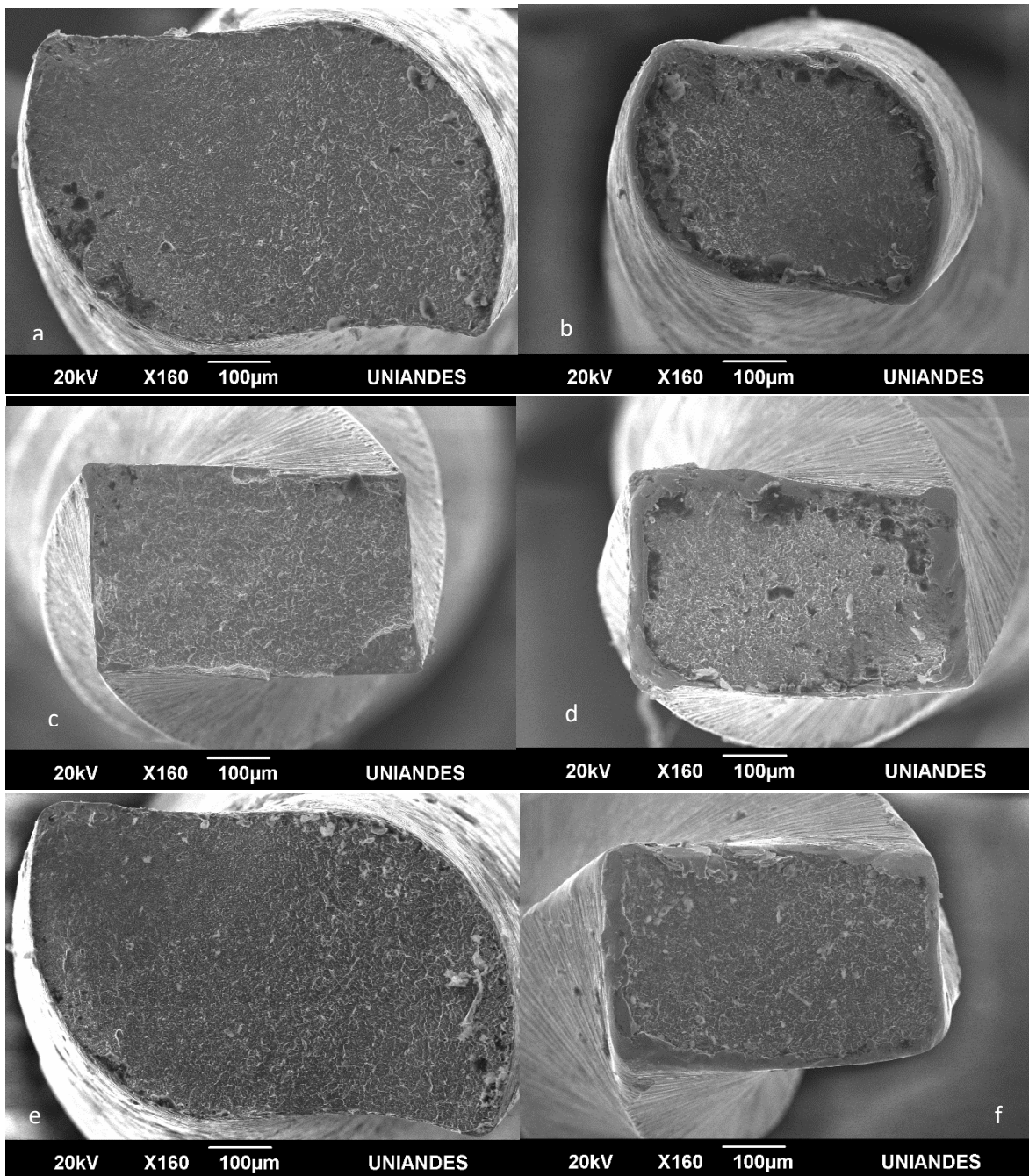


Figura 15: Análisis de microscopía electrónica de barrido realizado en muestras fracturadas (vistas axiales) a 160 de RB (A y B) y limas (C Y D) Wave One Gold sumergidos dinámicamente durante 3 minutos en NaOCl al 5% 1 vez. Análisis de microscopía electrónica de barrido realizado en muestras fracturadas (vistas axiales) a 160 de RB (E) y limas (F) Wave One Gold sumergidos dinámicamente durante 3 minutos en NaOCl al 5,25% 3 veces.

CONCLUSIONES

Los instrumentos RECIPROC® Blue "R25" fueron significativamente más resistentes a la fatiga cíclica que los instrumentos Wave One Gold Primary. La resistencia se puede asociar con los diferentes procesos de fabricación térmica y los diferentes diseños de sección transversal de los mismos.

Los instrumentos RECIPROC® Blue "R25" exhibieron una mayor resistencia a la fatiga cíclica que Wave One Gold® "Primary" cuando fueron sometidos a inmersión y/o esterilización en autoclave. Estos resultados podrían atribuirse a los diferentes tratamientos termo mecánicos posteriores al mecanizado; a los que se somete la aleación Ni-Ti durante su fabricación. Además, las longitudes de los fragmentos son diferentes, ya que los fragmentos fracturados de RECIPROC® Blue "R25" promedian 7-10 mm en comparación con los de Wave One Gold® "Primary" que son de 6-8 mm, lo cual genera una diferencia estadísticamente significativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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 Aug;40(8):1245-9.
2. de Cristofaro Almeida G, Aun DP, Resende PD, Peixoto IFDC, Viana ACD, Buono VTL, de Azevedo Bahía MG. Comparative analysis of torque and apical force to assess the cutting behaviour of ProTaper Next and ProTaper Universal endodontic instruments. Aust Endod J. 2019 May 13.
3. Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. J Endod. 2009 Nov;35(11):1469-76.
4. Pedullà E, Lo Savio F, Boninelli S, Plotino G, Grande NM, La Rosa G, Rapisarda E. Torsional and Cyclic Fatigue Resistance of a New Nickel-Titanium Instrument Manufactured by

- Electrical Discharge Machining. J Endod. 2016 Jan; 42(1):156-9.
5. Kiefner P, Ban M, De-Deus G. Is the reciprocating movement per se able to improve the cyclic fatigue resistance of instruments? Int Endod J. 2014, May; 47(5):430-6.
 6. Plotino G, Grande NM, Testarelli L, Gambarini G. Cyclic fatigue of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments. Int Endod J. 2012 Jul; 45(7):614-8.
 7. Pedullà 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 Aug; 37(8):1139-42.
 8. Keles A, Uzunoglu Ozyurek E, Uyanik MO, Nagas E. Effect of Temperature of Sodium Hypochlorite on Cyclic Fatigue Resistance of Heat-treated Reciprocating Files. J Endod. 2019 Feb; 45(2):205-208.
 9. Bulem ÜK, Kececi AD, Guldaz HE. Experimental evaluation of cyclic fatigue resistance of four different nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite and/or sterilization. J Appl Oral Sci. 2013 Nov-Dec; 21(6):505-10.
 10. Elnaghy AM, Elsaka SE. Effect of sodium hypochlorite and saline on cyclic fatigue resistance of WaveOne Gold and Reciproc reciprocating instruments. Int Endod J. 2017 Oct; 50(10):991-998.
 11. Khabiri M, Ebrahimi M, Saei MR. The Effect of Autoclave Sterilization on Resistance to Cyclic Fatigue of Hero Endodontic File #642 (6%) at Two Artificial Curvature. J Dent (Shiraz). 2017 Dec; 18(4):277-281.
 12. Zhao D, Shen Y, Peng B, Haapasalo M. Effect of autoclave sterilization on the cyclic fatigue resistance of thermally treated Nickel-Titanium instruments. Int Endod J. 2016 Oct; 49(10):990-5.
 13. Pedullà E, Benites A, La Rosa GM, Plotino G, Grande NM, Rapisarda E, Generali L. Cyclic

- Fatigue Resistance of Heat-treated Nickel-titanium Instruments after Immersion in Sodium Hypochlorite and/or Sterilization. *J Endod.* 2018 Apr; 44(4):648-653.
14. Condorelli GG, Bonaccorso A, Smecca E, Schäfer E, Cantatore G, Tripi TR. Improvement of the fatigue resistance of NiTi endodontic files by surface and bulk modifications. *Int Endod J.* 2010 Oct; 43(10):866-73.
 15. Pirani C, Paolucci A, Ruggeri O, Bossù M, Polimeni A, Gatto MR, Gandolfi MG, Prati C. Wear and metallographic analysis of WaveOne and reciproc NiTi instruments before and after three uses in root canals. *Scanning.* 2014 Sep-Oct; 36(5):517-25.
 16. Saber SE, Nagy MM, Schäfer E. Comparative evaluation of the shaping ability of WaveOne, Reciproc and OneShape single-file systems in severely curved root Canals of extracted teeth. *Int Endod J.* 2015 Jan; 48(1):109-14.
 17. Alapati SB, Brantley WA, Iijima M, Clark WA, Kovarik L, Buie C, Liu J, Ben Johnson W. Metallurgical characterization of a new nickel-titanium wire for rotary endodontic instruments. *J Endod.* 2009 Nov; 35(11):1589-93.
 18. De-Deus G, Silva EJ, Vieira VT, Belladonna FG, Elias CN, Plotino G, Grande NM. Blue Thermomechanical Treatment Optimizes Fatigue Resistance and Flexibility of the Reciproc Files. *J Endod.* 2017 Mar; 43(3):462-466.
 19. Gündoğar M, Özyürek T. Cyclic Fatigue Resistance of OneShape, HyFlex EDM, WaveOne Gold, and Reciproc Blue Nickel-titanium Instruments. *J Endod.* 2017 Jul; 43(7):1192-1196.
 20. Caviedes-Bucheli J, Ríos-Osorio N, Rey-Rojas M, Laguna-Rivero F, Azuero-Holguin MM, Díaz LE, Curtidor H, Castaneda-Ramirez JJ, Muñoz HR. Substance P and Calcitonin gene-related peptide expression in human

- periodontal ligament after root canal preparation with Reciproc Blue, WaveOne Gold, XP EndoShaper and hand files. *Int Endod J*. 2018 Dec; 51(12):1358-1366.
21. Özyürek T. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc, WaveOne, and WaveOne Gold Nickel-Titanium Instruments. *J Endod*. 2016 Oct; 42(10):1536-9.
 22. Gavini G, Santos MD, Caldeira CL, Machado MEL, Freire LG, Iglecias EF, Peters OA, Candeiro GTM. Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz Oral Res*. 2018 Oct 18; 32(suppl 1):e67.
 23. Zhao D, Shen Y, Peng B, Haapasalo M. Effect of autoclave sterilization on the cyclic fatigue resistance of thermally treated Nickel-Titanium instruments. *Int Endod J*. 2016 Oct; 49(10):990-5.
 24. Li UM, Lee BS, Shih CT, Lan WH, Lin CP. Cyclic fatigue of endodontic nickel titanium rotary instruments: static and dynamic tests. *J Endod*. 2002 Jun; 28(6):448-51.
 25. Lopes HP, Britto IM, Elias CN, Machado de Oliveira JC, Neves MA, Moreira EJ, Siqueira JF Jr. Cyclic fatigue resistance of ProTaper Universal instruments when subjected to static and dynamic tests. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2010 Sep; 110(3):401-4.
 26. Ferreira F, Adeodato C, Barbosa I, Aboud L, Scelza P, Zaccaro Scelza M. Movement kinematics and cyclic fatigue of NiTi rotary instruments: a systematic review. *Int Endod J*. 2017 Feb; 50(2):143-152.
 27. Plotino G, Ahmed HM, Grande NM, Cohen S, Bukiet F. Current Assessment of Reciprocation in Endodontic Preparation: A Comprehensive Review--Part II: Properties and Effectiveness. *J Endod*. 2015 Dec; 41(12):1939-50.
 28. Alcalde MP, Duarte MAH, Bramante CM, de Vasconcelos BC, Tanomaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru JM,

- Pinto JC, Só MVR, Vivan RR. Cyclic fatigue and torsional strength of three different thermally treated reciprocating nickel-titanium instruments. Clin Oral Investig. 2018 May; 22(4):1865-1871.
29. Karataş E, Arslan H, Bükler M, Seçkin F, Çapar İD. Effect of movement kinematics on the cyclic fatigue resistance of nickel titanium instruments. Int Endod J. 2016 Apr; 49(4):361-4.
 30. Arslan H, Alsancak M, Doğanay E, Karataş E, Davut Çapar İ, Ertas H. Cyclic fatigue analysis of Reciproc R25® instruments with different kinematics. Aust Endod J. 2016 Apr; 42(1):22-4.
 31. Kim HC, Kwak SW, Cheung GS, 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 Apr; 38(4):541-4.
 32. Özyürek T, Gündoğar M, Yılmaz K, Uslu G. Bending resistance and cyclic fatigue life of Reciproc Blue, WaveOne Gold, and Genius files in a double (S-shaped) curved canal. J Dent Res Dent Clin Dent Prospects. 2017 Fall;11(4):241-246.
 33. Hieawy A, Haapasalo M, Zhou H, Wang ZJ, Shen Y. Phase Transformation Behavior and Resistance to Bending and Cyclic Fatigue of ProTaper Gold and ProTaper Universal Instruments. J Endod. 2015 Jul; 41(7):1134-8.
 34. Muhammad S, Al-huwaizi H. Evaluation of the Cyclic Fatigue of WaveOne Gold and Reciproc Blue using Different Irrigating Medium. Int J Med Res Health Sci. 2018;27–31.
 35. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. J Endod. 2013 Feb; 39(2):163-72.
 36. Lopes HP, Elias CN, Vieira MV, Siqueira JF Jr, Mangelli M, Lopes WS, Vieira VT, Alves FR,

- Oliveira JC, Soares TG. Fatigue Life of Reciproc and Mtwo instruments subjected to static and dynamic tests. *J Endod*. 2013 May; 39(5):693-6.
37. 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 Wave One large instruments. *J Endod*. 2014 Apr; 40(4):575-9.
38. Scelza P, Harry D, Silva LE, Barbosa IB, Scelza MZ. A comparison of two reciprocating instruments using bending stress and cyclic fatigue tests. *Braz Oral Res*. 2015; 29:1-7.
39. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL Jr. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod*. 1997 Feb; 23(2):77-85.
40. Pedullà E, Lizio A, Scibilia M, Grande NM, Plotino G, Boninelli S, Rapisarda E, Lo Giudice G. Cyclic fatigue resistance of two nickel-titanium rotary instruments in interrupted rotation. *Int Endod J*. 2017 Feb; 50(2):194-201.
41. Topçuoğlu HS, Düzgün S, Aktı A, Topçuoğlu G. Laboratory comparison of cyclic fatigue resistance of WaveOne Gold, Reciproc and WaveOne files in canals with a double curvature. *Int Endod J*. 2017 Jul; 50(7):713-717.
42. Grande NM, Plotino G, Pecci R, Bedini R, Malagnino VA, Somma F. Cyclic fatigue resistance and three-dimensional analysis of instruments from two nickel-titanium rotary systems. *Int Endod J*. 2006 Oct; 39(10):755-63.
43. Topçuoğlu HS, Topçuoğlu G. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc Blue and Reciproc Files in an S-shaped Canal. *J Endod*. 2017 Oct; 43(10):1679-1682.

