



MÁSTER DE ENDODONCIA AVANZADA

TEMA:

**ANÁLISIS DE LA INSTRUMENTACIÓN RACE EVO Y SLIM SHAPER:
ESTUDIO CON MICRO-CT**

AUTOR:

CRISTOPHER NAHIN CABRERA PLACENCIO

DIRIGIDO POR:

ANTONIO JESUS CONDE VILLAR

ROBERTO ESTÉVEZ LUAÑA

MADRID 2023

Resumen:

Introducción: Analizar la influencia de la instrumentación de los sistemas Race Evo y Slim Shaper sobre la habilidad de la lima en mantener la centralidad dentro del conducto, el transporte y el aumento de volumen post-instrumentación.

Materiales y Métodos: 20 conductos mesiovestibulares de raíces mesiovestibulares de primeros molares superiores fueron utilizadas y divididas en 2 grupos de 10 cada una, en base a la instrumentación realizada con Race Evo y Slim Shaper. Se realizaron dos Micro-CT una pre-instrumentación y otra post-instrumentación, ambos grupos se prepararon hasta un 30. Se evaluó los parámetros de centralidad y el transporte a diferentes niveles a través de todo el conducto radicular (1mm-3mm-5mm-7mm-9mm), y el aumento de volumen post-instrumentación. Los datos estadísticos pre-instrumentación y post-instrumentación se analizaron con el software informático JASP.

Resultados: El Grupo Slim Shaper en la habilidad de mantener centrada la instrumentación a través de todo el conducto mostró una mayor capacidad ($0,42 \pm 0,22$) en comparación al Grupo Race Evo ($0,29 \pm 0,14$), ($p = 0,18$). Las medias obtenidas del transporte en el Grupo Race Evo obtuvo una diferencia mínima través de todo el conducto ($-0,13 \pm 0,03$) en comparación al Grupo Slim Shaper ($-0,16 \pm 0,08$), ($p = 0,40$). Las medias de aumento de volumen post-instrumentación del Grupo Slim Shaper fue 46.15% en comparación al volumen inicial, en el Grupo Race Evo su media de aumento inicial fue 31,82%, ($p > .05$). No se encontraron diferencias significativas.

Conclusiones: La capacidad de mantener la anatomía original, así como los cambios volumétricos post-instrumentación son similares entre el sistema Race evo y Slim Shaper.

Palabras Claves: transporte, habilidad de centrado, micro-CT, instrumentación mínimamente invasiva, volumen mm³

Abstract:

Introduction: Analyze the influence of the instrumentation of the Race Evo and Slim Shaper systems based on the ability of the file to maintain the centrality inside the root canal system, transportation, and the amount of volume post-instrumentation.

Materials and Methods: 20 mesiobuccal canals of mesiobuccal roots of upper first molars were used and divided into 2 groups of 10 each one, based on the instrumentation performed with Race Evo and Slim Shaper systems. Two Micro-CT's were performed, one pre-instrumentation and the other post-instrumentation, both groups were prepared up to 30. Centering and transportation parameters were evaluated at different levels through the entire root canal (1mm-3mm-5mm- 7mm-9mm), and post-instrumentation volume increase. The pre-instrumentation and post-instrumentation statistical data were analyzed with the JASP computer software.

Results: The Slim Shaper Group in the ability to keep the instrumentation centered throughout the entire canal showed a higher capacity (0.42 ± 0.22) compared to the Race Evo Group (0.29 ± 0.14), ($p = 0.18$). The means obtained from transportation in the Race Evo Group obtained a minimal difference through the entire canal (-0.13 ± 0.03) compared to the Slim Shaper Group (-0.16 ± 0.08), ($p = 0.40$). The mean post-instrumentation volume increase of the SS Group was 46.15% compared to the initial volume, and in the Race Evo Group its mean initial increase was 31.82% ($p > .05$). No significant differences were found.

Conclusion: The ability to maintain the original anatomy, as well as post-instrumentation volumetric changes are similar between the Race Evo and Slim Shaper systems.

Key Words: transportation, centering ability, micro-CT, minimally invasive instrumentation, volume mm³

Contenido

1.- Introducción	1
1.1 Objetivos de la Endodoncia	1
1.2 Anatomía y complejidades del sistema de conductos	2
1.1.2 Primer Molar Superior	2
1.3 Introducción al NiTi	4
1.4. Aleaciones	5
1.5 RaceEvo y Slim Shaper	7
1.6 Accidentes durante la instrumentación	9
2.- Justificación	11
3.- Objetivos:	12
4.- Material y Método:	13
4.1 Análisis de Curvatura y Estandarización de la muestra	14
4.2 Escaneado Pre-instrumentación:	15
4.3 Instrumentación:	17
4.4 Micro-CT evaluaciones	19
4.5 Análisis Estadístico	21
5.- Resultados	22
5.1 Volumen y Área de Superficie	22
5.2 Centralidad y Transporte	22
6.- Discusión	24
6.1 Discusión de la Metodología	24
6.2 Discusión de los Resultados	28
8.- Conclusión	32
9.- Referencias Bibliográficas:	33

Índices de siglas y abreviaturas

Micro-CT: Microcomputed tomography

NiTi: Nickel-Titanio

MFD: Maximum Flute Diameter

CM: Control Memory

Max-Wire: Martensita-austenita-electro pulido flex

CBCT: Tomografía computacional de haz cónico

Grupo RE: Grupo Race Evo

Grupo SS: Grupo Slim Shaper

NaOCl: Hipoclorito de Sodio

EDTA: Ácido Etilendiaminotetraacético

ANOVA: Análisis de la Varianza

Índices de tablas e ilustraciones

Fig.1 Secuencia básica Race Evo. Fuente FKG Iberia	8
Fig.2 Secuencia básica Slim Shaper. Fuente Zarc4endo	8
Fig.3 Separación de muestras y colocación sobre superficie circular rellana con polivinilsiloxano. Fuente El Autor	14
Fig.4 Análisis de ángulos y radios de curvatura bajo la metodología de Schneider. Fuente El Autor ..	15
Fig.5 XT-H-160; Nikon, Museo de Ciencias Naturales Madrid. Fuente El Autor	16
Fig.6 Escaneado Pre-instrumentación visualización con software myVGL. Fuente El Autor	17
Fig.7 Toma de longitudes de trabajo A. Lima #10 en el foramen, B. Reducción de 0,5mm usando regla milimetrada.....	17
Fig.8 Irrigación con Hipoclorito de sodio con punta 30g de salida lateral. Fuente El Autor	18
Fig.9 Escaneado Pre-instrumentación y Post-instrumentación visualización con software myVGL. Fuente El Autor	19
Fig 10. Reconstrucción de imágenes mediante software 3D Slicer. A. Pre-instrumentación B. Post- instrumentación.....	20
Fig.11 A. Imagen MicroCT pre-instrumentación con puntos X1-Y1 para determinación de centralidad y transporte, B. Imagen MicroCT post-instrumentación con puntos X2-Y2 para determinación de centralidad y transporte. Fuente El Autor	21
Tabla 1. Medias de volumen y área de superficie pre-instrumentación y post-instrumentación	22
Tabla 2. Medias de centrado de Grupo RE y Grupo SS . SD (Desviacion estándar) (p valor: 0.18)	23
Tabla 3. Medias de transporte de Grupo RE y Grupo SS . SD (Desviacion estándar) (p valor: 0.40)...	23
Tabla 4. Medias a cada nivel de centrado y transporte de Grupo RE y Grupo SS . SD (Desviacion estándar)	23

1.- Introducción

1.1 Objetivos de la Endodoncia

Los objetivos del tratamiento endodóntico consisten en eliminar los microorganismos dentro del sistema de conductos radiculares (van der Vyver et al., 2019) para facilitar la limpieza, conformación, desinfección, y subsiguiente obturación tridimensional del sistema de conductos radiculares (Ricucci and Siqueira, 2008, Maniglia-Ferreira et al., 2015, Ahmed et al., 2017).

Teniendo en cuenta lo anterior descrito es necesario conocer la anatomía del sistema de conductos radiculares, para que con la instrumentación mecánica preservemos la morfología original del conducto radicular tanto en tamaño y posición espacial en relación con el foramen apical (Caviedes-Bucheli et al., 2021). Esto por consiguiente nos ayudará evitando sobreinstrumentaciones, formaciones de escalones, perforaciones y separaciones de instrumentos dentro del conducto radicular, reduciendo el porcentaje de limpieza intraconducto (van der Vyver et al., 2019).

Al mismo tiempo la instrumentación mecánica tiene sus limitaciones, llegando solamente a contactar el 35% de las paredes del conducto radicular (Peters et al., 2001), por lo que la preparación mecánica debe ir en conjunto con la preparación química para eliminar todos los microorganismos residuales que se albergan dentro del sistema de conductos radiculares (van der Vyver et al., 2019).

1.2 Anatomía y complejidades del sistema de conductos

En la dentición humana han existido varias publicaciones sobre las diferentes variaciones anatómicas basadas en números, formas de la raíz, conductos intraradiculares y sobre todo basada en la población estudiada (Ahmed et al., 2017), por lo cual es complicado que la preparación mecánica alcance todas las superficies, debido a la complejidad de la anatomía intraradicular como lo son los: deltas apicales , conductos accesorios, conductos laterales , curvaturas , istmo, conductos ovoides y conductos en C ,en los cuales la preparación mecánica deja remanentes bacterianos y de pulpa dental (Peters, 2004, Siqueira Junior et al., 2018, Sousa-Neto et al., 2018) .

Las principales razones del fracaso de la terapia endodóntica es la no localización de un conducto radicular 19.7% y las complejidades anatómicas 8.7% (Song et al., 2011), por lo tanto, es necesario que el odontólogo conozca la anatomía interna del conducto radicular y sus complejidades (Vertucci, 1984).

1.1.2 Primer Molar Superior

El primer molar superior es uno de los primeros dientes permanentes en la arcada en erupción en ambos sexos (Verma et al., 2017) y uno de los dientes con mayor índice de caries por lo cual entonces posee una mayor incidencia de tratamientos de conducto (Demirci et al., 2010), además de poseer un gran volumen por lo cual presenta una anatomía intraradicular compleja (Degerness & Bowles, 2010), aunque esto puede variar dependiendo de su etnia y morfología. (Cantatore et al., 2006).

Este diente por lo general presenta una configuración típica de 3 raíces (una raíz mesial, una raíz distal y una palatina) totalmente definidas en un 96.2% de la mayoría de los casos, dos raíces en un 3.8%, y la incidencia de una raíz o cuatro raíces se lo define como un caso muy raro de encontrar (Cantatore et al., 2006).

La prevalencia a nivel de conductos en la raíz mesial presenta un conducto mesiovestibular y una alta tasa de un segundo conducto mesiopalatino entre un 30.9%–96.7% (Martins et al., 2019), la raíz distal presenta un conducto único en el 99.8% y el conducto palatino igualmente presentando un conducto único en un 97.83%. (Barbhai et al., 2022).

La prevalencia de configuración intraconducto en base a la clasificación de Vertucci se hace más compleja en la raíz mesial. El conducto mesiovestibular presenta una clasificación de Vertucci tipo I siendo esta la más frecuente en un 33.29%, seguida por el tipo II y tipo IV con un 27.18% y 26.36% respectivamente. El conducto mesiopalatino presenta un Vertucci tipo II en un 37.4% siendo el más frecuente, seguido por el tipo IV y el tipo I con un 22.9% y 20.3%, respectivamente. EL conducto distovestibular y el conducto palatino presenta una tasa elevada en base a la clasificación de Vertucci tipo I en un 97% en ambas raíces (Barbhai et al., 2022).

Sin embargo, la raíz mesiobucal vista desde imágenes con Micro-CT (Microcomputed tomography) se hace imposible de clasificar, por lo que la clasificación de Vertucci quedaría inutilizable debido que la mayoría de las clasificaciones vistas con Micro-CT en el estudio de Kim et al 2012 son tipos 1–3, 2–3–2–3–2, y 2–3–4–3–2, por lo que se debe proponer una nueva clasificación para identificar mejor estas anatomías irregulares (Kim et al., 2013).

1.3 Introducción al NiTi

La instrumentación mecánica ha jugado un papel importante en el tratamiento endodóntico en las últimas 2 décadas con la introducción del NiTi (Níquel – Titanio), ya que nos ha facilitado la limpieza y conformación del conducto radicular de una manera más sencilla (Shen et al., 2013).

La introducción del NiTi surgió en el año 1959 por William J. Buehler un metalúrgico de la marina naval estadounidense que fusiono los 2 principales componentes del NiTi (55% Níquel – 45% Titanio) formando un material con características de memoria de forma y superelásticos (Buehler and Wang, 1968, Zanza et al., 2021).

En principio este material fue usado por la marina estadounidense, hasta su introducción en ciencias médicas. Fue introducido en 1988 por Walia y cols en el art “An Initial Investigation of the Bending and Torsional Properties of Nitinol Root Canal Files” como una revolución en la instrumentación endodóntica, demostrando varias ventajas sobre las limas de acero inoxidable (Walia, Brantley and Gerstein, 1988) (Zanza et al., 2021)

Las ventajas del uso de esta aleación residen en sus propiedades biológicas y mecánicas haciéndolas más apropiadas para la elaboración de instrumentos rotatorios debido a su superelasticidad debido que son de 2 a 3 veces más flexibles que una lima de acero inoxidable, capaz de precurvar una lima #15 en una manera que generalmente favorezca la instrumentación en un conducto curvo (Walia et al., 1988).

Otras ventajas que se suman es que son más resistentes a la fractura en torsión horaria y antihoraria, son biocompatibles, tienen resistencia a la corrosión, y presentan memoria de forma (Buehler and Wang, 1968, Speck and Fraker, 1980, Walia et al., 1988).

Sin embargo, los cambios en su memoria de forma variarán en base a la temperatura y estas se basarán en sus 3 fases cristalográficas (austenita, martensita y fase r) (Shen et al., 2013, Tabassum et al., 2019, Zanza et al., 2021).

Cuando el NiTi en fase martensítica alcanza altas temperaturas, este comenzará a transformarse en fase austenítica. La temperatura en la que se inicia este proceso cristalográfico se conoce temperatura de inicio de transformación austenítica, mientras que la temperatura en la que se completa se denomina temperatura de finalización austenítica. Esto implica que a esta temperatura y por encima de ella, el material ha finalizado su transformación de memoria de forma y mostrará sus características superelásticas (K. Otsuka 1999, Shen et al., 2013).

Sin embargo, cuando el NiTi en fase austenítica alcanza temperaturas bajas, este comenzara a transformarse en martensita. La temperatura en la cual este fenómeno se inicia se conoce como temperatura de inicio de la transformación martensítica. Asimismo, la temperatura a la cual la martensita se convierte completamente en austenita nuevamente se denomina temperatura final de transformación de la martensita (K. Otsuka 1999, Shen et al., 2013).

Dando como resultado que las limas NiTi de aleación convencional se van a encontrar en fase austenítica durante su uso clínico, a diferencia cuando el material está en su forma de martensítica, este será suave y dúctil por lo cual podrá deformarse con facilidad (Shen et al., 2013).

1.4. Aleaciones

La mayoría de las casas comerciales juegan con sus aleaciones, modificando en si varias de las fases cristalográficas del NiTi obteniendo varios resultados a lo largo del tiempo. La mayoría inducen el cambio en la fase R, justo en la fase intermedia de pasar de austenita a martensita, donde el tratamiento térmico mantiene una estructura cristalográfica que genera una mayor resistencia a la fatiga

cíclica y a la torsión. Las casas comerciales han desarrollado Ni Ti superelásticos con un tratamiento térmico de calor en sus fases, donde mantienen la fase martensítica más estable en diferentes condiciones clínicas. Existen aleaciones disponibles como el M-Wire, Fase-R, CM-Wire, Aleación Gold- Blue y aleación Max-Wire (Tabassum et al., 2019).

La aleación M-Wire se introdujo en el año 2007, es una aleación Ni Ti que contiene 3 fases, la fase martensita, fase-R y austenita. Esta aleación de NiTi se mantiene estable a temperatura corporal y denotan ser más rígidas con una memoria de forma mayor (Gambarini et al., 2008, Tabassum et al., 2019).

La aleación Fase-R o pre martensítica se introdujo poco después de la salida de la aleación M-wire en el año 2008, esta aleación contiene una fase cristalina que ocurre a lo largo de un rango de temperatura en el enfriamiento o calentamiento entre las formas de martensita y austenita. Estos instrumentos se encuentran elaborados bajo el método twisting (torsión) estos instrumentos a diferencia de los M-wire, poseen una mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica pero una baja resistencia a la torsión (Tabassum et al., 2019, Antonis Chaniotis et al 2022).

La aleación CM-Wire (Control memory) se introdujo en el año 2010 es la primera aleación tratada termodinámicamente que no posee propiedades superelásticas como las anteriores y posee un contenido de níquel más bajo 52%, esta baja de níquel en la aleación denota que el instrumento sea más flexible. Esta aleación puede deformarse debido a la reorientación de las variantes de martensita, debido a ello estas aleaciones no tienden a regresar a su estado original al 100% lo cual le da un aumento significativo a la fatiga cíclica. Su forma austenita estaba al mismo nivel de la temperatura corporal, poseen forma más martensítica que austenítica con una temperatura de los 31 grados centígrados. (Shen et al., 2013, Tabassum et al., 2019).

Las aleaciones Gold-Blue, son instrumentos que exhiben un efecto de memoria de forma controlado, las diferencias entre el CM-Wire y estas aleaciones, es que estas pasan a ser talladas (grinding) antes de pasar por un tratamiento térmico, posterior al mecanizado. Estos poseen ese color debido a una oxidación del titanio mediante inducción térmica (Plotino et al., 2014, Gavini et al. 2018).

La aleación Max-Wire (Martensita-austenita-electro pulido flex) es una aleación Ni Ti tratada termo-mecánicamente, en estas aleaciones combinan la superplasticidad con el control de memoria de forma. Estos instrumentos son rectos en su fase martensítica en temperatura ambiente, y estos cambian de forma al estar sometidos dentro del conducto radicular. Estos instrumentos revelaron un incremento aun mayor a la fatiga cíclica comparándolos con las aleaciones descritas anteriormente. Los únicos 2 instrumentos que poseen estas aleaciones Max-Wire son de la casa FKG (La Chaux-de-Fonds, Switzerland) siendo los sistemas rotatorios Xp-endo Shaper y Xp-endo Finisher. (Zupanc et al., 2018).

1.5 RaceEvo y Slim Shaper

En base a lo anterior descrito nos decantamos en el uso de 2 sistemas instrumentos rotatorios mínimamente invasivos con aleaciones más flexibles. Uno de estos instrumentos son de la casa comercial FKG RaceEvo (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) **Fig.1** que denotan un tratamiento térmico electropulido distintivo que le da una coloración azul. Presenta una secuencia básica del 4% (RE1 15.04-RE2 25.04-RE4 30.04) con una sección de corte transversal de tipo triangular con punta redondeada, además de poseer un MFD (Maximum Flute Diameter) variable menor a 1 mm con velocidades recomendadas por la misma casa de 800-1000rpm con un torque de 1.5 N/cm (Basturk et al., 2022).

El segundo instrumento rotatorio que se procedió a usar es de la casa Zarc (Zarc4Endo Gijón, Asturias) **Fig. 2** Slim Shaper con tres aleaciones Gold, Pink y Blue con una secuencia básica del 4% (ZS1 15.06- ZS2 20.03- ZS3 25.03) con un MFD de 0.84mm con velocidades recomendadas por la misma casa de 500rpm con un torque de 3 N/cm (Zarc4endo 2022).



Fig.1 Secuencia básica Race Evo. Fuente FKG Iberia



Fig.2 Secuencia básica Slim Shaper. Fuente Zarc4endo

1.6 Accidentes durante la instrumentación

Existen diferentes tipos de accidentes que pueden ocurrir durante la instrumentación rotatoria y esto puede depender de la experiencia del operador como del tipo de aleación empleada para dicho caso, estos accidentes se pueden clasificar en transporte de conductos, formación de escalones, sobreinstrumentación, habilidad del instrumento en mantener centrada la instrumentación, y separación de instrumentos (Madarati., 2019).

La experiencia del operador es algo a tomar en cuenta, debido que conocerá mejor la anatomía interna y sabrá cuando descartar el instrumento rotatorio dependiendo de sus usos, y cuando usar uno nuevo, evitando en mayor parte la separación de un instrumento rotatorio dentro del conducto tanto como por torsión y por fatiga cíclica (Madarati., 2019).

La formación de escalones es causada por una instrumentación rotatoria excesiva contra la pared externa del conducto justo después de una curvatura. Esto puede atribuirse a una apertura inadecuada del conducto, déficit de ensanchamiento coronal o un incorrecto glidepath (Bhuva et al., 2020).

También al no tener control de la anatomía interna del conducto radicular podemos crear un transporte apical sobreinstrumentando el sistema de conductos. El transporte apical se encuentra definido como la remoción de dentina en su cara externa de la curvatura en la mitad apical y de la pared interna de la curvatura en la mitad coronal del conducto radicular lo que afecta el pronóstico a largo plazo del tratamiento de conducto radicular (Saberri et al., 2018).

El transporte apical se puede clasificar en 3 tipos:

Tipo 1: Representar un movimiento menor de la posición del foramen fisiológico.

Tipo 2: Representa un movimiento moderado de la posición del foramen fisiológico

Tipo 3: Describe un desplazamiento severo de la posición normal del conducto (Mantri et al., 2012).

2.- Justificación

La instrumentación es uno de los pasos iniciales del tratamiento endodóntico donde conllevará a una conformación de los conductos radiculares permitiendo el paso de los irrigantes al interior del sistema de conductos el cual tendrá como objetivo eliminar tejido vital, tejido necrótico y detritus formados durante la instrumentación.

En la actualidad existen diferentes casas comerciales que poseen sistemas de bajas conicidades con diferentes tipos de indicaciones, tratamientos térmicos y secciones lo cual hace que existan diferencias entre todos los sistemas. Sin embargo, en la literatura disponible existen pocos artículos que comparan dos instrumentos mínimamente invasivos de varias aleaciones sometiéndolos a grandes angulaciones.

La anatomía interna dentaria sin embargo posee muchas variabilidades por lo cual existen pocos estudios publicados sobre la influencia de la instrumentación mínimamente invasiva en curvaturas mayores de 40°. Esto se debe a lo complejo de encontrar y estandarizar este tipo de angulaciones. Por otro lado, la mayoría de los estudios publicados utilizan raíces de primero molares inferiores en ángulos de curvatura menor a 40° esto se debe a que es complejo obtener muestras mayores a 40° en raíces mesiovestibulares de primeros molares inferiores con configuración de Vertucci IV.

El primero molar inferior al ser uno de los primeros dientes en erupcionar, ha sido motivo de varios estudios sobre instrumentación, sin embargo, el primer molar superior posee pocos estudios de instrumentación y sobre todo con instrumentación mínimamente invasiva, siendo este diente uno de los principales en fracasar endodónticamente debido a su variabilidad anatómica y amplias angulaciones.

3.- Objetivos:

Analizar la influencia de la instrumentación de los sistemas Race Evo y Slim Shaper sobre:

- La habilidad de la lima en mantener la centralidad dentro del conducto
- El transporte
- Aumento de volumen post-instrumentación

4.- Material y Método:

El presente trabajo de investigación es de diseño ex vivo y se encuentra aprobado por el comité de ética de investigación de la Universidad Europea de Madrid. El procedimiento de cálculo muestral se realizó mediante el software estadístico G*Power versión 3.1.9.7 (Franz Faul, Universität Kiel, Germany) mediante la prueba de dos muestras independientes a 2 colas con un tamaño de efecto $D= 1.4$ a un 0.80% de intervalo de confianza con un 0.5% de probabilidad de error, asumiendo que la desviación estándar común es de 1.3 con un estimado de tasa de pérdidas de seguimiento del 0%, lo cual dio como resultado un total de 20 muestras divididas en 2 grupos de 10 cada una.

Las muestras recolectadas fueron 50 dientes humanos permanentes y totalmente formados, los cuales previamente fueron lavadas con solución salina y almacenadas en un envase con una solución de 0.1% de timol.

En base a la muestra recolectada fueron aplicados los siguientes criterios de inclusión

- Raíces mesiovestibulares de primeros molares superiores
- Curvatura del conducto entre 35°-55°.

Los criterios de exclusión aplicados fueron los siguientes:

- Caries radicular.
- Reabsorciones externas e internas.
- Dientes fisurados.

4.1 Análisis de Curvatura y Estandarización de la muestra

Para el descarte de la muestra en base a la curvatura radicular se realizó mediante tomografía computarizada de haz cónico (Carestream 9600 - Rochester, Nueva York, Estados Unidos) bajo una resolución de 8x5 cm (120 kV- 8 mA- 1245 mGy.cm.cm). Las muestras se separaron en grupos de 5, colocándolas sobre una superficie circular relleno en su interior de polivinilsiloxano (Zhermack Elite HD+) **Fig. 3.** para evitar la movilidad de estas durante el escaneo. Posteriormente el análisis de radio y curvatura se la realizo bajo la metodología del artículo de Schneider et al., 1971 con el programa informático AutoCAD (Autodesk - San Rafael California, U.S.A) **Fig. 4.**



Fig.3 Separación de muestras y colocación sobre superficie circular rellana con polivinilsiloxano. Fuente El Autor

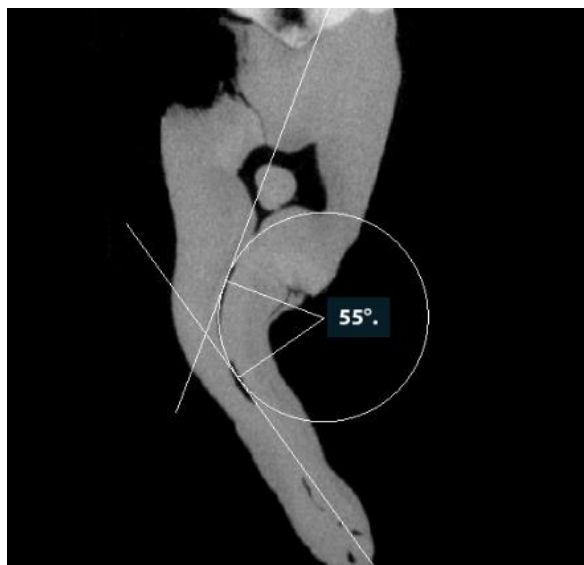


Fig.4 Análisis de ángulos y radios de curvatura bajo la metodología de Schneider. Fuente El Autor

Para la estandarización de las longitudes radiculares se decoronó con un disco de diamante (Disco 945B.104. de diamante - Komet) los primeros molares inferiores para eliminar la variable de apertura y establecer una longitud radicular de 15mm en la raíz mesial. Solo se usó la raíz mesiovestibular.

4.2 Escaneado Pre-instrumentación:

Una vez decoronado y seccionadas las raíces mesiovestibulares del primer molar superior se procedió a separar las muestras en 2 grupos de 10 estratificando las angulaciones de las raíces mesiovestibulares, agrupándolas en base a su angulación y anatomía similar. Una vez estratificadas las muestras se las separa en dos grupos, el primer grupo el cual se instrumentó con el sistema de Race Evo de FKG (Grupo RE) y el segundo grupo el cual se instrumentó con el sistema Slim Shaper + Apical Shaper de la casa dental ZARC (Grupo SS). Una vez separadas las muestras se procedió a realizar el escaneo pre-instrumentación. El escaneo se realizó mediante micro-CT **Fig.5** (XT-H-160; Nikon, Leuven, Bélgica) con un vóxel isotrópico de 20 μm . **Fig.6**

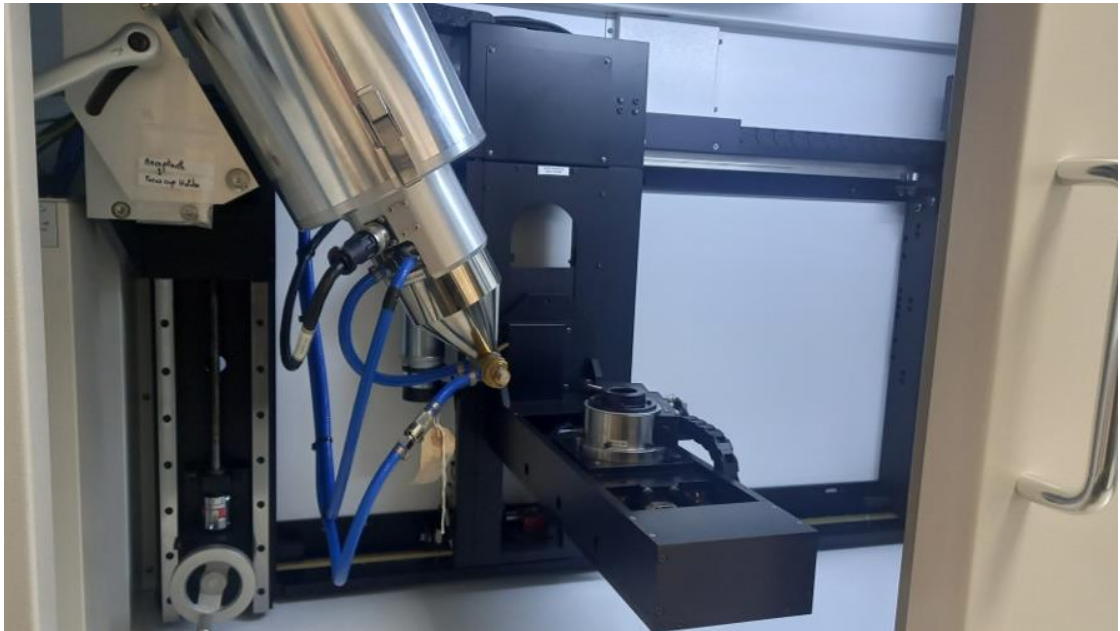


Fig.5 XT-H-160; Nikon, Museo de Ciencias Naturales Madrid. Fuente El Autor

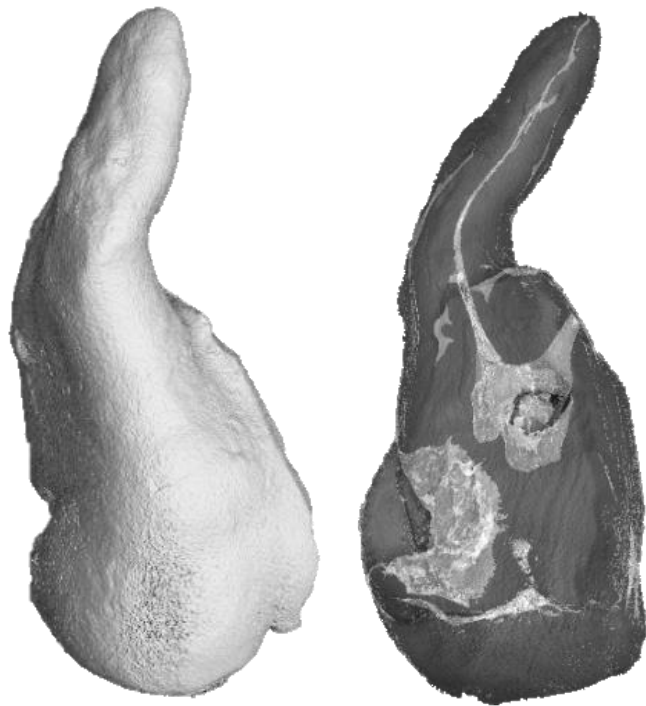


Fig.6 Escaneado Pre-instrumentación visualización con software myVGL. Fuente El Autor

4.3 Instrumentación:

Una vez teniendo registro del escaneo previo de los 2 grupos, con una lima del #10 de 21mm (Dentsply Maillefer 897-3088) se inició la permeabilización de los conductos radiculares hasta el foramen apical, encontrando patency en cada uno de ellos. La longitud de trabajo se la determinó bajo microscopía (Microscopio CJ Optik 35614 Asslar/Werdorf Germany) llevando una lima del #10 de 21mm hasta el foramen y reduciendo a esa medida 0.5mm con una regla milimetrada (Endoblock - Dentsply Maillefer). **Fig 7**

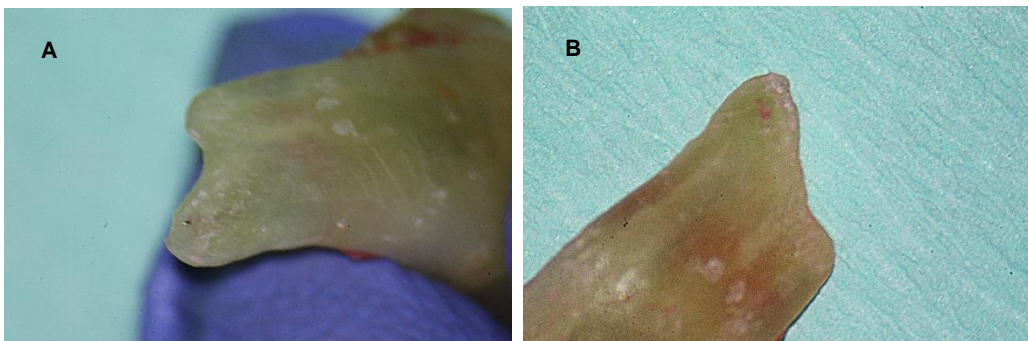


Fig.7 Toma de longitudes de trabajo A. Lima #10 en el foramen, B. Reducción de 0,5mm usando regla milimetrada

En el grupo RE se procedió a instrumentar los conductos mesiovestibulares con la secuencia 15/04, 20/04, 25/04 y 30/04 mediante el motor X-Smart Plus (Dentsply Maillefer) con revoluciones de 800 rpm a un torque de 1,5 N/cm tal como indica la casa comercial.

En el grupo de SS se procedió a instrumentar los conductos mesiovestibulares con la secuencia completa de Slim Shaper ZS1 15/06 – ZS2 20/03 - ZS3 25/04 y finalizando con el sistema Apical Shaper Z30 30/03 mediante el motor X-Smart Plus (Dentsply Maillefer) con revoluciones de 500rpm a un torque de 3 N/cm tal como indica la casa comercial.

En ambos grupos se realizó el protocolo de irrigación con hipoclorito de Sodio (NaOCl) al 5.25% con una jeringa Monoject de 3ml con punta 30G de salida lateral entre cada lima rotatoria a -2mm de la longitud de trabajo o del punto donde quedara encajada, realizando movimientos corono apicales de 3-4mm **Fig 8**.

El protocolo final de irrigación se realizó con 3ml de NaOCl al 5.25 %, 1ml de EDTA (Ácido Etilendiaminotetraacético) al 17%, y 3ml de NaOCl 5.25 % por conducto, todos ellos activados ultrasónicamente con el sistema Woodpecker Endo 1 (Guilin Woodpecker Medical Instrument Co. Ltd.) con la punta ED93 (Guilin Woodpecker Medical Instrument Co. Ltd.) a -2mm de longitud de trabajo en intervalos de 30 segundos entre cada irrigante a una longitud de onda de 45khz.

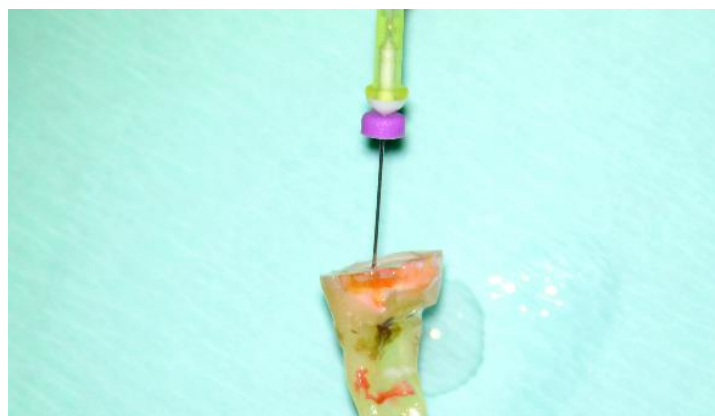


Fig.8 Irrigación con Hipoclorito de sodio con punta 30g de salida lateral. Fuente El Autor

Una vez realizado el protocolo de irrigación final, fueron secadas las muestras con puntas de papel del 30 y conservadas en solución salina para proceder a realizar el escaneo post-instrumentación.

4.4 Micro-CT evaluaciones

Se procedió a realizar un segundo escaneado post-instrumentación a los 2 grupos, una vez escaneados, las imágenes fueron reconstruidas volumétricamente mediante el software myVGL (Hockenheimring, Germany). **Fig 9**

Para la evaluación del aumento de volumen al interior del conducto se analizó mediante el software 3D Slicer (NA-MIC, NAC, BIRN, NCIGT and the Slicer Community). El parámetro aumento de volumen y área de superficie se calculó analizando los segmentos dentro del conducto, estos fueron medidos con una longitud de 10mm y calculados con el plugin segment statistics que incluye el software 3D Slicer. **Fig 10**

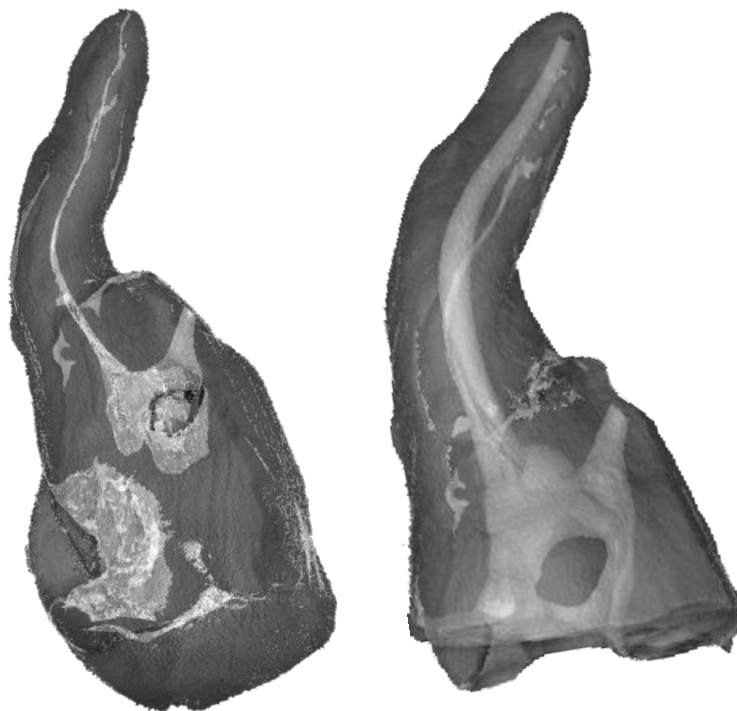


Fig.9 Escaneado Pre-instrumentación y Post-instrumentación visualización con software myVGL. Fuente
El Autor

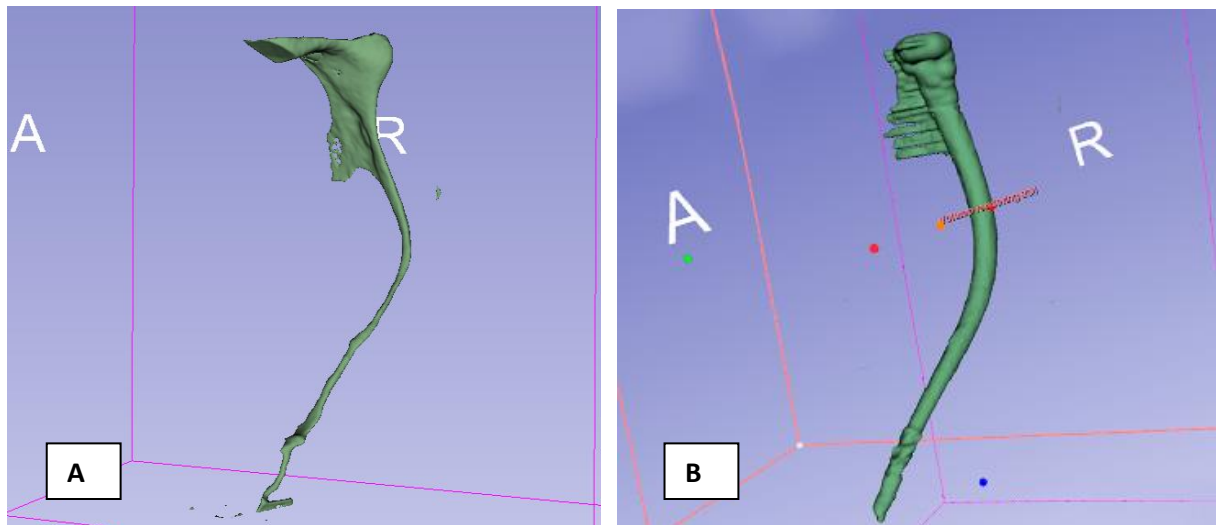


Fig 10. Reconstrucción de imágenes mediante software 3D Slicer. A. Pre-instrumentación B. Post-instrumentación

Para determinar la variable de centralidad y transporte del conducto se procedió a utilizar la técnica propuesta por Gambill et al (1996), la cual consiste en comparar las imágenes del escaneado inicial y el escaneado post-instrumentación a diferentes niveles del conducto radicular (1mm-3mm-5mm-7mm-9mm). Esto se logró midiendo la distancia más corta desde el borde del conducto al borde del diente en sentido mesial y distal.

El cálculo del transporte (T) se realizó mediante la formula $T: (X1-X2) - (Y1-Y2)$ **Fig 11.**, la cual X1 es representada como la distancia más corta desde la cara mesial de la raíz a la periferia del canal pre-instrumentado. X2 es la distancia más corta desde la cara mesial de la raíz a la periferia del canal post-instrumentado. Y1 es la distancia más corta desde la cara distal de la raíz a la periferia del canal pre-instrumentado y Y2 es la distancia más corta desde la cara distal de la raíz a la periferia del canal post-instrumentado (Gambill et al., 1996).

Basada en la formula si el resultado da como referencia T:0 indica que no existe transporte, sin embargo, si indica un resultado positivo indicaría un transporte hacia la cara mesial de la raíz, y si indica un resultado negativo indicaría un transporte hacia la cara distal de la raíz (Furca) (Gambill et al., 1996). Para el cálculo de centralidad (C) se utilizó la siguiente formula $C: (X1-X2) / (Y1-Y2)$ if $(Y1-Y2) > (X1-X2)$ o $C: (Y1-Y2) / (X1-X2)$ if $(X1-X2) > (Y1-Y2)$, en la cual si C:1 nos indicaría una centralidad perfecta y si el resultado llegara a ser más cercano a cero nos indicara una peor habilidad de centrado (Gambill et al., 1996).

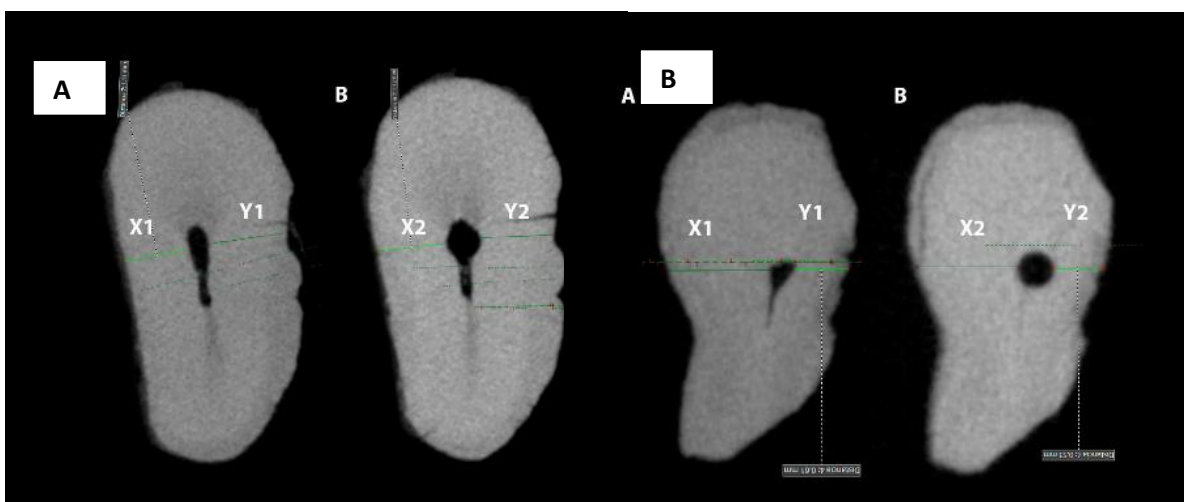


Fig.11 A. Imagen MicroCT pre-instrumentación con puntos X1-Y1 para determinación de centralidad y transporte, B. Imagen MicroCT post-instrumentación con puntos X2-Y2 para determinación de centralidad y transporte. Fuente El Autor

4.5 Análisis Estadístico

Los datos descriptivos se presentaron utilizando las medias y desviaciones estándar. Los datos de centralidad y transporte fueron analizados bajo la prueba t-Student para dos muestras emparejadas con un riesgo alfa de 0.05 para determinar una significancia estadística. Las diferencias de datos de volumen y área de superficie en el análisis de datos pre-instrumentación y post-instrumentación se lo determino con la prueba de análisis de varianza (ANOVA) de dos factores con varias muestras por grupo. Todos los análisis se realizaron con el software informático JASP 0.17.21 (University of Amsterdam) y Microsoft Excel 365 (Microsoft Corporation).

5.- Resultados

5.1 Volumen y Área de Superficie

Todos los resultados en base al aumento de volumen (mm³) y área de superficie (mm²) se encuentran representados en la **Tabla 1**. No se encontraron diferencias significativas entre el Grupo SS y el Grupo RE (P > .05) en base al aumento de volumen (mm³) y área de superficie.

Tabla 1. DATOS	MUESTRA	SS	RE
Volumen [mm ³]	Pre-instrumentación	2,6 ± 1,5	4,4 ± 2,0
	Post-instrumentación	3,8 ± 1,2	5,8 ± 2,2
	p valor *	0,0002079	0,0001311
Área de Superficie [mm ²]	Pre-instrumentación	27.4 ± 11.6	38,4 ± 12
	Post-instrumentación	32.1 ± 24	41,4 ± 14,7
	p valor *	0,4474291	0,2791566

Tabla 1. Medias de volumen y área de superficie pre-instrumentación y post-instrumentación

5.2 Centralidad y Transporte

En base a los resultados recolectados el Grupo SS en la habilidad de mantener centrada la instrumentación a través de todo el conducto mostró una mayor capacidad de centrado (0,42 ± 0,22) en comparación al Grupo RE (0,29 ± 0,14), sin embargo, la comparación de estos resultados no es estadísticamente significativos (p = 0.18) **Tabla 2**.

En las medidas obtenidas del transporte el Grupo RE obtuvo una diferencia mínima de transporte a través de todo el conducto (-0,13 ± 0,03) en comparación al Grupo SS (-0,16 ± 0,08), sin embargo, la comparación de estos resultados no denota un cambio estadísticamente significativo (p = 0.40) **Tabla 3**.

En las mediciones a través de todo el conducto a diferentes niveles tanto de centralidad y transporte el Grupo SS obtuvo solamente un cambio estadísticamente significativo en mantener centrada la instrumentación siendo este a los 3mm a nivel apical ($p = 0.01$), sin embargo, a los demás niveles no existió un cambio estadísticamente significativo. El valor más alto de transporte en todos los niveles fue en el último milímetro a nivel apical del Grupo SS ($-0,22 \pm 0,28$) no obstante estadísticamente comparando al mismo nivel con el Grupo RE $-0,13 \pm 0,11$ no arrojó un cambio estadístico significativo ($p = 0.24$) **Tabla 4.**

Tabla 2. Centrado - Media

Grupos	Media \pm SD	p valor *
RE	$0,29 \pm 0,14$	0,18
SS	$0,42 \pm 0,22$	

Tabla 2. Medias de centrado de Grupo RE y Grupo SS . SD (Desviacion estándar) (p valor: 0.18)

Tabla 3. Transporte - Media

Grupos	Media \pm SD	p valor *
RE	$-0,13 \pm 0,03$	0,40
SS	$-0,16 \pm 0,08$	

Tabla 3. Medias de transporte de Grupo RE y Grupo SS . SD (Desviacion estándar) (p valor: 0.40)

Distancia del ápice (mm)

Tabla 4. Media

Nivel	Evaluación	RE	SS	p valor *
1mm	Centralidad	$0,20 \pm 0,24$	$0,08 \pm 0,10$	0,25
	Transporte	$-0,13 \pm 0,11$	$-0,22 \pm 0,28$	0,24
3mm	Centralidad	$0,17 \pm 0,20$	$0,59 \pm 0,30$	0,01
	Transporte	$0,16 \pm 0,17$	$-0,08 \pm 0,06$	0,14
5mm	Centralidad	$0,26 \pm 0,28$	$0,40 \pm 0,25$	0,20
	Transporte	$0,09 \pm 0,10$	$0,19 \pm 0,14$	0,17
7mm	Centralidad	$0,52 \pm 0,34$	$0,63 \pm 0,55$	0,63
	Transporte	$-0,09 \pm 0,10$	$-0,16 \pm 0,18$	0,42
9mm	Centralidad	$0,28 \pm 0,25$	$0,43 \pm 0,26$	0,31
	Transporte	$-0,17 \pm 0,15$	$0,16 \pm 0,12$	0,90

Tabla 4. Medias a cada nivel de centrado y transporte de Grupo RE y Grupo SS . SD (Desviacion estándar)

6.- Discusión

6.1 Discusión de la Metodología

A lo largo de los tiempos han existido distintas maneras de medir el ángulo radicular, los efectos que la instrumentación producía sobre estos y lo que consideramos más importante, la estandarización de las muestras que permitan comparar los resultados y sacar conclusiones importantes.

En este trabajo de investigación se descartó el uso de radiografía convencional debido a la limitación derivada de su bidimensionalidad. Weine et al. (1975) en su estudio sobre instrumentación únicamente pudo ver los efectos de la instrumentación manual sobre el ángulo radicular en un solo plano del espacio, a diferencia de nuestro trabajo, donde como veremos más adelante, el análisis tridimensional permite ser más fidedigno en la toma de medidas.

Otra forma que nos hemos encontrado revisando la literatura fue el uso de la tomografía computacional de haz cónico (CBCT), para comparar la instrumentación, centralidad y transporte. Con este análisis, Gambill et al. 1996 a diferencia de su predecesor Weine, conseguían analizar en más planos la preparación mecánica del sistema de conductos. Sin embargo, la poca resolución de las imágenes y el tamaño del vóxel limita la visualización, impidiendo el máximo detalle las estructuras anatómicas.

Nos decantamos finalmente en nuestro trabajo por el uso de la MicroCT, debido a que es una herramienta no invasiva, no destructiva y de alta resolución, permitiendo, gracias al tamaño del vóxel, una reconstrucción tridimensional, permitiendo una visualización con el mínimo detalle, analizando todas las estructuras internas y externas, a diferencia de las anteriormente comentadas (radiología convencional y CBCT). Como inconveniente de esta técnica tenemos el alto precio y el tiempo requerido para llevar a cabo los análisis.

Se omitió el uso de bloques de metacrilato para estandarizar la muestra debido a que en algunos estudios tales como los de Thompson & Dummer 1997, Smith & Edmunds 1997, ya habían demostrado desde hace algún tiempo que estos materiales sufren cambios térmicos al momento de utilizar instrumentación mecanizada y los resultados no son exactos y extrapolables a la clínica, por lo cual optamos por realizar el trabajo en dientes humanos recién extraídos.

Las muestras recopiladas fueron únicamente primeros molares maxilares, debido a que es uno de los primeros dientes permanentes en erupcionar y es uno de los dientes donde se realizan mayor número de tratamiento de conductos. Seleccionamos la raíz mesiovestibular del primer molar maxilar únicamente debido a que la angulación que presenta esta raíz es más amplia. Atendiendo al trabajo de Lee et al. 2006 se vio que en el 63% de los casos existía una mayor angulación radicular en comparación con las otras raíces presentes en este mismo diente.

En la revisión de la literatura disponible sobre el análisis de raíces mesiovestibulares de primeros molares maxilares mediante Micro-CT la mayoría de los artículos utilizaron una media de entre 10°-40° (Ahmetoglu et al., 2015; Alovise et al., 2022, 2017; Ikogou et al., 2023; Pasqualini et al., 2015, 2012; van der Vyver et al., 2019; Xu et al., 2021; Zhang et al., 2021; Zhao et al., 2013). Los ángulos de curvatura que se analizaron en el presente estudio fueron de entre 35°-55° debido que son ángulos de moderada y de alta dificultad atendiendo a las guías del artículo de Essam et al. (2021) (E-CAT), lo cual lo hace ideal para analizar las nuevas aleaciones mínimamente invasivas y como estas reaccionan a angulaciones radiculares moderadas y severas.

Se descartó analizar la variable de microcracks apicales debido que en base al artículo de DeDeus et al., (2019) la presencia de estos no dependerá de la instrumentación como tal, sino que dependerá de cómo se extrajo el diente y como se conserva previo a la instrumentación.

La mayoría de los artículos como los de Ahmetoglu et al., 2015; Alovisei et al., 2022, 2017; Ikogou et al., 2023; Pasqualini et al., 2015, 2012; van der Vyver et al., 2019; Xu et al., 2021; Zhang et al., 2021; Zhao et al., 2013, Peters et al., 2015, Peters et al., 2003 y Caviedes-Bucheli et al., 2021, no analizaban todo el conducto, en su caso siempre las mediciones eran 3mm, 5mm y 7mm al interior del conducto, en nuestro caso se midió a todos los niveles tanto a 1mm-3mm-5mm-7mm y 9mm de distancia del ápice. Además, se le agregó las variables como la influencia de la instrumentación mínimamente invasiva en la dentina pericervical, transporte y centralidad, incidiendo como la instrumentación mínimamente invasiva tiene sobre la morfología interna a través de todo el conducto tanto como en la parte coronal como en la apical.

Los instrumentos rotatorios que se usaron en el estudio fueron 2 instrumentos mínimamente invasivos actuales de la casa Fkg (Race Evo) y Zarc (Slim Shaper), estos se usan a diferentes revoluciones por minuto, diferente torque, diferente secuencia básica lo que produce una limitación al momento de estandarizar la instrumentación. Sin embargo, poseen conicidades similares, MFD reducido, sección de corte transversal, punta no activa y aleaciones flexibles, aunque estas aleaciones y tratamientos térmicos varían entre una casa y otra, nos ayudaran a saber si estas mantienen su centralidad dentro del conducto radicular y cuales respetan más su anatomía interna indicándonos si varios tratamientos térmicos en un sistema nos ayudan a mantener mejor la centralidad o si solamente un solo tratamiento térmico es necesario para hacerlo.

Por lo cual nos decantamos en estandarizar su instrumentación agregando una lima adicional a cada sistema, debido que en la revisión sistemática de (Aminoshariae and Kulild, 2018) nos indica que en la mayoría de los estudios recolectados recomiendan un tamaño mínimo apical superior al #30 logrando una limpieza efectiva químico-mecánica. Además que en el sistema Race Evo en comparación con el sistema Slim Shaper falta una lima intermedia del 20/04, y en Slim Shaper ocurre algo similar, lo cual se agregó una lima de finalización 30/03 tal como lo realizó el artículo de Aazzouzi-Raiss et al., (2023) agregando un instrumento rotatorio de finalización de la misma casa comercial ZARC llamado

Apical Shaper, debido que su secuencia básica concluye hasta el 25/04, tratando de mantener lo más estable la instrumentación entre ambos sistemas.

El protocolo de irrigación puede influir en la instrumentación, sobre todo al eliminar o reducir considerablemente del interior del sistema de conductos, los chips creados durante la instrumentación. En los distintos estudios revisados, nos encontramos con autores que, evaluando la instrumentación, únicamente irrigan mediante presión positiva sin activar el irrigante (Vyver et al., 2019, Zhao et al., 2013, Alovisi et al., 2022, 2017; Pasqualini et al., 2015, 2012, Xu et al., 2021, Ikogou et al., 2023, Xu et al., 2021).

Sólo encontramos dos trabajos donde se llevó a cabo la activación de la irrigación Zhang et al., (2021) con activación ultrasónica y Ahmetoglu et al., (2015) que utilizó un sistema de irrigación continua denominado VATEA de la casa comercial Redent-Nova. En el uso de agujas de irrigación que usaron fue de un solo gauge siendo este 30G, pero de diferentes salidas, en el artículo de Ikogou et al., (2023) su aguja de irrigación es de salida lateral, (Xu et al., 2021; Zhang et al., 2021) navitip de salida frontal, (Alovisi et al., 2022, 2017; Pasqualini et al., 2015, 2012) no especificaron el tipo de salida de la aguja y por último van der Vyver et al., (2019) y Zhao et al., (2013) no colocaron que tipo de aguja usaron para irrigar.

En nuestro protocolo de irrigación nosotros al usar instrumentos mecanizados mínimamente invasivos nos decantamos en usar agujas 30G de salida lateral realizando movimientos corono-apicales entre cada instrumento rotatorio y activando los irrigantes a -2mm de la longitud de trabajo con sistemas ultrasónicos.

6.2 Discusión de los Resultados

En este trabajo de investigación realizado sobre raíces mesiovestibulares de molares superiores quisimos medir la centralidad, transporte apical, y aumento de volumen a través de todo el sistema de conductos radiculares. Sin embargo, la literatura disponible en base a los instrumentos mecanizados Race Evo y Slim Shaper es muy limitada, debido que son instrumentos relativamente nuevos, por lo cual haremos comparativas con instrumentos mínimamente invasivos de aleaciones similares y sobre todo con diferentes muestras, debido que la mayoría de los estudios se basan en primeros molares inferiores.

Existen diferencias en la literatura al momento de extrapolar los resultados de transporte apical. En la mayoría de los artículos se basan en la formula descrita por Gambill en 1996, sin embargo, omiten en su tabla de resultados la dirección del transporte, teniendo en la mayoría de las tablas signos positivos (transporte hacia mesial), no obstante, en muy pocas publicaciones colocan el signo negativo denotando transporte hacia distal.

Las muestras recopiladas en base a la instrumentación con Race Evo obtuvieron resultados similares en base a la habilidad de mantener el instrumento centrado en comparativa con el estudio de (Alqahtani and AbuMostafa, 2021). En ambos estudios la media de mantener centrada la instrumentación a través de todo el conducto se mantiene igual a los resultados obtenidos en nuestra investigación siendo la media de 0.31mm, no obstante, la media de transporte varió en el estudio de Alqahtani and AbuMostafa con el nuestro, teniendo una media de 0.03mm con transporte hacia mesial y en el nuestro -0.13mm donde el transporte nuestro más se inclinó hacia distal.

Estas diferencias pueden ocurrir debido a la diferente metodología aplicada entre ambos artículos, desde la selección de la muestra, las angulaciones radiculares, las mediciones y el protocolo de irrigación. En el protocolo de irrigación de Alqahtani and AbuMostafa se usaron agujas de 27G de salida frontolateral irrigando con un porcentaje de hipoclorito de 2.25% y usando RC Prep como lubricante sin activación del irrigante, en comparativa a nuestro protocolo usando

agujas 30G de salida lateral irrigando con hipoclorito al 5.25% y EDTA 17% todos ellos activados ultrasónicamente.

Alqahtani and AbuMostafa realizó su estudio con primeros molares inferiores y siendo más específico la raíz mesiobucal con angulaciones entre 20°-40° midiendo solamente a 3mm-5mm-7mm a nivel apical a diferencia del nuestro, donde decidimos abarcar un mayor volumen al interior del conducto desde 1mm-3mm-5mm-7mm-9mm teniendo más porcentaje de recolección de datos y mayor angulación lo cual explica la diferencia de resultados.

En la revisión de la literatura actual sobre la habilidad de mantener centrada la instrumentación y la evaluación del transporte con el sistema Slim Shaper, no se encontró resultado alguno, únicamente se logró obtener una publicación disponible con Micro-CT donde solo se evaluó solamente las paredes de dentina contactadas.

Sin embargo, existe una publicación de (Kabil *et al.*, 2021) donde utiliza un sistema mínimamente invasivo TruNatomy (Dentsply Sirona) el cual posee un tratamiento térmico gold, conicidad variable, sección de corte transversal triangular y MFD reducido lo cual lo hace similar a la primera lima del sistema Slim Shaper ZS1. Sin embargo, aunque el tratamiento térmico de la secuencia básica de instrumentación difiere, se pueden utilizar en parte los datos, al utilizar metodologías casi similares, donde (Kabil *et al.*, 2021) utilizan raíces mesiovestibulares de molares superiores y ángulos de curvatura de entre 20°-40°.

Los resultados expuestos por (Kabil *et al.*, 2021) determinaron que la instrumentación con TruNatomy mantuvo una centralidad de 0.527, en comparación con Slim Shaper + Apical Shaper donde se mantuvo una centralidad de 0.42, teniendo el resultado más cercano a 0, lo que indica peor habilidad de mantener centrada la instrumentación. Sin embargo, estos resultados difieren debido que las mediciones por (Kabil *et al.*, 2021) fueron solo a tres niveles (3mm-5mm-7mm) a través de todo el conducto a diferencia de nuestros resultados que fueron a cinco niveles (1mm-3mm-5mm-7mm-9mm) donde se obtuvo más datos sobre la centralidad del instrumento. Ambos resultados no tienen cambios estadísticamente significativos.

La media de transporte en el sistema TruNatomy sin embargo fue de -0.020 inclinándose la instrumentación más hacia sentido distal, teniendo mayor transporte a nivel de tercio coronal. En cambio, la instrumentación Slim Shaper + Apical Shaper obtuvo una media de transporte de -0.16, también inclinándose hacia sentido distal, sin embargo, el sistema TruNatomy obtuvo estadísticamente menos transporte hacia sentido distal, existiendo entre ambos sistemas un cambio estadísticamente significativo, sin embargo, como se explicó previamente, esto puede deberse a como se realizaron las mediciones entre ambos sistemas, teniendo nuestro estudio más datos recolectados a nivel de todos los tercios.

Basado en la revisión de la literatura, únicamente 3 autores han reportado la tendencia de transporte hacia distal (Camargo *et al.*, 2019, Xu *et al.*, 2021, Zhang *et al.*, 2021) a nivel de todos los tercios. En nuestro estudio en ambos grupos al igual que en los artículos anteriormente citados también ocurrió este fenómeno, esto puede ocurrir en base al diseño del instrumento tanto en tamaño como en conicidad, aleaciones, tratamientos térmicos y curvatura de la raíz. Las metodologías y muestras recolectadas entre los artículos difieren sin embargo este fenómeno se extrapola tanto en pequeñas angulaciones, dientes de acrílico, dientes humanos, e instrumentos de baja conicidad.

Xu *et al.*, 2021 en sus resultados nos indica que las aleaciones MAX-wire transportan menos el conducto hacia distal en comparación con los sistemas Wave one gold, Reciproc Blue y M3-L, no obstante, este estudio es en dientes de acrílico, donde la instrumentación mecánica puede influir en la deformación del material impreso, a diferencia de nuestras muestras que son dientes humanos, sin embargo, este fenómeno también ocurrió.

Camargo *et al.*, 2019 en su estudio nos presentó que sus tres grupos de instrumentos tenían mayor tendencia coronal y apical a inclinarse hacia distal, siendo el instrumento ProDesign R el que más transportó. Zhang *et al.*, 2021 sin embargo en todas sus preparaciones apicales, tanto de 20,25 y 30 nos demostró que tanto Hero Shaper, Hyflex CM y Protaper Universal tenían tendencia de desgaste hacia distal, sin embargo, en la preparación apical de 30 en el grupo de Protaper Universal fue la que más incidencia y desgaste obtuvo en comparación a los otros sistemas.

El aumento del volumen a través del sistema de conductos radiculares dependerá en el aumento de conicidad y calibre apical de la instrumentación mecanizada tal como lo indica el artículo de (Pérez Morales *et al.*, 2021). La instrumentación que realizó el artículo de Pérez Morales 2021 fue con el sistema TruNatomy, instrumentando su muestra de primeros molares inferiores con ángulos de curvatura de entre 10°-30° hasta un 26/04 aumentando el volumen en mm³ de 4.9mm³ a 6.5mm³ siendo un 32.65% más de aumento del volumen inicial conservando en medida la anatomía interna.

Sin embargo, este resultado vario con el nuestro, debido que en nuestra instrumentación final logramos alcanzar hasta un 30 con ángulos de curvatura amplios de 35°-55° en la raíz mesial de los primeros molares superiores. Slim Shaper+Apical Shaper obtuvo un aumento de 2.6mm³ a 3.8mm³ siendo este un aumento de un 46.15% del volumen inicial. El sistema RaceEvo en cambio obtuvo un aumento 4.4mm³ a 5.8mm³ siendo este un aumento de un 31,82% del volumen inicial, no obstante, los resultados no difieren entre unos y otros obteniendo una instrumentación mínimamente invasiva similar a la nuestra, con cambios no estadísticamente significativos.

En el artículo de (Aazzouzi-Raiss *et al.*, 2023) se instrumentó las muestras con el sistema Slim Shaper hasta 25/04 obteniendo un aumento del volumen inicial en un 55.56% y el otro grupo con Slim Shaper+Apical Shaper hasta un 40/04 aumentando el volumen inicial un 77.78%, sin embargo, estos resultados varían a los nuestros debido a la muestra que ellos usan, al ser incisivos mandibulares sin ningún tipo de angulación logrando aumentar en mayor volumen al ser un conducto recto, en comparación a nuestro estudio utilizando angulaciones de entre 35°-55° aumentando un 46.15% del volumen inicial con el sistema Shaper+Apical Shaper instrumentado hasta un 30/04.

8.- Conclusión

Conclusiones

1. El sistema Slim Shaper+Apical Shaper presentó una mayor capacidad de mantener la centralidad en comparativa al sistema Race Evo, aunque sin diferencias significativas.
2. El sistema Race Evo presentó mejores resultados de transporte en comparación a la instrumentación con Slim Shaper+Apical Shaper no obstante estos resultados no denotaron un cambio estadísticamente significativo.
3. El sistema rotatorio Race Evo conservó mejor la anatomía interna en comparación al sistema Slim Shaper + Apical Shaper que obtuvo un mayor aumento de volumen post-instrumentación, sin embargo, ambos datos de volumen post-instrumentación no exhibieron una diferencia estadísticamente significativa.

9.- Referencias Bibliográficas:

1. Aazzouzi-Raiss, K. *et al.* (2023) 'Effects of Conservative Access and Apical Enlargement on Shaping and Dentin Preservation with Traditional and Modern Instruments: A Micro-computed Tomographic Study', *Journal of Endodontics*, 49(4), pp. 430–437.
2. Ahmed, H.M.A. *et al.* (2017) 'A new system for classifying root and root canal morphology', *International Endodontic Journal*, 50(8), pp. 761–770.
3. Ahmetoglu, F. *et al.* (2015) 'Comparative evaluation of root canal preparations of maxillary first molars with self-adjusting file, reciproc single file, and revo-rotary file: A micro-computed tomography study', *Scanning*, 37(3), pp. 218–225.
4. Alovisi, M. *et al.* (2017) 'Micro-CT evaluation of several glide path techniques and ProTaper Next shaping outcomes in maxillary first molar curved canals', *International Endodontic Journal*, 50(4), pp. 387–397.
5. Alovisi, M. *et al.* (2022) 'Micro-CT evaluation of rotary and reciprocating glide path and shaping systems outcomes in maxillary molar curved canals', *Odontology*, 110(1), pp. 54–61.
6. Alqahtani, O. and AbuMostafa, A. (2021) 'Effect of Glide Path and Coronal Flaring on the Centering Ability and Transportation of Root Canals: Micro-CT In Vitro Study', *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 22(12), pp. 1471–1476.
7. Aminoshariae, A. and Kulild, J.C. (2018) 'Size of Master Apical File and Optimal Irrigation of the Apical Zone: A Systematic Review', *Iranian Endodontic Journal*, 13(4), pp. 424–437.
8. Barbhai, S. *et al.* (2022) 'Evaluation of Root Anatomy and Canal Configuration of Human Permanent Maxillary First Molar Using Cone-Beam Computed Tomography: A Systematic Review', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(16), p. 10160.
9. Basturk, F.B. *et al.* (2022) 'Mechanical Properties of the New Generation RACE EVO and R-Motion Nickel-Titanium Instruments', *Materials (Basel, Switzerland)*, 15(9), p. 3330.

10. Bhuva, B. and Ikram, O. (2020) 'Complications in Endodontics', *Primary Dental Journal*, 9(4), pp. 52–58.
11. Buehler, W.J. and Wang, F.E. (1968) 'A summary of recent research on the nitinol alloys and their potential application in ocean engineering', *Ocean Engineering*, 1(1), pp. 105–120.
12. Camargo, E.J. *et al.* (2019) 'The ability of three nickel-titanium mechanized systems to negotiate and shape MB2 canals in extracted maxillary first molars: a micro-computed tomographic study', *International Endodontic Journal*, 52(6), pp. 847–856.
13. Cantatore, G., Berutti, E. and Castellucci, A. (2006) 'Missed anatomy: frequency and clinical impact', *Endodontic Topics*, 15(1), pp. 3–31.
14. Caviedes-Bucheli, J. *et al.* (2021) 'Three-dimensional analysis of the root canal preparation with Reciproc Blue®, WaveOne Gold® and XP EndoShaper®: a new method in vivo', *BMC Oral Health*, 21(1), p. 88.
15. Chaniotis, A. and Ordinola-Zapata, R. (2022) 'Present status and future directions: Management of curved and calcified root canals', *International Endodontic Journal*, 55(S3), pp. 656–684.
16. Degerness, R.A. and Bowles, W.R. (2010) 'Dimension, anatomy and morphology of the mesiobuccal root canal system in maxillary molars', *Journal of Endodontics*, 36(6), pp. 985–989.
17. Demirci, M., Tuncer, S. and Yuceokur, A.A. (2010) 'Prevalence of Caries on Individual Tooth Surfaces and its Distribution by Age and Gender in University Clinic Patients', *European Journal of Dentistry*, 4(3), pp. 270–279.
18. Essam, O. *et al.* (2021) 'The Endodontic Complexity Assessment Tool (E-CAT): A digital form for assessing root canal treatment case difficulty', *International Endodontic Journal*, 54(7), pp. 1189–1199.
19. Gambarini, G. *et al.* (2008) 'Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel-titanium instruments produced by new manufacturing methods', *Journal of Endodontics*, 34(8), pp. 1003–1005.
20. Gambill, J.M., Alder, M. and del Rio, C.E. (1996) 'Comparison of nickel-titanium and stainless-steel hand-file instrumentation using computed tomography', *Journal of Endodontics*, 22(7), pp. 369–375.
21. Gavini, G. *et al.* (2018) 'Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art', *Brazilian Oral Research*, 32(suppl 1), p. e67.

22. Ikogou, T. *et al.* (2023) 'Shaping Ability of F6 SkyTaper®, Hyflex® EDM One File, and One Curve®: A Micro-computed Tomographic Evaluation in Curved Root Canals', *European Endodontic Journal*, 8(2), pp. 156–161.
23. Iqbal, M.K., Maggiore, F., Suh, B., Edwards, K.R., Kang, J., Kim, S., 2003. Comparison of apical transportation in four Ni-Ti rotary instrumentation techniques. *J Endod* 29, 587–591
24. Kabil, E. *et al.* (2021) 'Micro-computed Evaluation of Canal Transportation and Centering Ability of 5 Rotary and Reciprocating Systems with Different Metallurgical Properties and Surface Treatments in Curved Root Canals', *Journal of Endodontics*, 47(3), pp. 477–484.
25. Kim, Y. *et al.* (2013) 'A micro-computed tomography study of canal configuration of multiple-canal mesio Buccal root of maxillary first molar', *Clinical Oral Investigations*, 17(6), pp. 1541–1546.
26. Madarati, A.A. (2019) 'Factors influencing incidents of complications while using nickel-titanium rotary instruments for root canal treatment', *BMC Oral Health*, 19(1), p. 241.
27. Mantri, S.P. *et al.* (2012) 'Type III apical transportation of root canal', *Contemporary Clinical Dentistry*, 3(1), pp. 134–136.
28. Martins, J.N.R. *et al.* (2019) 'Prevalence Studies on Root Canal Anatomy Using Cone-beam Computed Tomographic Imaging: A Systematic Review', *Journal of Endodontics*, 45(4), pp. 372-386.e4.
29. Otsuka, K. and Wayman, C.M. (1999) *Shape Memory Materials*. Cambridge University Press.
30. Pasqualini, D. *et al.* (2012) 'Computed micro-tomographic evaluation of glide path with nickel-titanium rotary PathFile in maxillary first molars curved canals', *Journal of Endodontics*, 38(3), pp. 389–393.
31. Pasqualini, D. *et al.* (2015) 'Micro-Computed Tomography Evaluation of ProTaper Next and BioRace Shaping Outcomes in Maxillary First Molar Curved Canals', *Journal of Endodontics*, 41(10), pp. 1706–1710.
32. Peters, O.A. (2004) 'Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review', *Journal of Endodontics*, 30(8), pp. 559–567.
33. Peters, O.A., Schönenberger, K. and Laib, A. (2001) 'Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography', *International Endodontic Journal*, 34(3), pp. 221–230.

34. Plotino, G. *et al.* (2014) 'Cutting efficiency of Reciproc and waveOne reciprocating instruments', *Journal of Endodontics*, 40(8), pp. 1228–1230.
35. Pruett, J.P., Clement, D.J. and Carnes, D.L. (1997) 'Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments', *Journal of Endodontics*, 23(2), pp. 77–85.
36. Ricucci, D. and Siqueira, J.F. (2008) 'Anatomic and microbiologic challenges to achieving success with endodontic treatment: a case report', *Journal of Endodontics*, 34(10), pp. 1249–1254.
37. Saberi, E. and Aramesh, B. (2018) 'Computed tomography evaluation of root canal transportation using ProTaper, Race and Sendoline rotary systems: an ex vivo study', *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 10, pp. 93–98.
38. Schneider, S.W. (1971) 'A comparison of canal preparations in straight and curved root canals', *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 32(2), pp. 271–275.
39. Shen, Y. *et al.* (2013) 'Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments', *Journal of Endodontics*, 39(2), pp. 163–172.
40. Siqueira Junior, J.F. *et al.* (2018) 'Unprepared root canal surface areas: causes, clinical implications, and therapeutic strategies', *Brazilian Oral Research*, 32.
41. SlimShaper | Zarc4Endo' (2022)
42. Song, M. *et al.* (2011) 'Analysis of the cause of failure in nonsurgical endodontic treatment by microscopic inspection during endodontic microsurgery', *Journal of Endodontics*, 37(11), pp. 1516–1519.
43. Sousa-Neto, M.D. de *et al.* (2018) 'Root canal preparation using micro-computed tomography analysis: a literature review', *Brazilian Oral Research*, 32.
44. Speck, K.M. and Fraker, A.C. (1980) 'Anodic Polarization Behavior of Ti-Ni and Ti-6Al 1-4 V in Simulated Physiological Solutions', *Journal of Dental Research*, 59(10), pp. 1590–1595.
45. Tabassum, S., Zafar, K. and Umer, F. (2019) 'Nickel-Titanium Rotary File Systems: What's New?', *European Endodontic Journal*, 4(3), pp. 111–117.

46. van der Vyver, P. *et al.* (2019) 'Root canal preparation: A literature review and clinical case reports of available materials and techniques', *South African Dental Journal*, 74(4).
47. van der Vyver, P.J. *et al.* (2019) 'Root Canal Shaping Using Nickel Titanium, M-Wire, and Gold Wire: A Micro-computed Tomographic Comparative Study of One Shape, ProTaper Next, and WaveOne Gold Instruments in Maxillary First Molars', *Journal of Endodontics*, 45(1), pp. 62–67.
48. Verma, N. *et al.* (2017) 'Eruption Chronology in Children: A Cross-sectional Study', *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 10, pp. 278–282.
49. Versiani, M. and Keleş, A. (2019) 'Applications of Micro-CT Technology in Endodontics', in, pp. 1–31.
50. Vertucci, F.J. (1984) 'Root canal anatomy of the human permanent teeth', *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 58(5), pp. 589–599.
51. Walia, H.M., Brantley, W.A. and Gerstein, H. (1988) 'An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files', *Journal of Endodontics*, 14(7), pp. 346–351.
52. Xu, F. *et al.* (2021) 'Shaping ability of four single-file systems in the instrumentation of second mesiobuccal canals of three-dimensional printed maxillary first molars', *Annals of Translational Medicine*, 9(18), p. 1425.
53. Zanza, A. *et al.* (2021) 'An Update on Nickel-Titanium Rotary Instruments in Endodontics: Mechanical Characteristics, Testing and Future Perspective—An Overview', *Bioengineering*, 8, p. 218.
54. Zhang, Y. *et al.* (2021) 'Analysis of second mesiobuccal root canal instrumentation in maxillary first molars with three nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomographic study', *Odontology*, 109(2), pp. 496–505.
55. Zhao, D. *et al.* (2013) 'Micro-computed tomography evaluation of the preparation of mesiobuccal root canals in maxillary first molars with Hyflex CM, Twisted Files, and K3 instruments', *Journal of Endodontics*, 39(3), pp. 385–388.
56. Zupanc, J., Vahdat-Pajouh, N. and Schäfer, E. (2018) 'New thermomechanically treated NiTi alloys - a review', *International Endodontic Journal*, 51(10), pp. 1088–1103.