

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE HONDURAS “NUESTRA SEÑORA REINA DE LA PAZ”

DIRECCIÓN DE POSTGRADO E INVESTIGACIÓN



Comparación de la modificación anatómica de los conductos radiculares mesiales y distales en réplicas de dientes 3d Tooth® de molares inferiores aplicando movimientos de rotación continua vs reciprocante de limas Endostar E3 Azure Basic

Por:

Leyri Alejandra Estrada Ramírez

Asesor metodológico
Elmer Méndez

Asesor técnico
Carlos Leonardo Medina Antunez

Tegucigalpa, M.D.C.
Honduras, C.A.
1 de junio de 2026

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dra. Marleni Santos
Rectora Magnífica

Dr. Edgar Giovanni Dubon
Secretario General

Dr. Elio Misael Rapalo
Vicerrector Administrativo

Dr. Francisco Castro
Vicerrector Académico

Dr. Juan José Guifarro
Director(a) de Postgrado

AGRADECIMIENTO

A mi Padre celestial nuestro Señor Yahvé que me ha dado la sabiduría y el aliento necesario para cumplir cada meta y nunca dejarme de su mano, a mis padres Rosario Ramírez y David Estrada por su eterno apoyo y por ser el pilar más grande, a mi hermana Rocío Estrada y a mi abuela Francisca Hernández que me han impulsado a dar lo mejor cada día.

Agradezco a mis docentes que, con dedicación y empeños, me han enseñado y brindado su conocimiento a lo largo de estos años de estudio. Gracias por formar profesionales que velen por brindar la mejora atención a sus pacientes.

INDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	5
1. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.1 Situación Problemática:	8
1.2 Objetivos	9
1.3 Justificación.....	11
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	13
2.1 Endodoncia.....	14
2.2 Anatomía de conductos Radiculares	14
2.3 Ángulos, transporte del conducto, centrado y métodos de medición de modificación anatómica	19
2.4 Instrumentación.....	23
2.5 Limas Rotatorias	25
2.6 Rotación: Continua Vs. Reciprocante	28
2.7 Limas Endostar E3 Azure Basic.....	33
2.8 Réplicas de Resina 3D TOOTH® en el Estudio de la Cinemática Endodóntica	35
3. CAPITULO III: MÉTODOS.....	37
3.1 Diseño, alcance y enfoque	38
3.2 Hipótesis.....	40
3.3 Unidades experimentales.....	40
3.4 Instrumentos/ Materiales.....	41
3.5 Procedimiento	41
4. CAPITULO IV: RESULTADOS	45
5. CAPITULO V: DISCUSIÓN	53

5.1	Conclusiones	58
5.2	Recomendaciones.....	59
6.	CAPÍTULO VI: ANEXOS.....	60
7.	CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA	72

INDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Fase experimental	46
Figura 2. Estructura de la réplica 3D	46
Figura 3. Clasificación de Wine de la morfología del conducto radicular tipo I al tipo IV	61
Figura 4. Configuración de los conductos anatómicos según Vertucci.....	61
Figura 5. Configuración complementaria a Vertucci según sugerido por Sert y Bayirli	61
Figura 6. Algunos ejemplos de sección transversal de instrumentos de rotación continua...	62
Figura 7. Partes de una lima rotatoria	62
Figura 8. Limas Endostar E3 Azure Basic	62
Figura 9. Movimiento Rotatorio	63
Figura 10. Movimiento Reciprocante.....	63
Figura 11. Pitch Variable.....	63
Figura 12. Sección Transversal en S	64
Figura 13. Grupo1(subgrupo 1.1.1).....	64
Figura 14. Grupo1(subgrupo 1.1.2)	64
Figura 15. Grupo1(subgrupo 1.1.3)	64
Figura 16. Grupo1(subgrupo 1.1.4).....	65
Figura 17. Grupo1(subgrupo 1.1.5)	65
Figura 18. Grupo1(subgrupo 1.2.1)	65
Figura 19. Grupo1(subgrupo 1.2.2).....	65
Figura 20. Grupo1(subgrupo 1.2.3).....	66
Figura 21. Grupo1(subgrupo 1.2.4).....	66
Figura 22. Grupo1(subgrupo 1.2.5).....	66
Figura 23. Grupo 2 (subgrupo 2.1.1)	66
Figura 24. Grupo 2 (subgrupo 2.1.2)	67

Figura 25. Grupo 2 (subgrupo 2.1.3)	67
Figura 26. Grupo 2 (subgrupo 2.1.4)	67
Figura 27. Grupo 2 (subgrupo 2.1.5)	67
Figura 28. Grupo 2 (subgrupo 2.2.1)	68
Figura 29. Grupo 2 (subgrupo 2.2.2)	68
Figura 30. Grupo 2 (subgrupo 2.2.3)	68
Figura 31. Grupo 2 (subgrupo 2.2.4)	68
Figura 32. Grupo 2 (subgrupo 2.2.5)	69
Figura 33. Grupo 3 (subgrupo 3.1.1)	69
Figura 34. Grupo 3 (subgrupo 3.1.2)	69
Figura 35. Grupo 3 (subgrupo 3.1.3).....	69
Figura 36. Grupo 3 (subgrupo 3.1.4)	70
Figura 37. Grupo 3 (subgrupo 3.1.5)	70
Figura 38. Grupo 3 (subgrupo 3.2.1)	70
Figura 39. Grupo 3 (subgrupo 3.2.2)	70
Figura 40. Grupo 3 (subgrupo 3.2.3)	71
Figura 41. Grupo 3 (subgrupo 3.2.4)	71
Figura 42. Grupo 3 (subgrupo 3.2.5)	71

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Porcentajes de modificación por tercio y movimiento	48
Gráfico 2: Alguna modificación por movimiento	49

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estrategia PICO.....	8
Tabla 2: Tabla comparativa Rotación continua vs recíproca.....	32
Tabla 3: Operacionalización de Variables.....	39
Tabla 4: Indicadores tercios y modificación del conducto para los grupos 1,2 y 3.....	44
Tabla 5: Proporción de modificación por tercio y movimiento.....	47
Tabla 6: Alguna modificación por curvatura y movimiento.....	50
Tabla 7: Comparación estadística de las modificaciones anatómicas de los conductos radiculares según el sistema de movimiento utilizado por tercios	50
Tabla 8: Análisis comparativo de las mediciones de la anatomía del conducto radicular según el tipo de rotación y el grado de curvatura (50° 60° y 70°).....	51

RESUMEN

Objetivo: Comparar la presencia de modificación anatómica del conducto radicular por tercios de dientes réplicas 3D Tooth® de molares inferiores utilizando el sistema E3 Azure Basic con el movimiento de rotación continua y recíprocante.

Materiales y métodos: se seleccionan 30 molares inferiores (primeras y segundas molares) réplicas de dientes 3d tooth® con conductos mesiales y distales con curvaturas de 70°,60°,50°. Luego de esto fueron divididos en tres grandes grupos, Grupo #1: conducto mesial con curvatura de 70°, grupo #2: conducto distal con curvatura de 60°, grupo #3: conducto distal (radix) con curvatura de 50°, posterior a eso se subdividió cada uno de los tres grupos en dos subgrupos, Grupo #1: Subgrupo 1.1: conducto mesial con curvatura de 70° instrumentado con movimiento de rotación continua con limas E3 Azure basic. Subgrupo 1.2: conducto mesial con curvatura de 70° instrumentado con movimiento recíprocante con limas E3 Azure basic. Grupo #2: Subgrupo 2.1: conducto distal con curvatura de 60° instrumentado con movimiento de rotación continua con limas E3 Azure basic. Subgrupo 2.2: conducto distal con curvatura de 60° instrumentado con movimiento recíprocante con limas E3 Azure basic. Grupo #3: Subgrupo 3.1: conducto distal con curvatura de 50° instrumentado con movimiento de rotación continua con limas E3 Azure basic. Subgrupo 3.2: conducto distal con curvatura de 50° instrumentado con movimiento recíprocante con limas E3 Azure basic. Se tomó una fotografía inicial a cada una de las muestras con cámara profesional para su mejor resolución con lente macro así registrar la forma inicial del conducto. Luego todas las muestras fueron instrumentadas realizando primero glide path con lima manual #6, luego lima rotatoria para Glide path eighteenth 19/02, después #8 y #10, a continuación, se procedió con lima #15 y #20 como lo indica el protocolo que sugiere los fabricantes de las limas. Cada grupo y sus subdivisiones fueron instrumentados con el sistema Endostar E3 Azure basic procediendo

desde su abridor, lima 25/06 y 30/04 cada subgrupo con su respectivo movimiento rotatorio y recíprocante, usando irrigación entre cada lima. Al finalizar la instrumentación se tiñó el conducto con azul de metileno para identificar la modificación del conducto y se tomó una fotografía final para hacer la comparación entre ambas bajo un software de procesamiento de imágenes.

Resultados: Al estudiar y evaluar en esta investigación la comparación de los cambios ocurridos en el conducto radicular a nivel de cada tercio en cuanto su curvatura, los resultados de la investigación demuestran que la rotación continua presentó modificación en 15/15 muestras (100%), mientras la rotación recíprocante presentó 0/15 (0%). Fisher exacta $p < 0.001$. Específicamente, se observó a través del método que se utilizó el cual fue la superposición de imágenes por medio de software de procesamiento de imágenes y con el coadyuvante de la transparencia de las réplicas 3D, que en el tercio cervical tanto como la rotación continua como la recíprocante preservaron la anatomía original en todos los conductos registrados inicialmente para cada grupo y subgrupo del total de 30 réplicas. De forma más desglosada se puede decir que a nivel de tercio medio 5 de las 15 muestras instrumentadas con rotación continua sí presentaron modificación a diferencia de rotación recíprocante en la cual no se observó diferencia en ninguna de las 15 muestras. En cuanto al tercio apical la rotación continua presentó 10 modificaciones de las 15 muestras y rotación recíprocante no presentó ninguna modificación a nivel de este tercio.

Por lo que se puede decir que, si hay una diferencia muy significativa en la modificación del conducto al hacer uso de la rotación continua y la recíprocante, $p = 0.000^{**\text{¶}}$, donde $*$ = $p \leq 0.05$, $**$ = $p \leq 0.0005$, ¶ Fisher exacta bilateral. En esta base, el movimiento que realizó mayor modificación anatómica del conducto fue la rotación continua. El movimiento recíprocante preservó de mejor manera la anatomía registrada inicialmente.

Conclusión: Si se encontró diferencia muy significativa entre las cinemáticas de rotación continua y rotación recíprocante al comparar la modificación de los conductos radiculares por tercios con curvaturas severas después de la instrumentación de estos con su respectiva cinemática.

ABSTRACT

Objective: To compare the presence of root canal anatomical modification by thirds in 3D Tooth® replica models of mandibular molars using the E3 Azure Basic system under continuous rotation and reciprocating motion.

Materials and methods: Thirty mandibular molars (first and second molars) 3D Tooth® replicas with mesial and distal canals featuring curvatures of 70°, 60°, and 50° were selected. Subsequently, they were divided into three main groups: Group #1: mesial canal with a 70° curvature; Group #2: distal canal with a 60° curvature; and Group #3: distal canal (radix) with a 50° curvature. Following this, each of the three groups was subdivided into two subgroups: Group #1: Subgroup 1.1: mesial canal with a 70° curvature instrumented under continuous rotation with E3 Azure Basic files; Subgroup 1.2: mesial canal with a 70° curvature instrumented under reciprocating motion with E3 Azure Basic files. Group #2: Subgroup 2.1: distal canal with a 60° curvature instrumented under continuous rotation with E3 Azure Basic files; Subgroup 2.2: distal canal with a 60° curvature instrumented under reciprocating motion with E3 Azure Basic files. Group #3: Subgroup 3.1: distal canal with a 50° curvature instrumented under continuous rotation with E3 Azure Basic files; Subgroup 3.2: distal canal with a 50° curvature instrumented under reciprocating motion with E3 Azure Basic files. An initial photograph was taken of each sample using a professional camera equipped with a macro lens to achieve higher resolution and record the initial canal morphology. All samples were then instrumented, initially establishing a glide path with a #6 manual file, followed by an Eighteenth 19/02 rotary glide path file, then #8 and #10, and subsequently proceeding with #15 and #20 files as indicated by the manufacturer's suggested protocol. Each group and its subdivisions were instrumented with the Endostar E3 Azure Basic system, proceeding from the orifice opener to the 25/06 and 30/04 files, with each subgroup utilizing its respective rotary or reciprocating motion and incorporating irrigation between each file. Upon completion of the instrumentation, the canals were stained with methylene blue to identify canal modification, and a final photograph was taken to perform a comparison between both states using image processing software.

Results: In evaluating and studying the comparison of changes occurring within each third of the root canal regarding its curvature, the results demonstrated that continuous rotation caused modification in 15/15 samples (100%), whereas reciprocating rotation showed 0/15 (0%)

modifications (Fisher's exact test, $p < 0.001$). Specifically, through the image superimposition method using image processing software, aided by the transparency of the 3D replicas, it was observed that in the cervical third, both continuous rotation and reciprocating motion preserved the original anatomy in all canals initially recorded across all groups and subgroups of the 30 total replicas. More comprehensively, at the middle third level, 5 out of the 15 samples instrumented with continuous rotation exhibited modification, whereas no differences were observed in any of the 15 samples under reciprocating rotation. Regarding the apical third, continuous rotation resulted in 10 modifications out of the 15 samples, while reciprocating rotation showed no modifications at this level. Consequently, a highly significant difference in canal modification was found between the use of continuous rotation and reciprocating motion $p = 0.000^{**\text{¶}}$, where $*$ = $p \leq 0.05$, $**$ = $p \leq 0.00005$, ¶ = two-tailed Fisher's exact test. Based on these findings, the kinematics that caused the greatest anatomical canal modification was continuous rotation, whereas reciprocating motion better preserved the initially recorded anatomy.

Conclusion: A highly significant difference was found between continuous rotation and reciprocating kinematics when comparing root canal modification by thirds after instrumentation with their respective motion.

INTRODUCCIÓN

La endodoncia se ha convertido en nuestros días en una rama de la odontología que ha ido evolucionado de manera rápida. El tratamiento de endodoncia a través de diferentes estudios a lo largo de los años ha comprobado que es una opción exitosa para darle una segunda oportunidad a los órganos dentario, con esto reducimos la tasa de extracciones y podemos darle al paciente un mejor pronóstico.

Es importante conocer y actualizarse en protocolos, instrumentos como las limas que son de las principales herramientas, ya que existen una amplia gama las cuáles ofrecen muchos beneficios y ventajas para cada tratamiento y cada caso proporcionando así poder alcanzar el éxito deseado. Los desafíos a los cuales se enfrentan hoy en día y desde siempre los endodoncistas son numeroso ya que esta rama siempre tendrá situaciones complejas que pueden aparecer en cada paciente, entre ellos tenemos la complejidad de la anatomía de los conductos radiculares como ser curvaturas muy pronunciadas. Desde hace muchos años el uso de instrumentos de acero inoxidable se veía muy limitado por su rigidez, esto de manera frecuente derivaba en errores en el procedimiento como escalones, perforaciones y transportaciones apical, ensanchamiento excesivo. Cuando las aleaciones níquel-titanio fueron introducidas lograron revolucionar al ofrecer como mayor ventaja la flexibilidad permitiendo así recorrer las curvas complejas con una mayor seguridad.

Walia et al. fueron pioneros en el desarrollo de limas de NiTi más flexibles, que demostraron tener un menor riesgo de transporte del conducto. Posteriormente, se introdujeron los instrumentos endodónticos accionados por motor, que demostraron una mayor eficiencia y velocidad de uso en comparación con los instrumentos manuales. Los avances tecnológicos en metalurgia y las continuas adaptaciones de diseño han permitido a los fabricantes mejorar los instrumentos mediante cambios en las propiedades mecánicas y de superficie. (1)

Hoy en día algunos debates clínicos se centran en el movimiento o dinámica usado en dichas limas, mientras algunos estudios menciona que la rotación continua presenta eficiencia de corte y una evacuación constante de detritos, otros estudios señalan que el movimiento reciprocante tiene tendencia a una mayor resistencia a la fatiga cíclica y capacidad de centrado en conductos muy curvos, añaden también que se han realizado estudios in vitro e in vivo donde el sistema reciprocante puede reducir la presión apical del instrumento, prevenir el fenómeno de bloqueo cónico y proporcionar una menor incidencia de fractura por torsión y deformación. Cabe

recalcar que todo esto podría variar según el sistema, la curvatura del diente, el tipo de aleación, método de medición y protocolo de instrumentación (2).

De las muchas limas que hoy se encuentran en el mercado hondureño el sistema Endo Star E3 Azure Basic presenta innovación al poseer variedad de cinemáticas en la misma lima dentro de las cuales tenemos rotación continua y reciprocante. Según sus fabricantes su tratamiento térmico avanzado, promete una flexibilidad superior. No obstante, surge la interrogante sobre qué tipo de movimiento preserva mejor la anatomía radicular sin generar modificaciones anatómicas no deseadas.

También en la investigación científica odontológica y debido a la dificultad de estandarizar estudios en dientes naturales por su variabilidad anatómica, el uso de réplicas 3D Tooth® viene a presentarse como una alternativa de alta precisión. Porque estas permiten una comparación controlada y reproducible de los efectos mecánicos de ambas cinemáticas, proporcionando evidencia crucial para optimizar la toma de decisiones clínicas en la práctica endodóntica contemporánea. (3)

1. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación Problemática:

El éxito del tratamiento endodóntico está ligado o este va a depender en gran medida de la limpieza y la conformación de los sistemas de los conductos radiculares, tratando siempre de preservar la anatomía original y así evitar accidentes como transportaciones o zips. Hoy en día a pesar del avance en la tecnología de las limas de níquel titanio (NITI), la elección entre las cinemáticas de rotación continua y recíprocamente sigue siendo un tema de debate técnico respecto a cuál ofrece un mayor respeto por la anatomía del conducto.

Actualmente, se desconoce el comportamiento específico y el grado de respeto anatómico que ofrece el sistema E3 Azure basic al ser sometido a estas dos cinemáticas distintas en condiciones estandarizadas en curvaturas severas y conductos estrechos. Claro está que existen estudios sobre otros sistemas rotatorios que ponen a prueba estas cinemáticas en otro tipo de curvaturas menores, incluso de este sistema de limas E3 Azure basic, pero son pocos los estudios y la evidencia previa es insuficiente para determinar el rendimiento de este sistema en particular. Esta brecha de conocimiento es especialmente crítica cuando se trabaja con modelos de alta fidelidad como las réplicas 3D TOOTH®, dónde se han documentado como se busca de manera exhaustiva como la variación en el movimiento o cinemática afecta la morfología radicular en cada uno de sus tercios, por lo tanto, es fundamental investigar estas diferencias para optimizar los protocolos clínicos y garantizar la seguridad del tratamiento.

Tabla 1: Estrategia PICO

Elemento PICO	Definición
P (Problema/población)	Réplicas 3D TOOTH® de molares inferiores.

I (Intervención)	Instrumentación con movimiento de rotación continua utilizando el sistema E3 azur basic.
C (Comparación)	Instrumentación con movimiento recíprocante utilizando el sistema E3 Azure basic.
O (Outcome/resultado)	Presencia de modificación de la anatomía radicular por tercios (cervical, medio y apical).

1.1.1 Pregunta de investigación: ¿Cuál de los dos movimientos, rotación continua frente al movimiento recíprocante del sistema E3 Azure Basic, modifica más la anatomía radicular por tercios en réplicas 3D TOOTH® de molares inferiores?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General: Comparar la presencia de modificación anatómica del conducto radicular por tercios de dientes réplicas 3D Tooth® de molares inferiores utilizando el sistema E3 Azure Basic con el movimiento de rotación continua y recíprocante.

1.2.2 Objetivo específico:

- a) Evaluar la modificación anatómica de los conductos mesiales y distales por tercios de dientes réplicas 3D TOOTH® de molares inferiores utilizando el sistema E3 Azure Basic con el movimiento de rotación continua.
- b) Evaluar la de modificación anatómica de los conductos mesiales y distal por tercios de dientes réplicas 3D TOOTH® de molares inferiores utilizando el sistema E3 Azure Basic con el movimiento recíprocante.

- c) Comparar la de modificación anatómica de los conductos mesiales y distales por tercios de dientes réplicas 3D TOOTH® de molares inferiores utilizando el sistema E3 Azure Basic con el movimiento de rotación continua vs reciprocante.

1.3 Justificación

El tratamiento de conductos en molares inferiores puede llegar a ser de los más complejos en la práctica diaria debido a su anatomía compleja, que se caracteriza muchas veces por curvas severas y conductos estrechos. Alguna modificación anatómica durante la instrumentación como desgaste excesivo, escalones, transporte del conducto puede llevar a comprometer la integridad de la raíz y el sellado hermético, incrementado así el riesgo de un fracaso en el tratamiento endodóntico.

Por lo cual es de suma importancia y muy vital saber elegir que cinemática de las limas llega a preservar de una mejor manera la anatomía original del conducto radicular. El sistema Endo Star E3 Azure basic figura una nueva generación de instrumentos con tratamientos térmicos creados para mejorar la flexibilidad, pero existe una distancia o una brecha en el conocimiento para poder determinar cómo interactúa esta metalurgia con estos dos movimientos que son de los más predominantes en el área: rotación continua y recíproca.

A través de la investigación se podrá obtener datos objetivos para determinar si la elección del movimiento puede potenciar o limitar las propiedades del NiTi en el control de memoria en anatomías complejas y críticas como las curvaturas muy pronunciadas.

Algunos obstáculos se pueden presentar siendo uno de los mayores en la investigación endodóntica la variabilidad anatómica de los dientes naturales limitando así la comparación equitativa entre grupos, el uso de réplicas en 3D nos proporciona un modelo estandarizado replicado e impreso con alta fidelidad que permite aislar las variables del instrumento y el movimiento. De esta forma se puede llegar a garantizar que los resultados obtenidos son producto de la técnica y movimientos que se está aplicando en el conducto radicular y no de una diferencia morfológica entre los dientes.

Los resultados obtenidos de esta comparación podrían brindar una orientación al clínico para poder seleccionar la cinemática más adecuada a sus casos, claro está y cabe recalcar que el estudio se realizará en condiciones controladas en un modelo in vitro, por lo cual el criterio clínico y selección será de acuerdo también a la experiencia y consideraciones que el mismo doctor pueda determinar de acuerdo con su parecer. Al tener un panorama más claro de cada cinemática podría llevar a optimizar el tiempo en el consultorio y la probabilidad de disminuir la incidencia de errores de procedimientos aumentando el estándar de cuidado al seleccionar la

cinemática. Observando así también esa curva de aprendizaje que validara si esa seguridad que brinda la lima según su fabricación y para lo cual fue diseñada al presentarse como una de las que tienen mayor flexibilidad, es real en términos de respeto a la anatomía, que en este caso son complejas de manejar. (4)

2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Endodoncia

La endodoncia, como conjunto de conocimientos que están metódicamente formados y ordenados, integran una ciencia, formadas en el conjunto de las ciencias de la salud. Su objetivo es el estudio de la estructura, la morfología, la fisiología y la patología de la pulpa dental y de los tejidos perirradiculares. Conocida también comúnmente como tratamiento del conducto radicular tiene un propósito fundamental salvar la estructura dentaria. Otros de sus principales objetivos en los cuales se fundamenta es la eliminación del dolor e infección, siendo el objetivo más inmediato el de limpiar el sistema de conductos radiculares retirando el tejido dañado, recitando bacterias y dando alivio al síntoma.

Otro de los aspectos importantes es la conservación de la estructura dental, el mantenimiento de la función, estética y alienación porque al evitar la extracción se evita que los dientes adyacentes se muevan. Después de la limpieza y conformación un sellado hermético es más que fundamental en el tratamiento porque no solo basta con limpiar hay que asegurarse que nada vuelva a entrar, llevando a cabo una obturación tridimensional previniendo de esta manera reinfecciones, completando de esta forma la triada endodóntica que son los tres pasos fundamentales para el éxito de esta misma.

En su ámbito integra las ciencias básicas y clínicas que se ocupan de la biología de la pulpa, así como la etiopatogenia, el diagnóstico, la prevención y el tratamiento de las enfermedades y lesiones de esta y de los tejidos perirradiculares asociados.

2.2 Anatomía de conductos Radiculares

El concepto de morfología implica una ordenación de partes definidas y, a la vez, una multiplicidad especial. La forma es uno de los caracteres específicos del organismo, si bien las diferencias y modificaciones que presenta son ejemplos significativos de la variabilidad de las formas biológicas, aun dentro de su especificidad.

Es cierto que la forma está íntimamente relacionada con la función, pero no depende exclusivamente de ella, sino que en buena parte está influida por 2 tipos de factores: los genes, que determinan la manifestación de sus características, y el medio ambiente, que, al actuar sobre los factores hereditarios, puede producir variaciones en los mismos.

No cabe duda de que el estudio de la anatomía dentaria es un fundamento esencial para las ciencias que se aplican al estudio del diente, pero el conocimiento de su morfología interna es

indispensable para el especialista, ya que está íntimamente ligado a las técnicas endodónticas destinadas a conseguir la supervivencia del diente.

El conocimiento de la morfología más común de los conductos radiculares y sus variaciones frecuentes es básico para el éxito de las intervenciones en dichos conductos. El significado de la anatomía del conducto ha sido subrayado por estudios en los que se demostró que las variaciones naturales de la geometría del conducto tenían mayor efecto en los cambios producidos durante el ensanchamiento y la conformación asociados a las técnicas de instrumentación utilizadas para alcanzar estos objetivos. (4)

Todo clínico busca obtener los mejores resultados en los casos endodónticos. Para lograr los mejores resultados, es fundamental un diagnóstico preciso de la afección. Por lo tanto, un conocimiento completo de la morfología del conducto radicular, junto con una comprensión integral de la complejidad del sistema, es fundamental en la práctica clínica para alcanzar los objetivos terapéuticos deseados. (5)

También es de suma importancia un conocimiento sólido y básico de la clasificación de la morfología del conducto radicular el cual es fundamental para la documentación y comunicación entre profesionales.

Desde los primeros trabajos de Preiswerk 5 en 1912, Fasoli y Arlotta en 1913 y Hess y Zurcher en 1917, hasta los estudios más recientes que han demostrado las complejidades anatómicas del sistema de conductos radiculares, los datos indican que la raíz con un conducto cónico y un solo agujero es la excepción, y no la regla. Los investigadores han encontrado múltiples agujeros, conductos adicionales, aletas, deltas, conexiones entre conductos, asas, conductos con forma de C, Furca y conductos laterales en la mayoría de los dientes. (4)

La anatomía interna de las raíces o sistema de conductos radiculares de las piezas dentarias es muy compleja en muchos aspectos. Por este motivo es necesario conocer la morfología normal y sus variaciones, pues la presencia de un patrón morfológico poco común puede complicar el tratamiento endodóntico y aumentar la causa de posibles fracasos. Se han llevado a cabo numerosos estudios donde se han descrito las características de los molares con conductos radiculares inusuales. Las variaciones en la morfología incluyen la presencia de conductos accesorios, curvaturas muy pronunciadas, comunicaciones irregulares, anastomosis o algunas complejidades como los conductos en C. (5)

En cuanto a las curvaturas severas, estas mismas llegan a mostrarse como un gran desafío en especial estos grupos de 50,60 y 70 grados, ya que la instrumentación mecánica con Endomotor a través de las limas se someten a un estrés cíclico el metal, aunque sea NiTi tratado térmicamente sufriendo ciclos de compresión y tensión extremadamente rápidos en el punto máximo de la curvatura. Agregando a esto los grados muy severos ponen en riesgo a la lima de fracturarse por fatiga en este mismo aumento significativamente en comparación con conductos no tan curvos. También la memoria elástica de la lima en estos casos tiende a enderezar y/o ensanchar el conducto dependiendo igual de la cinemática. (6)

En molares inferiores la raíz mesial muchas veces tiene una alta complejidad anatómica caracterizada por conductos estrechos y frecuentemente presentan curvaturas acentuadas y muy severas llegando también a encontrarse una doble curvatura en el mismo conducto radicular más en la zona apical. La raíz mesial del molar inferior suele tener dos conductos independientes que pueden tener curvaturas severas en sentido mesio-distal y vestíbulo-lingual. Por lo tanto, también según los criterios de Schneider, curvaturas que alcanzan los 50, 60 y 70 grados representan un desafío mecánico crítico. (5)

Varios autores han dado clasificaciones sobre las configuraciones del conducto radicular. Weine et al. fueron los primeros en clasificar la morfología del conducto radicular dentro de una sola raíz. Además, agregaron un tipo adicional en el año 1982. En el año 1974, Vertucci et al. reconocieron sistemas de conductos radiculares más complejos e informaron 8 tipos de configuración de acuerdo con el patrón de división en el conducto radicular principal desde la salida de la cámara pulpar hasta el ápice de la raíz. (Figura 3). (5)

Tipo I: un solo conducto principal desde la cámara pulpar hasta el ápice de la raíz.

Tipo II: dos canales separados que comienzan en la cámara pulpar y se unen como uno solo, justo antes del ápice de la raíz.

Tipo III: dos conductos separados que comienzan desde la cámara pulpar hasta el ápice radicular.

Tipo IV: un solo conducto que comienza en la cámara pulpar y se divide en dos conductos cerca del ápice de la raíz. (5)

Normalmente, los conductos radiculares adoptan vías variables de recorrido desde el orificio al ápice. El sistema de conductos de la pulpa es complejo y los conductos se pueden ramificar, dividir y volver a juntar. Weinev clasificó los sistemas de conductos radiculares de cualquier

raíz en cuatro tipos básicos. Otros estudios, utilizando dientes diafanizados en los que se tenían los conductos radiculares con colorante hematoxilina, encontraron un sistema mucho más complejo. Estos autores, Vertucci clasificó la morfología del conducto radicular en ocho tipos que se describen e identifican en el espacio pulpar, que se pueden resumir del modo siguiente:

Tipo I: existe un único conducto principal que comienza desde la cámara pulpar hasta el ápice radicular.

Tipo II: dos canales separados salen de la cámara pulpar, pero se unen para formar un canal hasta el ápice.

Tipo III: un canal sale de la cámara pulpar y se divide en dos canales más pequeños que luego se fusionan nuevamente para salir por un solo canal.

Tipo IV: dos canales separados y completamente distintos van desde la cámara pulpar hasta el ápice de la raíz.

Tipo V: hay un solo conducto que sale de la cámara pulpar y que se divide en dos conductos con agujeros apicales separados.

Tipo VI: dos canales separados se unen en la mitad de la raíz para formar un canal que se extiende hasta el ápice, justo antes del ápice, y nuevamente se divide en dos.

Tipo VII: el conducto comienza como uno solo hasta el tercio medio de la raíz, luego se divide en dos conductos separados que se vuelven a unir después de cierta distancia y luego, cerca del ápice, se divide nuevamente en dos.

Tipo VIII: la cámara pulpar cerca de la porción coronal se divide en tres canales separados que se extienden hasta el ápice (Figura 4). (4)

Los autores evaluaron la configuración del conducto radicular en 2800 dientes permanentes maxilares y mandibulares de la población turca mediante una técnica de aclaramiento. Añadieron catorce tipos a la clasificación de Vertucci y los numeraron del Tipo IX al Tipo XXIII, describiéndolos de la siguiente manera:

Tipo IX: un solo conducto parte de la cámara pulpar y, durante su recorrido, se divide en tres.

Tipo X: un solo conducto comienza en la cámara pulpar y se divide en dos, de los cuales un conducto se divide a su vez en dos con dos agujeros.

Tipo XI: un solo conducto comienza en la cámara pulpar y se divide en dos, de los cuales uno se subdivide a su vez en dos y discurre como tres conductos y termina en cuatro agujeros.

Tipo XII: desde la cámara pulpar parten dos conductos separados, de los cuales uno se subdivide en dos y, posteriormente, los tres se unen para formar un conducto con un foramen.

Tipo XIII: un solo conducto comienza en la cámara pulpar y se divide en dos conductos que se vuelven a unir como uno solo y se dividen en tres conductos con tres agujeros.

Tipo XIV: desde la cámara pulpar parten cuatro canales y posteriormente se unirán dos de cada uno y finalizarán en dos agujeros.

Tipo XV: desde la cámara pulpar parten tres canales, de los cuales dos se unen para formar un solo canal y terminan en dos agujeros.

Tipo XVI: desde la cámara pulpar parten dos canales, de los cuales uno se subdivide en dos y termina en tres agujeros.

Tipo XVII: un solo conducto parte de la cámara pulpar y se divide en tres conductos que nuevamente se unen para formar un solo conducto con un solo foramen.

Tipo XVIII: tres conductos parten de la cámara pulpar y se unen para formar un único conducto con un único foramen.

Tipo XIX: dos canales parten de la cámara pulpar y se unen como un solo canal, luego se dividen nuevamente en dos y se vuelven a unir como un solo canal con un solo foramen.

Tipo XX: cuatro canales parten de la cámara pulpar y terminan en cuatro agujeros.

Tipo XXI: cuatro conductos parten de la cámara pulpar y se unen como un solo conducto con un solo foramen.

Tipo XXII: cinco canales parten de la cámara pulpar y uno se une con otro y termina como cuatro canales con cuatro agujeros.

Tipo XXIII: desde la cámara pulpar parten tres canales, de los cuales uno se divide en dos y termina en cuatro canales con cuatro agujeros (Figura 5). (5)

2.3 Ángulos, transporte del conducto, centrado y métodos de medición de modificación anatómica.

Uno de los indicadores importantes para evaluar la dificultad del tratamiento de conductos radiculares es la curvatura del conducto radicular. La preparación de un conducto radicular curvo es particularmente compleja y es más propensa a causar complicaciones como la desviación del conducto radicular, la formación de escalones y la separación de los instrumentos. En la práctica clínica, es común tomar radiografías para observar la forma curva del conducto radicular y evaluar las dificultades del tratamiento de conductos antes de la cirugía. Existen pocos estudios sobre la curvatura del conducto radicular en los dientes posteriores. (6)

En molares inferiores, donde las raíces, especialmente la mesial y distales muy estrechos, suelen ser un desafío es de suma importancia que se tome en cuenta el grado de curvatura tanto como su angulación, a raíz de esto existen varios criterios para medirlas. La clasificación de la curvatura de los conductos es fundamental en endodoncia para evitar accidentes como escalones o perforaciones.

A lo largo de los años muchos investigadores se han dado a la tarea de realizar estudios muy completos para poder crear una clasificación sobre estas curvaturas que lleve a facilitar a los clínicos su uso y poder tener un mejor orden y criterio de cómo tratar estas anatomías complejas.

Muchos han sido los que se han dado el tiempo para llevar a cabo estos estudios entre los cuales tenemos a diferentes de ellos como ser Schneider en 1971, también Weine en 1982, Seidberg en 1973, entre otros que le llamarán Método del Radio de Curvatura por Pruett et al., también tenemos a Estrela et al. con su clasificación según la forma y por último clasificación de Langeland.

Para desglosar cada una de las clasificaciones es preciso enumerarlas y describir cada una de ellas:

1. Clasificación de Schneider:

Esta es la más clásica y la más usada, basándose estratégicamente en el ángulo formado entre el eje largo del conducto y la parte apical.

Es la técnica más conocida para reportar grados de curvatura.

Grados de curvatura y Clasificación

5° o menos: Conducto recto

5° a 20°: Curvatura moderada

Más de 20°: Curvatura severa (7)

2. Clasificación de Weine:

Similar a la de Schneider, pero utiliza puntos de referencia ligeramente distintos para trazar las líneas. Dividiendo los conductos en:

- Rectos
- Curvos: curvatura gradual en todo el conducto
- Con curvatura apical: conducto recto hasta el tercio apical, donde se desvía bruscamente. (8)

3. Clasificación según la forma (Estrela et al.):

Se enfoca en la geometría visual de la raíz en la radiografía:

- Conductos en I: rectos
- Conductos en J: rectos en los tercios superiores, curvo en el tercio apical.
- Conductos en C: Comunes en segundos molares inferiores en cual los conductos están fusionados en una cinta o media luna.
- Conductos en S (Multi curvos): este tipo de conductos presenta una curvatura doble siendo muy común en raíces mesiales de molares inferiores. (7)

4. Clasificación de Langeland: Tercio cervical, tercio medio, tercio apical. (8)

2.3.1 Transporte del conducto radicular

En endodoncia, el transporte del conducto radicular, también conocido como desviación del conducto o canal transportación, es un error de procedimiento que ocurre durante la preparación biomecánica, donde las limas remueven dentina de manera excesiva hacia una sola pared, alterando la trayectoria anatómica original del conducto. (10)

Por lo general, la fuerza elástica de los instrumentos tiende a enderezarlos dentro del conducto, lo que provoca un mayor desgaste en la pared externa de la curvatura en el tercio apical y en la pared interna en el tercio medio (zona de peligro). Este fenómeno está estrechamente relacionado con varios factores: (10)

- Anatomía compleja: Conductos con curvaturas severas, dobles curvaturas (en forma de "S") o conductos muy estrechos (calcificados).
 - Propiedades del instrumental: El uso de limas manuales de acero inoxidable de gran calibre, que son muy rígidas y carecen de memoria elástica.
 - Técnica operatoria: Forzar los instrumentos en el interior del conducto, saltarse pasos en la secuencia de limado o no realizar un pre - ensanchamiento (glide path) adecuado.
- (10)

2.3.2 Capacidad del centrado del conducto radicular

Durante la instrumentación del conducto radicular, es importante desarrollar una forma cónica continua y mantener la forma y posición originales del foramen apical. Sin embargo, la presencia de curvaturas puede dificultar la instrumentación. Mantener los instrumentos centrados es esencial para lograr una correcta ampliación, sin debilitar excesivamente la estructura radicular. Diversos estudios han demostrado que los instrumentos de Ni-Ti se mantienen significativamente más centrados y presentan menor desviación del conducto que las limas de acero inoxidable. (11)

Diversos parámetros que afectan la capacidad de centrado del canal: Aleaciones utilizadas en la fabricación de instrumentos, diseño de instrumentos ya sea su sección transversal, también aleaciones utilizadas en la fabricación de instrumentos donde los materiales más utilizados son: acero inoxidable y aleación de níquel-titanio. (11)

Factores que determinan un buen centrado:

La capacidad de una lima para mantenerse centrada no depende solo de la habilidad del operador, sino de una combinación de ingeniería biomédica y técnica:

- Metalurgia de las limas (Tratamientos Térmicos): Las limas de acero inoxidable tradicionales son rígidas y tienden a enderezarse, perdiendo el centro. Las aleaciones modernas de Níquel-Titanio (NiTi) con tratamientos térmicos avanzados (como las fases Gold, Blue o Pink) reducen la memoria elástica de la lima, otorgándole una flexibilidad superior que le permite adaptarse al centro de la curva de forma pasiva.
- Diseño del instrumento: Las limas diseñadas con puntas inactivas (o guías de penetración sin corte) no cavan nuevas trayectorias, sino que se deslizan siguiendo la

luz natural del conducto. También influye la geometría de su sección transversal y el hecho de poseer un centro de masa descentrado o masas variables.

- **Cinemática del motor:** Los movimientos alternos (como el reciprocante) o los sistemas rotatorios con control de torque adaptativo (como el ATR) alternan los ángulos de corte y liberación, disminuyendo el estrés del instrumento y ayudando a que este se guíe por el centro del conducto.
- **Creación de un Glide Path:** Realizar un pre - ensanchamiento o vía de deslizamiento (ya sea manual o con limas mecánicas de menor calibre) antes de usar instrumentos de gran conicidad reduce drásticamente la fricción y guía al sistema principal de forma centrada hasta la longitud de trabajo.

2.3.3 Métodos de medición de modificación anatómica.

La evaluación precisa de la alteración de la anatomía original del conducto (como el transporte y la capacidad de centrado) tras la preparación biomecánica es una de las áreas de investigación más activas en endodoncia. Los métodos para evaluar y medir la modificación, alteración o anatomía del conducto radicular son fundamentales en endodoncia para asegurar una limpieza, conformación y obturación adecuadas. Se dividen principalmente en métodos clínicos (in vivo) y métodos de investigación (in vitro): (12)

1. Métodos Clínicos (In Vivo)

Utilizados en el consultorio dental para medir la longitud, la trayectoria y el éxito de la conformación:

- **Radiografía Periapical Convencional y Digital:** Permite evaluar la longitud de trabajo mediante técnicas como el paralelismo o la bisectriz. Para medir la curvatura del conducto durante la modificación anatómica, se utiliza habitualmente el método matemático de *Schneider*, que traza líneas sobre el eje longitudinal para hallar el ángulo de flexión.
- **Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT):** Proporciona imágenes tridimensionales de alta resolución. Es el estándar actual para estudiar las variaciones anatómicas, medir el grado exacto de curvatura y evaluar el espesor de la dentina restante tras instrumentar.

- **Localizadores de Apicales Electrónicos:** Herramientas de alta precisión que miden la impedancia y resistencia eléctrica de los tejidos para determinar la longitud real de trabajo antes de modificar el conducto. (12)

2. Métodos de Investigación (In Vitro)

Empleados en estudios de laboratorio para evaluar el desgaste, el transporte apical o la alteración morfológica que producen las limas:

- **Microtomografía Computarizada (Micro-CT):** La tecnología de medición más precisa. Permite realizar cortes transversales virtuales, medir el volumen del conducto, evaluar el transporte y cuantificar exactamente cuánta estructura dental se removió tras la modificación anatómica.
- **Seccionamiento Seriado:** Consiste en cortar el diente transversalmente a diferentes milímetros (ej. cada 1 mm) utilizando discos de diamante. Se observa mediante microscopía para medir el área y la forma del conducto.
- **Diafanización (Aclaramiento Dental):** Técnica química que vuelve transparente la estructura dentaria tras teñir el sistema de conductos, permitiendo medir y visualizar la anatomía interna de forma tridimensional.
- **Cubos de Resina / Conductos Simulados:** Se utilizan limas para instrumentar bloques transparentes y estandarizados; luego, se superponen fotografías "antes y después" para medir matemáticamente el grado de modificación y el riesgo de crear escalones o desviaciones (12)

2.4 Instrumentación

Desde los orígenes de la endodoncia las limas siempre han sido y siempre serán los instrumentos encargados y responsables de la ampliación y regularización de las paredes de los conductos radiculares estas son capaces de dar lugar al material de obturación. El primero en crear un instrumento endodóntico partiendo del ejemplo de un reloj fue Edward Maynard en 1838 y lo realizó con el objetivo de poder limpiar y ensanchar de una manera mejor el conducto radicular.

Como todo proceso y desde su inicio durante este periodo no existía un consenso entre algunos fabricantes sobre cómo debía ser la forma, cómo debía ser el tipo de material y cómo debería ser las características de la parte activa de esta lima ya que no habían algunos criterios

preestablecidos para poder llevar a cabo su fabricación y solamente se conocía lo que era necesario, el aumento del diámetro a cada instrumento, por lo que el fabricante estipulaba el diámetro y la longitud que ellos consideraban necesarios. (9)

En el año de 1955 Ingle de la Fow creó y dio paso a la posibilidad para poder llegar a fabricar instrumentos que tuvieran estandarización con un aumento secuencial en su diámetro. Consecuente a esto en el año 1958 Ingle y Levine hicieron la propuesta sobre la estandarización de los conos y las limas luego de esto en 1976 se realizó la publicación de las primeras especificaciones las cuales ya estaban aprobadas para los instrumentos endodónticos, pero fue hasta en 1976 en enero donde la American Standard Institute aprobó por completo la estandarización final. (10)

En el transcurso de los años varias han sido las propuestas acerca de técnicas de instrumentación, primero teníamos y seguimos teniendo las técnicas manuales, pero también hoy en día poseemos técnicas activadas por motores, esta última es una gran ventaja ya que nos viene a facilitar el trabajo y el objetivo de la endodoncia que es la limpieza y la conformación del sistema de conductos radiculares con irregularidades anatómicas como ser conductos muy curvos.

Cuando hablamos de la técnica manual en este movimiento por lo general lo llamamos técnica de fuerzas balanceadas ya que esta fuerza nos ayuda a crear menos equivocaciones en los conductos para esto se atarían utilizando las limas K. Estos investigadores a través del tiempo y a través de sus investigaciones descubrieron esta técnica como una serie de movimientos que van rotando con las limas.

La técnica de las fuerzas balanceadas posee o consta de 3 a cuatro pasos:

El primer paso se lleva a cabo después de la inserción suave o pasiva del instrumento dentro del conducto es una rotación pasiva que va en sentido horario de unos 90° para así poder ir ensanchando la dentina.

Luego de esto vamos al segundo paso donde el instrumento se mantiene dentro del conducto con una fuerza axial y se rota en sentido antihorario para poder así liberar esquirlas de dentina enganchadas dentro de la pared del conducto esto llega a producir un Clic que es característico.

Finalmente, cuando se pasa al tercer paso se va retirando la Lima en sentido horario para limpiar, pero debido a que las limas en esta técnica no pueden ser pre curvadas cada movimiento lineal hacia afuera es un movimiento de Limado llegando a causar un cierto

enderezamiento del conducto. Por esto muchas veces el operante o el doctor puede avanzar más apicalmente en vez de retirar la Lima esto será según el grado de dificultad de cada caso en cada molar o diente tratante. (11)

2.5 Limas Rotatorias

A finales de 1899 es cuando se comenzó a mencionar o hablar acerca de la instrumentación mecanizada o mecánica éste con el fin de poder facilitar y así mejorar la eficacia durante el proceso de la instrumentación llegando a agilizar el trabajo del dentista. Inicialmente se procedió emplear un taladro en el interior del conducto radicular el cual era accionado con un motor dental. Luego en el año 1958 se fue introduciendo lo que era un cabezal para el tipo de limas Razer este poseía movimientos oscilatorios longitudinales y con el contra ángulo, pero fue hasta en 1964 cuando se inició verdaderamente lo que es la época de la instrumentación mecánico rotatorio del conducto radicular. (9)

La fabricación de instrumental endodóntico manual en acero inoxidable está estandarizada bajo normativa ISO, sin embargo, el instrumental rotatorio de Ni-Ti no cuenta con una única norma a la que cumplir, por lo que los fabricantes diseñan la geometría de la parte activa del instrumento de forma no estandarizada. Estos diseños buscan aportar ventajas en la instrumentación de conductos radiculares; sin embargo, la gran variedad de sistemas existentes en el mercado podría considerarse una desventaja. El principal problema para decidir qué lima utilizar en cada caso reside muchas veces en no saber qué buscar y por qué. (12)

La composición química de la mayoría de las aleaciones de níquel-titanio utilizadas en el tratamiento de conductos radiculares corresponde al 55-Nitinol y contiene aproximadamente un 56 % (en peso) de níquel (Ni) y un 44 % (en peso) de titanio (Ti). El Ni-Ti tiene la capacidad inherente de alterar su tipo de enlace atómico, lo que provoca cambios únicos y significativos en las propiedades mecánicas y la disposición cristalográfica de la aleación. Las aleaciones de NiTi contienen tres fases microestructurales. (12)

Fase austenítica: También denominada fase de alta temperatura o fase madre. La aleación de NiTi se encuentra en esta fase a temperatura ambiente. La fase austenítica se caracteriza por su comportamiento elástico, es decir, la capacidad del material para recuperar su estado inicial tras ceder a la fuerza que provoca la deformación. (12)

Fase martensítica: También llamada fase de baja temperatura porque la aleación NiTi se encuentra en esta fase cuando la temperatura es baja. La fase martensítica se caracteriza por

tener un comportamiento plástico, es decir, tras el cese de la fuerza que provoca la deformación, la aleación mantiene dicha deformación. (12)

Fase R o fase pre martensítica: La disposición de los átomos en esta fase es romboidal.

Es importante conocer las diferentes fases microestructurales ya que la aleación NiTi tendrá diferentes propiedades mecánicas dependiendo de la fase en la que se encuentre. Esta capacidad de alternar entre fases es lo que le da a la aleación sus dos propiedades características: super elasticidad y memoria de forma. (11)

2.5.1 Características de los instrumentos rotatorios de níquel-titanio.

CONIFICACIÓN: La cantidad que aumenta el diámetro de la lima por cada milímetro a lo largo de su superficie de trabajo desde la punta hacia el mango de la lima. Por ejemplo, una lima de calibre 25 con una conicidad de 0,2, tendría un diámetro de 0,27 a 1 mm desde la punta y de 0,29 a 2 mm desde la punta. **DIÁMETRO:** Línea recta que une dos puntos de un círculo (en este caso, la sección transversal de la lima) y pasa por su centro. Puede variar a lo largo de toda la lima debido a la conicidad. Conocer el diámetro de la lima permite al profesional conocer su tamaño en el punto de curvatura y, con ello, la tensión relativa que se ejerce sobre ella. (13)

SECCIÓN TRANSVERSAL: La forma geométrica que presenta la lima al seccionarla perpendicularmente al eje longitudinal, determina la cantidad de masa de la lima. **BORDE:** La parte de la lima en contacto con la dentina, que es la unión entre dos surcos. **PLANO RADIAL:** Si en lugar de un filo se forma un plano, el resultado es un plano radial. Los planos radiales se diseñaron para reducir la tendencia de la lima a enroscarse en el conducto, reducir el transporte del conducto y limitar la profundidad de corte. Este diseño hace que la lima desgaste en lugar de cortar, lo que requiere mayor torque y tiempo para ser eficaz durante el trabajo. **RANURAS O FLAUTAS:** Parte de la lima que se utiliza para recoger el tejido blando y las virutas de dentina extraídas de la pared del conducto. Su función es importante para la eficiencia de corte de la lima; las ranuras grandes permiten un mayor corte que las pequeñas, ya que tardan más en saturarse (Figura 6). (13)

ÁNGULO HELICOIDAL: El ángulo que forma el filo con el eje longitudinal de la lima. Es responsable del corte de la lima por rotación o tracción y de la evacuación de los residuos alojados en las ranuras. Puede ser constante o variable, lo que influye en el grado de enroscado de la lima y, por lo tanto, es determinante para la torsión del instrumento. (13)

ÁNGULO DE INCLINACIÓN: En la sección transversal, es el ángulo formado por el borde delantero y el radio de la lima. Si el ángulo formado por el borde delantero y la superficie a cortar es obtuso, el ángulo de inclinación se considera positivo o cortante. Si el ángulo formado por el borde delantero y la superficie a cortar es agudo, el ángulo de inclinación se considera negativo o raspante.

PASO: Distancia entre puntos correspondientes donde el patrón no se repite. Cuanto menor sea el paso, más espirales tendrá la lima y mayor será el ángulo de hélice. (Figura 7). (13)

2.5.2 Avances en la aleación NiTi

Se han logrado importantes mejoras en las propiedades mecánicas de los instrumentos de NiTi mediante sutiles modificaciones en la proporción de ambos elementos. Sin embargo, el paso clave fue el desarrollo de tratamientos termo mecánicos para ajustar las temperaturas de transición de las aleaciones (Ms, Mf, As, Af).

De esta manera, se controlan las características de sus fases microestructurales e influyen en su comportamiento mecánico, alejándose gradualmente de las tecnologías para reducir los defectos superficiales. Mientras que la aleación de NiTi convencional se encuentra en la fase austenítica durante el uso clínico, las aleaciones de NiTi tratadas termo mecánicamente contienen cantidades variables en la fase R y en la fase martensítica en condiciones clínicas. Estas modificaciones dan lugar a limas endodónticas más flexibles con una alta resistencia a la fractura. Con el paso de los años, han surgido varias aleaciones gracias al tratamiento térmico del NiTi. (14)

Estos son: M-Wire (Memory-Wire) Fase R , Cm-Wire (Alambre Con Memoria De Control) y Azul Y Dorado, en este último caso en particular el color distintivo de estas aleaciones se debe a que, tras el tratamiento térmico, una capa de óxido de titanio recubre la superficie del instrumento. El espesor de esta capa en la aleación azul es de 60 a 80 nm, mientras que en la aleación dorada es de 100 a 140 nm.

Estos instrumentos también exhiben memoria controlada y pueden deformarse. La principal diferencia entre los instrumentos de tratamiento térmico CM Wire y los Blue and Gold es que estos instrumentos se mecanizan antes de pasar por el tratamiento térmico. Todas las limas tratadas térmicamente Gold and Blue demostraron mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga en comparación con las aleaciones convencionales NiTi y M-Wire. Sin embargo, en

comparación con las aleaciones que controlan la memoria del material, como CM-Wire, la resistencia a la fatiga cíclica de este último es mayor. (14)

2.6 Rotación: Continua Vs. Reciprocante

Fue en 2008 cuando Yared propuso por primera vez un nuevo enfoque utilizando un único instrumento alternativo de NiTi. La rotación alternativa o reciprocante como se le conoce más comúnmente es una evolución de la técnica de fuerzas equilibradas de Roane et al. Dos años más tarde, De-Deus et al., basándose en el principio de Yared, analizaron la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos Protaper Universal F2, utilizándolos en rotación continua a 250 y 400 rpm y en movimiento alternativo. Concluyeron que el movimiento alternativo alarga la vida útil de los instrumentos y que la velocidad a la que se utilizan es un factor determinante en el tiempo de fractura. (11)

En base a este punto y a partir de aquí muchos autores se dieron a la tarea de estudiar este tipo de rotación que al inicio se introdujo dentro del mercado 2 sistemas de rotación recíproca recíproco VDW Múnich Alemania y WaveOne de Dentsply Maillefer. La diferencia más marcada y siendo esta la principal en estos instrumentos es que tienen una dirección de corte en sentido antihorario por lo que cortan activamente si la rotación en sentido antihorario es mayor que las de las agujas de reloj. Esto es debido a su diseño transversal, que en el ángulo de corte con las paredes del conducto es negativo y se vuelve positivo si la lima se gira en sentido antihorario. Sin embargo, a excepción de estos instrumentos todos los demás instrumentos están diseñados para cortar en sentido horario, es decir tienen un ángulo de corte positivo. Por lo tanto, todos los instrumentos que se encuentran diseñados para la rotación continua en sentido horario también van a poder trabajar con movimiento recíprocamente siempre que en este movimiento la rotación esté en sentido horario sea más amplia que el movimiento en sentido antihorario. (11)

2.6.1 Principales diferencias entre rotación continua y reciprocante:

2.6.1.1 Movimiento Reciprocante: el movimiento reciprocante es un movimiento mecanizado el cual empezó a utilizarse hace muchas décadas, sin embargo, se expandió su uso dentro de la práctica clínica hasta que se utilizaron limas de NiTi. En cuanto a las ventajas de este movimiento se encuentra que impide que se genere enroscamiento de la herramienta al momento de realizar en contra y a favor del sentido del reloj, por lo que se ha observado que los instrumentos a utilizarse en movimiento reciprocante sufren menos fatiga cíclica. Las limas

reciprocantes tienen un riesgo bajo cuando son utilizadas de acuerdo con las instrucciones del fabricante, por otra parte, esta instrumentación es más rápida que al usar sistemas de rotación. (12)

Este sistema conforma una innovación, la cual pretende que se mejore la capacidad de la separación instrumental en su aplicación en cuanto a la realización de cavidades radiculares, esta es aplicada en los sistemas de herramientas a base de níquel y titanio y la conservación de la forma de la cavidad, al igual que el eficiente manejo de las cavidades que tienen curvaturas. Por otra parte, el empleo de herramientas a base de níquel-titanio tiene un enorme potencial en la elaboración de los canales, incluso en casos de complicaciones de la anatomía en los canales radiculares. (15)

El movimiento reciprocante es la aceleración que cuenta con mayor utilidad, por la razón que los instrumentos que son utilizados en este movimiento, cuentan con menos fricción o contacto con las distintas paredes del interior del canal radicular y de esta manera se logra la disminución de la tensión sobre ellos. Varios investigadores lo han considerado como una cinemática que tiene más seguridad para la prevención de una fractura cuando se realiza el movimiento de rotación de forma continua. (12)

En relación con la capacidad de este movimiento, para que la anatomía del conducto se mantenga, ha sido observado que cuenta con cierta similitud con la de los instrumentos rotatorios, sin embargo, sus desventajas se encuentran en el posible aumento de la extrusión de la limalla dentinaria y que aparezca microcracks después de la instrumentación. Para la extracción de debris, se ha investigado acerca de su diferencia con otros sistemas y los autores que se encuentran a favor de este sistema sostienen que el movimiento rotatorio brinda facilidad a la salida de limalla hacia coronal. (16)

De manera general, dentro de la preparación de los conductos radiculares mediante un reciprocante, es un progreso de las técnicas de las distintas fuerzas balanceadas, en la cual, el movimiento antihorario el equivalente a 180° y el horario es iguala a 120° , lo cual permite que se dé forma, inclusive a los conductos que se encuentran curvos severamente comparado con las herramientas manuales. Por otra parte, en un estudio realizado en Estados Unidos por Burklien y Schafer, se encontró que las limas reciprocantes generaron de manera significativa más cantidad de barrillo dentinario o debris que las limas de un sistema rotatorio. (12)

Además, el movimiento reciprocante gira en una dirección y después, antes de completar el giro de rotación se invierte. Ha sido demostrado que la utilización de dicho movimiento brinda

más vida útil a un instrumento de NiTi y como consecuencia, la resistencia a la fatiga, esto en comparación a los instrumentos que se utilizan en los sistemas de rotación continua, sin embargo, es necesario que se siga evaluando la fatiga cíclica de esta herramienta. (11)

Por otra parte, este sistema, a pesar de poseer ventajas reconocidas de flexibilidad, mantenimiento de la morfología de los conductos y menor extrusión de debris, entre otras, existen muchos profesionales de la salud bucal que se inclinan a la utilización de sistemas rotatorios de NiTi para la preparación de los sistemas radiculares. No obstante, en conjunto con la utilización de sistemas de una sola lima, es necesario que se tengan ciertas precauciones. Este sistema conforma solo el conducto de una forma muy rápida en diversas ocasiones, sin embargo, no desinfectan y no limpian el conducto radicular. Por lo que se enfatiza que la irrigación es de mucha importancia para que el éxito en la endodoncia se consiga. (13)

2.6.1.2 Rotación Continua:

Los sistemas de instrumentación mecanizados que utiliza las limas con la aleación de níquel titanio al girar en un sentido de 360° y con una velocidad y un torque predeterminados por un motor eléctrico dan por resultado a la rotación continua, el cual este sistema ha venido a revolucionar la endodoncia al superar lo que son las limitaciones en cuanto a las limas de acero inoxidable esto llegando a permitir que la preparación del conducto sea más centrado y rápido. Durante la rotación continua esta se da de forma ininterrumpida y siempre manteniendo una velocidad constante dentro del conducto radicular a diferencia del método tradicional manual donde se debe dar vuelta en sentido del reloj, en la rotación continua se hace uso del motor eléctrico especializado y así se puede controlar la precisión la velocidad y el torque. (17)

- Cinemática y diseño: Su base está en el movimiento circular constante muchos autores han destacado que el diseño de las limas con diferentes ángulos de hélice y áreas de corte están optimizados para transportar los restos de dentina y tejido necrótico hacia la corona evitando el empaquetamiento en la parte apical del conducto radicular. (18)
- Flexibilidad de la aleación: muchos autores han subrayado que el paso de la fase auténtica a la Marte encíclica en las aleaciones de níquel titanio han permitido que la lima se adapte a curvaturas muy severas sin causar una deformación plástica permanente manteniendo así la anatomía original del conducto radicular. (18)
- Seguridad y torque: todos los motores con rotación continua van a operar siempre bajo este término de limitación de torque. Según autores esto es muy importante y un paso muy crucial que llevará a evitar la fractura del instrumento a causa de fatiga torsional

que esta es cuando la resistencia del conductor supera al límite establecido, el motor se detiene o invierte el giro. (18)

Entre las ventajas y algunas de las limitaciones tenemos el centrado del conducto en este, parte de los sistemas rotatorios van a mantener mejor el eje central del conducto en comparación con la técnica manual reduciendo así el riesgo de escalones, en cuanto al tiempo operativo pues hay un consenso en que se reduce muy significativamente este tiempo de preparación biomecánica, mientras que la fatiga cíclica llega a ser el punto más débil que tiene este movimiento porque mediante el uso repetido en conductos curvos va a generar micro fisuras, estas pueden llevar a la fractura repentina o inesperada de la lima. (12)

Principales diferencias entre ambos movimientos:

Resistencia a la fatiga cíclica: algunos de los autores que utilizaron el mismo sistema de limas aplicando diferente cinemática para evaluar únicamente el efecto del movimiento. De esta manera, pueden compararse sin otras variables de influencia. Todos ellos concluyeron que el movimiento recíprocante tiene una resistencia estadísticamente significativamente mayor a la fatiga cíclica. **Extrusión apical de detritos:** La literatura es muy contradictoria sobre qué tipo de rotación expulsa más detritos. Algunos estudios concluyen que la rotación continua extruye más debido al mayor número de instrumentos utilizados. Sin embargo, algunos concluyen que la rotación recíproca extruye más porque la rotación continua mejora la expulsión coronal de detritos, mientras que otros no muestran diferencias entre ambas.

Transporte del conducto: En este caso hay mayor desacuerdo, pero la revisión sistemática de Ahn et al. concluye que los instrumentos de rotación continua pueden exhibir una mejor capacidad de centrado debido al uso de una secuencia gradual de limas, mientras que los instrumentos recíprocantes solo utilizan un instrumento para preparar todo el conducto. (12)

Defectos o grietas dentinarias: También hay desacuerdo en este punto. Hay estudios que encuentran menos defectos utilizando el movimiento recíprocante o alterno. Algunos estudios encuentran lo contrario y otros no encuentran diferencias significativas entre los movimientos. Sin embargo, recientemente, De-Deus et al. realizaron un estudio utilizando fragmentos de huesos maxilares de cadáver que contenían de tres a cinco dientes cada uno. (12)

Actualmente muchas de las literaturas sugieren que la elección de la cinemática no debe darse de manera arbitraria sino, ser llevada por la complejidad de la anatomía del conducto. Mientras que la rotación continua se ha establecido por su eficacia en la remoción de detritos en anatomías predecibles, la rotación recíprocamente viene a surgir como una respuesta mecánica superior para eventos de alto estrés como ser algunas curvaturas severas de las raíces mesiales en molares mandibulares. (20)

Los debates científicos han dejado de centrarse ahora únicamente en la rapidez, para priorizar así la preservación de la anatomía original y la resistencia a la fractura del instrumento, donde las aleaciones con tratamiento térmico y el movimiento alterno presentan cierta ventaja comparativa.

Tabla 2: Tabla comparativa Rotación continua vs recíprocante. (21), (22)

	Rotación Continua	Recíprocante
Características Generales	Destaca por una mejor remoción de detritos (limpieza) al actuar como transportador de tornillo, y suele causar menos dolor postoperatorio en ciertos casos.	Destaca por su alta resistencia a la fatiga cíclica, la rapidez del tratamiento (menor número de limas) y mayor seguridad en conductos curvos y estrechos.
Modificación anatómica	Limitación: Riesgo de "enderezamiento" apical si se usan instrumentos de mayor calibre en curvas pronunciadas.	Ventaja: Permite una preparación más conservadora y fiel a la anatomía original con sistemas de un solo instrumento o con sistemas completos con variación de calibre en curvas.
Fatiga cíclica	Limitación: Mayor resistencia: mayor riesgo de fatiga cíclica en conductos muy curvos. El estrés constante en el punto de curvatura acelera la fatiga del metal.	Ventaja: Mayor resistencia: el movimiento intermitente reduce el estrés sobre la lima. Los ángulos de avance/retroceso liberan la tensión acumulada en la estructura del NiTi

Centrado y Transporte	Ventaja: Buen centrado en curvas leves gracias al uso de secuencias graduales de limas.	Ventaja: Superior en curvas severas (50°-70°). Mantiene mejor la trayectoria original y reduce el riesgo de escalones.
Extrusión de Detritos	Ventaja: El giro constante favorece la expulsión coronal de virutas dentinarias (efecto tornillo).	Limitación: Reportes mixtos; el avance de la lima puede actuar como "pistón", empujando detritos hacia el peri-ápice.
Defectos Dentinarios	Se asocia con la generación de micro-cracks si el torque no está bien controlado.	Estudios recientes sugieren que el movimiento alterno induce menos estrés inicial en las paredes del conducto.

2.7 Limas Endostar E3 Azure Basic.

Endostar E3 Azure es un set de limas rotatorias usadas para una efectiva y eficiente preparación de los conductos radiculares. Son hechas de la aleación de más alta calidad de níquel titanio, que adicionalmente es sometida a un tratamiento especial con calor llamado AZURE HT Technology de Poldent, lo cual lleva a un aumento considerable de la flexibilidad y durabilidad. Las limas pueden ser usadas inclusive en canales con curvaturas acentuadas, de esta forma minimizando el riesgos de perforación radicular. La forma modificada de esta lima de NiTi S con dos bordes cortantes aumenta la eficiencia de corte, transporte de detritos hacia arriba del canal y la disminución del tiempo de preparación. La punta inactiva permite una preparación segura, que disminuye el riesgo de creación de vías falsas, perforación y zipping. El valor del taper (número de rayas en el mango) es fácil de leer y el tamaño ISO (color de las rayas) permite un uso sencillo de los instrumentos. (26)

Endostar E3 Azure es un innovador sistema creado con Azure HT Technology, nuestro proceso de fabricación de tratamiento térmico especialmente diseñado. El objetivo de la Azure HT Technology era crear limas extremadamente flexibles y resistentes a la rotura incluso en los casos complicados. (26)

- Seguro - mayor resistencia a la rotura
- Extremadamente flexible - pueden seguir incluso la vía más curvada del conducto

- Eficaz y fácil de usar

Azure HT Technology ; El proceso Azure HT Technology modifica la estructura cristalina de las limas de níquel-titanio. Permite que la transformación de martensita a austenita se produzca a una temperatura cercana a la corporal.

Este proceso transforma completamente las propiedades de las limas. Las limas pueden doblarse previamente antes de introducirlas en el conducto. Pueden seguir fácilmente incluso la vía más curvada del conducto, con un riesgo mínimo de perforación, salientes o vías falsas (figura 8). (26)

Este sistemas de limas pose la capacidad y está diseñada para realizar 3 tipos de movimiento comunes, a fin de alcanzar una preparación perfecta del conducto radicular. El sistema es compatible con la mayoría de las piezas de mano. (26)

Movimiento rotatorio: El instrumento continúa girando en el sentido de las agujas del reloj (CW - Clock Wise) a 360 grados. (Figura 9) (26)

Movimiento recíproco: El instrumento se mueve alternativamente: en sentido horario (CW) y antihorario (CCW). El ángulo de movimiento en sentido horario debe ser mayor que el ángulo en sentido antihorario (por ejemplo, 90° en sentido horario y 30° en sentido antihorario) (Figura 10). (26)

Movimiento complejo OTR : Un movimiento que combina ambos tipos de movimientos. Al insertar el instrumento en el canal, este realiza una rotación en sentido horario, y si la resistencia de la herramienta en el canal es demasiado alta, el movimiento rotatorio cambia a un movimiento alternativo (sentido horario-antihorario). Cuando la resistencia desciende por debajo del umbral establecido, se restablece la rotación en sentido horario. Un ejemplo de movimiento complejo es el movimiento OTR disponible en el contraángulo. (26)

Durante el tratamiento del conducto radicular (a una temperatura cercana a la corporal) la lima aprovecha las ventajas, tanto de la fase de martensita como de la de austenita.

Martensita: mayor flexibilidad, puede doblarse previamente, gran resistencia a la rotura.

Austenita: súper elasticidad, gran capacidad de corte y eficacia, resistente a las fuerzas de torsión (26)

2.7.5 Características del Sistema de limas Endostar E3

Este sistema posee una punta segura ya que es no es cortante evitando así las perforaciones o formación de escalones siguiendo la luz del conducto. En cuanto a su pitch es variable dando una mejor eliminación de dentina, mayor flexibilidad evitando así el efecto de atornillamiento. (Figura 11). (26)

Sección transversal: posee una sección transversal en forma de S modificada, dando como resultado una gran capacidad de corte, Reducción de atascamiento dentro del conducto, por consiguiente, un trabajo seguro dentro del conducto y eliminación de restos de dentina (Figura 12). (26)

2.8 Réplicas de Resina 3D TOOTH® en el Estudio de la Cinemática Endodóntica.

Aunque el estándar de oro siempre ha sido el diente natural, la dificultad para obtener muestras con anatomías idénticas, mismos ángulos de curvatura, mismo radio, misma longitud, nos hace pensar en el uso de réplicas de resina.

La utilización de replicas 3D permite tener un mejor control sobre las variables anatómicas, así de esta manera poder asegurar que las diferencias observadas en la modificación del conducto sean basándose exclusivamente en la cinemática empleada y no en variaciones morfológicas intrínsecas de la muestra.

El uso de réplicas de resina 3D abre muchas posibilidades en la investigación endodóntica. En primer lugar, elimina las dificultades de emparejar especímenes. Es posible comparar un mayor número de grupos con anatomía idéntica, y el costo por impresión es bajo, por lo que se puede imprimir un gran número de réplicas. Además, no hay riesgo de contaminación cruzada, y estos análisis probablemente se puedan extender a otras áreas, como la irrigación o incluso la obturación de conductos radiculares en anatomías complejas con conductos laterales, istmos o ramificaciones apicales. Sin embargo, el diente natural debe seguir siendo el estándar de oro para evaluar las capacidades de conformación con micro-CT. Las réplicas de resina 3D pueden servir como un método adicional para aumentar el número de grupos a comparar en las mismas anatomías. (3)

Hasta ahora, el estudio del comportamiento de los instrumentos rotatorios utilizados durante la preparación quimio-mecánica se ha realizado en dientes naturales extraídos. Sin embargo, debido a la diversidad anatómica del conducto radicular de cada diente, resulta difícil obtener un gran número de muestras para comparar diversos sistemas de instrumentación en un mismo estudio. Además, la recolección y el almacenamiento de dientes humanos presentan dificultades; su uso conlleva riesgos potenciales de infección cruzada, y el proceso de estandarización es complejo. (3)

El uso de réplicas de anatomías dentales naturales puede superar estas limitaciones. La impresión tridimensional (3D) es una tecnología en rápido desarrollo que ha ganado amplia aceptación en odontología. A medida que se dispone de más materiales, los dientes impresos en 3D ofrecen oportunidades sin precedentes para crear nuevos modelos individualizados que pueden utilizarse en muchos campos de la investigación endodóntica, como la irrigación, la obturación y la preparación quimio-mecánica. Estudios que utilizan réplicas de resina 3D concluyeron que la precisión del proceso de impresión es adecuada para la producción de réplicas dentales para la enseñanza endodóntica y una estandarización más sencilla. (3)

Estudios realizados por la Unidad de Endodoncia y Odontología Restauradora, Facultad de Medicina y Odontología, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España, mencionan que una de las principales desventajas de realizar las investigaciones científicas en dientes naturales es la estandarización, no solo como consecuencia de la anatomía del sistema de conductos radiculares sino también de la edad del donante, que tiene influencia en las propiedades de la dentina. Los dientes impresos en tres dimensiones obtenidos a través de la microtomografía computarizada de dientes naturales reales se han utilizado como alternativa a estos mismos, tanto en investigación como en docencia y ofrecen una buena oportunidad para crear grupos experimentales equilibrados. (24).

En otros estudios realizados por Ramirez-Muñoz se menciona algunas limitaciones, en primer lugar, las réplicas de resina 3D muestran una disparidad en sus propiedades mecánicas en comparación con la dentina natural. La resina UV-Tough utilizada en este estudio tiene un módulo de Young y una resistencia a la tracción máxima inferiores a los de la dentina humana, cuyo módulo de Young suele ser de aproximadamente 18 GPa. Esta resina, con un rango de longitud de onda de 365 a 405 nm, probablemente tenga un módulo de elasticidad cercano a 2-3 GPa y una resistencia a la tracción de 50-70 MPa, lo que la hace un poco más blanda y flexible que la dentina. (3).

3. CAPITULO III: MÉTODOS

3.1 Diseño, alcance y enfoque.

3.1.1 Diseño de la investigación:

Es un estudio in vitro comparativo experimental controlado, ya que las variables se van a controlar o manipular al realizar el estudio comparativo para evaluar la modificación anatómica del conducto mesial utilizando el sistema Endostar Azure E3 basic en movimiento de rotación continua vs rotación recíproca. Es in vitro porque se realiza en un ambiente controlado. Se empleará una técnica de superposición fotogramétrica cromática para el análisis de medidas (pre-instrumentación y post -instrumentación), con el fin de cuantificar la modificación anatómica en modelos estandarizados de réplicas en 3D.

3.1.2 Tipo de investigación:

Esta investigación tiene un alcance de tipo comparativa, porque analiza el comportamiento del sistema E3 Azure Basic bajo dos sistemas distintos.

3.1.3 Enfoque:

Este estudio tiene un enfoque cuantitativo y comparativo ya que consiste en recolectar y analizar datos después la modificación del conducto al comparar los dos movimientos.

Tabla 3:Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	CODIFICACIÓN	TIPO DE VARIABLE
DEPENDIENTE Modificación Anatómica del conducto.	La modificación en la anatomía radicular se causa al ensanchar, limpiar y dar forma cónica al conducto, eliminando tejido infectado y dentina. El objetivo es respetar la anatomía original, pero frecuentemente se altera la forma mediante el ensanchamiento del foramen, reducción de la dentina y, si no se controla, accidentes como transportaciones, escalones o perforaciones.	Preparación biomecánica de todo el conducto mesial de primeros molares inferiores de dientes réplicas 3D y evaluación de la modificación anatómica del conducto por tercios.	Forma modificada del conducto por tercios: tercio cervical, tercio medio y tercio apical.	Sí se modificó (SI) No se modificó (NO)	Nominal
INDEPENDIENTE Movimiento rotación continua.	Es una técnica mecanizada donde las limas de níquel-titanio (NiTi) giran 360° en sentido horario de manera constante, impulsadas por un motor endodóntico.	Preparación y conformación de los conductos mesiales utilizando todo el sistema hasta la lima 30.04 con el movimiento de rotación continua.	Tipo de movimiento rotatorio.	Rotación continua	Nominal
INDEPENDIENTE Movimiento rotación recíprocante.	La rotación recíprocante es una técnica mecanizada donde la lima alterna giros en sentido antihorario —corte— y horario —liberación—.	Preparación y conformación de los conductos mesiales utilizando todo el sistema hasta la lima 30.04 con el movimiento de rotación recíprocante.	Tipo de movimiento rotatorio.	Rotación recíprocante	Nominal

3.2 Hipótesis

H1: Existe diferencia significativa en la modificación anatómica en la curvatura por tercios al hacer uso del movimiento de rotación continua vs el movimiento recíprocante en conductos mesiales y distales de dientes réplicas 3D Tooth® de molares inferiores utilizando el sistema E3 Azure Basic.

H0: No existe diferencia significativa en la modificación anatómica en la curvatura por tercios al hacer uso del movimiento de rotación continua vs el movimiento recíprocante en conductos mesiales y distales de dientes réplicas 3D Tooth® de molares inferiores utilizando el sistema E3 Azure Basic.

3.3 Unidades experimentales

3.3.1 Población: Réplicas de resina transparente de la marca 3D Tooth®, que simulan la anatomía interna de los conductos mesiales y distales de molares inferiores con curvaturas severas.

3.3.2 Muestra: Se seleccionará una muestra de 30 réplicas, las cuales presentan un conducto mesial y distales con curvaturas estandarizadas de 50 °, 60° y 70° grados.

Tipo: No aleatoria porque debido a que es un estudio experimental se definen los parámetros que se van a investigar de la muestra.

El tamaño de la muestra se determinó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, siguiendo los criterios de Hernández Sampieri para diseños experimentales de laboratorio. Se seleccionó una muestra de 30 unidades de análisis, divididas en tres grupos de 10 según el grado de curvatura 50 °, 60° y 70 ° grados, permitiendo un análisis comparativo amplio.

Esta cantidad se justifica por la homogeneidad de las réplicas 3D Tooth®, las cuales eliminan las variables de confusión anatómica presentes en dientes naturales, permitiendo grupos de n=10 por grado de curvatura (5 por cada técnica), esta muestra es por conveniencia con alcance exploratorio para observar el comportamiento mecánico de las limas E3 Azure Basic.

Tamaño: 10 réplicas de dientes por grupo ya que según Hernández y col (2006) proponen este tamaño como mínimo.

3.3.3 Criterios de inclusión:

Para el estudio se solicitó a los fabricantes de la marca 3D Tooth®, la realización de dientes replicas con curvaturas y grados específicas:

Molares inferiores de replicas en 3D con curvaturas de 70 grados

Molares inferiores de replicas en 3D con curvaturas de 60 grados

Molares inferiores de replicas en 3D con curvatura de 50 grados

3.3.4 Criterios de exclusión:

Molares superiores

Dientes anteriores

Molares inferiores con curvatura menores a 50

Dientes Naturales

3.4 Instrumentos/ Materiales

- 30 molares replicas 3D
- Limas Pre - serie tipo K #6 #8 #10
- Limas tipo K #15 #20
- Sistema rotatorio Endostar E3 Azure Basic
- Hipoclorito de sodio al 2.25%
- Jeringa Hipodérmica
- Aguja para Irrigar
- Puntas de Papel
- Azul de Metileno
- Pinzas
- Camara fotográfica profesional
- Endo motor

3.5 Procedimiento

3.5.1 Selección y Preparación de Muestra

Se seleccionan 30 molares inferiores (primeras y segundas molares) réplicas de dientes 3D tooth® con conductos mesiales con curvaturas de 70°,60°,50°. Luego de esto fueron divididos por conveniencia en tres grupos, Grupo #1: conducto mesial con curvatura de 70°, grupo #2: conducto distal con curvatura de 60°, grupo #3: conducto distal con curvatura de 50°.

Posterior a eso se subdividió cada uno de los tres grupos en dos subgrupos:

Grupo #1: Subgrupo 1.1: conducto mesial con curvatura de 70° instrumentado con movimiento de rotación continua con limas E3 Azure basic.

Subgrupo 1.2: conducto mesial con curvatura de 70° instrumentado con movimiento recíprocante con limas E3 Azure basic.

Grupo #2: Subgrupo 2.1: conducto distal con curvatura de 60° instrumentado con movimiento de rotación continua con limas E3 Azure basic.

Subgrupo 2.2: conducto distal con curvatura de 60° instrumentado con movimiento recíprocante con limas E3 Azure basic.

Grupo #3: Subgrupo 3.1: conducto distal con curvatura de 50° instrumentado con movimiento de rotación continua con limas E3 Azure basic.

Subgrupo 3.2: conducto distal con curvatura de 50° instrumentado con movimiento recíprocante con limas E3 Azure basic.

Se tomó una fotografía inicial a cada una de las muestras con cámara profesional para su mejor resolución con lente macro con las siguientes disposiciones y configuración programadas: apertura f/20, velocidad de obturación 1/125, Flash 1/8 + 0.3, ISO 200, así registrar la forma inicial del conducto. Luego todas las muestras fueron instrumentadas a su respectiva longitud de trabajo la cual se determinó trabajar al ras, ya que al tratarse de un estudio in vitro, el objetivo principal es la evaluación mecánica estricta de las cinemáticas y su influencia en la modificación anatómica del conducto, de esta forma se garantiza una estandarización absoluta en todas las muestras utilizando el foramen como punto de referencia objetivo y eliminando el sesgo de la medición manual con topes de goma, y al llevar el instrumento a la longitud total del conducto, puede evaluarse la capacidad real de la lima para respetar o modificar la anatomía en la zona de mayor exigencia y curvatura. Se realizó primero glide path con lima manual #6, luego lima rotatoria para Glide path eighteenth 19/02, después #8 y #10, a continuación, se

procedió con lima #15 y #20 como lo indica el protocolo que sugiere los fabricantes de las limas.

Preparación Biomecánica de los Conductos Mesiales.

El grupo #1, #2, #3 y sus subdivisiones cada uno, fueron instrumentados con el sistema Endostar E3 Azure basic procediendo desde su abridor, luego la lima 25/06 y 30/02 con el Endo motor MotoPex Woodpecker DTE , cada subgrupo con su respectivo movimiento, el subgrupo de rotación continua se instrumentó con un torque de 2.5 Ncm y una rotación constante de 300 rpm como lo sugiere el fabricante de la lima y el grupo reciprocante en 150 ° para el ángulo en sentido horario (cw) y para el ángulo antihorario (ccw) 30 ° . Se usó irrigación entre cada lima con hipoclorito de sodio al 2.25% con jeringa hipodérmica y aguja para irrigar y se verifica la permeabilidad con lima de pasaje. Por consiguiente, se seca con puntas de papel el conducto. Al finalizar la instrumentación se tiñó el conducto con azul de metileno para identificar la modificación anatómica y se tomó una fotografía final con la misma configuración de cámara para hacer la comparación entre ambas.

3.5.2 Toma de Muestra

Ya que el estudio se enfoca en observar la modificación de los conductos mesiales de los tres grupos con diferente ángulo de curva a través de la observación de los tres tercios de las raíces mesiales, se prosigue a la superposición de imágenes obtenidas de la toma de fotografía inicial y final por cada diente replica 3D tooth® instrumentado, éste se realiza mediante el uso del instrumento de software para procesamiento de imágenes Adobe Photoshop , a posteriori este acondiciona las imágenes con el algoritmo de superposición de imágenes (co-registro) en una ventana inicial y se superpusieron automáticamente mediante el script "load files into stacks". que permite alinear correctamente la fotografía tomada inicialmente. Dado que estas dos imágenes estaban posicionadas una encima de la otra, la opacidad de la imagen superior se redujo al 55% para permitir una visualización adecuada de las dos imágenes superpuestas para las mediciones. Estas dos superposiciones diferentes se exportaron y convirtieron a formato PNG para formar la imagen final. Al finalizar la instrumentación biomecánica tomando como referencia punto anatómicos fijos de la propia replica 3D que no se tocan durante la instrumentación como ser los bordes de las cúspides coronales y extremo final de la parte apical de la raíz, actuando como un sistema de coordenadas naturales, se asegura de esta forma que el plano de análisis sea de la forma más exacta en ambas tomas, compensando digitalmente

cualquier rotación física y todo esto se realiza sin que se modifique el tamaño original de las fotografías.

Para el análisis de la modificación del conducto de las tres porciones (cervical, medio y apical) de las raíces mesiales de primeros y segundos molares inferiores. Se determinó que a través de la observación de imágenes del conducto teñido con azul de metileno después de ser instrumentado y la superposición de imagen con el conducto inicial color rojo (sin instrumentar), obtenidas bajo toma de fotografía con cámara digital profesional Canon EOS Rebel T7 se calificarían por medio de una escala dividiéndolo en tres tercios donde se determina inicialmente con la primera fotografía la anatomía original, si es curvo o recto en cada uno de los tres tercios y si después de la toma de fotografía final cada tercio tuvo modificación (SI) o no tuvo modificación (NO).

Tabla 4: *Indicadores tercios y modificación del conducto para los grupos 1,2 y 3*

INDICADORES		
Tercio Cervical	Si se modificó (SI)	No se modificó (NO)
Tercio Medio	Si se modificó (SI)	No se modificó (NO)
Tercio Apical	Si se modificó (SI)	No se modificó (NO)

4. CAPITULO IV: RESULTADOS

La presentación de resultados de la investigación realizada se mostrará utilizando figuras y tablas con la finalidad de responder los objetivos planteados y de comprobar hipótesis.

Fase experimental. Figura 1a. Disposición preexperimental. Figura 1b correspondiente al grupo #1 con sus respectivos subgrupos. 1c correspondiente al grupo #2 y sus respectivos subgrupos. 1d correspondiente al grupo #3 y sus respectivos subgrupos.

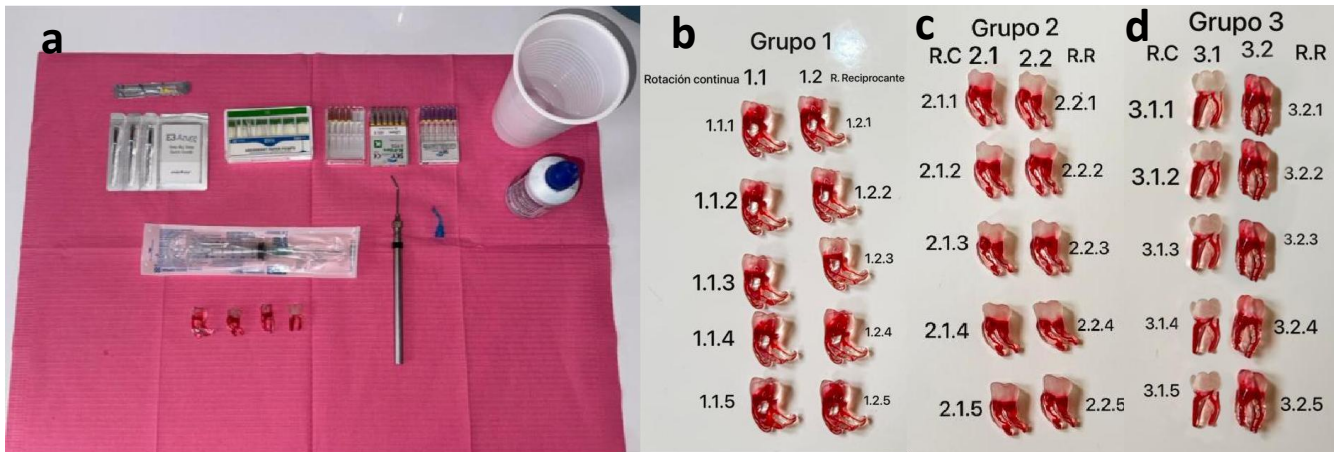


Figura 1.

Estructura de la réplica 3D. Figura 1a. réplica 3D sin instrumentar. Figura 1b. réplica 3D instrumentada y teñida con azul de metileno. Figura 1c superposición de figura 1a y 1b para verificación de la modificación del conducto

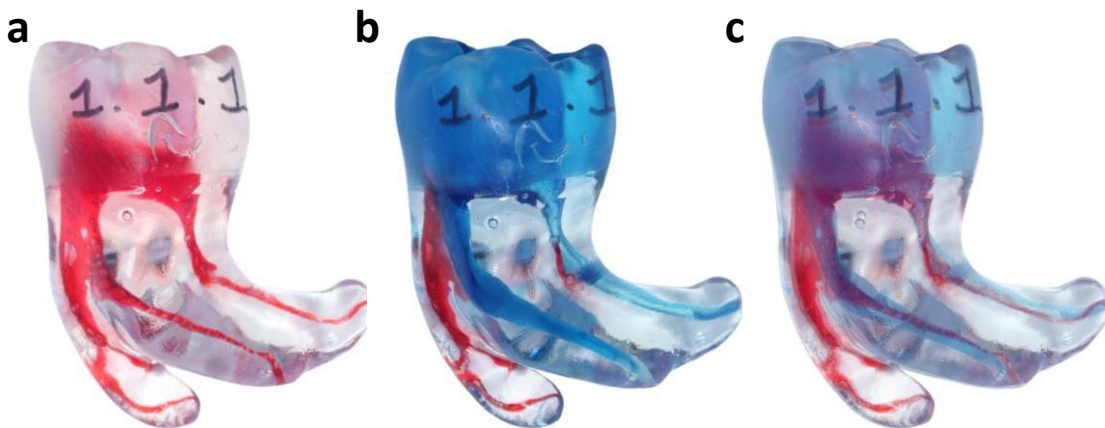


Figura 2.

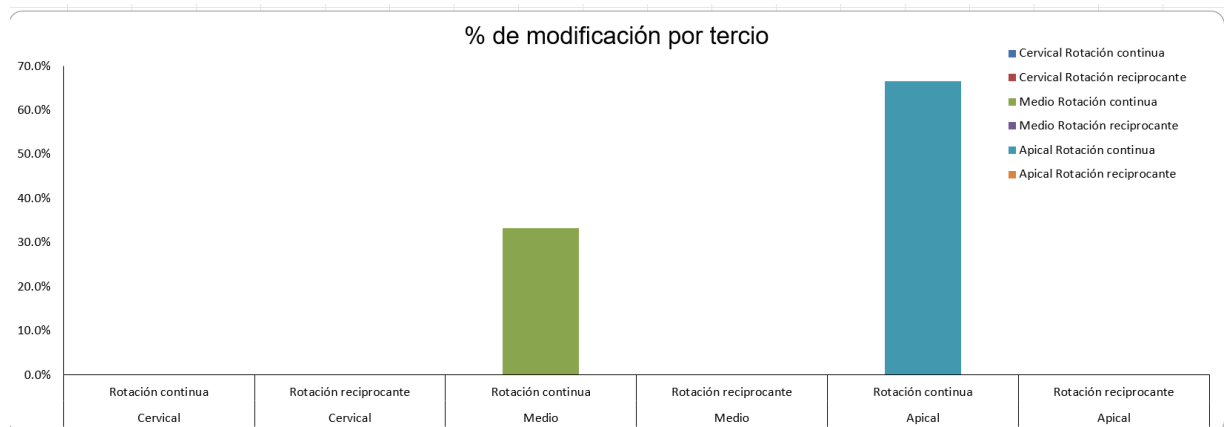
Tabla 5. Proporción de modificación por tercio y movimiento

Tercio	Rotación	n	Modificados	% modificado	IC95% inf	IC95% sup
Cervical	Continua	15	0	0.0%	0.0%	20.4%
Cervical	Recíprocante	15	0	0.0%	0.0%	20.4%
Medio	Continua	15	5	33.3%	15.2%	58.3%
Medio	Recíprocante	15	0	0.0%	0.0%	20.4%
Apical	Continua	15	10	66.7%	41.7%	84.8%
Apical	Recíprocante	15	0	0.0%	0.0%	20.4%

Fuente: Elaboración propia.

Los intervalos de confianza del 95% (IC95%) para la proporción de conductos radiculares que sufrieron modificaciones anatómicas, se desglosan por tercio radicular, (cervical, medio y apical) según el tipo de cinemática empleada (rotación continua en versus rotación recíprocamente). El tercio cervical ambos sistemas demostraron un comportamiento idéntico y completamente conservador registrando un 0.0% de modificaciones en las 15 muestras evaluadas por grupo (IC95%: 0.0%- 20.4%). Esto indica que en la proporción más coronal del conducto ninguna de las dos cinemáticas alteró la trayectoria o forma original de la muestra. Al evaluar el tercio medio se observó la aparición de variación anatómica exclusivamente en el grupo de instrumentación de rotación continua, el cual modificó el 33.3% de los casos /5 de 15 muestras) con un de confianza que oscila entre el 15.2% y el 58.3%. Por el contrario, el grupo sometido al movimiento recíprocamente mantuvo una tasa de modificación del 0.0% (0 de 15 muestras IC95%: 0.0% - 20.4%) evidenciando una mayor estabilidad en esta zona de transición. La mayor diferencia en el comportamiento dinámico de los instrumentos se localizó en el tercio apical, en esta región crítica la rotación continua provocó alteraciones anatómicas en el 66.7% de los conductos (10 de 15 muestras) la tasa de modificación se sitúa entre el 41.7% y el 84.8 (IC95%). En contraste diferente al movimiento recíprocamente que preservó la anatomía inicial del tercio apical en la totalidad de sus muestras, reportando un 0.0% de modificaciones (0 de 15 muestras IC95%: 0.0% – 20.4%).

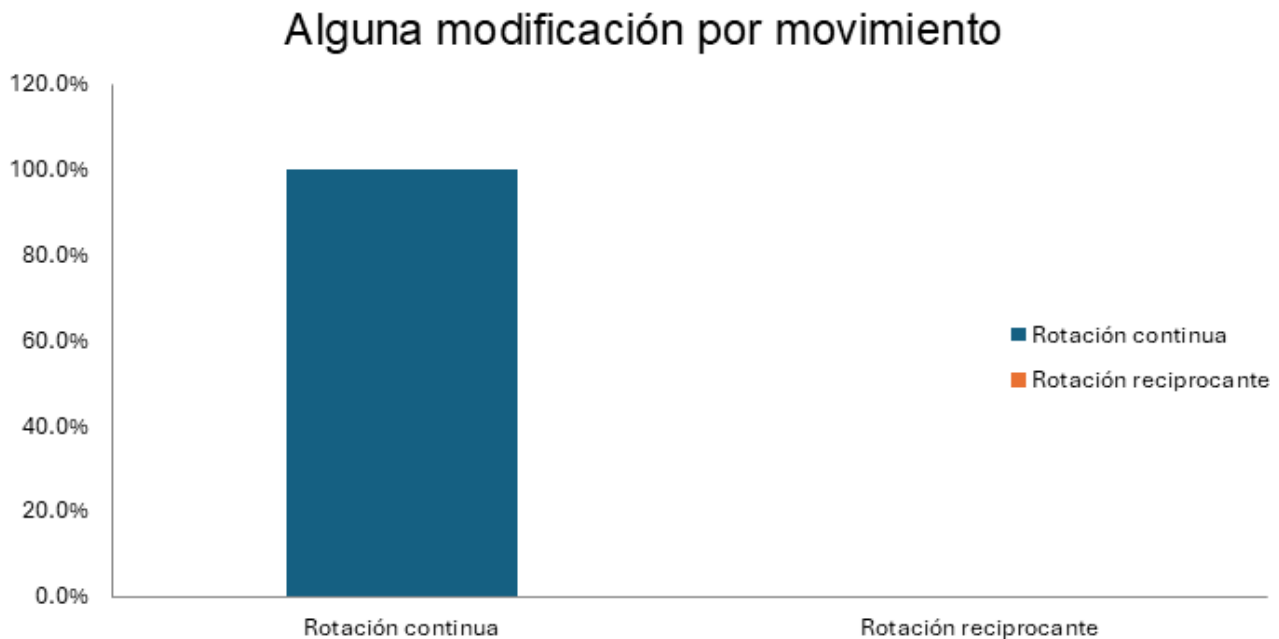
Gráfico 1. Porcentajes de modificación por tercio y movimiento



Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la proporción de modificación del conducto radicular por medio de porcentajes según el tipo de movimiento y el tercio anatómico evaluado se observó que las alteraciones se encontraron bajo el uso de rotación continua. En el tercio medio con rotación continua se registró una modificación del 33.3%, mientras que el valor máximo se evidenció en el tercio apical con este mismo movimiento alcanzando un 66.7%. En contraste, no se presentó ninguna modificación (0.0%) en el tercio cervical con rotación continua, así como en ninguno de los tercios (cervical, medio y apical) cuando se empleó el movimiento de rotación recíprocamente. Estos resultados demuestran de forma estadísticamente descriptiva que el movimiento recíprocamente mantuvo una neutralidad en la forma del conducto en todas sus porciones, mientras que la rotación continua incrementó notablemente su efecto de modificación a medida que avanzó hacia la zona apical.

Gráfico 2. *Alguna modificación por movimiento*



Fuente: Elaboración propia.

Al evaluar la presencia global de alteraciones anatómicas en el conducto radicular en función del tipo de cinemática instrumental, se determinó que el 100% de las muestras preparadas con el sistema de rotación continua evidenciaron algún tipo de modificación en su trayectoria o morfología orinal registrada del conducto. Por el contrario, el grupo sometido al movimiento de rotación recíprocamente exhibió una ausencia de modificaciones (0.0%), preservando la configuración anatómica original en la totalidad de los casos evaluados. Ésta marcada diferencia porcentual sugiere de manera preliminar que la cinemática recíprocamente ofrece aparentemente una predictibilidad significativamente mayor en términos de conservación en lo mayormente posible a lo que se refiere la forma original del conducto, reduciendo a niveles nulo la incidencia de desviaciones o desgastes no deseados en comparación con la rotación continua.

Tabla 6. *Alguna modificación por curvatura y movimiento*

Movimiento	Curvatura (°)	Muestras con alguna modificación	n	%
Rotación continua	70	5	5	100.0%
Rotación continua	60	5	5	100.0%
Rotación continua	50	5	5	100.0%
Rotación recíprocante	70	0	5	0.0%
Rotación recíprocante	60	0	5	0.0%
Rotación recíprocante	50	0	5	0.0%

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados demuestran una tendencia en el comportamiento de los sistemas evaluados. La cual se dirige a que el 100% de las muestras sometidas a rotación continua (n=15) experimentaron modificaciones notorias independientemente del ángulo de curvatura evaluado (70° 60° y 50°). A diferencia, ninguna de las muestras preparadas con rotación recíprocante (n=15) evidenció alteración alguna (0.0%), lo que sugiere que la cinemática recíprocamente tiende a ofrecer una mayor seguridad y estabilidad en conductos con curvaturas severas y moderadas bajo las condiciones de este estudio.

Tabla 7. *Comparación estadística de las modificaciones anatómicas de los conductos radiculares según el sistema de movimiento utilizado por tercios*

Comparación	Rotación continua	Rotación recíprocante	p
Alguna modificación por muestra	15/15	0/15	0.000**¶
Modificación en tercio cervical	0/15	0/15	1.000¶
Modificación en tercio medio	5/15	0/15	0.042*¶
Modificación en tercio apical	10/15	0/15	0.000**¶

*= $p \leq 0.05$, **= $p \leq 0.00005$, ¶Fisher exacta bilateral

Al observar detalladamente en qué zona ocurre las modificaciones, dentro del grupo de rotación continua se encontró que en el tercio cervical no hay riesgo, en esta zona ninguno de los 2 sistemas provocó modificaciones (0/15 en ambos, $p= 1.000$). La anatomía original fue respetada. En cuanto al tercio medio Comienza a apasionarse ya que 5/15 de las muestras instrumentadas con rotación continua sufrieron modificación, mientras que el grupo de recíprocante se mantuvo en cero ($p= 0.042$) estadísticamente significativo. Para el tercio apical el cual muestra según los resultados, ser la zona de mayor riesgo y de formación para la rotación continua. 10/15 de los conductos instrumentados con rotación continua sufrieron modificaciones, frente a 0/15 de los conductos en el grupo recíprocante ($p= 0.000$, con diferencia significativa)

Tabla 8: Análisis comparativo de las mediciones de la anatomía del conducto radicular según el tipo de rotación y el grado de curvatura (50° 60° y 70°)

Curvatura (°)	Variable	Rotación continua	Rotación recíprocante	p
50	Alguna modificación	5/5	0/5	0.008**¶
50	Tercio Cervical	0/5	0/5	1.000¶
50	Tercio Medio	5/5	0/5	0.008**¶
50	Tercio Apical	0/5	0/5	1.000¶
60	Alguna modificación	5/5	0/5	0.008**¶
60	Tercio Cervical	0/5	0/5	1.000¶
60	Tercio Medio	0/5	0/5	1.000¶
60	Tercio Apical	5/5	0/5	0.008**¶
70	Alguna modificación	5/5	0/5	0.008**¶
70	Tercio Cervical	0/5	0/5	1.000¶
70	Tercio Medio	0/5	0/5	1.000¶
70	Tercio Apical	5/5	0/5	0.008**¶

*= $p \leq 0.05$, **= $p \leq 0.0005$, ¶= Fisher exacta bilateral

Significativamente el movimiento empleado influye en la preservación de la anatomía original del conducto. independientemente del grado de curvatura analizado (50°, 60°, 70°). Al evaluar la cinemática del sistema de rotación continua, se encontró que provocó alteraciones morfológicas en la totalidad de las muestras estudiadas (5/5 de todos los grupos), mientras que el sistema de rotación recíprocamente logró mantener la anatomía del conducto en un 100% de los casos (0/5). Esta diferencia resultó ser estadísticamente significativa en todas las curvaturas o evaluada ($p=0.008$) exacta de Fisher. Al analizar la localización específica de la modificación por tercio del conducto radicular se observó un comportamiento diferenciado según el ángulo de curvatura: curvatura de 50° las modificaciones con rotación continua se concentran

exclusivamente en el tercio medio (5/5; $p=0.008$) sin registrarse alteraciones en los tercios cervicales y apical (0/5). En las curvaturas de 60 y 70° el comportamiento migró hacia la porción más abajo, donde la rotación continua generó modificaciones únicamente en el tercio apical (5/5; $p=0.008$) manteniendo los tercios cervical y medio sin alteraciones (0/5). En contraste al grupo de rotación recíprocamente no indujo a modificaciones anatómicas en ninguno de los tercios (cervical, medio o apical) en ninguno de las 3 curvaturas evaluadas (0/5 en todos los subgrupos $p=1.000$), demostrando una mayor seguridad y respeto por la guía anatómica original del conducto radicular bajo estas condiciones experimentales.

5. CAPITULO V: DISCUSIÓN

Para el presente estudio se ha planteado como objetivo el comparar la presencia de modificación anatómica por tercios radiculares de dientes réplicas 3D Tooth® de molares inferiores utilizando el sistema E3 Azure Basic con el movimiento de rotación continua y recíprocante.

Resulta relevante dar a conocer que en estudios previos han utilizado con éxito muestras artificiales como las réplicas 3D en análisis similares. La anatomía predecible, el fácil acceso al mercado y la buena imitación del tejido natural son factores que aumentan su popularidad en estudios experimentales. Además, los conductos réplicas tienen dimensiones estandarizadas, como el ángulo y el radio de la curvatura del conducto, el diámetro y la longitud, que proporcionan datos fiables. (25) Por otro lado, incluso el mejor material artificial nunca será tan adecuado como las estructuras orgánicas naturales. (26)

En esta investigación, se utilizaron la raíz mesial y distales de los molares inferiores porque este grupo es uno de los más susceptibles a la fractura radicular vertical. Según estudios previos, el aumento de la eliminación de dentina durante el tratamiento endodóntico podría conducir a una menor resistencia a la fractura del diente, al igual que los conductos distales estrechos y curvos. (27)

En cuanto a las cinemáticas, la rotación continua fue el primer movimiento en introducirse en la fabricación de limas de níquel-titanio accionadas por motor. Además, es el más extendido y el que introducen con mayor frecuencia los fabricantes de nuevas limas de níquel-titanio en comparación con los otros movimientos como el recíproco, que fueron introducidos tiempo después a medida que surgió la necesidad de optimizar y conservar estructura dental. (28)

En este orden de ideas al estudiar y evaluar en esta investigación la comparación de los cambios ocurridos en el conducto radicular a nivel de cada tercio en cuanto su curvatura, los resultados de la investigación demuestran que la rotación continua presentó modificación en 15/15 muestras (100%), mientras la rotación recíprocante presentó 0/15 (0%). Fisher exacta $p < 0.001$. Específicamente, se observó a través del método que se utilizó el cual fue la superposición de imágenes por medio de software de procesamiento de imágenes y con el coadyuvante de la transparencia de las réplicas 3D, que en el tercio cervical tanto como la rotación continua como la recíprocante preservaron la anatomía original en todos los conductos registrados inicialmente para cada grupo y subgrupo del total de 30 réplicas. De forma más desglosada se puede decir que a nivel de tercio medio 5 de las 15 muestras instrumentadas con rotación continua si presentaron modificación a diferencia de rotación recíprocante en la cual no se observó

diferencia en ninguna de las 15 muestras. En cuanto al tercio apical la rotación continua presentó 10 modificaciones de las 15 muestras y rotación recíproca no presentó ninguna modificación a nivel de este tercio.

Por lo que se puede decir que, si hay una diferencia muy significativa en la modificación del conducto al hacer uso de la rotación continua y la recíproca, $p = 0.000^{**\text{¶}}$, donde $*$ = $p \leq 0.05$, $**$ = $p \leq 0.00005$, ¶ Fisher exacta bilateral. En esta base, el movimiento que realizó mayor modificación anatómica del conducto fue la rotación continua. El movimiento recíproca preservó de mejor manera la anatomía registrada inicialmente.

Cabe recalcar también que la base no contiene medición angular pre/post en grados; por tanto, se compara presencia/frecuencia de modificación, no magnitud exacta del cambio de curvatura.

Otros estudios como el de Kinga Kaczor Wiankowska et al. que también han comparado estas dos cinemáticas con otros métodos de desarrollo y medición a través de una tomografía computarizada de haz cónico antes y después de la preparación del conducto, donde el objetivo de este estudio fue evaluar el transporte del conducto, la capacidad de centrado del conducto y la reducción del espesor de la pared después de la instrumentación con rotación continua, recíproca y OTR. Estos concluyeron que el movimiento recíproco obtuvo resultados significativamente mejores en la capacidad de centrado del conducto en comparación con el movimiento rotatorio en la parte media del conducto. Además, el movimiento rotatorio causó una reducción estadísticamente mayor en el grosor de la pared en el área apical y media en comparación con los otros grupos. En este estudio también se comprobó que el uso del movimiento recíproca no afectó negativamente los parámetros analizados y es una opción segura que combina características ventajosas. (25)

De esta forma se puede encontrar similitudes que coinciden con lo analizado en este estudio donde se observó de manera visual donde es que hubo más modificación del conducto haciendo uso de rotación continua, como se menciona en la investigación realizada por Kinga Kaczor Wiankowska et al. (25) en la cual, al presentar una mayor reducción en el espesor de la pared radicular, es decir más desgaste en el conducto en el área apical, llegando a modificar por consiguiente la anatomía original, a diferencia de la rotación recíproca donde no hubo una modificación tan relevante conservando en su mayor parte la originalidad del recorrido del conducto radicular, coincidiendo también con lo reportado por estos autores donde arrojaron que no afectó negativamente sus parámetros.

Claro está, también es necesario recalcar que el presente estudio fue realizado en curvaturas muy severas, incluso dobles curvaturas presentes, significando este un mayor reto para la lima al someterse a un estrés aún más complejo, las limas Endo Star las cuales son tratadas térmicamente con aleación (NiTi) Blue según su fabricante, están diseñadas precisamente para lograr mantener dentro de lo que cabe la flexibilidad y conservación de la anatomía original del conducto de la mejor manera. (26)

Otro estudio realizado por Omori et al. obtuvieron resultados de la comparación de las limas ProTaper Universal (Dentsply Sirona, York, PA, EE. UU.) y ProTaper Gold (Dentsply Sirona, York, PA, EE. UU.) en los movimientos analizados. Afirmaron que los movimientos recíprocos lograron resultados significativamente mejores en comparación con el movimiento rotatorio a 0 mm del ápice para las limas ProTaper Universal en cuanto a los parámetros que estaban midiendo al igual que el estudio anterior. (29)

Otro estudio realizado por Jad Rebeiz, Claire El Hachem et al. evaluaron el transporte del conducto radicular haciendo uso de sistemas Niti limas Endostar E3 Azure, operado en rotación continua o reciprocación en 40 bloques de resina. Tomaron una imagen preoperatoria y dos postoperatorias, una después del uso del 20/06 y otra después del 25/06. Las imágenes se superpusieron para determinar el transporte del conducto. Encontrando así que el movimiento reciprocante mostró un transporte del canal significativamente menor a 5 mm para los instrumentos 20/06 y 25/0.6. La rotación continua fue más laboriosa que la reciprocación. Las limas Endostar E3 Azure en reciprocación respetó mejor la curvatura original del canal que en rotación continua en todos los niveles, y requirió menos tiempo para preparar canales curvos artificiales. (30).

Encontramos nuevamente semejanza y correlación con la investigación que se realizó, donde se reitera la prevalencia y conservación de la anatomía original del conducto en el uso de rotación reciprocante, a diferencia de la rotación continua que s con la cual sufre más modificación.

Por otro lado, otros investigadores como Romeo et al. obtuvieron resultados para los parámetros de transporte del conducto (CT) y capacidad de centrado del conducto (CCA), donde analizaron movimientos rotatorios, recíprocos, OTR y adicionalmente el sistema de asistencia digital Jeni, integrado con el motor Canal Pro Jeni (Coltene/Whaledent AG, Alstätten, Suiza), y no observaron diferencias estadísticamente significativas en CCA y CT entre estos movimientos en las partes apical, media y coronal del conducto. (31)

Las limitaciones de este estudio radican, en primer lugar, en su naturaleza in vitro y el uso de modelos 3D replicas. Las condiciones clínicas son difíciles de simular ya que las propiedades mecánicas de la resina de los dientes replicas difieren de las de la dentina, y este estudio no pudo reflejar completamente la acción del instrumento en los conductos radiculares reales de dientes naturales (30). Además, las variaciones geométricas en la curvatura del conducto se analizaron utilizando un método de superposición de fotografías bidimensionales. A pesar de que este método, común a varios otros estudios (32), es ampliamente aceptado para evaluar la capacidad de conformación de los instrumentos, particularmente en el transporte de conducto (33), se prefieren los métodos radiográficos tridimensionales y no invasivos como la micro-CT.

Como se menciona anteriormente, algunas de las limitantes en este estudio en cuanto al uso de modelos 3D replicas, radica en la similitud de estas mismas con el tejido dentinario real al no poseer la misma dureza de la dentina de un diente natural que es el estándar de oro, con la ventaja de que el uso de estas replicas permiten estandarizar la anatomía del conducto radicular y que son ideales para estudios in vitro. (3) uso de tomografía para una medición más exacta y precisa.

5.1 Conclusiones

1. Al evaluar la modificación anatómica de los conductos radiculares de las réplicas 3D después de ser instrumentados con la cinemática de rotación continua podemos concluir que, si hubo modificación y diferencia de éste en las 15 muestras, enfatizando que se dieron en la parte de tercio medio y apical los cuales sufrieron los cambios más notorios.
2. Al evaluar la modificación anatómica de los conductos radiculares de las réplicas 3D después de ser instrumentados con la cinemática de rotación recíprocante podemos concluir que, no hubo modificación y diferencia de éste en las 15 muestras, manteniendo así la anatomía originalmente registrada en la mayor medida de lo posible.
3. Si se encontró diferencia muy significativa entre las cinemáticas de rotación continua y rotación recíprocante al comparar la modificación de los conductos radiculares por tercios después de la instrumentación de estos con su respectiva cinemática. De manera más desglosada y enfatizada los cambio y diferencia significativa se dieron más en los tercios medio y apical donde la rotación continua si tuvo modificación. A diferencia de la parte cervical donde ambas cinemáticas mantuvieron la anatomía registrada inicialmente.

5.2 Recomendaciones

1. De los resultados obtenidos en este estudio se recomienda o se sugiere que al enfrentarse a dientes con curvaturas muy pronunciadas y severas el clínico tome en cuenta el empleo de la cinemática de rotación recíproca, ya que se demostró a través de la investigación que fue el movimiento que causó menos modificación en la anatomía del conducto manteniendo el curso original de este mismo.
2. Al emplear la cinemática de rotación continua se recomienda se haga en dientes con curvaturas no tan severas para así evitar el desgaste y modificación del conducto, preservando así mucho mejor estructura dentinaria importante.
3. Se recomienda al clínico que analice y estudie bien el caso antes de comenzar, además de conocer el procedimiento clínico, las características metalúrgicas de cada sistema de limas como las Endostar con su flexibilidad, la cinemática que va a emplear, ya que este tipo de limas tiene la ventaja de poseer tres tipos de cinemáticas diferentes dentro de las cuales están las que se analizaron en este estudio, rotación continua y recíproca, estas se pueden usar dependiendo cada caso. De esta forma determinar cuál es el mejor movimiento que cumpla su objetivo.
4. Para futuras investigaciones se recomienda la utilización de métodos de medición más exactos y precisos como la micro CBCT, de esta forma se podrá medir con exactitud algunos aspectos importantes y de manera más completa los criterios a evaluar.

6. CAPÍTULO VI: ANEXOS

Clasificación de Wine de la morfología del conducto radicular tipo I al tipo IV (5)

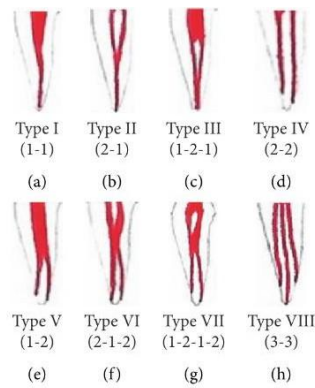


FIGURE 1: Weine's classification of root canal morphology from type I to type IV.

Figura 3.

Configuración de los conductos anatómicos según Vertucci (4)

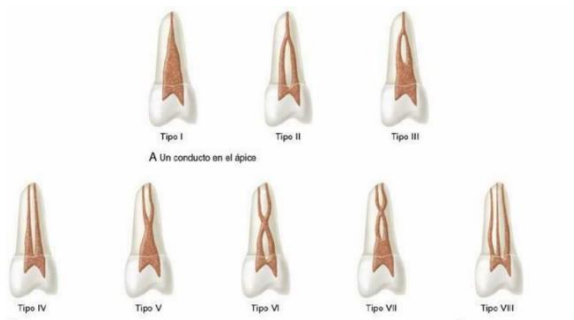
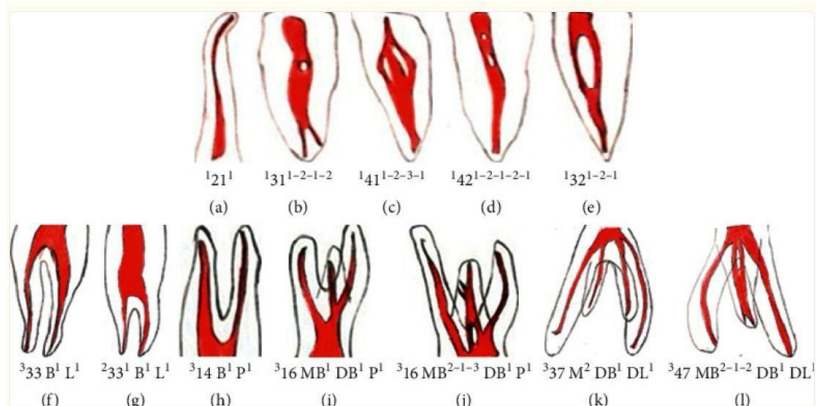


FIGURA 5-12 Representación esquemática de las configuraciones de los conductos basada en el trabajo de Vertucci.

Figura 4.

Configuración complementaria a Vertucci según sugerido por Sert y Bayirli



Tipos de configuración complementarios al sistema de clasificación de Vertucci para la morfología

Figura 5.

Algunos ejemplos de sección transversal de instrumentos de rotación continua (17)

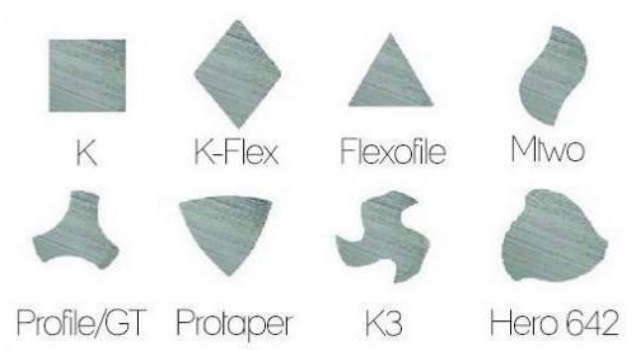


Figura 6.

Partes de una lima rotatoria. (13)

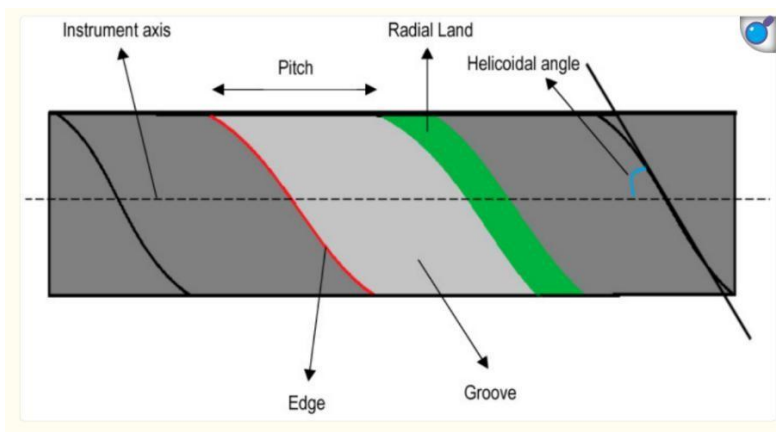


Figura 7.

Limas Endostar E3 Azure Basic (26)



Figura 8.

Movimiento Rotatorio (26)



Figura 9.

Movimiento Recíprocante (26)

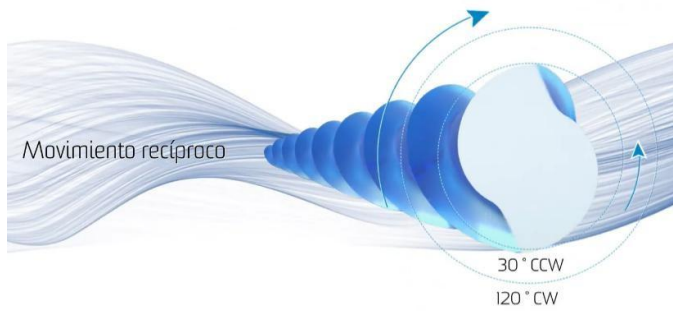


Figura 10.

Pitch Variable (26)



Figura 11.

Sección Transversal en S (26)

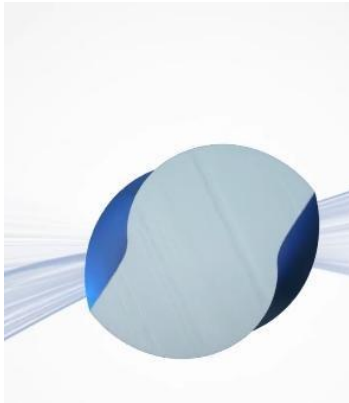


Figura 12.

Figura 13. Grupo I (subgrupo 1.1.1), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación continua, (c) superposición de ambas imágenes

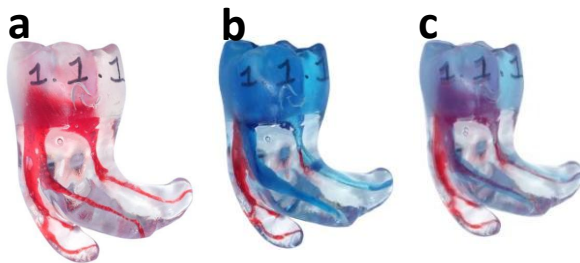


Figura 14. Grupo I (subgrupo 1.1.2), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación continua, (c) superposición de ambas imágenes

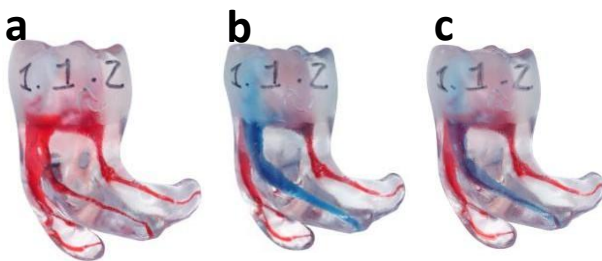


Figura 15. Grupo I (subgrupo 1.1.3), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación continua, (c) superposición de ambas imágenes

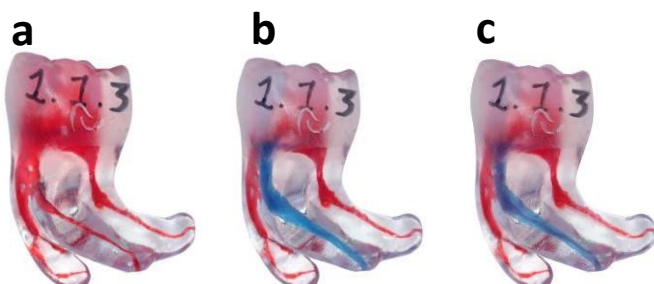


Figura 16. Grupo I (subgrupo 1.1.4), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación continua, (c) superposición de ambas imágenes

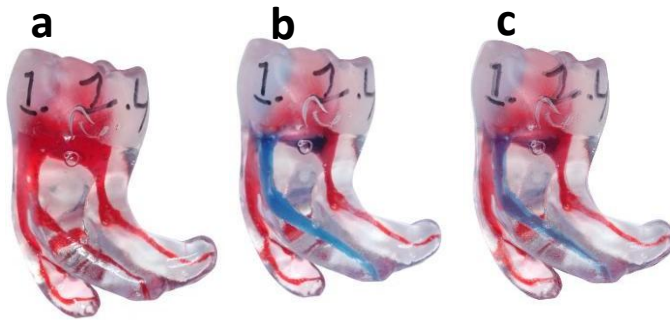


Figura 17. Grupo I (subgrupo 1.1.5), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación continua, (c) superposición de ambas imágenes

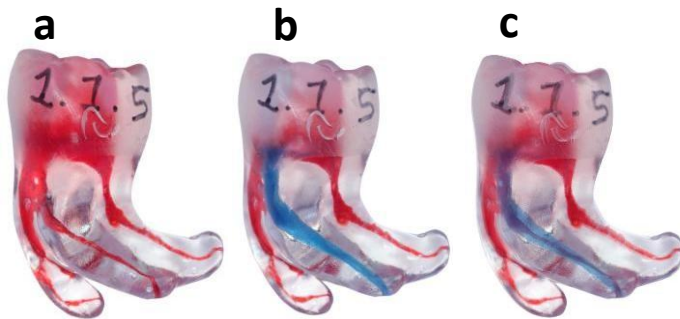


Figura 18. Grupo I (subgrupo 1.2.1), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación recíproca, (c) superposición de ambas imágenes

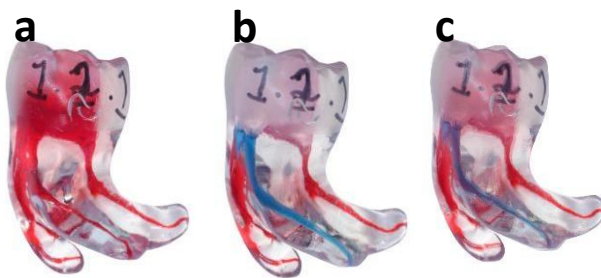


Figura 19. Grupo I (subgrupo 1.2.2), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación recíproca, (c) superposición de ambas imágenes

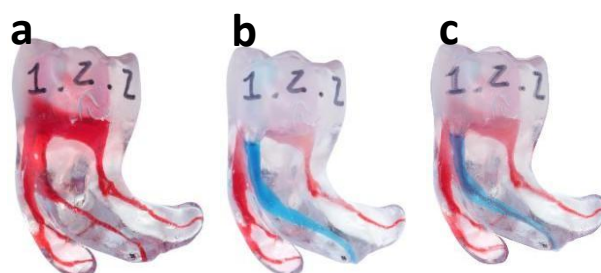


Figura 20. Grupo 1 (subgrupo 1.2.3), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación recíproca, (c) superposición de ambas imágenes

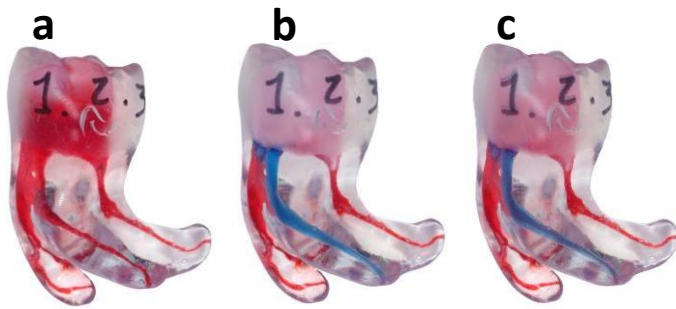


Figura 21. Grupo 1 (subgrupo 1.2.4), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación recíproca, (c) superposición de ambas imágenes.

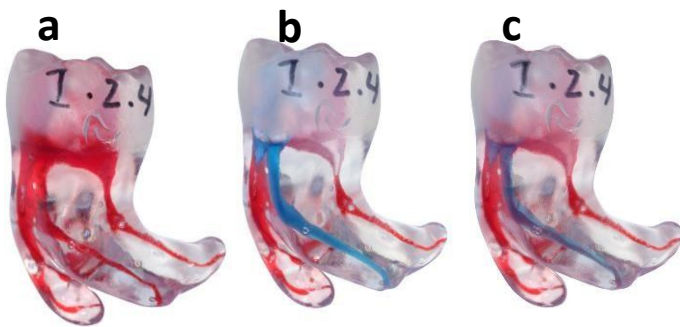


Figura 22. Grupo 1 (subgrupo 1.2.5), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación recíproca, (c) superposición de ambas imágenes

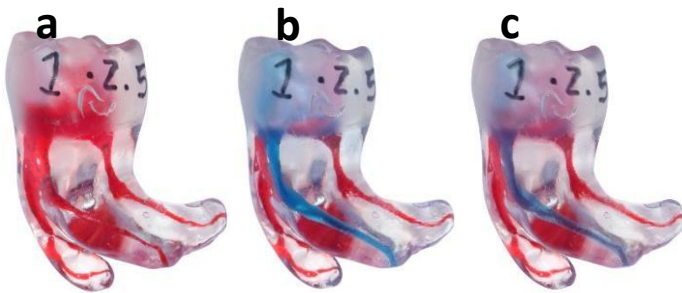


Figura 23. Grupo 2 (subgrupo 2.1.1), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación continua, (c) superposición de ambas imágenes

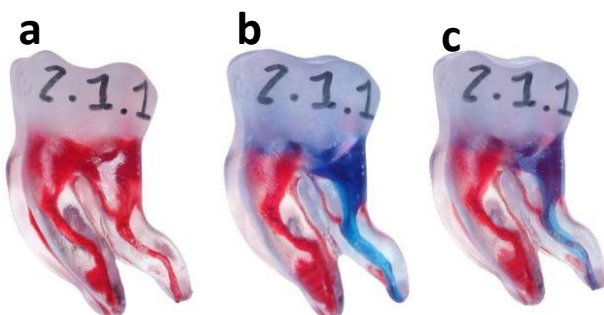


Figura 24. Grupo 2 (subgrupo 2.1.2), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación continua, (c) superposición de ambas imágenes

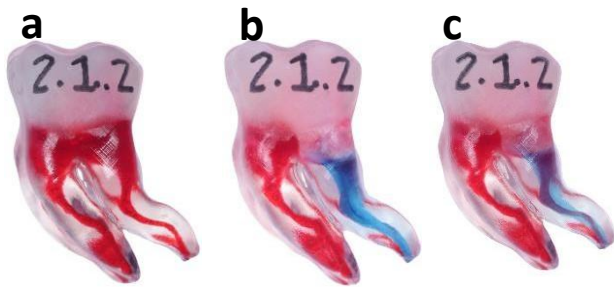


Figura 25. Grupo 2 (subgrupo 2.1.3), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación continua, (c) superposición de ambas imágenes

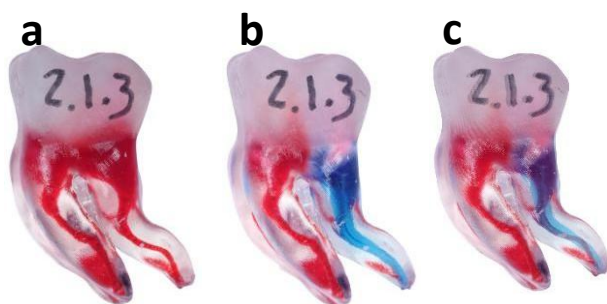


Figura 26. Grupo 2 (subgrupo 2.1.4), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación continua, (c) superposición de ambas imágenes

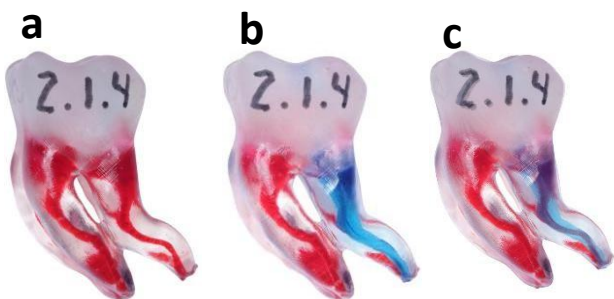


Figura 27. Grupo 2 (subgrupo 2.1.5), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación continua, (c) superposición de ambas imágenes

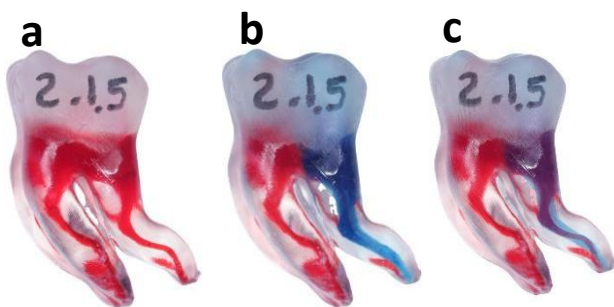


Figura 28. Grupo 2 (subgrupo 2.2.1), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación recíprocante, (c) superposición de ambas imágenes.

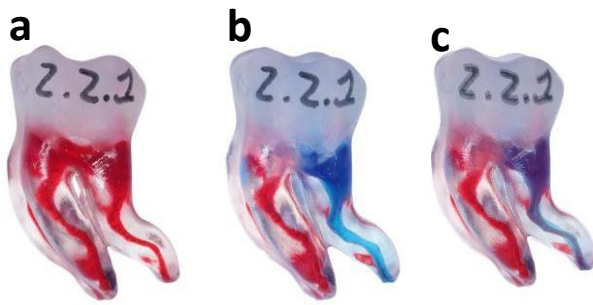


Figura 29. Grupo 2 (subgrupo 2.2.2), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación recíprocante, (c) superposición de ambas imágenes

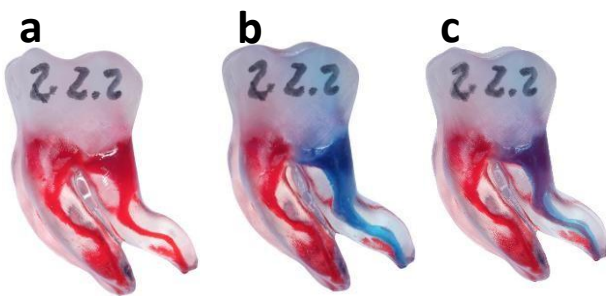


Figura 30. Grupo 2 (subgrupo 2.2.3), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación recíprocante, (c) superposición de ambas imágenes

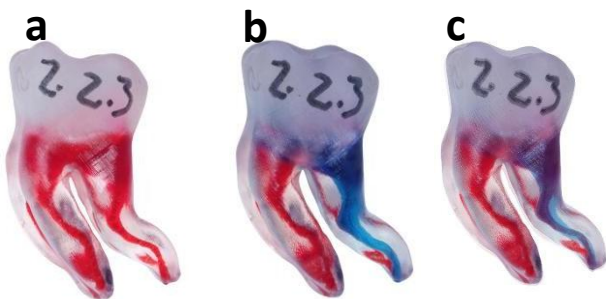


Figura 31. Grupo 2 (subgrupo 2.2.4), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación recíprocante, (c) superposición de ambas imágenes

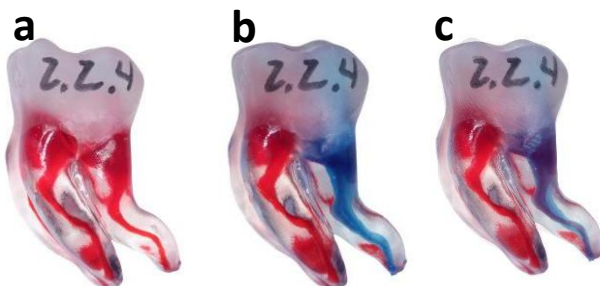


Figura 32. Grupo 2 (subgrupo 2.2.5), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación recíproca, (c) superposición de ambas imágenes

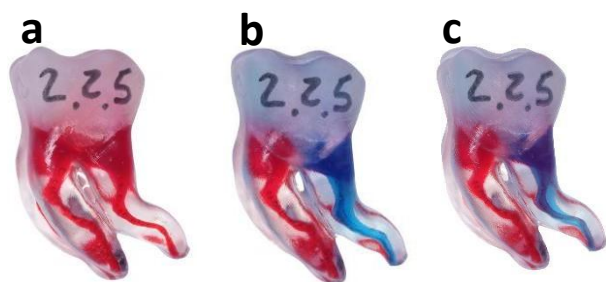


Figura 33. Grupo 3 (subgrupo 3.1.1), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación continua, (c) superposición de ambas imágenes

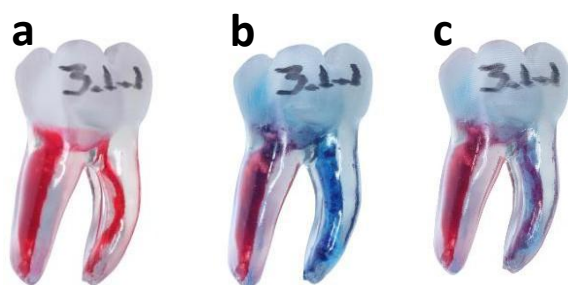


Figura 34. Grupo 3 (subgrupo 3.1.2), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación continua, (c) superposición de ambas imágenes

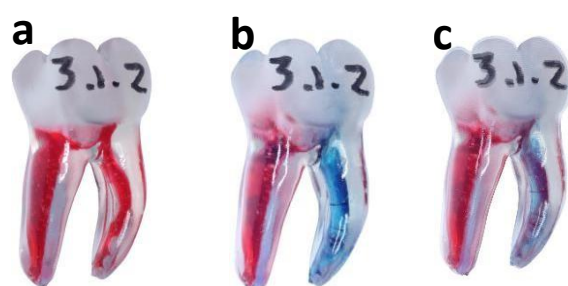


Figura 35. Grupo 3 (subgrupo 3.1.3), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación continua, (c) superposición de ambas imágenes

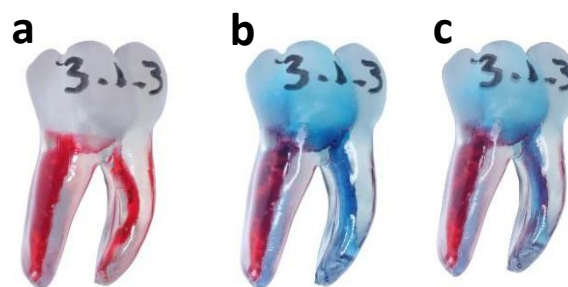


Figura 36. Grupo 3 (subgrupo 3.1.4), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación continua, (c) superposición de ambas imágenes

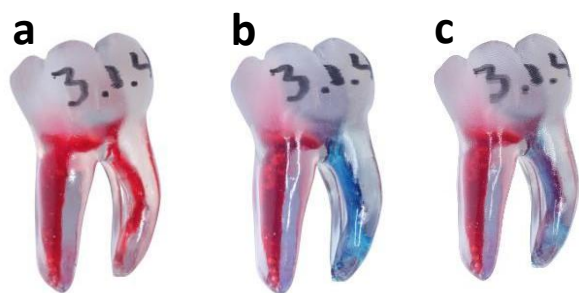


Figura 37. Grupo 3 (subgrupo 3.1.5), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación continua, (c) superposición de ambas imágenes

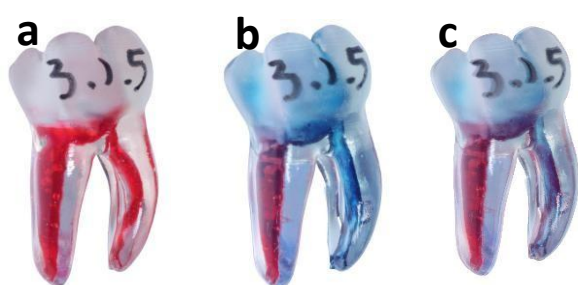


Figura 38. Grupo 3 (subgrupo 3.2.1), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación recíproca, (c) superposición de ambas imágenes

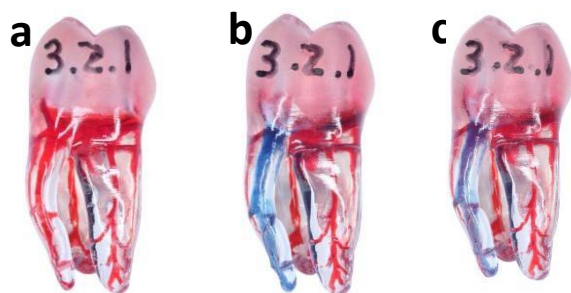


Figura 39. Grupo 3 (subgrupo 3.2.2), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación recíproca, (c) superposición de ambas imágenes

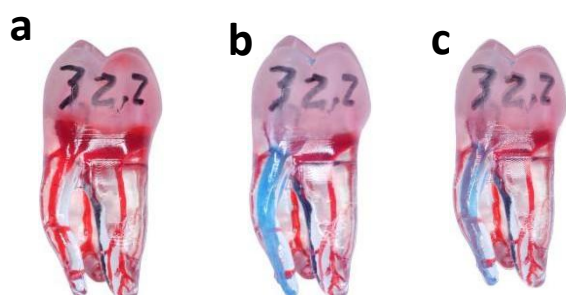


Figura 40. Grupo 3 (subgrupo 3.2.3), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación recíproca, (c) superposición de ambas imágenes

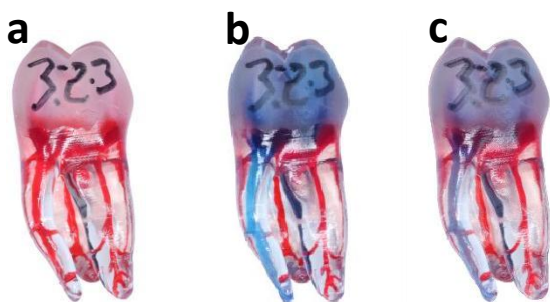


Figura 41. Grupo 3 (subgrupo 3.2.4), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación recíproca, (c) superposición de ambas imágenes

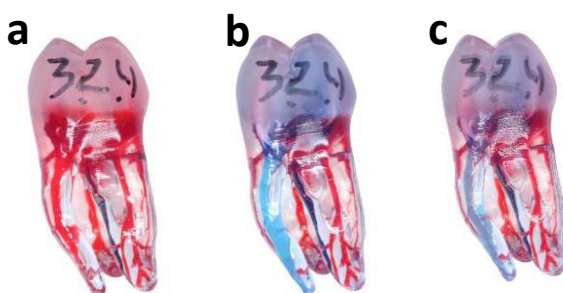
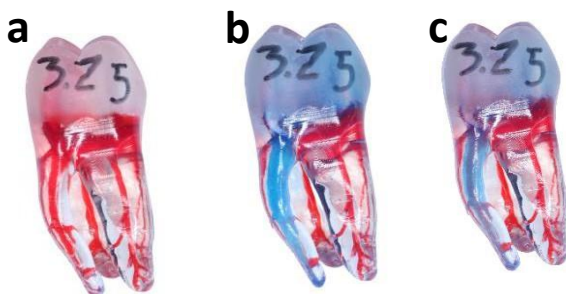


Figura 42. Grupo 3 (subgrupo 3.2.5), (a) muestra sin instrumentar, (b) muestra instrumentada con rotación recíproca, (c) superposición de ambas imágenes



7. CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA

1. Wai-Sze Chan KG. Avanzando con el Nitinol : Del tratamiento térmico a la funcionalización de superficies para instrumentos de níquel-titanio (NiTi) en endodoncia. *Bioactive Materials*. 2023; 22(91-111).
2. yue YLy. Evolución y desarrollo: instrumentos rotatorios de níquel-titanio accionados por motor para endodoncia. *Revista Internacional de Ciencias Orales*. 2022; 14(12).
3. Ana Ramírez-Muñoz MECNCV. Análisis comparativo de microtomografía computarizada de sistemas endodónticos mínimamente invasivos utilizando réplicas impresas en 3D y dientes naturales. *MATERIALES*. 2024; 17(21-5979).
4. KENNETH M. HARGREAVES LHB. Cohen, Vías de la Pulpa. En Hargreaves KM BL, editor. *Cohen. Vías de la Pulpa*. St. Lous, Missouri: Elsevier; 2016.
5. Mohmed Isaqali Karobari APBMDM. Root and Root Canal Morphology Classification Systems. *International Journal of Dentistry*. 2021; 10(1-6).
6. Xin Qiao TXLCY. Análisis de la curvatura y morfología del conducto radicular de los dientes maxilares posteriores en Guizhou, China. *Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research*. 2021; 27(9287).
7. Adnan Asaad Habib MITEMF. Methodologies used in quality assessment of root canal preparation. *Journal of Taibah University Medical Sciences*. 2015; 10(2).
8. Linlin Wang ZWb,QWa,JHa,HTc. The analysis of root canal curvature and direction of maxillary lateral incisors by using cone-beam computed

- tomography: A retrospective study. *Medicine*. Medicine Wolters Kluwer. 2022; 101(1).
9. M ME. Instrumentación rotatoria en endodoncia, que tipo de lima o procedeimeinto es el mas indicado. *AVANCES EN ODONTOESTOMATOLOGÍA*. 2017; 4.
 10. S. Zinels BEAMJMaTL. Clinical relevance of standartizacion of endodontic files dimensions according to the ISO files. *Jurnal of endodontics*. 2002; 10.
 11. Díaz Julcapoma JJ. Influencia de los movimientos rotatorios y reciprocentes sobre la resistencia de dos instrumentos de niquel titanio. Consejo Nacional de ciencia tecnología e innovacion tecnológica,ALICIA del Perú. 2018; 12(10).
 12. Ana-Belén Dablanca-Blanco PCB,RMVPÁN,BMB. Limas Rotatorias Endodónticas ¿Qué Debe Saber un Endodoncista? *Medicina Kaunas*. 2022; 58(6).
 13. Lara A MD. Fatiga cíclica en sistemas reciprocentes WaveOne Gold y Reciproc Blue después de su uso en canales artificiales con curvaturas severas.. *USFQ Law Review*. 2021; 12(10).
 14. Treviño-Cantú CCTJJ. Evaluación comparativa entre 2 sistemas de instrumentación rotatoria y una reciprocante en la conformación de conductos radiculares. *Rev Mex Med Forense*. 2020; 3(105-108).
 15. Betul Basturk F, Özyürek T, sah Uslu G, Gündo şgar M. Mechanical Properties of the New Generation RACE EVO and R-Motion Nickel–Titanium Instruments. *Materiales*. 2022; 15(9)(33-30).

16. Tabassum S ZKUF. Sistemas de limas rotatorias de níquel-titanio: ¿Qué hay de nuevo? Eur Endod J. 2019; 4(3).
17. Siddique R KH. Clinical Management of Curved Root Canals: A Review. J Contemp Dent Pract. 2020; 21(454-460).
18. Canalda Sahli C BAE. Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas. 4a ed. Barcelona: Elsevier. 2019.
19. Perez E, Burguera E, Carvallo M. Triada para la limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares. Acta Odontologica Venezolana. 2017; 41(12-23).
20. Pyae Hein , Arata E, Keiichiro M, Shunsuke K, Nishijo , Okiji. Capacidad de limpieza y modelado de los instrumentos Gentlefile, HyFlex EDM y ProTaper Next Un estudio combinado microtomografía de computarizada y. Asociación Americana de Endodoncia. 2020; 10.
21. Berman L, Rotstein I. Vias de la Pulpa. Undecima ed. Hargreaves K, Berman , editores. Barcelona; 2016.
22. Soares IJ, Goldberg F. Endodoncia Tecnicas y Fundamentos. Primera ed. Alcocer A, De Alvear M, editores. Buenos Aires, Bogota, Caracas, Madrid, Mexico, San Paulo; 2003.
23. Phillip T, Stéphane S. Limpieza Contemporánea y conformación del sistema de conductos radiculares. Revista Dental Principal. 2016; 5.
24. Cedeño J, Pinos Robalino J, Segovia Palma P. Obturación del sistema de conductos radiculares. Una revisión de la literatura. RECIAMUC. 2020; 10.
25. Rodríguez JA. PREPARACION BIOMECANICA DE. Conference Paper. 2016; 2.

26. Damião , Correa , Francisco J, Kildare Teodoro K, Simões F, Aurelio M, et al. Preparación del conducto radicular mediante análisis de computarizada: una revisión de la literatura. Brasil. Res. oral. 2018; 32:0066.
27. SA T. Una visión general de las aleaciones de níquel-titanio utilizadas en odontología. Int. Endod. J. 2000; 33(297).
28. Shen Y. ZHZYPB, HM. Desafíos y conceptos actuales del tratamiento termomecánico de instrumentos de níquel-titanio. J. Endod.. 2013; 39(163).
29. Zupanc J VPNSE. Nuevas aleaciones de NiTi tratadas termomecánicamente: una revisión. Int Endod J. 2018; 51(10).
30. Elnaghy AM ESMA. Comparación in vitro de la resistencia a la fatiga cíclica de TruNatomy en canales de curvatura simple y doble en comparación con diferentes instrumentos rotatorios de níquel-titanio. BMC Oral Health. 2020; 20(1).