



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE ODONTOLOGÍA**

“Determinación del grado y radio de curvatura radicular de incisivos superiores para planificar su tratamiento endodóntico”

Trabajo de Titulación para optar al título de Odontólogo

Autor:

Bastidas Robayo Christopher Alexander

Tutor:

Dra. Vallejo Lara Silvia Verónica

Riobamba, Ecuador. 2023

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, Christopher Alexander Bastidas Robayo, con cédula de ciudadanía 050431667-0, autor del trabajo de investigación titulado: Determinación del grado y radio de curvatura radicular de incisivos superiores para planificar su tratamiento endodóntico, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 10 de octubre de 2023.



Cristopher Alexander Bastidas Robayo

C.I: 050431667-0

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado del trabajo de investigación "**Determinación del grado y radio de curvatura radicular de incisivos superiores para planificar su tratamiento endodóntico**", presentado por Christopher Alexander Bastidas Robayo, con cédula de identidad número 0504316670, emitimos el **DICTAMEN FAVORABLE**, conducente a la **APROBACIÓN** de la titulación. Certificamos haber revisado y evaluado el trabajo de investigación y cumplida la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 10 de octubre de 2023.

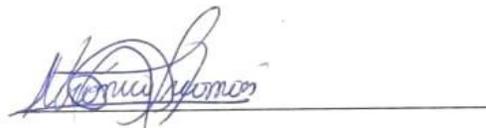
Tania Murillo, Dra.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Handwritten signature of Tania Murillo in blue ink, written over a horizontal line.

Veronica Guaman, Dra.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Handwritten signature of Veronica Guaman in blue ink, written over a horizontal line.

Silvia Vallejo, Dra.

TUTOR

Handwritten signature of Silvia Vallejo in blue ink, written over a horizontal line.

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Determinación del grado y radio de curvatura radicular de incisivos superiores para planificar su tratamiento endodóntico”, por Cristopher Alexander Bastidas Robayo, con cédula de identidad número 0504316670, bajo la tutoría de Dra. Silvia Verónica Vallejo Lara; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 10 de Octubre de 2023.

Presidente del Tribunal de Grado

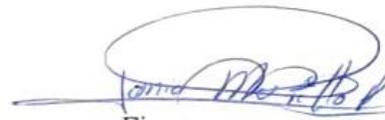
Dr. Carlos Alberto Alban Hurtado



Firma

Miembro del Tribunal de Grado

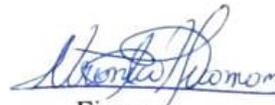
Dra. Tania Jacqueline Murillo Pulgar



Firma

Miembro del Tribunal de Grado

Dra. Verónica Alejandra Guamán
Hernández



Firma



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO CID
Ext. 1133

Riobamba 19 de julio del 2023
Oficio N° 81-2023-1S-URKUND-CID-2023

Dr. Carlos Alberto Albán Hurtado
DIRECTOR CARRERA DE ODONTOLOGÍA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
UNACH
Presente.-

Estimado Profesor:

Luego de expresarle un cordial saludo, en atención al pedido realizado por la **Dra. Silvia Verónica Vallejo Lara**, docente tutor de la carrera que dignamente usted dirige, para que en correspondencia con lo indicado por el señor Decano mediante Oficio N° 0383-D-FCS-ACADÉMICO-UNACH-2023, realice validación del porcentaje de similitud de coincidencias presentes en el trabajo de investigación con fines de titulación que se detalla a continuación; tengo a bien remitir el resultado obtenido a través del empleo del programa URKUND, lo cual comunico para la continuidad al trámite correspondiente.

No	Documento número	Título del trabajo	Nombres y apellidos del estudiante	% URKUND verificado	Validación	
					Si	No
1	0330-D-FCS-18-04-2023	Determinación del grado y radio de curvatura radicular de incisivos superiores para planificar su tratamiento endodóntico	Cristopher Alexander Bastidas Robayo	1	x	

Atentamente,

0603371907 Firmado digitalmente por
GINA 0603371907 GINA
ALEXANDRA PILCO
PILCO ALEXANDRA PILCO
GUADALUPE
GUADALUPE Fecha: 2023.07.19
11:15:56 -05'00'

PhD. Alexandra Pilco Guadalupe
Delegado Programa URKUND
FCS / UNACH
C/c Dr. Gonzalo E. Bonilla Pulgar – Decano FCS

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a mis padres, Carlos y Amparo, con gran emoción y agradecimiento, dedico mi tesis a ustedes, por su apoyo incondicional, sabiduría y paciencia han sido fundamentales para alcanzar este logro, gracias por ser mi fuente de inspiración y motivación en los momentos más difíciles. También quiero agradecer a mi hermano Andersson por su valiosa contribución y apoyo en mi formación académica y personal. Este logro no hubiera sido posible sin el apoyo de mi familia, quienes siempre han estado a mi lado en cada paso del camino. Espero que este trabajo sea una muestra de mi compromiso y dedicación a mi carrera y a mi pasión por la Odontología.

Con todo mi amor y gratitud,

Cristopher Alexander Bastidas Robayo

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me apoyaron en la realización de mi tesis. Agradezco a Dios por ser mi guía y mi compañero en mi etapa universitaria, por brindarme salud, sabiduría para continuar con mis estudios, a mi querida Universidad Nacional de Chimborazo por confiar en mi desde un inicio, por darme la oportunidad de formar parte de esta familia, brindándome todos sus conocimientos y hacerme sentir como en casa, a mi docente tutor la Dra. Silvia Vallejo por orientarme en la investigación y desarrollo de mi tesis, también quiero agradecer a todas las personas que participaron en mi investigación , su colaboración fue fundamental para el éxito de mi tesis, este logro no hubiera sido posible sin su ayuda y estoy profundamente agradecido.

Cristopher Alexander Bastidas Robayo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DERECHOS DE AUTORÍA.....	
DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO URKUND.....	
DEDICATORIA.....	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	
ÍNDICE DE TABLAS.....	
ÍNDICE DE GRÁFICOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPITULO I.....	15
1. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	17
1.2. JUSTIFICACION.....	19
1.3. OBJETIVOS.....	21
1.3.1. Objetivo General.....	21
1.3.2. Objetivos Específicos	21
CAPITULO II.....	22
2. MARCO TEORICO	22
2.1. Endodoncia	22
2.2. Etapas para la realización de una endodoncia.....	22
2.2.1. Radiografía en endodoncia	22
2.2.2. Acceso cameral endodóntico	23
2.2.3. Conductometría.....	24
2.2.3.1. Método radiográfico de Bregman y de Ingle:	25

2.2.3.2.	Método eléctrico (Localizador Apical):	25
2.2.4.	Preparación del conducto radicular.....	25
2.2.4.1.	Técnicas Ápico-coronales	26
2.2.5.	Obturación: Técnica de condensación lateral	31
2.3.	Anatomía de conductos de incisivos superiores	32
2.3.1.	Incisivo central superior.....	32
2.3.2.	Incisivo lateral superior	33
2.4.	Método de Schneider	34
2.5.	Método Estrela.....	35
2.6.	Vaina epitelial de Hertwig	36
2.6.1.	Implicación en la curvatura.....	37
CAPITULO III		38
3.	METODOLOGÍA.....	38
3.1.	Criterios de Inclusión y Exclusión	38
3.1.1.	Criterios de inclusión:.....	38
3.1.2.	Criterios de exclusión:	38
3.2.	Estrategia de Búsqueda.....	39
3.3.	Tipo de estudio	39
3.3.1.	Estudio descriptivo	39
3.3.2.	Estudio transversal.....	39
3.4.	Métodos, procedimientos y población de estudio	39
3.4.1.	Instrumentos y Técnicas	40
3.4.2.	Selección de palabras clave o descriptores.....	40
3.5.	Análisis PICOs	43
CAPITULO IV		49
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49

4.1	Prevalencia del grado de curvatura radicular del incisivo central y lateral a nivel mundial.	49
4.2.	Grados de curvatura en los tercios de las raíces de los incisivos superiores.	52
4.3.	Tratamiento endodóntico de acuerdo con el grado y radio de curvatura promedio que presente el incisivo central y lateral superior.	57
4.3.1.	Causas de que se produzcan curvaturas.	57
4.3.2.	Tratamiento para Curvatura severa y moderada del conducto radicular con Radio de curvatura moderado y severo.	59
4.3.3.	Tratamiento para Curvatura leve del conducto radicular con Radio de curvatura leve .	68
4.3.3.1.	Determinación del grado y radio de curvatura	68
4.4.	Evaluación el grado y radio de curvatura radicular de los incisivos superiores y la implicación de estos factores en el tratamiento endodóntico.	70
4.4.1.	Nueva técnica para la determinación de la curvatura	72
4.4.2.	Lesiones periapicales	72
4.4.3.	Complicaciones post operatorias	72
4.4.4.	Fractura de instrumentos	73
4.4.5.	Soluciones alternativas	73
4.5.	DISCUSION	75
	CAPITULO V	77
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
5.1.	Conclusiones.	77
5.2.	Recomendaciones	78
	BIBLIOGRAFÍA	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del incisivo central superior	32
Tabla 2. Características del incisivo lateral superior	33
Tabla 3. Número de artículos por base de datos	40
Tabla 4. Términos de búsqueda y extracción de utilización en las bases de datos.	41
Tabla 5. Análisis de fuentes mediante método PICO.	43
Tabla 6. Análisis PICO por selección de resultados de búsqueda.	45
Tabla 7. Tabla de prevalencias:	51
Tabla 8. Dirección de curvatura de la raíz de incisivos maxilares	57
Tabla 9. Dirección de curvatura de la raíz de incisivos maxilares.....	39

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Grado de curvatura radicular	34
Gráfico 2. Radio de curvatura radicular	35
Gráfico 3. Metodología PRISMA 2000.....	48

RESUMEN

La variación anatómica de las raíces y conductos de los incisivos superiores permanentes y su impacto en la preparación biomecánica en endodoncia ha sido un factor el cual se debe comprender y abordar adecuadamente para evitar complicaciones. El presente trabajo investigativo de determinación del grado y radio de curvatura radicular de incisivos superiores para planificar su tratamiento endodóntico tuvo como principal objetivo explicar el tratamiento endodóntico adecuado de acuerdo con el grado y radio de curvatura promedio que presente el incisivo central y lateral superior. Se realizó mediante un estudio bibliográfico de artículos científicos publicados desde el año 2013 al 2023, mediante el uso de las bases de datos: Pubmed, Elsevier, Scielo, Wiley, Redalyc, se recopilaron un total de 75 artículos científicos para el proceso de análisis que fueron escogidos de acuerdo con criterios de calidad de las publicaciones mediante el factor SJR y el promedio de conteo de citas. Se obtiene que la planificación del tratamiento endodóntico puede realizarse en base a el grado y radio de curvatura que presenten los incisivos superiores permanentes, realizando dos planificaciones, una para casos de curvatura moderada y severa y otra para curvatura leve. Concluyendo que la prevalencia de curvatura radicular de los incisivos superiores a nivel mundial es del 46,25 % según los estudios analizados, al igual que la curvatura radicular de los incisivos superiores tiene una implicación directa en el tratamiento endodóntico debido a que la omisión de este factor puede dar como resultado complicaciones durante el tratamiento.

Palabras clave: Curvatura, Grado y Radio, Planificación endodóntica, Métodos Estrela y Schneider.

ABSTRACT

The anatomical variation of the roots and canals of the upper permanent incisors and its impact on the biomechanical preparation in endodontics has been a factor that should be understood and adequately addressed to avoid complications. The main objective of this research work was to determine the degree and radius of root curvature of upper incisors in order to plan endodontic treatment. The main objective was to explain the adequate endodontic treatment according to the degree and radius of average curvature of the upper central and lateral incisor. It was performed by means of a bibliographic study of scientific articles published from 2013 to 2023, using the databases: Pubmed, Elsevier, Scielo, Wiley, Redalyc, a total of 75 scientific articles were collected for the analysis process which were chosen according to criteria of quality of publications by SJR factor and average citation count. It is obtained that endodontic treatment planning can be carried out based on the degree and radius of curvature presented by the upper permanent incisors, making two plans, one for cases of moderate and severe curvature and the other for mild curvature. Concluding that the prevalence of root curvature of the upper incisors worldwide is 46.25% according to the studies analyzed, as well as the root curvature of the upper incisors has a direct implication in endodontic treatment because the omission of this factor can result in complications during treatment.

Key words: Curvature, Grade and Radius, Endodontic planning, Estrela and Schneider methods.



SANDRA LITTYANI
ABARCA GARCIA

Reviewed by:

Lic. Sandra Abarca Mgs.

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0601921505

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo investigativo analiza a partir de la revisión de la literatura científico-académica el grado y radio de curvatura radicular de los incisivos superiores permanentes comparando estudios a nivel mundial entendiendo que el grado y radio de curvatura radicular de los incisivos superiores adquieren gran relevancia al determinar la longitud de trabajo, instrumentación y obturación, comprendiendo que de existir algún error en este proceso se presentaría un fracaso en el tratamiento.

El principal desafío que se busca abordar está relacionado con la variación anatómica de las raíces de los incisivos superiores permanentes, lo cual dificulta la realización de la preparación biomecánica. Esto puede resultar en la incapacidad de alcanzar una longitud de trabajo óptima, fracturas de instrumentos dentro de los conductos o incluso una sobre obturación que no alcanza la longitud adecuada. Estas complicaciones postoperatorias pueden requerir, en los casos más graves, intervenciones quirúrgicas adicionales. ⁽¹⁾

La relevancia de esta investigación reside en el hecho de que, a nivel profesional, la especialidad de endodoncia en odontología ha desempeñado un papel crucial al salvar dientes que presentan un alto grado de deterioro. Esto ha abierto amplias posibilidades para la rehabilitación oral. Sin embargo, como estudiantes de odontología en formación, es fundamental adquirir conocimientos sobre el manejo de complicaciones anatómicas, considerando aspectos como el grado y el radio de curvatura de las raíces, así como los métodos Estrela y Schneider, que son necesarios para determinar dichas características anatómicas.

En este trabajo de investigación, se llevará a cabo una revisión bibliográfica que recopilará artículos científicos seleccionados de bases de datos de alta relevancia científica, publicados en un período no superior a 10 años. Los artículos serán elegidos siguiendo criterios de inclusión y exclusión, y posteriormente se analizarán en detalle los temas de interés de acuerdo con los objetivos establecidos. Como metodología, se empleará el análisis PRISMA 2000 para garantizar un enfoque sistemático y riguroso en el proceso de revisión.

Este proyecto de investigación tiene como objetivo evaluar el grado y radio de curvatura radicular de los incisivos superiores y su implicación en el tratamiento endodóntico. Se contrastará la prevalencia de este tipo de curvatura en estudios procedentes a nivel mundial, con el fin de describir los diferentes grados de curvatura presentes en los tercios radiculares y explicar el enfoque adecuado para el tratamiento endodóntico. Para llevar a cabo esta investigación, se recopilará información de artículos científicos indexados en bases de datos de alto impacto.

1.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

La endodoncia desempeña un papel fundamental en el campo de la odontología al permitir la conservación de una pieza dental que, de lo contrario, debería ser extraída. Este procedimiento se realiza cuando la pulpa dental, el tejido blando en el interior del diente, se infecta o se inflama. Si no se trata, la infección puede extenderse y ocasionar dolor, inflamación y otros problemas bucales. ⁽²⁾ La endodoncia implica la eliminación de la pulpa infectada, seguida de la limpieza y sellado del conducto radicular. Esto ayuda a prevenir la propagación de la infección y a mantener la salud dental a largo plazo. La endodoncia se presenta como una alternativa a la extracción dental, permitiendo mantener una dentadura fuerte, completa y natural.⁽²⁾

La Asociación Americana de Endodoncia (AAE) ⁽³⁾ ha informado que un 59% de los fracasos endodónticos están relacionados con la filtración apical debido a deficiencias en la obturación causadas por una mala condensación del material obturador. Esto se puede asociar con las conclusiones de Gotman, quien señala que el mayor porcentaje de fracasos se debe a la técnica utilizada y al tipo de sellador empleado.

Por otro lado, de acuerdo con la investigación llevada a cabo por Ruiz et al. ⁽⁴⁾ en la Universidad Cooperativa de Colombia durante el período comprendido entre 2015 y 2020, se encontró que el 11.5% de los fracasos endodónticos estuvieron relacionados con la configuración de los conductos radiculares. Este dato es relevante, ya que está asociado con la posibilidad de que se produzca un fallo en la obturación debido a las dificultades en la configuración de los conductos, lo cual representó un 7.6% de los fracasos por la calidad de la obturación.

A nivel de Ecuador en un estudio realizado por Zuñiga⁽⁵⁾ en la Facultad Piloto de la Universidad de Guayaquil se determinó que, de 70 tratamientos realizados, el 81% se presentaron como fracaso endodóntico es decir existió una frecuencia de 57 tratamientos, de los cuales el 5% fueron por conductos no tratados debido a la dificultad anatómica de los mismos.

En el estudio de Molina, et al.⁽⁶⁾ se evidenció que de entre las principales causas del fracaso endodóntico están las infecciones microbiológicas asociada a la presencia bacteriana del género *Enterococcus*, de manera concreta están presentes el *Enterococcus Faecalis* en un 80-90% y el *Enterococcus Faecium* en un 5-10%. Esto adquiere relevancia porque el principal propósito de

un tratamiento endodóntico es rellenar todo el conducto radicular y realizar un sello hermético para que fluidos o microorganismos no alcancen la zona apical.⁽⁷⁾

De acuerdo con Nirubama y Anjaneyulu,⁽⁷⁾ un tratamiento de conductos radiculares con un correcto diagnóstico, preparación biomecánica y obturación tridimensional presenta equitativamente una tasa de éxito promedio de hasta el 86-98%. Este pronóstico baja en caso de que exista falencias en los procedimientos anteriormente mencionados ya que no existe un sello hermético que impida la filtración bacteriana.^(6,7)

1.2. JUSTIFICACION

El presente trabajo investigativo permite al profesional y estudiante de pregrado de odontología, mediante una revisión exhaustiva de artículos científicos de alto impacto, demostrar lo importante que es determinar el grado y radio de curvatura radicular en incisivos superiores permanentes para planificar el tratamiento endodóntico y de esta manera evitar complicaciones por la dificultad anatómica de conductos que pueden presentarse.

Lo que se busca resaltar con este tema de investigación es que en la actualidad existe escasez de conocimientos e información sobre la dificultad anatómica que pueden presentarse en los incisivos superiores, por lo que una planificación oportuna con la determinación del grado y radio de curvatura radicular empleando la ayuda de estudios complementarios reduciría el margen de fracasos endodónticos durante y después del tratamiento.

En la actualidad se tiene muchas alternativas para realizar un tratamiento endodóntico como lo es la creación de una guía endodóntica para facilitar la realización de procesos complejos como curvaturas radiculares o calcificaciones, al igual que estudios complementarios, dando más posibilidades de mantener una pieza dental en boca con pronósticos favorables.

Este tema de investigación va a ser llevado a cabo debido a la existencia de los avances a nivel de estudios complementarios que han facilitado la practica odontológica diaria, como son los estudios imagenológicos de radiografías o tomografías axiales computarizadas que permiten determinar el grado y radio de curvatura de una pieza dental.

La terapia endodóntica en la actualidad a alcanzado grandes avances tanto a nivel práctico como en revisiones literarias mostrando en sus resultados la reducción de fracasos; Sin embargo, a pesar de esto aún sigue existiendo un margen de error al no considerar ciertos aspectos como el grado y radio de curvatura de las piezas dentales, por este motivo es necesario un compendio informativo para la planificación de tratamientos endodónticos.

Los beneficiarios directos serán los estudiantes de pregrado de la carrera de odontología de la Universidad Nacional de Chimborazo, aportando este trabajo de investigación conocimientos e información sobre el tratamiento endodóntico en incisivos superiores, y a través de la divulgación del presente trabajo tendrán acceso a una base de información de alta calidad, por

otra parte los beneficiarios indirectos son los profesionales del área odontológica y especialistas en endodoncia que se apoyaran de la información presentada en la literatura científica sobre la importancia de determinar el grado y radio de curvatura radicular de los incisivos superiores previo a la realización de un tratamiento.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar el grado y radio de curvatura radicular de los incisivos superiores y la implicación de estos factores en el tratamiento endodóntico.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Contrastar la prevalencia del grado de curvatura radicular del incisivo central y lateral a nivel mundial.
- Describir los diferentes grados de curvatura en los tercios de las raíces de los incisivos superiores.
- Explicar el tratamiento endodóntico adecuado de acuerdo con el grado y radio de curvatura promedio que presente el incisivo central y lateral superior.

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. Endodoncia

La endodoncia es la especialidad de la odontología que se encarga de realizar intervenciones tanto preventivas como terapéuticas sobre el tejido pulpar y periapical mediante un tratamiento de conducto basado en varios aspectos, pero principalmente en el diagnóstico, el mismo que permite determinar cuál es el problema del paciente y el motivo por el que lo padece, este diagnóstico tiene el fin de dirigirse al tratamiento clínico definitivo que se considera como adecuado, todos ellos basados en principios mecánicos, biológicos y de ciencia de materiales (2,8,9).

La endodoncia es una ciencia que ha ido avanzando a lo largo del tiempo en la odontología, siendo más específicos en Estados Unidos se la reconoce desde 1964 al igual que en otros países, siendo de las primeras especialidades en aparecer e Estados Unidos. Entre algunas organizaciones la Asociación Americana de Endodoncistas han establecido márgenes y directrices para garantizar un buen pronóstico en el tratamiento por lo cual deben ser cumplidas con rigor ⁽¹⁰⁾.

2.2. Etapas para la realización de una endodoncia

2.2.1. Radiografía en endodoncia

Las radiografías son objetos que dan la posibilidad de ver imágenes tridimensionales de forma bidimensional y su función principal es proporcionar la información necesaria para tener un buen plan diagnóstico, al igual que pronóstico y por ende un buen plan de tratamiento que ayudara a adelantarse a cualquier imprevisto ⁽¹⁰⁾.

Los rayos x son de vital importancia en la endodoncia principalmente como auxiliar en el diagnóstico de alteraciones a nivel de tejidos duros y a nivel periapical de la pieza afectada en dónde nos permite garantizar un buen diagnóstico para su posterior tratamiento, además de esto también logramos identificar la ubicación y en especial dirección de las raíces y conductos

radiculares y a su vez obteniendo una posible longitud de trabajo antes de la instrumentación (10).

En la Endodoncia, la radiografía es una herramienta esencial para el diagnóstico, planificación y seguimiento del tratamiento. La radiografía periapical es la técnica más utilizada en Endodoncia, ya que permite visualizar la anatomía dental y periapical, así como las lesiones periapicales y la calidad del tratamiento realizado (11).

Además, la radiografía también es útil para la localización de conductos radiculares, la identificación de anomalías anatómicas, la evaluación de la calidad de la obturación y la detección de fracturas radiculares (11).

En la Endodoncia, la obtención de radiografías es esencial para el diagnóstico y conservación de radiografías en archivo. La radiografía también es útil para el seguimiento del tratamiento, ya que permite evaluar la evolución de las lesiones periapicales y la calidad de la obturación (11).

En resumen, la radiografía es una herramienta fundamental en la práctica de la Endodoncia y en la odontología en general, ya que permite obtener información valiosa para el diagnóstico, planificación y seguimiento del tratamiento (11).

Una imagen radiográfica que posea buena calidad es esencial tanto para un buen diagnóstico como para un buen tratamiento, al igual que la conservación adecuada de radiografías en archivo. La relevancia de las radiografías en las especialidades odontológica ha ido tomando más relevancia a lo largo de los años debido a las facilidades que presta (11).

2.2.2. Acceso cameral endodóntico

El acceso o apertura cameral consiste en la remoción del techo de la cámara pulpar sea de manera parcial o total ayudándonos con desgastes compensatorios para poder eliminar el contenido pulpar y tener un acceso de manera directa a él o los conducto (12).

El acceso endodóntico es un paso crítico en la terapia endodóntica, ya que permite al endodoncista acceder a la pulpa dental y los conductos radiculares para eliminar el tejido pulpar infectado o inflamado y preparar los conductos para la obturación. El acceso se realiza mediante

la eliminación de una porción de la corona dental, lo que permite al endodoncista acceder a la pulpa dental y los conductos radiculares. La forma y el tamaño de la abertura de acceso pueden variar según la anatomía del diente y la técnica utilizada ⁽¹²⁾.

El acceso endodóntico se realiza bajo anestesia local y con el uso de un aislamiento absoluto para mantener el campo operatorio seco y libre de contaminación bacteriana. El acceso se realiza con la ayuda de una fresa dental y se puede realizar con la ayuda de un microscopio dental para una mayor precisión y magnificación ⁽¹²⁾.

Una vez que se ha creado el acceso, el endodoncista puede eliminar el tejido pulpar infectado o inflamado y preparar los conductos radiculares para la obturación. El éxito del tratamiento endodóntico depende en gran medida de la calidad del acceso y la eliminación completa del tejido pulpar infectado o inflamado ⁽¹²⁾.

En este apartado se pueden ver influenciados factores como problemas anatómicos, habilidades, herramientas y métodos utilizados por el operador para hacer el procedimiento de apertura, limpiar y dar la forma adecuada según lo amerite la pieza dental ^(12,13).

En la actualidad se maneja el concepto de utilizar un acceso mínimamente invasivo el cual enfatiza en mantener la integridad de los tejidos sanos sin destruirlos, minimizando el daño en pacientes aumentando el pronóstico a que sea favorable, ya que en los últimos años la medicina se ha ido moviendo y actualizando y lo mismo ha pasado en la odontología con estos avances mínimamente invasivos ⁽¹³⁾.

2.2.3. Conductometría

La determinación de longitud de trabajo en endodoncia se puede hacer de diversas maneras, pero a lo largo del tiempo se han ido depurando de acuerdo a la efectividad de estos métodos llegando a la actualidad en donde se posee aparatos de carácter electrónico que facilitan este proceso, entre los métodos que más resaltan está el método radiográfico de Bregman y de Ingle y el método eléctrico ⁽¹⁰⁾.

2.2.3.1. Método radiográfico de Bregman y de Ingle:

Para realizar esta técnica se debe utilizar una regla milimetrada y en el negatoscopio determinar la longitud del instrumento que se encontraba en la pieza siendo la longitud aparente tanto del instrumento como del diente y mediante una formulación a manera de división y multiplicación se obtiene la longitud de trabajo ideal ⁽¹⁰⁾.

2.2.3.2. Método eléctrico (Localizador Apical):

El localizador apical es un aparato que ayuda en el área odontológica a establecer la dimensión de un conducto radicular determinando la longitud de trabajo para realizar el tratamiento endodóntico, ya que para este se debe de tener bien fijada la extensión límite de la preparación químico mecánica que permitirán una posterior obturador ⁽¹⁴⁾.

La longitud de trabajo electrónica se determina de manera clínica siguiendo el protocolo del fabricante en donde se emplean limas de uso manual que van conectadas al mismo localizador y un gancho que cierra el circuito determinando mediante un sonido audible de que se ha llegado a la longitud adecuada para la instrumentación ⁽¹⁵⁾.

2.2.4. Preparación del conducto radicular

La preparación biomecánica de conductos radiculares es un proceso fundamental en el tratamiento endodóntico, ya que permite la eliminación de los restos de tejido pulpar y bacterias presentes en el interior del conducto radicular, y la conformación de un espacio tridimensional que permita la obturación hermética del conducto ⁽¹⁷⁾.

Para llevar a cabo la preparación biomecánica, se utilizan diversas técnicas y herramientas, como limas manuales y rotatorias, fresas, irrigantes y otros instrumentos. La elección de la técnica y herramientas dependerá de diversos factores, como la anatomía del diente, la curvatura y diámetro del conducto, la presencia de calcificaciones o fracturas, entre otros ⁽¹⁷⁾.

En general, la preparación biomecánica se realiza en varias etapas, comenzando con la apertura coronal del diente y la eliminación de los restos de tejido pulpar. Luego, se procede a la exploración y medición del conducto, para determinar la longitud de trabajo y el diámetro apical. A continuación, se lleva a cabo la conformación del conducto, utilizando limas manuales o

rotatorias, con el objetivo de eliminar los restos de tejido pulpar y bacterias, y conformar un espacio tridimensional que permita la obturación hermética del conducto ⁽¹⁷⁾.

En resumen, la preparación biomecánica de conductos radiculares es un proceso fundamental en el tratamiento endodóntico, que permite la eliminación de los restos de tejido pulpar y bacterias, y la conformación de un espacio tridimensional que permita la obturación hermética del conducto ⁽¹⁷⁾.

La preparación radicular está dada por dos técnicas:

- Técnicas apico-coronales
- Técnicas corono-apicales

2.2.4.1. Técnicas Ápico-coronales

Estas técnicas dan una instrumentación desde el sector apical realizando un ensanchamiento hasta la parte cervical garantizando una conicidad adecuada.

Técnica Step Back

Esta técnica suma un paso a la técnica estandarizada, que consiste en dar una reducción de manera gradual a la longitud a la que estemos instrumentando a partir de la lima maestra, subiendo cada vez con limas de calibre más grande, lo normal es realizar estas reducciones de 1mm o de 0.5 mm, a más de lo mencionado se debe resaltar los beneficios potenciales que tiene utilizar esta técnica ya que presenta un bajo índice de fracasos ^(2,16).

Técnica convencional

La técnica convencional es una de las técnicas más antiguas y utilizadas en la preparación biomecánica de conductos radiculares. Consiste en la utilización de limas manuales con calibres cada vez mayores que van trabajando todos a la misma longitud de trabajo. Esta técnica se basa en la eliminación del tejido pulpar y la conformación del conducto mediante la acción mecánica de las limas, que se van introduciendo y retirando del conducto en movimientos de limado ⁽¹⁷⁾.

La técnica convencional es una técnica sencilla y económica, que no requiere de equipos especiales ni de una gran experiencia por parte del operador. Sin embargo, su principal

limitación es que no es adecuada para conductos curvos o estrechos, ya que puede producir desviaciones o perforaciones en la pared del conducto. Además, la técnica convencional puede requerir de un mayor número de limas y de un mayor tiempo de tratamiento, lo que puede aumentar el riesgo de fatiga del operador y de contaminación cruzada ⁽¹⁷⁾.

Esta técnica también conocida como tradicional o seriada, la cual consiste en la utilización de las limas con calibres que van cada vez en aumento van trabajando todos a una misma longitud sin variaciones, especialmente esta técnica está indicada en conductos rectos y amplios ⁽¹⁷⁾.

Las desventajas que presenta esta técnica convencional son: los instrumentos son sometidos de manera forzada en la conductimetría y facilita la creación de escalones o perforaciones a cualquier nivel que son indeseadas ⁽¹⁷⁾.

En resumen, la técnica convencional es una técnica sencilla y económica utilizada en la preparación biomecánica de conductos radiculares, que consiste en la utilización de limas manuales con calibres cada vez mayores. Esta técnica está indicada para conductos rectos y amplios, pero puede presentar limitaciones en conductos curvos o estrechos ⁽¹⁷⁾.

Técnica Escalonada

Esta técnica aparece en 1968 y fue propuesta por Mullaney, en donde su fin es preservar la forma normal del conducto apical y ensanchar esa posición apical en conductos radiculares atrésicos y acentuadamente curvos por lo menos hasta llegar a una lima número 25, todo esto considerando la flexibilidad debido a que se debe realizar un proceso secuencial ⁽¹⁷⁾.

La Técnica Escalonada es una técnica Ápico Coronal que se emplea en la preparación biomecánica de conductos radiculares. Esta técnica se basa en la utilización de limas manuales con calibres cada vez mayores, que se van introduciendo y retirando del conducto en movimientos de limado, pero con la particularidad de que se realizan retrocesos escalonados progresivos de 1 mm ⁽¹⁷⁾.

El objetivo de la Técnica Escalonada es el de preservar la posición y la forma original del conducto apical y también el de ensanchar la posición apical de los conductos radiculares atrésicos y acentuadamente curvos, por lo menos hasta el instrumento N° 25, considerado de

flexibilidad óptima si es utilizado en orden secuencial a partir de la Lima Inicial Apical LIA por lo general sería del N° 08 a 10. También nos ayudaría a dilatar de forma secuencial el conducto radicular con retrocesos escalonados progresivos de 1 mm, para atribuirle una conformación cónica de apical hacia cervical ⁽¹⁷⁾.

La Técnica Escalonada es una técnica que requiere de una mayor experiencia por parte del operador, ya que es necesario tener un buen conocimiento de la anatomía radicular y de la técnica de limado. Además, esta técnica puede requerir de un mayor tiempo de tratamiento y de un mayor número de limas, lo que puede aumentar el riesgo de fatiga del operador y de contaminación cruzada ⁽¹⁷⁾.

En resumen, la Técnica Escalonada es una técnica Ápico Coronal que se emplea en la preparación biomecánica de conductos radiculares, que se basa en la utilización de limas manuales con calibres cada vez mayores y retrocesos escalonados progresivos de 1 mm. Esta técnica está indicada para conductos atrésicos y acentuadamente curvos, y requiere de una mayor experiencia por parte del operador ⁽¹⁷⁾.

La finalidad de utilizar este método de preparación biomecánica es abrir y preparar espacio para el siguiente instrumento y el diámetro de este va a ser inmediatamente superior, siguiendo todos los protocolos de instrumentación, sometiendo a una serie de movimientos de limado limpiando y repitiendo el proceso ⁽¹⁷⁾.

Técnica en llama o telescópica

La Técnica en llama o Técnica Telescópica Modificada es otra técnica que se utiliza en la preparación biomecánica de conductos radiculares. Esta técnica consiste en el uso de instrumentos cada vez mayores, que van adaptándose cada vez más lejos del límite cemento-dentinario. La Lima Apical Maestra LAM debe ser mayor a 25mm y el conducto debe ser ampliado hasta el calibre donde el operador tenga resistencia. En tal momento, se comienza el retroceso ⁽¹⁷⁾.

La Técnica en llama es indicada en conductos muy finos, conductos curvos y con buen acceso al tercio apical. El instrumental que se necesitará son Limas K Flexibles y fresas Gates Glidden. Esta técnica consiste en dos fases: en la primera fase se procede normalmente a realizar una

correcta exploración, luego realizamos la conductometría con instrumentos Limas K Flexibles hasta la Lima Apical Maestra LAM la cual será nuestra longitud de trabajo. En la segunda fase, después de obtener nuestra longitud de trabajo en la Lima Apical Maestra, el número que se instrumentó en apical, restarle 1mm por cada instrumento de mayor calibre, a medida que se instrumente más hacia coronal. De modo que quedaría de la siguiente manera: Restar 1mm a la Lima n°45, y repasar con n°40 si LAM fue 40 ⁽¹⁷⁾.

Esta técnica telescópica consiste en el usar instrumentos más grandes de manera escalar que se van adaptando cada vez más y alejándose del límite cdc cemento-dentinario. La lima apical debe ser mayor a 25mm debido a que es a maestra y el conducto debe ser ensanchado hasta el calibre donde el operador tenga resistencia y en ese momento empieza el retroceso ⁽¹⁷⁾.

2.2.4.2. Técnicas Corono-apicales

Estas técnicas resaltan porque se preparan desde la zona de la corona y media del conducto y va avanzando hacia apical a la par que la instrumentación buscando la constricción apical con su respectiva longitud de trabajo ⁽¹⁸⁾.

Técnica step-down

Esta técnica nace con el fin de instrumentar primero la parte coronal de un conducto radicular antes de realizar una conformación apical. El fin que tiene esta técnica es acabar o minimizar los residuos necróticos antes de transportarlos al foramen apical al momento de estar instrumentando, es decir en los dos tercios coronales los instrumentos van eliminando el material contaminado a manera de neutralización por tercios ^(2,19,20).

Técnica Crown-down

Esta técnica de manera recurrente consiste en una intrusión con una lima pequeña con limas K y va decreciendo de manera gradual buscando una constricción apical con una lima # 40 o similar dependiendo de la pieza dental, cabe decir que una de las ventajas de utilizar esta técnica es que se puede disminuir la carga de torsión logrando disminuir el índice de fractura, por tal se ingresó los sistemas rotativos NiTi a mercado basándose en la técnica Crown-down ^(8,21).

Técnica de doble conicidad

La Técnica de Doble Conicidad es otra técnica que se utiliza en la preparación biomecánica de conductos radiculares. En esta técnica, se comienza con limas de calibre elevado y se progresa 1mm más pero con la lima anterior, y así sucesivamente hasta acercarse a la zona apical. Luego se determina la longitud de trabajo y se continúa hasta alcanzar la constricción apical. Si se alcanza un diámetro 20mm se continúa ensanchando la zona final del conducto hasta conseguir su limpieza y un calibre suficiente ⁽¹⁷⁾.

La Técnica de Doble Conicidad es una técnica que se emplea en la preparación biomecánica del conducto radicular. Esta técnica se basa en la utilización de limas manuales con calibres cada vez mayores, que se van introduciendo y retirando del conducto en movimientos de limado. La técnica de doble conicidad se caracteriza por la utilización de dos conicidades diferentes en la preparación del conducto radicular. En la primera fase se utilizan limas de conicidad reducida, mientras que en la segunda fase se utilizan limas de conicidad aumentada ⁽¹⁷⁾.

La Técnica de Doble Conicidad es una técnica que requiere de una mayor experiencia por parte del operador, ya que es necesario tener un buen conocimiento de la anatomía radicular y de la técnica de limado. Además, esta técnica puede requerir de un mayor tiempo de tratamiento y de un mayor número de limas, lo que puede aumentar el riesgo de fatiga del operador y de contaminación cruzada ⁽¹⁷⁾.

Técnica de fuerza balanceada

La Técnica de Fuerza Balanceada es otra técnica que se utiliza en la preparación biomecánica de conductos radiculares. Esta técnica se inicia con la preparación de la cavidad de acceso radicular mediante el uso de limas K y de taladros Gates Glidden. Es una técnica que propone 3 fases ⁽¹⁷⁾.

Esta técnica fue propuesta por Roane ⁽¹⁷⁾, e inicia con la preparación del acceso cameral y radicular mediante el uso de limas K y con fresas Gates Glidden, en esta técnica se presentan tres fases:

En la primera fase, se introduce una lima K y se hace un giro horario siempre menor a 180° y sin realizar mucha presión hacia apical. La segunda fase se realiza el corte de la dentina, luego se gira la lima K en sentido antihorario, cabe recalcar que nunca se debe realizar giros de menos de 120° y siempre con leve presión hacia apical. Y ya en la tercera fase, se efectúan 1 o 2 giros completos de la lima en sentido horario, luego la secuencia se repite con limas de menor calibre, hasta alcanzar la constricción apical ⁽¹⁷⁾.

La Técnica de Fuerza Balanceada es una técnica que se emplea en la preparación biomecánica del conducto radicular. Esta técnica se basa en la utilización de limas manuales con movimientos de limado y rotación, que permiten una mayor eficacia en la eliminación de la dentina y una mayor seguridad en la prevención de la fractura de la lima. La técnica de fuerza balanceada se caracteriza por la utilización de movimientos alternos de rotación y limado, que permiten una mayor eficacia en la eliminación de la dentina y una mayor seguridad en la prevención de la fractura de la lima ⁽¹⁷⁾.

La Técnica de Fuerza Balanceada es una técnica que requiere de una mayor experiencia por parte del operador, ya que es necesario tener un buen conocimiento de la anatomía radicular y de la técnica de limado. Además, esta técnica puede requerir de un mayor tiempo de tratamiento y de un mayor número de limas, lo que puede aumentar el riesgo de fatiga del operador y de contaminación cruzada ⁽¹⁷⁾.

2.2.5. Obturación: Técnica de condensación lateral

El objetivo biológico de obturación es impedir que productos tóxicos lleguen a la zona apical, dejando que los tejidos periapicales realicen un proceso de reparación adecuado y que los propios organismos de defensa eliminan cualquier patógeno que haya quedado de manera residual alrededor del ápice completando una buena reparación hística ⁽¹⁰⁾.

La condensación lateral conocida también como condensación lateral en frío, se basa en que posee un cono apical maestro a la longitud de instrumentación, es decir a la longitud de trabajo, y alrededor de este colocar conos accesorios buscando una buena compactación tanto con la gutapercha como con el cemento obturador. La eficacia de esta técnica es que permite obliterar

la luz del conducto de manera adecuada superando a otras técnicas como las de cono único (10,22,23).

En una gran cantidad de casos se puede emplear esta técnica de condensación lateral con excepciones como en conductos demasiado curvos o con grandes irregularidades anatómicas, en donde se optaría de mejor manera por una gutapercha plastificada por calor ⁽¹⁰⁾.

2.3. Anatomía de conductos de incisivos superiores

2.3.1. Incisivo central superior

Visto desde la cara vestibular la raíz de esta pieza tiene una forma de cono, cuyo vértice es en muchos casos romo, a nivel distal y mesial pues tiene una forma rectangular, se debe mencionar también que la raíz suele ser 2 o 3 mm más larga que la corona, cabe decir que su erupción se da aproximadamente entre los 6 y 8 años obteniendo una rizogénesis a los 10 años ^(10,24).

Generalmente los incisivos centrales presentan una longitud aproximada de 23 mm en promedio y una inclinación ligera hacia distal de aproximadamente 3°, hacia palatino una inclinación de 15° y al ser una raíz única en el 75% de los casos posee sólo un conducto y son rectos, por otra parte, cuando se presentan hacia vestibular se dan en un 9,3%, y hacia distal en un 7,8% ⁽²⁴⁾.

Tabla 1. Características del incisivo central superior

Cronología de erupción	6 – 8 años
Calcificación apical	10 años
Longitud promedio	23 mm
Inclinación distal	3°
Inclinación palatina	15°
N# Conductos	1
N# de raíces	1

Dirección de la raíz	75% rectos, 9.3% vestibular y el 7,8% distal
Forma que posee el conducto	Piramidal- cónico

Adaptado de: Ponraj et. al

2.3.2. Incisivo lateral superior

El incisivo lateral superior se caracteriza por tener una sola raíz un tanto más largo que el central al igual que un poco más estrecha, su orientación va a estar hacia distal y palatino, mencionando que es muy parecido al incisivo central salvando lo anteriormente mencionado, su tiempo de erupción promedio está entre los 8 y 9 años y su calcificación apical se da por completo a los 11 años ⁽²⁴⁾.

Dentro de las características generales del incisivo lateral superior están que tiene una longitud promedio de 21 mm con una inclinación hacia distal de 5° y hacia palatino de 20°, en apenas un 3% posee 2 raíces, pero en el mayor de los casos posee una sola raíz con un 97% de frecuencia y a la vez un solo conducto con un 97% teniendo un 3% restante de posibilidades de tener 2 conductos, la dirección que tiene esta raíz en un 29 van a ser rectas y en un 42 2% hacia vestibular teniendo apenas un 3.9% de dirección hacia distal ⁽²⁴⁾.

Tabla 2. Características del incisivo lateral superior

Cronología de erupción	8 – 9 años
Calcificación apical	11 años
Longitud promedio	21 mm
Inclinación distal	2°
Inclinación palatina	20°
N# Conductos	1, 2
N# de raíces	1, 2

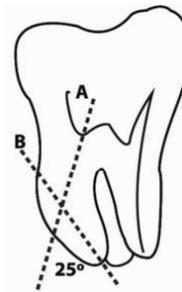
Dirección de la raíz	29% recta, 42.2% vestibular, 3.9% distal
Forma que posee el conducto	Piramidal- cónico

Adaptado de: Ponraj et. al

2.4.Método de Schneider

Esta técnica ayuda a determinar el ángulo de curvatura de una pieza dental y a más de eso mide el ángulo agudo que tiene en su eje el conducto radicular, se da utilizando la línea del eje longitudinal de la pieza y una línea que va dirigida al foramen apical uniéndose con la anterior línea ⁽²⁵⁾.

Gráfico 1. Grado de curvatura radicular



Fuente: Google imágenes

Elaborado por: Universidad Central Del Ecuador

Una vez obtenido la angulación pues se utiliza la clasificación de Seidberg que menciona lo siguiente:

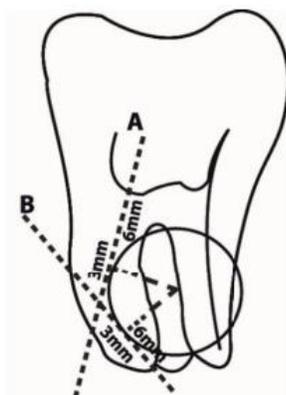
- Curvatura Leve (<5°)
- Curvatura moderada (5-25°)
- Curvatura severa (25-75°) (20)

2.5. Método Estrela

Este método nos permite determinar el radio de curvatura mediante el empleo de dos líneas semi rectas de 6 mm sobrepuestas estas al conducto radicular. Este método plantea que la línea atrasada de primer plano representa la zona apical y la segunda línea representa los otros dos tercios restantes es decir el tercio cervical y medio ⁽²⁵⁾.

Una vez trazadas estas líneas se realizan dos líneas perpendiculares a las mismas hasta encontrar un punto céntrico denominado circuncentro, pasando a concluir de que la distancia que existe entre el centro y el circuncentro es el radio de la circunferencia que nos ayuda a determinar la curvatura ⁽²⁵⁾.

Gráfico 2. Radio de curvatura radicular



Fuente: Google imágenes

Elaborado por: Universidad Central Del Ecuador

Según Estrela la clasificación para el radio de curvatura se da de la siguiente manera:

- Radio pequeño ($\leq 4\text{mm}$) va a ser severo.
- Radio intermedio ($>4 - \leq 8$) va a ser moderado.
- Radio grande ($> 8 \text{ mm}$) va a ser leve ⁽²⁵⁾.

El estudio encontró que el ángulo de curvatura y el radio de curvatura están relacionados, ya que se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre el ángulo moderado y radio leve de los grupos estudiados ($p=0,02$). Esto sugiere que a medida que el ángulo de curvatura aumenta, el radio de curvatura disminuye. Además, se encontró que la mayoría de las raíces mesiales de primeros molares superiores tienen curvaturas marcadas hacia distal, lo que las convierte en uno de los conductos radiculares de mayor riesgo en cuanto a su curvatura ⁽²⁵⁾.

2.6. Vaina epitelial de Hertwig

La vaina epitelial de Hertwig (HERS, por sus siglas en inglés) es una estructura derivada del epitelio dental que impulsa el crecimiento del tejido periodontal y la dentina de la raíz. Durante el desarrollo dental, HERS es responsable de la formación de la raíz dental y su correcta longitud. Por lo tanto, HERS es esencial para el desarrollo dental adecuado y su mal funcionamiento puede causar anomalías en la longitud de la raíz dental ⁽²⁶⁾.

Durante el desarrollo dental, la vaina epitelial de Hertwig (HERS) se forma a partir del epitelio dental y se extiende desde la corona dental hasta la papila dental. HERS es responsable de la formación de la raíz dental y su correcta longitud. Durante la formación de la raíz, HERS se divide en dos capas: la capa interna y la capa externa. La capa interna de HERS se fusiona con la papila dental y se convierte en la membrana de Malassez, mientras que la capa externa de HERS se convierte en el epitelio reducido de la raíz dental ⁽²⁶⁾.

HERS también es responsable de la formación del ligamento periodontal, que es un tejido conectivo que une la raíz dental al hueso alveolar. Durante la formación del ligamento periodontal, las células de HERS se diferencian en células del ligamento periodontal y cementoblastos, que son células que producen cemento dental ⁽²⁶⁾.

Por lo tanto, HERS es esencial para el desarrollo dental adecuado y su mal funcionamiento puede causar anomalías en la longitud de la raíz dental, como la hipoplasia de la raíz dental. La comprensión de los mecanismos de desarrollo de HERS es importante para el estudio de las enfermedades dentales y la medicina regenerativa dental ⁽²⁶⁾.

2.6.1. Implicación en la curvatura

La curvatura radicular es una anomalía común en la anatomía dental que puede dificultar los procedimientos dentales, como la endodoncia y la extracción dental. La curvatura radicular puede ser causada por una variedad de factores, incluyendo la forma en que HERS se pliega durante el desarrollo dental ⁽²⁶⁾.

Se ha demostrado que los factores de crecimiento y sus receptores juegan un papel importante en la formación de HERS. Por ejemplo, se ha demostrado que el factor de crecimiento de fibroblastos (FGF) y su receptor (FGFR) son esenciales para la formación de HERS y la curvatura radicular. La interrupción de la señalización de FGF/FGFR puede afectar la formación de HERS y, por lo tanto, la curvatura radicular ⁽²⁶⁾.

Además, se ha demostrado que la formación de HERS está influenciada por la interacción entre el epitelio dental y la papila dental. Si la interacción entre estas dos estructuras se interrumpe, puede afectar la formación de HERS y, por lo tanto, la curvatura radicular ⁽²⁶⁾.

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

Para la presente revisión bibliográfica se ha estimado las metodologías y métodos correspondientes al aspecto investigativo considerando las principales bases de datos científico académicas, con las publicaciones divulgadas entre los años 2013 a 2023, de manera sistemática a través del análisis de sus variables de estudio como la variable independiente (Grado y radio de curvatura radicular de incisivos superiores) y la variable dependiente (Planificación de tratamiento endodóntico).

3.1. Criterios de Inclusión y Exclusión

3.1.1. Criterios de inclusión:

- Artículos científicos de relevancia académica sobre el grado y radio de curvatura radicular de incisivos superiores.
- Artículos científicos, estudios e investigaciones, revisiones sistemáticas de la literatura, metaanálisis, series de casos, ensayos clínicos aleatorizados, estudios in vitro, que se han publicado los últimos 10 años.
- Artículos que se refieran a la complejidad anatómica en los incisivos superiores.
- Artículos que traten la planificación del tratamiento endodóntico.
- Artículos que mencionen como causa de fracaso endodóntico a la complejidad anatómica de conductos.
- Artículos científicos publicados en inglés, español y portugués.
- Artículos científicos publicados según su requerimiento de promedio general de conteo de citas (Average Citation Count -ACC) y la evaluación del factor de impacto de la revista en la que fue publicado el artículo según el Scimago Journal Ranking (SJR).

3.1.2. Criterios de exclusión:

- Artículos que se refieran a endodoncia en el sector mandibular.
- Publicaciones que hablen sobre rehabilitación post endodoncia.

- Divulgaciones que hablen sobre endodoncias realizadas en dentición decidua.
- Artículos relacionados a un protocolo de irrigación con clorhexidina.
- Publicaciones que no se encuentren con texto completo en las bases digitales.

3.2. Estrategia de Búsqueda

La búsqueda sistemática y objetiva de la literatura se ejecutó mediante el análisis y observación, que se realizó en base a una revisión bibliográfica, obteniendo información de la base datos reconocidas como PubMed, Scopus, Elsevier, Redalyc, Wiley Online Library y Scielo. Los artículos científicos se seleccionaron de acuerdo con criterios de exclusión e inclusión, número de referencias y la relevancia de la revista en el que se emitió el artículo.

3.3. Tipo de estudio

3.3.1. Estudio descriptivo

Durante el transcurso de la investigación, se identificó y estableció la importancia de la determinación del grado y radio de curvatura radicular de incisivos superiores para planificar el tratamiento endodóntico utilizando herramientas de clasificación para agrupar y ordenar la información obtenida de artículos científicos.

3.3.2. Estudio transversal

El estudio y análisis de las publicaciones avaladas, se realiza de forma sistemática en un tiempo determinado y de corto plazo.

3.4. Métodos, procedimientos y población de estudio

El presente proyecto de investigación procede a partir de las indagaciones de artículos científicos con base de datos validados y de gran relevancia. Los artículos se seleccionaron tomando en cuenta los criterios de exclusión e inclusión, además del promedio de conteo de citas (Average Citation Count -ACC), así como también el factor de impacto de la revista divulgada en el Scimago Journal Ranking (SJR), en donde los artículos se ranquean en cuatro

cuartiles (Q1, Q2, Q3, Q4), y mediante el análisis PICO para determinar la calidad de los estudios.

Tabla 3. Número de artículos por base de datos

Base de datos	Nro. Artículos
PudMed	11
Elsevier	12
Scielo	15
Wiley	1
Redalyc	36

Elaborado por. Cristopher Bastidas

Mediante el ACC, SJR y el análisis PICO se consiguieron 75 artículos válidos, los cuales se implementaron para el análisis y resultado de la investigación.

3.4.1. Instrumentos y Técnicas

El instrumento utilizado es la lista de cotejo, la técnica para la recolección de datos es el análisis PICOS y la matriz bibliográfica.

3.4.2. Selección de palabras clave o descriptores

Se utilizó los términos: Degree and radius of curvature, upper incisors, Biomechanical preparation, instrumentation technique, internal anatomy, retreat, schneider method, estrela method, Root curvature, endodontic planning, obturation, irrigation protocol, pulp pathology, curvature determination methods.

Los operadores lógicos que se utilizó fueron AND, OR Y NOT que combinándose con las palabras claves contribuyeron a la búsqueda de artículos admitidos para la investigación.

Tabla 4. Términos de búsqueda y extracción de utilización en las bases de datos.

FUENTE	ECUACIÓN DE BÚSQUEDA
Pubmed	Degree and radius of curvature of upper incisors
	Biomechanical preparation in endodontics
	Técnica de instrumentação endodôntica
	Internal anatomy of upper incisors
	Degree of curvature schneider method
	Root curvature radius Estrela method
Elsevier	Degree and radius of curvature of upper incisors
	Biomechanical preparation in endodontics
	Técnica de instrumentação endodôntica
	Internal anatomy of upper incisors
	Degree of curvature schneider method
	Root curvature radius Estrela method
Scielo	Degree and radius of curvature of upper incisors
	Biomechanical preparation in endodontics
	Técnica de instrumentação endodôntica
	Internal anatomy of upper incisors
	Degree of curvature schneider method

	Root curvature radius Estrela method
Wiley	Degree and radius of curvature of upper incisors
	Biomechanical preparation in endodontics
	Técnica de instrumentação endodôntica
	Internal anatomy of upper incisors
	Degree of curvature schneider method
	Root curvature radius Estrela method
Redalyc	Degree and radius of curvature of upper incisors
	Biomechanical preparation in endodontics
	Técnica de instrumentação endodôntica
	Internal anatomy of upper incisors
	Degree of curvature schneider method
	Root curvature radius Estrela method

Elaborado por. Cristopher Bastidas

3.5. Análisis PICOs

Tabla 5. Análisis de fuentes mediante método PICOs.

Frase	Palabra natural	Decs
Pacientes	Personas con patologías pulpares Pacientes con necesidad de tratamiento endodóntico en incisivos superiores Pacientes con fracasos endodónticos.	
Intervención	Retratamiento endodóntico Preparación biomecánica Obturación Protocolo de irrigación Instrumentation technique	Obturación Dental Permanente, Dental Restoration, Permanent
Comparador	Grado de curvatura Radio de curvatura Degree and radius of root curvature Estudios complementarios Sellado apical	
Variable	Grado y radio de curvatura en incisivos superiores	

Frase	Palabra natural	Decs
	Planificación del tratamiento endodóntico	Implantación Endodóntica, Endosseous, Endodontic
Tipo de estudio	Revisión sistemática Reporte de caso	Systematic review Case Report
Limites	Artículos publicados en los últimos 10 años. Idioma inglés, portugués y español. Artículos de texto completo. Artículos de disponibilidad gratuita	

Elaborado por. Cristopher Bastidas

Tabla 6. Análisis PICO por selección de resultados de búsqueda.

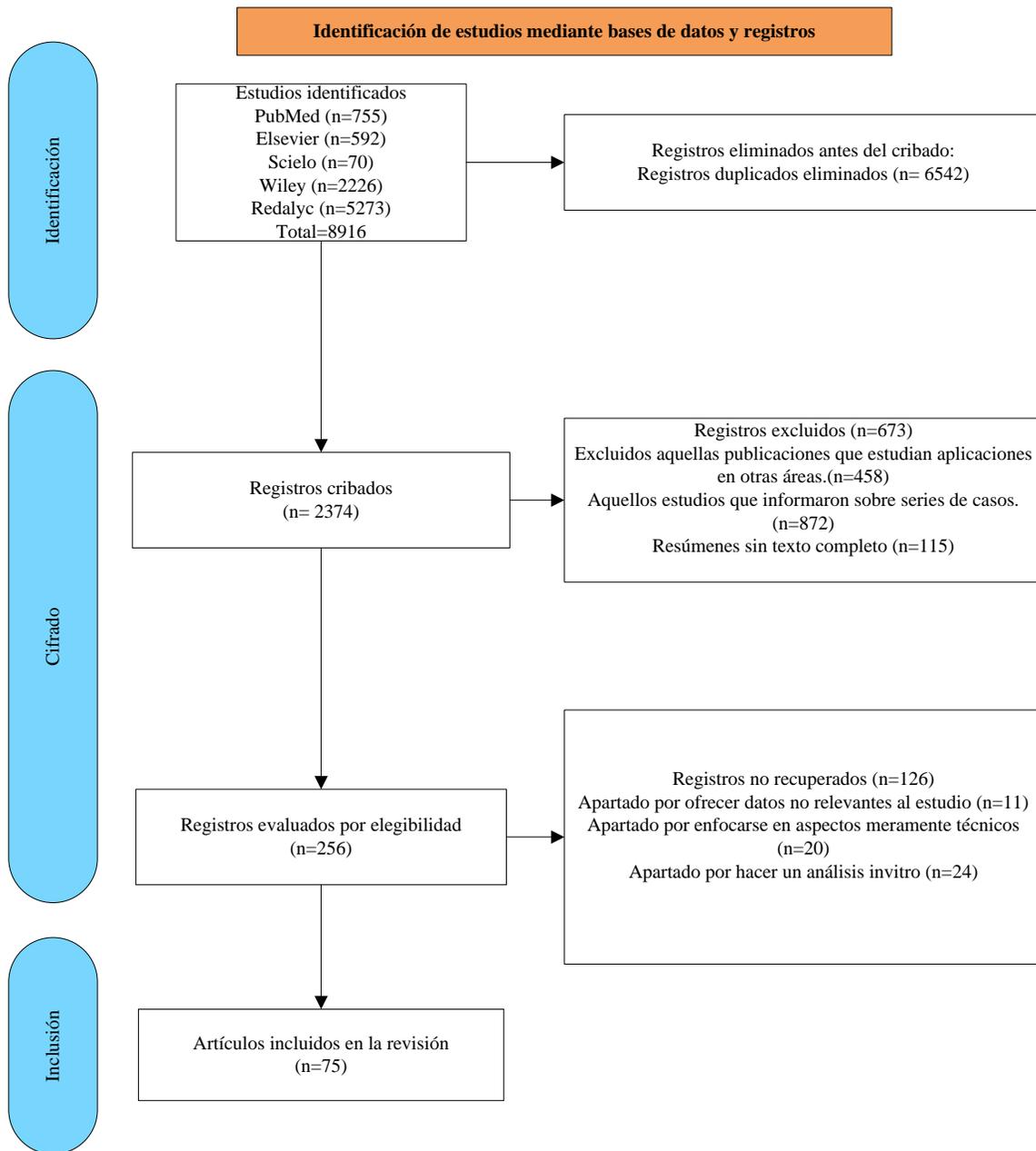
Fecha	Base de datos	Combinación Decs	Selección/ resultados
19/05/2023	PudMed	Degree and radius of curvature of upper incisors Biomechanical preparation in endodontics Técnica de instrumentação endodôntica Internal anatomy of upper incisors Degree of curvature schneider method Root curvature radius Estrela method	5/568 2/146 0/2 2/11 2/17 0/1
19/05/2023	Elsevier	Degree and radius of curvature of upper incisors Biomechanical preparation in endodontics Técnica de instrumentação endodôntica Internal anatomy of upper incisors Degree of curvature schneider method	5/91 2/99 1/13 1/200 1/174

Fecha	Base de datos	Combinación Decs	Selección/ resultados
		Root curvature radius Estrela method	2/15
19/05/2023	SCIELO	Degree and radius of curvature of upper incisors	0/1
		Biomechanical preparation in endodontics	7/15
		Técnica de instrumentação endodôntica	2/20
		Internal anatomy of upper incisors	4/13
		Degree of curvature schneider method	1/10
		Root curvature radius Estrela method	1/11
20/05/2023	WILEY	Degree and radius of curvature of upper incisors	1/104
		Biomechanical preparation in endodontics	0/632
		Técnica de instrumentação endodôntica	0/5
		Internal anatomy of upper incisors	0/964
		Degree of curvature schneider method	0/488

Fecha	Base de datos	Combinación Decs	Selección/ resultados
		Root curvature radius Estrela method	0/38
20/05/2023	REDALYC	Degree and radius of curvature of upper incisors Biomechanical preparation in endodontics Técnica de instrumentação endodôntica Internal anatomy of upper incisors Degree of curvature schneider method Root curvature radius Estrela method	3/1320 2/1620 1/526 25/1480 3/170 2/157

Elaborado por. Christopher Bastidas

Gráfico 3. Metodología PRISMA 2000.



CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Prevalencia del grado de curvatura radicular del incisivo central y lateral a nivel mundial.

La incidencia de conductos radiculares curvos en los incisivos laterales maxilares es del 58%, según un estudio realizado en Shandong, China. Otro estudio encontró una curvatura media de 11° en los incisivos laterales maxilares, resultados similares a los obtenidos en el estudio anterior. Es importante tener en cuenta que la incidencia y prevalencia de la curvatura pueden variar según la población estudiada y los métodos utilizados para medir la curvatura. En general, se sabe que los incisivos laterales maxilares presentan una alta incidencia de curvatura del conducto radicular en comparación con otros dientes, lo que puede representar desafíos para los procedimientos endodónticos y requerir técnicas especiales para lograr una limpieza y obturación adecuadas del conducto radicular ⁽²⁷⁾.

Aranda et al.⁽²⁸⁾ evaluó la anatomía radicular interna de los incisivos superiores mediante tomografía cone-beam (CBCT) en una población de Buenos Aires, Argentina. Se encontró que el 99,9% de la muestra presentó un Vertucci tipo I y el 0,1% un Vertucci tipo II. La aparición clínica de incisivos superiores con complejidad anatómica debe ser considerada posible en la práctica endodóntica.

Según la investigación de Monroe, se encontró una alta prevalencia de lesiones periapicales asociadas con conductos no tratados, el 82,6% de los dientes con conductos no tratados presentaban estas lesiones. Esto indica que los conductos no tratados son un factor importante que puede influir en el desarrollo de enfermedades post-tratamiento. Por lo tanto, es crucial que los profesionales de la endodoncia tengan un conocimiento completo de la anatomía dental y las posibles variaciones antes de realizar los tratamientos de conducto radicular, con el fin de minimizar la pérdida de conductos durante el tratamiento y mejorar el éxito del tratamiento endodóntico. ⁽²⁹⁾

Además, se destaca la importancia del uso de tecnologías avanzadas, como las tomografías computarizadas de haz cónico, para identificar y tratar adecuadamente los conductos radiculares. Los profesionales deben recibir capacitación en el uso y análisis adecuado de estas tecnologías para asegurar un tratamiento efectivo y exitoso. Es importante tener en cuenta que la tasa de fracasos en el tratamiento endodóntico convencional puede variar entre el 5% y el 15%, lo que resalta aún más la necesidad de un conocimiento detallado de la anatomía dental y el uso adecuado de tecnologías avanzadas para mejorar los resultados del tratamiento endodóntico ⁽²⁹⁾.

Los conductos radiculares curvos son una característica común en la anatomía dental humana, afectando aproximadamente entre el 20% y el 30% de los casos. Estas curvaturas pueden dificultar la limpieza y desinfección del conducto, aumentando así el riesgo de fracaso en el tratamiento endodóntico. Para manejar esta condición, existen diversas técnicas y herramientas disponibles, como limas manuales flexibles, sistemas rotatorios de níquel-titanio con geometrías especiales, sistemas de irrigación efectivos y técnicas de obturación termoplástica ⁽³⁰⁾.

En este estudio realizado en Kerman, Irán, se examinaron 100 dientes de incisivos laterales maxilares permanentes extraídos de diferentes clínicas dentales. Se evaluaron características anatómicas y morfológicas como el número de raíces, la dirección de la curva apical de la raíz y la longitud del diente. Se observó que el 67% de las muestras de incisivos laterales superiores presentaban curvatura de la raíz en dirección distal, mientras que el 5% mostraba curvatura en dirección bucal, el 2% en dirección palatina y el 3% en dirección mesial. Además, se encontró que el 23% de los dientes tenían raíces y conductos radiculares rectos. Estos resultados indican que la curvatura apical de la raíz es una característica común en los incisivos laterales maxilares permanentes, lo cual puede representar un desafío para los tratamientos del conducto radicular ⁽³¹⁾.

La mayoría de los textos de anatomía dental y endodoncia describen los incisivos centrales superiores humanos con una sola raíz y un solo conducto en el 100% de los casos. Sin embargo, se han reportado algunos casos de incisivos centrales superiores con dos raíces o dos conductos radiculares. En general, la variabilidad anatómica en el sistema de conducto radicular dental es posible y puede presentarse incluso en dientes considerados relativamente simples para el tratamiento del conducto radicular ⁽³²⁾.

Según los estudios publicados en el Journal of Endodontics en 2014 y 2018, la curvatura radicular en los incisivos maxilares se encontró en aproximadamente el 20% y 16.7% de los casos, respectivamente. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos resultados se basan en muestras limitadas y pueden no representar la prevalencia en la población general. Además, la prevalencia de la curvatura radicular puede variar según la edad, el género y otros factores individuales ⁽³³⁾.

El estudio de Razavi et al. encontró una prevalencia del 100% de curvatura en los incisivos laterales maxilares, con todas las raíces de estos incisivos presentando curvaturas. Además, se observó que aproximadamente el 20,6% de los incisivos laterales presentaban dos curvaturas, tanto en el lado derecho como en el lado izquierdo. Es importante tener en cuenta que estos resultados se basan en una población iraní y podrían variar en otras poblaciones estudiadas. En cuanto a la dirección de la curvatura, se observó que la más frecuente era hacia distal en la vista coronal, siendo el 63,3% a la izquierda y el 45,8% a la derecha. En la vista sagital, la falta de curvatura fue más común, con un 71,7% a la izquierda y un 80,8% a la derecha. Por lo tanto, se puede concluir que es más probable que los incisivos laterales maxilares se curven hacia distal en la vista coronal, según los resultados de este estudio ⁽³⁴⁾.

Tabla 7. Tabla de prevalencia de dirección de curvatura Según Razavi

	Prevalencia
Curvatura en raíces de incisivos laterales maxilares	100%
Incisivos laterales con 2 curvaturas	20,6%
Dirección de curvatura en vista coronal (izquierda)	63,3%
Dirección de curvatura en vista coronal (derecha)	45,8%
Falta de curvatura en vista sagital (izquierda)	71,7%
Falta de curvatura en vista sagital (derecha)	80,8%

Elaborado por: Christopher Bastidas

En resumen, el estudio encontró una alta prevalencia de curvatura en las raíces de los incisivos laterales maxilares en una población iraní, con un porcentaje significativo de incisivos laterales presentando dos curvaturas. La dirección de curvatura más común en la vista coronal fue hacia distal, mientras que la falta de curvatura fue más frecuente en la vista sagital. Estos resultados

destacan la importancia de considerar las variaciones en la curvatura de los incisivos laterales maxilares al realizar tratamientos dentales ⁽³⁴⁾.

Tabla 8. Prevalencias de curvatura según estudio realizado.

Estudio	Incidencia de curvatura en incisivos maxilares (%)
Wang et al.	58%
Ahmed et al.	20% ^o
Bürklein et al.	20-30%
Kerman	77%
Razavi et al.	100%

Elaborado por: Cristopher Bastidas

4.2. Grados de curvatura en los tercios de las raíces de los incisivos superiores.

La literatura menciona que la curvatura en la porción apical del conducto radicular es una complicación común en la endodoncia. En particular, se menciona que hay un 30% de posibilidad de que un incisivo lateral presente curvatura en esta zona. Además, se indica que en el 66.66% de estos casos, la curvatura se presenta hacia distal. Esta complicación puede dificultar el acceso y la instrumentación adecuada del conducto radicular, lo que puede afectar negativamente el éxito del tratamiento endodóntico. Por lo tanto, es importante considerar la anatomía interna de la pieza dental a tratar para obtener un tratamiento más eficiente y utilizar las técnicas de instrumentación y obturación más adecuadas para obtener un sellado tridimensional del conducto ⁽³⁵⁾.

Aranda et al. ⁽²⁸⁾ evaluaron la anatomía radicular interna de los incisivos superiores mediante tomografía cone-beam (CBCT) en una población de Buenos Aires, Argentina. Se encontró que el 99,9% de la muestra presentó un Vertucci tipo I, que se refiere a una anatomía radicular interna simple con un solo conducto y foramen apical. El 0,1% restante presentó un Vertucci

tipo II, que se refiere a una anatomía radicular interna con dos conductos separados que se fusionan en el tercio apical y tienen dos forámenes apicales ⁽²⁸⁾.

Aunque la mayoría de los incisivos superiores tienen una anatomía radicular interna simple, es posible encontrar casos con complejidad anatómica. Por ejemplo, algunos incisivos superiores pueden tener conducto laterales o accesorios que no son detectables en radiografías convencionales y pueden requerir técnicas especiales para su tratamiento endodóntico. Por lo tanto, es importante que los profesionales de la endodoncia estén familiarizados con la variabilidad anatómica y utilicen técnicas avanzadas de imagen para identificar cualquier complejidad anatómica en los incisivos superiores antes del tratamiento endodóntico ⁽²⁸⁾.

Para los incisivos centrales superiores, en el estudio de Biuki et al, el volumen promedio de la pulpa es 15.54 mm³ y el volumen del diente es 467.18 mm³, lo que da como resultado una proporción promedio de 0.033. Para los incisivos laterales superiores, el volumen promedio de la pulpa es 9.66 mm³ y el volumen del diente es 311.10 mm³, lo que da como resultado una proporción promedio de 0.030 ⁽³⁶⁾.

Estos datos pueden ser útiles para estimar la edad cronológica en pacientes utilizando radiografías CBCT y también pueden ser útiles en la planificación del tratamiento dental y en la evaluación del desarrollo dental en niños y adolescentes ⁽³⁶⁾.

Los conductos radiculares de los incisivos superiores suelen ser rectos o ligeramente curvos en comparación con otros dientes posteriores. La curvatura del conducto puede variar de un paciente a otro y puede ser evaluada mediante técnicas de imagenología como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) ⁽³⁷⁾.

La curvatura de los incisivos superiores puede variar en función de la anatomía individual del diente, pero en general, se encuentra en el tercio apical del conducto radicular. Esto significa que la curvatura comienza cerca de la punta de la raíz y se extiende hacia el ápice. La curvatura puede ser suave y constante o más pronunciada y tener una forma irregular ⁽³⁸⁾.

Es importante tener en cuenta que la curvatura del conducto radicular puede ser difícil de detectar en las radiografías convencionales, especialmente si es suave o está ubicada en un ángulo difícil de visualizar. Por lo tanto, se recomienda utilizar técnicas como tomografías

computarizadas (TC) para evaluar la forma tridimensional del conducto radicular y detectar cualquier curvatura o desviación que pueda no ser visible en las radiografías convencionales ⁽³⁸⁾.

La presencia de una curvatura pronunciada o una doble curvatura en el conducto radicular puede hacer que el tratamiento endodóntico sea más difícil y aumentar el riesgo de complicaciones durante el procedimiento. Por lo tanto, es importante realizar una evaluación cuidadosa de la anatomía del diente antes de comenzar cualquier tratamiento endodóntico para determinar la presencia y ubicación exacta de cualquier curvatura o desviación del conducto radicular ⁽³⁸⁾.

En resumen, aunque la curvatura del conducto radicular de los incisivos superiores suele estar ubicada en el tercio apical, su forma y ubicación pueden variar según la anatomía individual del diente. Es importante utilizar técnicas avanzadas como las tomografías computarizadas para evaluar con precisión la forma tridimensional del conducto radicular y detectar cualquier curvatura o desviación que pueda afectar el tratamiento endodóntico ⁽³⁸⁾.

En un estudio de caracterización tridimensional en cuanto a la longitud de los incisivos superiores, el estudio encontró que la longitud media de las raíces de los incisivos maxilares fue de 12,5 mm, con una variación entre 9,3 mm y 16,2 mm. Además, se observó que las raíces de los incisivos centrales superiores eran más largas que las de los laterales superiores ⁽³⁹⁾.

En cuanto a la curvatura, se encontró que el ángulo de curvatura promedio fue de 14 grados y el radio de curvatura promedio fue de 6,7 mm. Además, se observó que la mayoría de las raíces tenían una curvatura moderada ⁽³⁹⁾.

En cuanto al diámetro radicular, se encontró que el diámetro medio en el tercio cervical fue de 3,1 mm, en el tercio medio fue de 2,4 mm y en el tercio apical fue de 1,8 mm. Además, se observó que los incisivos centrales superiores tenían un diámetro radicular mayor que los laterales superiores ⁽³⁹⁾.

En general, estos hallazgos proporcionan una nueva comprensión detallada sobre la morfología radicular para los incisivos maxilares y pueden ser útiles para futuras investigaciones y aplicaciones clínicas como la planificación del tratamiento ortodóntico o endodóntico ⁽³⁹⁾.

La caracterización tridimensional proporciona las siguientes estadísticas sobre la distribución de modelos 3D en subgrupos de morfología de raíz: ⁽³⁹⁾

- **Subgrupo recto:** 11% y 26% de los incisivos centrales y laterales, respectivamente ⁽³⁹⁾.
- **Subgrupo moderado:** 27% y 20% de los incisivos centrales y laterales, respectivamente ⁽³⁹⁾.
- **Subgrupo curvo:** 15% de los incisivos centrales ⁽³⁹⁾.
- **Subgrupo extremadamente curvo:** 15% y 4% de los incisivos centrales y laterales, respectivamente ⁽³⁹⁾.

Además, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la morfología radicular entre cada subgrupo y el promedio neutral ⁽³⁹⁾.

Kuzekanani et al. Realizan un estudio en Irán, la curvatura de la raíz en los incisivos laterales maxilares permanentes examinados se encontró en dirección distal en el 67% de las muestras, y en el 89% de los casos donde se encontraron conductos laterales, estos estaban ubicados en el tercio apical de la raíz. Sin embargo, no se proporciona información específica sobre la ubicación exacta de la curvatura a lo largo de la raíz ⁽³¹⁾.

Según un estudio publicado en el Journal of Endodontics en 2014, que evaluó la curvatura radicular de los incisivos maxilares en una muestra de 100 dientes extraídos, se encontró que el 20% de los dientes tenían una curvatura radicular significativa. De estos dientes con curvatura radicular, el tercio apical fue el más comúnmente afectado (en el 70% de los casos), seguido del tercio medio (en el 20% de los casos) y del tercio cervical (en el 10% de los casos) ⁽³³⁾.

Otro estudio publicado en el mismo diario en 2018 evaluó la prevalencia y ubicación de la curvatura radicular en una muestra más grande de 1,000 incisivos maxilares extraídos. En este estudio, se encontró que la prevalencia general de la curvatura radicular era del 16,7%. De estos dientes con curvatura radicular, el tercio apical también fue el más comúnmente afectado (en el 68,5% de los casos), seguido del tercio medio (en el 22,2% de los casos) y del tercio cervical (en el 9,3% de los casos) ⁽³³⁾.

El conocimiento de la anatomía dental es fundamental para una práctica endodóntica adecuada porque tanto la anatomía externa como interna pueden ser anormales en algunos casos. Se destaca también que el clínico debe estar atento a posibles anomalías anatómicas, ya que incluso los casos más rutinarios pueden desviarse de lo habitual. Por lo tanto, un conocimiento completo de la anatomía dental permite al clínico identificar y tratar adecuadamente las anomalías anatómicas, lo que puede mejorar significativamente el éxito del tratamiento endodóntico ⁽⁴⁰⁾.

En el estudio de Pangica et al.⁽⁴¹⁾ se examinaron un total de 98 radiografías de conductos radiculares utilizando la técnica paralela periapical y procesamiento automático. Se midió el grado de curvatura del conducto en dirección mesiodistal y bucolingual utilizando el método Schneider.

Los resultados mostraron que el 86% de los conductos radiculares examinados estaban curvados, con la angulación más común siendo de 72 grados y un radio de curvatura de 2 mm. También se encontró que los ángulos de curvatura variaban desde 0 grados hasta 72 grados en radiografías vestibulo-orales bucolinguales y desde 0 grados hasta 65 grados en radiografías mesiodistales. La mayor amplitud en la incidencia vestibulo-oral fue de 34,5 mm y en la incidencia mesiodistal fue de 49,2 mm. En resumen, este estudio proporciona información valiosa sobre las características comunes del conducto radicular humano y puede ayudar a mejorar la práctica endodóntica mediante una mejor comprensión de la anatomía del diente ⁽⁴¹⁾.

Park et al.⁽⁴²⁾ realizaron utilizando tomografía computarizada de haz cónico y modelado matemático para medir la curvatura tridimensional del conducto radicular de los incisivos laterales maxilares, se encontró que todos los incisivos laterales maxilares tenían curvaturas en el conducto radicular, y la mayoría mostraba una curvatura en dirección distopalatal.

El punto de máxima curvatura se ubicó a 0,5 mm del ápice radicular. Además, aproximadamente el 66,7% de los incisivos laterales observados mostraron el valor máximo de curvatura en el ápice radicular ⁽⁴²⁾.

Tabla 9. Dirección de curvatura de la raíz de incisivos maxilares

CARACTERÍSTICA	PREVALENCIA
CURVATURA DE LA RAÍZ - DISTAL	67%
CURVATURA DE LA RAÍZ - BUCAL	5%
CURVATURA DE LA RAÍZ - PALATINA	2%
CURVATURA DE LA RAÍZ - MESIAL	3%
RAÍCES Y CONDUCTOS RADICULARES RECTOS	23%

Elaborado por: Cristopher Bastidas

4.3. Tratamiento endodóntico de acuerdo con el grado y radio de curvatura promedio que presente el incisivo central y lateral superior.

Los incisivos superiores son los dientes frontales más grandes, con una forma rectangular y superficie lisa en la parte frontal y una superficie cóncava en la parte posterior. Tienen una raíz larga y cónica con un conducto radicular que contiene nervios y vasos sanguíneos. Estos dientes tienen un borde afilado que se utiliza para cortar alimentos. Las emergencias endodónticas pueden surgir debido a condiciones que afectan la pulpa dental y los tejidos perirradiculares, tanto antes, durante o después del tratamiento endodóntico. Las infecciones y enfermedades de la pulpa dental y los tejidos circundantes son las principales causas de estas emergencias. La gravedad de la curvatura del conducto no afecta significativamente la precisión de la determinación radiográfica de la longitud de trabajo del conducto radicular ^(9,43,44).

4.3.1. Causas de que se produzcan curvaturas

Según el artículo "Review of Dilaceration of Maxillary Central Incisor: A Multidisciplinary Challenge" de Pawanjit Singh Walia et al, la incidencia de dientes permanentes dilacerados es baja en comparación con la alta prevalencia de lesiones traumáticas en la dentición primaria. Además del trauma, factores como infecciones y enfermedades sistémicas durante el desarrollo dental pueden contribuir a la dilaceración. Sin embargo, se requiere más investigación para

comprender completamente las causas de esta condición. La causa más aceptada actualmente es una lesión mecánica aguda en el diente predecesor primario, lo que lleva a la dilaceración del diente permanente en desarrollo. En resumen, la dilaceración dental es un desafío multidisciplinario que requiere una mayor comprensión de sus causas y un enfoque integral en su manejo clínico ⁽⁴⁵⁾.

4.3.1.1. Vaina epitelial de Hertwig

La vaina epitelial de Hertwig es una estructura importante en el desarrollo de las raíces dentales. Una vez que la corona del diente está formada y los epitelios interno y externo han establecido la vaina epitelial de Hertwig, esta comienza a proliferar en sentido apical, desarrollando una o varias raíces para cada diente, dependiendo del número de vainas que se hayan formado ⁽⁴⁶⁾.

La influencia de la vaina epitelial de Hertwig en la curvatura radicular radica en su desintegración durante la cementogénesis. A medida que se forman las raíces, la vaina epitelial de Hertwig se desintegra, dejando la dentina radicular cubierta por el cemento desde el esmalte cervical. Esta desintegración de la vaina epitelial de Hertwig contribuye a la formación de la curvatura radicular, ya que el cemento se deposita alrededor de la dentina radicular y sigue su patrón de proliferación apical ⁽⁴⁶⁾.

Es importante destacar que, en algunos casos, la persistencia del epitelio reducido del esmalte (que forma parte de la vaina epitelial de Hertwig) puede alterar el proceso normal de histogénesis radicular en la curvatura cervical del órgano del esmalte. Esto puede resultar en la falta de desarrollo del ligamento periodontal y la formación de una bolsa periodontal activa. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que esta información no se encuentra explícitamente mencionada en el texto proporcionado, sino que se basa en conocimientos generales sobre el desarrollo dental y la formación de la curvatura radicular ⁽⁴⁶⁾.

4.3.2. Tratamiento para Curvatura severa y moderada del conducto radicular con Radio de curvatura moderado y severo

4.3.2.1. Determinación de la longitud de trabajo (método Radiográfico)

El radiovisiógrafo (RVG) es una herramienta de diagnóstico utilizada en odontología para obtener radiografías intraorales digitales y determinar la longitud del conducto radicular. Sin embargo, su uso exclusivo puede no ser tan preciso debido a factores como la angulación y la calidad de imagen, lo que puede resultar en mediciones inexactas. Por lo tanto, el RVG se recomienda como una herramienta complementaria junto con otros métodos, como los localizadores apicales electrónicos, para garantizar mediciones precisas y reducir las posibilidades de complicaciones posteriores. En conclusión, el RVG es útil en la determinación de la longitud de trabajo del conducto radicular, pero debe ser utilizado en conjunto con otras técnicas para obtener resultados más confiables ⁽¹⁵⁾.

4.3.2.2. Determinación de la longitud de trabajo (método eléctrico)

El uso del localizador apical en el tratamiento de conductos radiculares es esencial para determinar con precisión la longitud del conducto, lo cual es crucial para garantizar una limpieza y llenado adecuados. La medición de la resistencia eléctrica del tejido en el extremo del conducto permite al localizador apical determinar la ubicación exacta del ápice. Esto evita infecciones residuales y complicaciones posteriores, asegurando un tratamiento efectivo y reduciendo riesgos. En conclusión, el localizador apical es una herramienta fundamental en el tratamiento de conductos radiculares para obtener resultados precisos y prevenir complicaciones ⁽¹⁵⁾.

4.3.2.3. Determinación del radio de curvatura

El método de Estrela es una técnica radiográfica precisa y confiable que permite medir y clasificar la curvatura radicular en conductos endodónticos. Esta evaluación es crucial en la planificación y ejecución del tratamiento endodóntico, ya que ayuda a determinar la dificultad del procedimiento y a seleccionar los instrumentos adecuados. Los conductos con una curvatura severa presentan mayores desafíos debido a limitaciones de acceso y dificultades en la instrumentación, por lo que se requiere una técnica más cuidadosa y precisa para evitar

complicaciones. En el contexto clínico e de investigación, la medición precisa de la curvatura del conducto radicular es importante para seleccionar los instrumentos adecuados y evitar complicaciones durante el tratamiento endodóntico. En conclusión, el método de Estrela es una herramienta crucial para evaluar la curvatura radicular y mejorar la efectividad y seguridad de los tratamientos endodónticos ^(25,47).

- **Radio de curvatura leve:** es aquel que tiene un valor mayor a 1 mm y menor o igual a 3 mm. ⁽²⁵⁾
- **Radio de curvatura moderado:** es aquel que tiene un valor mayor a 0,5 mm y menor o igual a 1 mm. ⁽²⁵⁾
- **Radio de curvatura severo:** es aquel que tiene un valor menor o igual a 0,5 mm ⁽²⁵⁾.

4.3.2.4. Determinación del grado de curvatura

El estudio de Wang et al. utilizó imágenes de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y radiografías periapicales para medir la curvatura del conducto radicular en los incisivos laterales maxilares. El CBCT permitió medir el ángulo en el plano máximo de flexión del conducto radicular, mientras que las radiografías se utilizaron para medir la curvatura inicial y final del conducto radicular. Se encontró que los instrumentos rotatorios Hyflex CM y Revo-S tenían la capacidad de enderezar los conductos radiculares curvos. Sin embargo, se señalaron limitaciones del CBCT, como la visualización limitada de estructuras sutiles y la posible subestimación del número de conductos curvos debido a la posición de la línea utilizada para medir el ángulo. En conclusión, el CBCT es una herramienta útil para medir la curvatura del conducto radicular, pero se deben considerar sus limitaciones al interpretar los resultados. Además, los instrumentos rotatorios mencionados mostraron capacidad para enderezar los conductos radiculares curvos ^(25,27,30).

El estudio de Wang et al. utilizó imágenes de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) El método de Schneider divide la curvatura del conducto radicular en tres categorías:

- **Categoría I:** Curvatura básicamente nula (0-5 grados).
- **Categoría II:** Curvatura moderada del conducto radicular (5-20 grados).
- **Categoría III:** Curvatura severa del conducto radicular (>20 grados) ⁽²⁵⁾.

4.3.2.5. Microtomografía computarizada y Tomografía Computarizada de Haz Cónico.

La microtomografía computarizada (μ CT) y la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) son técnicas de imagenología no invasiva que permiten la visualización tridimensional de estructuras internas en endodoncia. La μ CT ha sido utilizada para evaluar la calidad de los rellenos radiculares, proporcionando una evaluación tridimensional de su capacidad para ocupar el espacio en los conductos radiculares. Sin embargo, se requieren técnicas complementarias para evaluar completamente el sellado y prevenir complicaciones. Por otro lado, la CBCT ofrece información tridimensional sin distorsiones y una dosis de radiación más baja que la tomografía computarizada, lo que la convierte en una herramienta valiosa para el diagnóstico, planificación y seguimiento del tratamiento endodóntico. Además, la CBCT puede ayudar a medir la curvatura tridimensional del conducto radicular, mejorando la precisión y eficacia de los tratamientos endodónticos. Así mismo, el software coDiagnostiX permite la creación de plantillas virtuales para la endodoncia guiada, utilizando datos de CBCT y escaneos de superficie. Por último, la endodoncia mínimamente invasiva busca preservar la mayor cantidad de tejido dental sano durante el tratamiento de conductos radiculares, utilizando tecnologías avanzadas como microscopios y CBCT para minimizar la eliminación innecesaria de tejido sano. En conclusión, estas técnicas y herramientas proporcionan opciones precisas y confiables para el diagnóstico, planificación y ejecución de tratamientos endodónticos, mejorando los resultados y reduciendo el riesgo de complicaciones ⁽⁴⁸⁻⁵³⁾.

4.3.2.6. Software para la determinación de la forma del conducto

La investigación se centró en el uso de un software de tomografía computarizada llamado "e-Vol DX" para analizar la forma del conducto radicular en los dientes permanentes humanos. Este software permite una visualización detallada y tridimensional de la anatomía dental, facilitando la identificación y análisis del conducto radicular. Además, se propone un método específico para medir las dimensiones anatómicas del conducto utilizando este software. Los hallazgos tienen varias aplicaciones en odontología, como mejorar la planificación y ejecución de tratamientos endodónticos, identificar anomalías dentales de manera temprana, mejorar la educación dental y permitir el desarrollo de nuevos tratamientos más efectivos y menos invasivos. En general, el uso de esta tecnología avanzada proporciona una herramienta valiosa para mejorar la atención dental y la formación de profesionales en el campo ⁽⁵⁴⁾.

4.3.2.7. Endodoncia Guiada

La endodoncia guiada es un procedimiento que utiliza tecnología de imagen y software especializado para guiar la preparación y obturación del conducto radicular, ofreciendo mayor precisión y seguridad en comparación con los procedimientos tradicionales. Esta técnica es especialmente útil en casos de difícil acceso a los conductos radiculares, como curvaturas pronunciadas o calcificaciones, y en retratamientos endodónticos. Estudios han demostrado que la endodoncia guiada promueve una menor pérdida de estructura dental en dientes de mayor complejidad morfológica y se centra en la conservación de la dentina cervical para un tratamiento menos invasivo. Es una técnica segura y efectiva para situaciones críticas y permite un pronóstico más seguro y preciso al paciente. Además, la preservación de la estructura dental natural mejora la durabilidad y el éxito a largo plazo del tratamiento. Aunque la endodoncia guiada se basa en evidencia limitada y de baja calidad, ofrece resultados altamente predecibles y reduce el riesgo de daño iatrogénico ^(12,55-59).

Según la revisión sistemática de Moreno, la endodoncia guiada mejora la precisión de los tratamientos de conducto radicular al permitir una planificación tridimensional precisa y una guía quirúrgica para el acceso a la raíz del diente. Esto reduce el riesgo de errores durante el procedimiento y aumenta la eficacia del tratamiento. Además, la endodoncia guiada también puede reducir el tiempo de tratamiento y minimizar el daño iatrogénico a los tejidos circundantes. Por lo tanto, el uso de técnicas guiadas puede ayudar a los dentistas a localizar los conductos radiculares calcificados sin crear una perforación, en donde la precisión de las guías endodónticas impresas en 3D para la preparación de cavidades de acceso fue evaluada como aceptable ⁽⁶⁰⁻⁶²⁾.

4.3.2.8. Desgaste compensatorio

El desgaste compensatorio en endodoncia en curvaturas se refiere a la respuesta del diente a la pérdida de estructura dental debido a la eliminación de la pulpa dental durante un tratamiento de endodoncia en dientes con curvaturas radiculares. La eliminación de la pulpa dental en dientes con curvaturas radiculares puede ser más difícil y puede requerir técnicas de instrumentación especializadas para evitar la perforación de la raíz o la fractura del instrumento ⁽⁶³⁾.

Después de la eliminación de la pulpa dental en dientes con curvaturas radiculares, el diente puede volverse más frágil y susceptible al desgaste dental. Además, la eliminación de la pulpa puede provocar una disminución en la altura de la corona dental, lo que puede afectar la estética y la función del diente. Para compensar la pérdida de estructura dental en dientes con curvaturas radiculares, el diente puede experimentar una erupción compensatoria. Sin embargo, la erupción compensatoria en dientes con curvaturas radiculares puede ser más difícil debido a la forma de la raíz y la dificultad para lograr un contacto oclusal adecuado ⁽⁶³⁾.

El desgaste compensatorio en endodoncia en curvaturas puede ser un desafío para los dentistas que intentan restaurar la estructura dental perdida. La restauración de un diente con desgaste compensatorio en curvaturas puede requerir técnicas de restauración especializadas, como la colocación de postes y núcleos, coronas dentales o incrustaciones, para lograr un resultado estético y funcional satisfactorio. Además, puede ser necesario realizar una evaluación cuidadosa de la oclusión y la función del diente para garantizar un resultado duradero ⁽⁶³⁾.

4.3.2.8. Instrumentación

Se analizó un nuevo protocolo de instrumentación suplementaria en el retratamiento endodóntico no quirúrgico utilizando puntas ultrasónicas y el instrumento XP-endo Finisher R. Estas herramientas demostraron ser efectivas para eliminar los materiales de relleno restantes en conductos radiculares ovalados, independientemente del tipo de sellador utilizado. Sin embargo, la técnica con puntas ultrasónicas fue más eficiente en la eliminación del material de relleno en comparación con el instrumento XP-endo Finisher R. En resumen, este nuevo protocolo de instrumentación suplementaria puede mejorar la eficacia del retratamiento endodóntico no quirúrgico al eliminar de manera efectiva los materiales de relleno restantes en conductos radiculares ovalados. En el campo de la salud, la elección entre instrumentos mecanizados y manuales para la preparación de conductos radiculares curvados y estrechos depende de los objetivos del tratamiento y las preferencias del profesional de la salud. Si bien los dispositivos eléctricos son más eficientes en la eliminación de material dentinario y pueden reducir el tiempo de preparación, también aumentan el riesgo de transporte del conducto. Por otro lado, los instrumentos manuales tradicionales ofrecen un mayor control, pero son menos eficientes. En general, se considera que la instrumentación endodóntica mecanizada supera a las técnicas manuales tradicionales debido a su mayor velocidad, eficiencia, precisión, consistencia

y menor fatiga para los operadores, a pesar de algunas limitaciones como el costo y la necesidad de capacitación especializada ⁽⁶⁴⁻⁶⁶⁾.

En el estudio realizado por Whitten et al, se utilizaron tres tipos de limas:

1. Lima ProFile ISO con aterrizaje.
2. Lima ProFile Vortex sin aterrizaje.
3. Lima Vortex Blue sin aterrizaje y fabricada con níquel-titanio de memoria de forma reducida ⁽⁶⁷⁾.

En el campo de la endodoncia, se han realizado estudios para evaluar diferentes tipos de limas utilizadas en la sobreampliación de conductos radiculares curvos. Estos estudios han concluido que las tres limas analizadas pueden ser igualmente efectivas en esta tarea, pero es importante considerar que cada caso clínico es único y puede requerir un enfoque individualizado. Además, se encontró que no hubo diferencias significativas en el transporte del foramen apical entre los tres tipos de limas estudiadas. Otro estudio comparó el uso de instrumentos rotatorios y manuales y encontró que, aunque no hubo diferencias significativas en la frecuencia de dolor post-endodóntico, los pacientes tratados con instrumentos rotatorios experimentaron una intensidad de dolor significativamente menor. El uso de sistemas rotatorios también ofrece beneficios como una mayor eficiencia y desinfección, facilitando la medicación intraconducto y la obturación posterior. Por otro lado, un estudio comparativo de sistemas de conformación mostró que no hubo diferencias significativas en la capacidad de mantener la curvatura del conducto y la transportación apical entre los tres sistemas evaluados, pero el sistema Reciproc fue más rápido en términos de tiempo de preparación. En general, la elección de la técnica dependerá de diversos factores, como la anatomía del diente, la experiencia del endodoncista y las preferencias personales, ya que tanto los instrumentos manuales como los rotatorios tienen ventajas y consideraciones particulares ^(18,20,67-69).

4.3.2.9. Irrigación

La anatomía del conducto radicular es muy compleja y varía de un diente a otro, lo que hace que la limpieza y la conformación completa del sistema de conductos radiculares sea un desafío. Además, los instrumentos rotatorios actuales solo pueden actuar en el cuerpo central del conducto, lo que significa que las aletas del conducto, istmos y cul-de-sacs pueden quedar sin tocar después de la preparación. Esto puede llevar a la acumulación de restos orgánicos y

bacterias en estas áreas no tratadas, lo que puede comprometer el éxito del tratamiento endodóntico. Por lo tanto, se requiere una combinación de técnicas e irrigantes para lograr una limpieza completa y efectiva del sistema de conductos radiculares ⁽⁷⁰⁾.

4.3.2.10. Implementación de nanopartículas

Las nanopartículas son utilizadas en el tratamiento de infecciones dentales debido a sus propiedades únicas, como su pequeño tamaño, alta relación área/masa superficial y mayor reactividad química. Estas características les permiten penetrar en áreas difíciles de alcanzar y eliminar las bacterias presentes. Además, las nanopartículas pueden ser funcionalizadas con antibióticos o fotosensibilizadores para mejorar su eficacia antibacteriana. En la endodoncia, se emplean diversos tipos de nanopartículas, siendo las de plata las más comunes debido a su alta eficacia antibacteriana y capacidad para inhibir la formación de biofilms. Las nanopartículas de óxido de zinc también poseen propiedades antibacterianas y se combinan con otros materiales para mejorar su efectividad antimicrobiana. Por otro lado, las nanopartículas de dióxido de titanio se utilizan como fotosensibilizadores, activándose con luz para aumentar su eficacia antimicrobiana. Asimismo, las nanopartículas de sílice tienen propiedades antimicrobianas y se emplean en combinación con otros materiales para mejorar tanto sus propiedades mecánicas como antimicrobianas ⁽⁷¹⁾.

4.3.2.11. Irrigación Con presión negativa

La irrigación con presión negativa es un método efectivo de eliminación de bacterias y residuos en el conducto radicular. Un estudio evaluó diferentes grupos con distintas curvaturas del conducto y encontró que a medida que aumentaba la curvatura, el volumen de irrigante entregado disminuía. Sin embargo, se determinó que el uso de un tamaño apical ISO 40 y una conicidad del 0,06 aumentaban significativamente el volumen y el intercambio de irrigante, independientemente de la curvatura. En resumen, considerar la curvatura del conducto al seleccionar el tamaño y la conicidad apical adecuados es crucial para lograr una irrigación efectiva en endodoncia, y el tamaño apical ISO 40 y una conicidad del 0,06 son recomendados para mejorar el volumen y el intercambio de irrigante ⁽⁷²⁾.

4.3.2.12. Obturación

Existen varias técnicas de obturación del conducto radicular, que incluyen:

1. Técnica de gutapercha lateralmente condensada en frío: se utiliza un cono principal de gutapercha y se condensa lateralmente con conos secundarios para llenar el espacio del conducto ⁽⁷³⁾.

2. Técnica de gutapercha caliente verticalmente compactada: se utiliza un dispositivo de calentamiento para calentar la gutapercha y luego se inserta en el conducto radicular, donde se compacta verticalmente ⁽⁷³⁾.

3. Técnica de inyección termoplástica: se utiliza un material termoplástico que se inyecta en el conducto radicular a través de una aguja especial y luego se solidifica ⁽⁷³⁾.

La técnica de obturación termoplástica es una técnica de obturación del conducto radicular que utiliza gutapercha termoplástica. En esta técnica, se inserta un cono principal de gutapercha termoplástica en el conducto radicular y se calienta para que se adapte a la anatomía del conducto. Luego, se compacta lateralmente con una punta de condensación para crear un sello hermético. Se pueden insertar conos secundarios más pequeños en los espacios laterales y compactarlos para llenar completamente el conducto radicular ⁽⁷⁴⁾.

4. Técnica de sellado único: se utiliza un solo cono de gutapercha que se adapta al tamaño del conducto radicular y luego se sella con un sellador ⁽⁷³⁾.

5. Técnica híbrida: combina dos o más técnicas para lograr una obturación completa del conducto radicular ⁽⁷³⁾.

Se evaluaron tres técnicas de obturación diferentes para evaluar la calidad de obturación en el tercio apical de los conductos radiculares mesiales del primer molar mandibular. Estas técnicas incluyeron la compactación lateral en frío (CLC), la onda continua de condensación (CW) y la obturación del conducto ortógrado utilizando OrthoMTA. Se utilizó la microtomografía computarizada para crear imágenes tridimensionales de los conductos radiculares obturados y se evaluaron las imágenes para determinar el porcentaje volumétrico de gutapercha, sellador y OrthoMTA presentes en el área apical de 5 mm. Los resultados de este estudio proporcionarán

información importante sobre la eficacia de estas técnicas de obturación y podrían ayudar a los profesionales de la salud dental a tomar decisiones informadas sobre el método más adecuado para obtener una obturación de alta calidad en estos casos ⁽⁷⁵⁾.

4.3.2.13. Técnica para curvaturas

Las técnicas de obturación en conductos radiculares curvos incluyen la obturación termomecánica y la compactación lateral cálida. La primera utiliza calor y presión mecánica para colocar el material de obturación en conductos estrechos o curvos, mientras que la segunda es útil en conductos con curvaturas suaves o moderadas. La elección de la técnica depende de las características individuales del caso y debe ser evaluada por un endodoncista experimentado para obtener los mejores resultados clínicos. En resumen, se disponen de diferentes técnicas de obturación para adaptarse a las necesidades de los conductos radiculares curvos, y la elección adecuada debe hacerse considerando la anatomía y las curvaturas presentes en cada caso específico ⁽²³⁾.

Selladores

1. MTA Fillapex
2. Sellador experimental a base de silicato tricálcico (Septodont)
3. Apexit Plus (Ivoclar, Schaan, Lichtenstein)
4. AH Plus

Cada uno de estos selladores tiene una composición química y propiedades diferentes que pueden afectar su eficacia en la obturación del conducto radicular. Se debe evaluar la idoneidad de cada uno de estos selladores con técnicas de obturación de gutapercha caliente y lateralmente condensada en frío ⁽⁷³⁾.

4.3.2.14. Activación ultrasónica de selladores endodónticos

En los procedimientos de endodoncia, es crucial lograr un sellado completo del conducto radicular para prevenir la reinfección y garantizar el éxito del tratamiento. La penetración intratubular del sellador es esencial, ya que los túbulos dentinarios pueden albergar bacterias y microorganismos que sobreviven al tratamiento si no se sellan adecuadamente. La activación ultrasónica se ha utilizado para mejorar esta penetración, ya que la vibración ultrasónica facilita

el flujo del sellador en los túbulos dentinarios y ayuda a llenar los espacios vacíos. Además, la activación ultrasónica también ayuda a eliminar las burbujas de aire atrapadas en el sellador, mejorando su capacidad de sellado. Esta técnica se ha propuesto especialmente para áreas de complejidad anatómica, como las curvaturas del conducto radicular. Sin embargo, es importante tener precaución al utilizar el ultrasonido en curvaturas para evitar daños en el tejido circundante o perforaciones en la pared del conducto radicular. En el estudio mencionado, se utilizaron selladores endodónticos a base de resina y silicato de calcio, y se aplicó ultrasonido utilizando un dispositivo específico con una punta adaptada. En general, la activación ultrasónica puede mejorar las propiedades de sellado y unión del sellador al dentin radicular, lo que contribuye a la efectividad de los procedimientos de endodoncia ⁽⁷⁶⁾.

4.3.2.15. Sellado coronario

El sellado coronario es un procedimiento realizado después de la preparación del diente para el tratamiento endodóntico, con el objetivo de proteger el conducto radicular y evitar la entrada de bacterias y contaminantes. Los materiales utilizados pueden variar según las necesidades del paciente y las preferencias del dentista. Es crucial que este procedimiento sea realizado por un profesional capacitado para garantizar su eficacia y éxito a largo plazo. El sellado coronario es fundamental para prevenir la infiltración bacteriana y la re-contaminación del sistema de conducto radicales, lo que contribuye al éxito de la terapia endodóntica al preservar el conducto radicular de posibles contaminaciones recurrentes. En resumen, el sellado coronario desempeña un papel importante en el éxito del tratamiento endodóntico al evitar la re-contaminación del conducto radicular ⁽⁷⁷⁾.

4.3.3. Tratamiento para Curvatura leve del conducto radicular con Radio de curvatura leve

4.3.3.1. Determinación del grado y radio de curvatura

Al igual que en casos de radio y grado de curvatura severo se emplea el método de Estrela o de Schneider

4.3.3.2. Método alterativo de Weine

El método alternativo de Weine para determinar las angulaciones de los conductos radiculares se basa en medir el ángulo de desviación entre la dirección del conducto radicular y el eje longitudinal del diente. Esta medición es útil para evaluar la dificultad del tratamiento endodóntico y para seleccionar los instrumentos adecuados. El ángulo de desviación permite clasificar los conductos radiculares en rectos, curvos y muy curvos, dependiendo de si el ángulo es menor o igual a 10 grados, mayor a 10 pero menor o igual a 30 grados, o mayor a 30 grados, respectivamente. Aunque este método es más simple y rápido que el método de Schneider, no proporciona información precisa sobre el radio de la curva. Sin embargo, puede ser una alternativa útil en situaciones donde no se puede obtener una radiografía clara o se requiere una evaluación rápida del grado de curvatura. En conclusión, el método de Weine es una herramienta valiosa para determinar la dificultad del tratamiento endodóntico y seleccionar los instrumentos apropiados, aunque no es tan preciso como el método de Schneider en cuanto a la información sobre el radio de la curva ⁽²⁵⁾.

4.3.3.3. Preparación de conductos

La preparación de conductos radiculares en endodoncia es un procedimiento que busca eliminar la pulpa dental infectada o inflamada y dar forma al conducto radicular para su posterior obturación. Este proceso implica el uso de instrumentos manuales y rotatorios, junto con soluciones irrigantes, para limpiar y dar forma al conducto. Se comienza realizando una apertura en la corona dental para acceder a la pulpa, seguido por el uso de limas manuales y rotatorias para eliminar el tejido pulpar y dar forma al conducto. Durante este proceso, se utilizan soluciones irrigantes para limpiar el conducto y eliminar los residuos. Una vez completada la preparación del conducto, se procede a su obturación con un material sellador. En conclusión, la preparación adecuada del conducto radicular es esencial para lograr un tratamiento endodóntico exitoso y prevenir futuras infecciones o complicaciones ⁽³⁰⁾.

4.3.3.4. Instrumentación

Debido a la complejidad leve anatómica se puede dar a consideración del operador el emplear una instrumentación mecánica o manual.

4.3.3.5. Irrigación

En la preparación químico-mecánica del tercio apical, es fundamental el control micro-biológico para asegurar el éxito del tratamiento. Para lograrlo, se emplean diferentes métodos, como el uso de irrigantes químicos, como el hipoclorito de sodio y el EDTA, que eliminan los residuos bacterianos y desinfectan el conducto radicular. Además, se pueden aplicar técnicas de láser y ultrasonido para mejorar la limpieza y eliminar los residuos bacterianos. Estas estrategias, junto con las técnicas de obturación tridimensional del conducto radicular, resultan críticas para alcanzar un tratamiento exitoso y prevenir la reinfección bacteriana en el tercio apical ⁽⁷⁸⁾.

4.3.3.6. Obturación

En el campo de la obturación de conductos radiculares, se han desarrollado diversas técnicas recientes. Estas incluyen el uso de barreras apicales para prevenir la extrusión del material de obturación, la utilización de portadores seccionales o termoplásticos para facilitar la colocación del material, la técnica quimi plastificada que implica la plastificación del material mediante un solvente químico, el uso de una onda continua de calentamiento y enfriamiento rápido, el modelado de conos personalizados para adaptarse a la forma del conducto, las inyecciones precalentadas o frías para llevar el material al conducto, la obturación termomecánica que combina calor y presión mecánica, y la compactación lateral o vertical del material de obturación. Cada técnica tiene sus propias indicaciones y limitaciones, y la elección de la técnica dependerá de las características específicas de cada caso ⁽²³⁾.

4.4. Evaluación el grado y radio de curvatura radicular de los incisivos superiores y la implicación de estos factores en el tratamiento endodóntico.

La curvatura radicular de las raíces dentales es una característica común que puede variar entre los pacientes y las piezas dentales individuales. Es importante para los profesionales dentales comprender esta curvatura al planificar tratamientos efectivos, especialmente en casos complejos. En particular, la curvatura en los incisivos laterales puede ser una anomalía del desarrollo con implicaciones estéticas y de salud. Los dentistas pueden recomendar opciones de tratamiento como ortodoncia, carillas dentales o extracción, según la causa y la gravedad de la curvatura. Además, el conocimiento del ángulo y el radio de la curvatura obtenidos de las

radiografías es crucial en la endodoncia, ya que influyen en los resultados de la instrumentación y en la fatiga cíclica de los instrumentos utilizados. Evaluar cuidadosamente el grado y el radio de curvatura es fundamental para lograr un tratamiento endodóntico exitoso. Si se requiere información más precisa sobre las dimensiones anatómicas de los incisivos superiores, se recomienda consultar a un dentista o especialista en odontología. En resumen, la curvatura radicular tiene implicaciones clínicas importantes y requiere atención y consideración en la planificación y realización de tratamientos dentales ^(25,79-81).

La clasificación de Gus se refiere a la categorización de los surcos radiculares en los incisivos laterales maxilares según su gravedad, basada en imágenes de microtomografía computarizada. Esta clasificación fue propuesta por Gu en 2011 y consta de tres tipos: ⁽⁷⁹⁾.

- Tipo I: un surco corto en el tercio coronal de la raíz.
- Tipo II: un surco largo y poco profundo que se extiende más allá del tercio coronal de la raíz.
- Tipo III: un surco largo y profundo que se extiende más allá del tercio coronal de la raíz ⁽⁷⁹⁾.

La clasificación de Gus es útil para determinar el grado de complejidad del tratamiento endodóntico necesario para tratar los dientes con surcos radiculares ⁽⁷⁹⁾.

La medición precisa de la curvatura del conducto radicular es esencial en odontología para garantizar la planificación y realización precisa de procedimientos de endodoncia, así como para evitar complicaciones y fracasos en el tratamiento. La curvatura puede afectar la accesibilidad y limpieza del conducto, lo que puede resultar en infecciones persistentes. Además, una medición precisa ayuda en la selección de instrumentos adecuados y mejora la eficacia del tratamiento. Es importante tener en cuenta los límites laterales de la ampliación cervical y apical para evitar desgaste inadecuado. Las curvas pronunciadas dificultan el acceso y aumentan el riesgo de fractura de instrumentos. Los errores en la preparación del conducto pueden conducir a una limpieza y conformación inadecuadas, así como a una obturación incompleta, comprometiendo el éxito del tratamiento. También se destaca la importancia de reconocer las variaciones anatómicas en la morfología de los sistemas de conductos radiculares, como la presencia de múltiples conductos en los incisivos centrales maxilares. En conclusión, el conocimiento anatómico, la planificación adecuada y la precisión en la medición de la curvatura son fundamentales para el éxito en el tratamiento endodóntico y la prevención de complicaciones ^(37,82-85).

4.4.1. Nueva técnica para la determinación de la curvatura

El estudio de Makandar et al. presenta una técnica novedosa utilizando un dispositivo de madera contrachapada llamado "Plywood Jig", que se coloca en el diente y se fija con una abrazadera. Esta técnica permite obtener imágenes tridimensionales del conducto radicular al tomar radiografías desde diferentes ángulos, lo que facilita la medición precisa del ángulo, radio, altura y dirección de la curvatura del conducto radicular. La ventaja principal de esta técnica es su facilidad de uso y reproducibilidad, así como su capacidad para proporcionar valores más precisos en comparación con las radiografías convencionales. Los autores advierten que los valores obtenidos mediante esta técnica difieren de los obtenidos con radiografías convencionales, por lo que es esencial considerar esta diferencia al medir la curvatura del conducto radicular durante el tratamiento, lo que permite una planificación de tratamiento más efectiva y eficiente ⁽⁸⁶⁾.

4.4.2. Lesiones periapicales

Las lesiones periapicales son una respuesta inflamatoria del cuerpo causada por bacterias o irritantes en el área periapical. Pueden ser asintomáticas o causar dolor, hinchazón y sensibilidad dental. Si no se tratan adecuadamente, pueden provocar la pérdida ósea y, en casos graves, la pérdida del diente. Para su diagnóstico, las radiografías dentales convencionales presentan limitaciones, por lo que la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) se utiliza para una visualización tridimensional detallada. El tratamiento varía según la gravedad de la lesión e incluye desde tratamientos conservadores como el tratamiento endodóntico hasta procedimientos quirúrgicos como la apicectomía. Detectar y tratar las lesiones periapicales de manera temprana es fundamental para evitar complicaciones a largo plazo y mantener la salud dental ⁽⁸⁷⁾.

4.4.3. Complicaciones post operatorias

Los residuos dentales extruidos más allá del ápice durante los procedimientos dentales, como la limpieza y conformado de los conductos radiculares, pueden ser causados por diversas técnicas y instrumentos utilizados. Se ha demostrado que las técnicas de instrumentación recíproca aumentan la cantidad de residuos extruidos. Varios factores influyen en el éxito de los

tratamientos endodónticos, incluyendo la anatomía interna del diente, las habilidades del odontólogo, el conocimiento de la técnica y los instrumentos utilizados. Es esencial realizar un diagnóstico preciso y un plan de tratamiento adecuado para cada paciente individual, ya que cada caso puede tener factores específicos que contribuyan a las fallas endodónticas. En cuanto al dolor postoperatorio, se ha encontrado que la instrumentación del conducto radicular con la lima Wave-One resulta en un menor dolor en comparación con las limas ProTaper Universal y las limas manuales. El transporte apical, que es el desplazamiento o desviación de la punta del instrumento hacia la punta de la raíz, puede ocurrir durante el proceso de limpieza y conformación del conducto radicular debido a la curvatura del conducto, la técnica utilizada y las características del instrumento empleado ^(1,88-91).

4.4.4. Fractura de instrumentos

Algunos motivos por los cuales se puede fracturar un instrumento durante el tratamiento de conductos radiculares incluyen:

Las limas Ni-Ti, utilizados en el tratamiento de conductos radiculares, pueden fracturarse sin mostrar signos visuales de deformación plástica. La fractura de estos instrumentos puede ocurrir en dientes anteriores y posteriores, aunque se reporta con mayor frecuencia en molares, especialmente en el tercio apical del conducto radicular. El pronóstico a largo plazo está influenciado por el diagnóstico preoperatorio, pero es importante considerar otros factores como la técnica utilizada, la anatomía dental y las características propias del instrumento, que también pueden contribuir a la fractura durante el tratamiento de conductos radiculares ⁽⁹²⁾.

4.4.5. Soluciones alternativas

4.4.5.1. Microcirugía endodóntica como solución a complicaciones

La ventaja del uso de la Microcirugía Endodóntica (EMS) es que es un enfoque de retratamiento endodóntico quirúrgico caracterizado por técnicas modernas de microcirugía que integran el uso de un microscopio operatorio o endoscopio, preparación de cavidades en el extremo de la raíz con puntas ultrasónicas y materiales de relleno del extremo de la raíz más biocompatibles, como materiales restauradores inmediatos, ácido superetoxibenzóico o agregado trióxido mineral. La

tasa general combinada de éxito de EMS es superior al 90%. Su éxito se evalúa generalmente mediante exámenes radiográficos y clínicos durante el seguimiento ⁽⁹³⁾.

4.5. DISCUSION

La prevalencia de los incisivos superiores se caracterizó por presentar una alta incidencia de conductos radiculares curvos en los incisivos laterales maxilares, en relación con los incisivos centrales, lo cual representa un desafío para los procedimientos endodónticos. La prevalencia de la curvatura varía entre diferentes poblaciones estudiadas y los métodos utilizados para medir la curvatura según la mayoría de estudios analizados, exceptuando al estudio de Razavi et al. en la que se observó que todas las piezas presentaron curvatura, por lo que es esencial que los endodoncistas tengan un conocimiento completo de la anatomía dental y las posibles variaciones antes de realizar tratamientos de conducto radicular, utilizando tecnologías avanzadas como las tomografías computarizadas de haz cónico para identificar y tratar adecuadamente los conductos radiculares. En general, se requiere un enfoque integral que combine conocimientos anatómicos, habilidades técnicas y el uso de tecnologías avanzadas para mejorar los resultados del tratamiento endodóntico, considerando la variabilidad individual y las diferencias entre poblaciones estudiadas ^(30,31,34).

La literatura revisada coincide y destaca que la curvatura de los incisivos superiores se da casi siempre en la porción apical del conducto radicular y es una complicación común en la endodoncia, especialmente más en los incisivos laterales superiores que en los centrales, según Aranda et al existe un 30% de posibilidad de presentar esta curvatura. Esta complicación puede dificultar el acceso y la instrumentación adecuada del conducto radicular, lo que puede afectar negativamente el éxito del tratamiento endodóntico. Por lo tanto, es esencial considerar la aseveración de Domínguez et al, la cual menciona que la anatomía interna de la pieza dental en donde el predominio de curvatura es en el tercio apical, coincidiendo con Aranda et al, seguido de que se presente en el tercio medio de manera menos común, y en el tercio cervical no se encontró literatura que detalle la presencia de curvatura a ese nivel. En conclusión, el conocimiento completo de la anatomía dental, incluida la curvatura y variabilidad de los conductos radiculares, es crucial para el éxito del tratamiento endodóntico, debido a que puede mejorar la detección y comprensión de estas características anatómicas, mejorando así la práctica clínica en endodoncia ^(28,35).

El tratamiento endodóntico debe de estar ligado al grado y radio de curvatura que presente la pieza dental en este caso los incisivos superiores para así evitar complicaciones, la planificación

se dará de acuerdo a la necesidad, y en el caso de la presencia de curvaturas moderadas y severas se destaca la importancia de utilizar técnicas y herramientas especiales, como limas manuales flexibles y sistemas rotatorios de níquel-titanio, al igual que técnicas de irrigación efectivas como la irrigación con cánulas de presión negativa y obturación termoplástica de acuerdo al criterio del operador, por otra parte se tiene las curvaturas leves en donde no se presenta mayor complicación y se debe de seguir el protocolo de manera normal sin mayor variación. En general el éxito de no tener complicaciones dentro del tratamiento endodóntico involucra el realizar una planificación anticipada del caso, determinando un pronóstico favorable para el paciente, ^(9,43,44).

Gracias a la evaluación del grado y radio de curvatura se ha logrado determinar la importancia del transporte apical, que implica el desplazamiento o desviación de la punta del instrumento hacia la punta de la raíz y puede ocurrir debido a la curvatura del conducto, la técnica utilizada y las características del instrumento empleado. Por otro lado, la fractura de instrumentos durante el tratamiento de conductos radiculares puede ser un desafío, las limas Ni-Ti utilizadas en estos procedimientos pueden fracturarse sin mostrar signos visuales de deformación plástica, y esta fractura se reporta con mayor frecuencia en molares y en el tercio apical del conducto radicular. Además del diagnóstico preoperatorio, la técnica, la anatomía dental y las características del instrumento también pueden contribuir a la fractura. En conclusión, el control de la extrusión de residuos, la elección adecuada de técnicas e instrumentos, y la consideración de opciones como la instrumentación con limas rotatorias y la aplicación de la planificación pueden mejorar los resultados en los tratamientos endodónticos y reducir las complicaciones asociadas ^(1,88-91).

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Mediante revisión bibliográfica se identificó la prevalencia de curvatura radicular de los incisivos superiores a nivel mundial es del 46,25 %, llegando a la determinación de que el incisivo lateral presenta más prevalencia de curvatura radicular que el incisivo central, independientemente de la etnia, raza o ubicación geográfica.
- Los grados de curvatura se dan en los diferentes tercios radiculares de los incisivos superiores, cuyos estudios reflejaron que existe mayor prevalencia de curvatura en el tercio apical seguido por el tercio medio y sin evidencia documentada sobre la presencia de curvatura en el tercio cervical.
- Mediante la determinación del grado y radio de curvatura radicular se estableció el tratamiento endodóntico adecuado para incisivos superiores con un grado de curvatura leve, moderado y severo de acuerdo con nuevas investigaciones que brindarían nuevos protocolos, menos invasivos y con menor grado de fracaso.
- El grado y radio de curvatura radicular de los incisivos superiores tiene una implicación directa en el tratamiento endodóntico debido a que la omisión de este factor puede dar como resultado complicaciones durante el tratamiento como fractura de limas y post operatorias como dolor después del tratamiento.

5.2. Recomendaciones

- Para la realización de un tratamiento endodóntico se recomienda realizar una planificación basada en el grado y radio de curvatura de la pieza dental para evitar complicaciones en el procedimiento endodóntico.
- Se debe de tomar en cuenta la prevalencia de curvatura existente en la zona en donde labore el operador para que tenga la noción del número de complicaciones que se le pueden presentar por la dificultad anatómica.
- El empleo de tecnología para la planificación de un tratamiento endodóntico debe ser esencial, como el uso de tomografías axiales computarizadas obteniendo una imagen tridimensional para evitar complicaciones por falta de visualización anatómica.
- Utilizar nuevas técnicas endodónticas facilitan el tratamiento y aseguran un buen pronóstico para el paciente como es el empleo de nanopartículas en el irrigante o el empleo de una irrigación con presión negativa mediante el uso de micro cánulas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Pineda Vélez EL, Marín Muñoz A, Escobar Márquez A, Tamayo Agudelo WF. Factores relacionados con el resultado de los tratamientos endodónticos realizados en una institución universitaria con odontólogos en formación. *CES Odontol.* 2021;34(1):14–24.
2. Kenneth M. Hargreaves, Stephen Cohen BLH. *Cohen Vías de la pulpa.* Décima Edición. 2011. 1004 p.
3. CÉSPEDES NL, SAMUEL LL, LEYVA LL. Principales causas de fracaso de los tratamientos endodónticos en dientes permanentes. *Policlínico No. 3. Santa Fé.* Enero a Noviembre de 2017. *Rev Med Isla la Juv [Internet].* 2020;19. Available from: <https://remij.sld.cu/index.php/remij/article/view/194>
4. Edna Rocio Ruiz Perez, Montenegro JDF, Cabrera CL, Arango. Factores asociados al fracaso de tratamientos endodónticos realizados entre 2015 y 2020, Revisión sistemática. 2021;21(1):1–9. Available from: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/b2844678-881d-4d0e-9827-676d4c21532a/content>
5. Zúñiga R. Prevalencia de fracasos endodónticos AUTOR : Ricardo Miguel Zúñiga Acosta TUTOR : Dr . Héctor Macías Lozano Msc . Guayaquil , Mayo del 2016. 2016;70. Available from: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/18697/1/ZUÑIGARicardo.pdf>
6. Nemer Molina NP, Centeno Dávila M de C, Artieda Sáenz JG, Claire Venegas D. Factores de resistencia microbiana de *Enterococcus Faecalis* asociado a fracasos endodónticos. *Rev Científica Espec ODONTOLÓGICAS UG [Internet].* 2022 Jun 21 [cited 2023 May 13];5(2):23–9. Available from: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/611/6113144003/6113144003.pdf>
7. Nirubama K, Anjaneyulu K. Causes of Endodontic Failure and Remedies. *J Contemp Issues Bus Gov [Internet].* 2021 [cited 2023 May 13];27(2). Available from: <https://cibg.org.au/>

8. Ahmad P, Dummer PMH, Chaudhry A, Rashid U, Saif S, Asif JA. A bibliometric study of the top 100 most-cited randomized controlled trials, systematic reviews and meta-analyses published in endodontic journals. *Int Endod J* [Internet]. 2019 Sep 1 [cited 2023 May 14];52(9):1297–316. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/iej.13131>
9. Abbott P V. Present status and future directions: Managing endodontic emergencies. *Int Endod J*. 2022 May 1;55(S3):778–803.
10. Canalda C, Brau E. *Endodoncia. Técnicas Clínicas y Bases Biológicas*. 3.a EDICIÓ. Barcelona; 2014. 220 p.
11. Pedro S, Carandaiti C. *Errores radiográficos*. 2017;2:1–10.
12. Mandil O, Ghoulah K, Hazzam B, Alhijji H, Al Abbas A, Rehan A, et al. Modern versus traditional endodontic access cavity designs. *J Pharm Bioallied Sci* [Internet]. 2022 [cited 2023 May 14];14(5):24. Available from: https://journals.lww.com/jpbs/Fulltext/2022/14001/Modern_versus_Traditional_Endodontic_Access_Cavity.6.aspx
13. Silva EJNL, De-Deus G, Souza EM, Belladonna FG, Cavalcante DM, Simões-Carvalho M, et al. Present status and future directions – Minimal endodontic access cavities. *Int Endod J* [Internet]. 2022 May 1 [cited 2023 May 14];55(S3):531–87. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/iej.13696>
14. Lalama Emma Maricela A, Silva Paola Andrea M, Cueva Juan Sebastián C, Briones Fernando Marcelo A. Utilización del localizador apical durante la terapia endodóntica por parte de los profesionales de la ciudad de Ambato. *Rev Científica Higía la Salud* [Internet]. 2022 Dec 28 [cited 2023 May 16];7(2):2022–34. Available from: <https://revistas.itsup.edu.ec/index.php/Higia/article/view/709/1459>
15. Khan SA, Khanna R, Navit S, Jabeen S, Grover N, Pramanik S. Comparison of Radiovisiography, an Apex Locator and an Integrated Endomotor-inbuilt Apex Locator in Primary Teeth Endometrics. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2022;15(S1):S18–21.

16. Jordan J, Shah K, Phillips AW, Hartman N, Love J, Gottlieb M. Use of the “Step-back” Method for Education Research Consultation at the National Level: A Pilot Study. *AEM Educ Train* [Internet]. 2019 Oct 1 [cited 2023 May 14];3(4):347–52. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/aet2.10349>
17. Alvarez Rodríguez J. PREPARACION BIOMECANICA DE CONDUCTOS RADICULARES NECESIDAD DE TRATAMIENTO ENDODONTICO DEL MUNICIPIO PLAYA, LA HABANA, CUBA View project PROYECTO DE REHABILITACION BUCAL COMUNITARIA. DIBUJANDO SONRRISAS View project. 2016 [cited 2023 May 16]; Available from: <https://www.researchgate.net/publication/303961868>
18. Omaira F, Ivette T, Stefania B. Uso de conos con conicidad 0.4 0.6 y protaper® en conductos conformados con la técnica de instrumentación manual de doble conicidad. *Estudio in vitro . 40 Odous Científica* [Internet]. 2016 [cited 2023 May 14];17(2). Available from: <https://biblat.unam.mx/hevila/ODOUSCientifica/2016/vol17/no2/4.pdf>
19. Mehwish Munawwar, Muhammad Badar Munir, Mustafa Sajid. Comparison of Step-Down Versus Step-Back Hand Preparation Technique of Root Canals. *Ann Abbasi Shaheed Hosp Karachi Med Dent Coll* [Internet]. 2019;24(1):45–50. Available from: <https://www.annals-ashkmdc.org/index.php/ashkmdc/article/view/26/22>
20. El-Kishawi M, Khalaf K. An Update on Root Canal Preparation Techniques and How to Avoid Procedural Errors in Endodontics. *Open Dent J* [Internet]. 2021 Aug 25 [cited 2023 May 14];15(1):318–24. Available from: <https://opendentistryjournal.com/contents/volumes/V15/TODENTJ-15-318/TODENTJ-15-318.pdf>
21. Elkholy MMA, Ha WN. An Arithmetic Crown-down Dynamic Tactile Instrumentation Technique: A Case Report of an S-shaped Root Canal. *J Endod* [Internet]. 2021 May 1 [cited 2023 May 14];47(5):836–43. Available from: <http://www.jendodon.com/article/S0099239920309687/fulltext>
22. Zan R, Demir AS. Contemporary Endodontic Obturation Techniques: A Comprehensive

Literature Review. *Cumhur Dent J.* 2021;24(3):310–7.

23. Alwosaibei HA, Alshawaf HS, Alramadhan MA, Alwabli HI, Bin-Saleh W, Alshahrani AN, et al. An Overview On Recent Endodontics Obturation Techniques, Literature Review. *Ann Dent Spec.* 2021 Dec 5;9(3):51–3.
24. Ponraj RR, Samson RS, Nayak VS, Mathew M, Ratna D, Ponraj R. Unilateral short root anomaly: an incidental finding on routine radiographic examination Images in.... *BMJ Case Rep* [Internet]. 2021 [cited 2023 May 14];14:239438. Available from: <https://www.bmj.com/company/products-services/rights-and-licensing/permissions/>
25. Burbano M, Cortés D, Carrillo K, Espinosa E. Evaluación radiográfica del grado y radio de curvatura en conductos mesio vestibulares de primeros molares superiores. *Endodoncia (Mex)* [Internet]. 2017;19(1):22–32. Available from: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/odontologia/article/view/1098/1097>
26. Kumakami-Sakano M, Otsu K, Fujiwara N, Harada H. Regulatory mechanisms of Hertwig’s epithelial root sheath formation and anomaly correlated with root length. *Exp Cell Res* [Internet]. 2014;325(2):78–82. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.yexcr.2014.02.005>
27. Wang L, Wang Z, Wang Q, Han J, Tian H. The analysis of root canal curvature and direction of maxillary lateral incisors by using cone-beam computed tomography A retrospective study. *Med (United States)*. 2022;101(1):E28393.
28. Aires B, Lizzi C, Piorno RC, Aranda CM, Gualtieri AF, Rodríguez PA. Maxillary incisor internal root anatomy evaluated by cone-beam computed tomography in a population of the Autonomous City of. *Acta odontológica Latinoam.* 2021;34:188–94.
29. Monroe A. The Influence of Missed Canals on the Prevalence of Periapical Lesions in Endodontically Treated Teeth : A Cross-sectional Study. *J Endod.* 2020;46(1):34–9.
30. Bürklein S, Börjes L, Schäfer E. Comparison of preparation of curved root canals with Hyflex CM and Revo-S rotary nickel–titanium instruments. *Int Endod J* [Internet]. 2014 May 1 [cited 2023 May 19];47(5):470–6. Available from:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/iej.12171>

31. Kuzekanani M, Parvazeh S. Root canal anatomy and morphology of permanent maxillary Lateral Incisors in an Iranian population. 2021;133–9.
32. Gupta SK, Saxena P, Khetarpal S, Solanki M. Management of a Two-rooted Maxillary Central Incisor Using Cone-beam Computed Tomography: Importance of Three-dimensional Imaging. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* [Internet]. 2015 Sep 16 [cited 2023 May 19];9(3):205. Available from: </pmc/articles/PMC4682019/>
33. Ahmed HMA, Versiani MA, De-Deus G, Dummer PMH. A new system for classifying root and root canal morphology. *Int Endod J* [Internet]. 2017 Aug 1 [cited 2023 May 19];50(8):761–70. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/iej.12685>
34. Razavi SH, Romoozi E, Tabrizizadeh M, Tabavar N. Analysis of the Location, Angle, Radius, and Direction of Curvature in Maxillary Lateral Incisor Roots Using CBCT, in an Iranian Population. *Arch Pharm Pract*. 2018;
35. Dominguez CDHC. Manejo endodontico de un incisivo lateral superior con curvatura. *Rev Mex Estomatol*. 2019;6(2):23–4.
36. Biuki N, Razi T, Faramarzi M. Relationship between pulp-tooth volume ratios and chronological age in different anterior teeth on CBCT. *J Clin Exp Dent* [Internet]. 2017 May 1 [cited 2023 May 19];9(5):e688. Available from: </pmc/articles/PMC5429483/>
37. Christodoulou A, Mikrogeorgis G, Vouzara T, Papachristou K, Angelopoulos C, Nikolaidis N, et al. A new methodology for the measurement of the root canal curvature and its 3D modification after instrumentation. <https://doi.org/10.1080/0001635720181440321> [Internet]. 2018 Oct 3 [cited 2023 May 20];76(7):488–92. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00016357.2018.1440321>
38. Dannemann M, Kucher M, Kirsch J, Binkowski A, Modler N, Hannig C, et al. An Approach for a Mathematical Description of Human Root Canals by Means of

Elementary Parameters. Vol. 43, Journal of Endodontics. Elsevier; 2017. p. 536–43.

39. Ahlbrecht CA, De Oliveira Ruellas AC, Paniagua B, Schilling JA, McNamara JA, Cevitanes LHS. Three-dimensional characterization of root morphology for maxillary incisors. *PLoS One*. 2017;12(6):1–16.
40. Kavitha M, Gokul K, Ramaprabha B, Lakshmi A. Bilateral presence of two root canals in maxillary central incisors: A rare case study. *Contemp Clin Dent [Internet]*. 2014 Apr 1 [cited 2023 May 19];5(2):282. Available from: [/pmc/articles/PMC4067803/](#)
41. Pangica AM, Biclesanu C, Florescu A. Methods for evaluation of root canal curvatures. *IFMBE Proc [Internet]*. 2013 [cited 2023 May 18];38 IFMBE:159–62. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-34197-7_41
42. Park PS, Kim KD, Perinpanayagam H, Lee JK, Chang SW, Chung SH, et al. Three-dimensional Analysis of Root Canal Curvature and Direction of Maxillary Lateral Incisors by Using Cone-beam Computed Tomography. *J Endod [Internet]*. 2013 Sep 1 [cited 2023 May 18];39(9):1124–9. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S009923991300513X>
43. STRATUL ȘI, NICA L, ROMAN A, DIDILESCU AC, BĂCILĂ A, RUSU D, et al. Severely altered post-traumatic internal morphology of upper incisors associated with biologic width violation – the combined conservative approach. *Rom J Morphol y Embryol [Internet]*. 2014;55(4):1521–6. Available from: <https://rjme.ro/RJME/resources/files/55041415211526.pdf>
44. Faraj BM. Root canal curvature as a prognostic factor influencing the diagnostic accuracy of radiographic working length determination and postoperative canal axis modification: an in vitro comparative study. *BMC Oral Health [Internet]*. 2021;21(1):1–9. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01446-x>
45. Walia PS, Rohilla AK, Choudhary S, Kaur R. Review of Dilaceration of Maxillary Central Incisor: A Mutidisciplinary Challenge. *Int J Clin Pediatr Dent [Internet]*. 2016 Mar [cited 2023 Jun 2];9(1):90. Available from: [/pmc/articles/PMC4890071/](#)

46. Moreno S, Moreno F. Cíngulo dental: Revisión de la literatura. *Rev Estomatol.* 2017;24(2):40–51.
47. Hartmann RC, Gomes MS, Fensterseifer M, Peters OA, Figueiredo JAP De. Methods for measurement of root canal curvature : a systematic and critical review. *Int Endod J.* 2019;52(2):169–80.
48. Al-jadaa A, Attin T, Peltomäki T, Heumann C, Schmidlin PR, Paquè F. Influence of the internal anatomy on the leakage of root canals filled with thermoplastic technique. *Clin Oral Investig.* 2017;22:1385–93.
49. Patel S, Durack C, Abella F, Shemesh H, Roig M, Lemberg K. Cone beam computed tomography in Endodontics - a review. *Int Endod J.* 2015;48(1):3–15.
50. Kucher M, Dannemann M, Modler N, Haim D, Hannig C, Weber MT. Continuous Measurement of Three-Dimensional Root Canal Curvature Using Cone-Beam Computed and Micro-Computed Tomography: A Comparative Study. *Dent J* 2020, Vol 8, Page 16 [Internet]. 2020 Feb 6 [cited 2023 May 18];8(1):16. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-6767/8/1/16/htm>
51. Iqbal A, Karobari MI, Alam MK, Khattak O, Alshammari SM, Adil AH, et al. Evaluation of root canal morphology in permanent maxillary and mandibular anterior teeth in Saudi subpopulation using two classification systems : a CBCT study. 2022;1–15.
52. Zehnder MS, Connert T, Weiger R, Krastl G, Köhl S. Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. *Int Endod J* [Internet]. 2016 Oct 1 [cited 2023 May 20];49(10):966–72. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/iej.12544>
53. Yuan K, Niu C, Xie Q, Jiang W, Gao L, Huang Z, et al. Comparative evaluation of the impact of minimally invasive preparation vs. conventional straight-line preparation on tooth biomechanics: a finite element analysis. *Eur J Oral Sci.* 2016;124(6):591–6.
54. Bueno MR, Estrela C, Azevedo BC, Luiz J, Junqueira C. Root Canal Shape of Human Permanent Teeth Determined by a New Cone-Beam Computed Tomography Software. *J*

Endod [Internet]. 2020; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.05.014>

55. Loureiro MAZ, Elias MRA, Capeletti LR, Silva JA, Siqueira PC, Chaves GS, et al. Guided Endodontics: Volume of Dental Tissue Removed by Guided Access Cavity Preparation—An Ex Vivo Study. *J Endod [Internet]*. 2020;46(12):1907–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2020.09.008>
56. Kulinkovych-Levchuk K, Pecci-Lloret MP, Castelo-Baz P, Pecci-Lloret MR, Oñate-Sánchez RE. Guided Endodontics: A Literature Review. *Int J Environ Res Public Health [Internet]*. 2022 Nov 1 [cited 2023 May 21];19(21). Available from: </pmc/articles/PMC9657991/>
57. Silva IJV da, Lima SN. Vantagens e usos da técnica de cirurgia endodôntica guiada na atualidade: Uma revisão integrativa da literatura. *Res Soc Dev*. 2022;11(16):e33111637630.
58. Mukherjee P, Patel A, Chandak M, Kashikar R. Minimally Invasive Endodontics a Promising Future Concept: A Review Article. *Int J Sci STUDY [Internet]*. 2017 [cited 2023 May 21];5(1):245–51. Available from: <http://galaxyjeevandhara.com/index.php/ijss/article/view/692>
59. Moreno-Rabi C, Torres A, Lambrechts P, Jacobs & R. Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: a systematic review. 2019;
60. Moreno-Rabié C, Torres A, Lambrechts P, Jacobs R. Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: a systematic review. *Int Endod J*. 2020;53(2):214–31.
61. Connert T. Present status and future directions – - Guided endodontics. *Int Endod J [Internet]*. 2022;(November 2021):1–8. Available from: <https://restoratedentistry.org/wp-content/uploads/2022/04/Int-Endodontic-J-2022-Connert-Present-status-and-future-directions-Guided-endodontics.pdf>
62. Su Y, Chen C, Lin C, Lee H, Chen K, Lin Y, et al. Guided endodontics: accuracy of access cavity preparation and discrimination of angular and linear deviation on canal accessing ability—an ex vivo study. *BMC Oral Health [Internet]*. 2021;21(1):1–9.

Available from: <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01936-y>

63. Wong TL, Botelho MG. Restorative management of severe localized tooth wear using a supraoccluding appliance: A 5-year follow-up. *Case Rep Dent.* 2021;2018.
64. Crozeta BM, Lopes FC, Menezes Silva R, Silva-Sousa YTC, Moretti LF, Sousa-Neto MD. Retreatability of BC Sealer and AH Plus root canal sealers using new supplementary instrumentation protocol during non-surgical endodontic retreatment. *Clin Oral Investig.* 2021;25(3):891–9.
65. Bürklein S, Schäfer E. Critical evaluation of root canal transportation by instrumentation. 2013;110–24.
66. Souza JP, Oliveira LKL de, Araújo WR de, Lopes LPB. Instrumentação Endodôntica Mecanizada E Suas Evoluções - Revisão De Literatura / Mechanized Endodontic Instrumentation and Its Evolutions - Literature Review. *Brazilian J Dev.* 2020;6(12):96231–40.
67. Hu W, Whitten B, Sedgley C, Svec T. Effect of three NiTi files on transportation of the apical foramen. *Int Endod J [Internet].* 2014 Nov 1 [cited 2023 May 19];47(11):1064–71. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/iej.12249>
68. Kashefinejad M, Harandi A, Eram S, Bijani A, Eram S. Comparison of Single Visit Post Endodontic Pain Using Mtwo Rotary and Hand K-File Instruments: A Randomized Clinical Trial. *J Dent (Tehran) [Internet].* 2016 Jan [cited 2023 May 21];13(1):10. Available from: </pmc/articles/PMC4983560/>
69. Saber SEDM, Nagy MM, Schäfer E. Comparative evaluation of the shaping ability of WaveOne, Reciproc and OneShape single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J [Internet].* 2015 Jan 1 [cited 2023 May 20];48(1):109–14. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/iej.12289>
70. Pasricha SK, Makkar S, Gupta P. Pressure Alteration Techniques in Endodontics- A Review of Literature. *J Clin Diagn Res [Internet].* 2015 [cited 2023 May 21];9(3):ZE01. Available from: </pmc/articles/PMC4413166/>

71. Shrestha A, Kishen A. Antibacterial Nanoparticles in Endodontics: A Review. *J Endod*. 2016 Oct 1;42(10):1417–26.
72. De Gregorio C, Arias A, Navarrete N, Del Rio V, Oltra E, Cohenca N. Effect of Apical Size and Taper on Volume of Irrigant Delivered at Working Length with Apical Negative Pressure at Different Root Curvatures. *J Endod*. 2013 Jan 1;39(1):119–24.
73. Camilleri J. Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. *J Endod* [Internet]. 2015;41(1):72–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.06.007>
74. Bhandi S, Mashyakhy M, Abumelha AS, Alkahtany MF, Jamal M, Chohan H, et al. Complete obturation—cold lateral condensation vs. Thermoplastic techniques: A systematic review of micro-CT studies [Internet]. Vol. 14, *Materials*. 2021 [cited 2023 May 22]. Available from: <https://doi.org/10.3390/ma14144013>
75. Oh S, Perinpanayagam H, Kum DJW, Lim SM, Yoo YJ, Chang SW, et al. Evaluation of three obturation techniques in the apical third of mandibular first molar mesial root canals using micro-computed tomography. *J Dent Sci* [Internet]. 2016;11(1):95–102. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jds.2015.11.002>
76. Bem IA De, Oliveira RA De, Weissheimer T. Effect of ultrasonic activation of endodontic sealers on intratubular penetration and bond strength to root dentin. *J Endod* [Internet]. 2020;46(9):1302–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.06.014>
77. Rodrigues KD, Soares S, Paiva M. A INFLUÊNCIA DO SELAMENTO CORONÁRIO NO SUCESSO. *Rev DA JOPIC*. 2019;02:15–27.
78. Review EM surgery A, Joya-grajales E, Fernández-grisales R. Preparación Químico-mecánica del Tercio Apical en Micro-Cirugía Endodóntica . Una Revisión Chemical-Mechanical Preparation of the Apical Third in. *CES Odontol*. 2018;
79. Alkahtany SM, Alrwais F, Altamimi A, Bukhary SM, Mirdad A. The incidence of radicular groove on maxillary lateral incisors of Saudi population: CBCT evaluation. *BMC Oral Health* [Internet]. 2022 Dec 1 [cited 2023 May 19];22(1):1–6. Available from:

<https://link.springer.com/articles/10.1186/s12903-022-02616-1>

80. Fuentes R, Farfán C, Astete N, Navarro P, Arias A. Distal root curvatures in mandibular molars: analysis using digital panoramic X-rays. *Folia Morphol (Warsz)* [Internet]. 2018 Mar 5 [cited 2023 May 20];77(1):131–7. Available from: https://journals.viamedica.pl/fovia_morphologica/article/view/FM.a2017.0066
81. Bueno MR, Estrela CRA, Granjeiro JM, Sousa-Neto MD, Estrela C. Method to Determine the Root Canal Anatomic Dimension by using a New Cone-Beam Computed Tomography Software. *Braz Dent J* [Internet]. 2019 [cited 2023 May 21];30(1):3–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6440201902462>
82. Estrela C, Pécora JD, Estrela CRA, Guedes OA, Silva BSF, Soares CJ, et al. Common operative procedural errors and clinical factors associated with root canal treatment. *Braz Dent J*. 2017;28(2):179–90.
83. Estrela C, Bueno MR, Barletta FB, Guedes OA, Porto OC, Estrela CRA, et al. Identification of Apical and Cervical Curvature Radius of Human Molars. *Braz Dent J* [Internet]. 2015 [cited 2023 May 22];26:351–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-64402013x0252>
84. Mahadevan M, Paulaiian B, Santhakumari RM, Kumar Alexander A, Neelamani Jaya N. Endodontic Management of Maxillary Central Incisor with Two Roots, and Lateral Incisor with a C-shaped Canal; A Case Report. *IEJ Iran Endod J*. 2023;18(2):104–9.
85. Luckmann G, De Camargo Dorneles L, Grando CP. ETIOLOGIA DOS INSUCESSOS DOS TRATAMENTOS ENDODÔNTICOS Etiology of the Failure in the Endodontic Treatments. 2013;9:133–9.
86. Makandar SD, Khaiser MI, Mali SR, Karobari MI, Marya A, Messina P, et al. Plywood Jig—A New Technique for Root Canal Curvature Measurement. *Appl Sci* 2021, Vol 11, Page 3999 [Internet]. 2021 Apr 28 [cited 2023 May 18];11(9):3999. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/9/3999/htm>
87. Fernandes N, Patterson G, Sykes L. Detecting chronic apical periodontitis for improved

- endodontic success. *South African Dent J* [Internet]. 2018 [cited 2023 May 21];73(5):359–61. Available from: http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0011-85162018000500008&lng=en&nrm=iso&tlng=en
88. Chhabra A, Katna M, Garg N, Chhabra V. Influence of three different instrumentation techniques on the incidence of postoperative pain after endodontic treatment. *Pesqui Bras Odontopediatria Clin Integr* [Internet]. 2018 [cited 2023 May 21];18(1):152. Available from: [/pmc/articles/PMC3671808/](http://pmc/articles/PMC3671808/)
 89. Yamaguchi M, Noiri Y, Itoh Y, Komichi S, Yagi K, Uemura R, et al. Factors that cause endodontic failures in general practices in Japan. *BMC Oral Health*. 2018;18(1):1–5.
 90. Shokraneh A, Ajami M, Farhadi N, Hosseini M, Rohani B. Postoperative endodontic pain of three different instrumentation techniques in asymptomatic necrotic mandibular molars with periapical lesion: a prospective, randomized, double-blind clinical trial. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2017;21(1):413–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-016-1807-2>
 91. Nabavizadeh M, Abbaszadegan A, Khojastepour L, Amirhosseini M, Kiani E. A Comparison of Apical Transportation in Severely Curved Canals Induced by Reciproc and BioRaCe Systems. *IEJ Iran Endod J*. 2014;9(2):117–22.
 92. Ungerechts C, Bårdsen A, Fristad I. Instrument fracture in root canals - where, why, when and what? A study from a student clinic. *Int Endod J* [Internet]. 2014 Feb 1 [cited 2023 May 21];47(2):183–90. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/iej.12131>
 93. Su C, Zhang R, Wang R, Yang C, Wang Z, Meng L. Prognostic Predictors of Endodontic Microsurgery: Radiographic Assessment. *Int Dent J*. 2022 Oct 1;72(5):628–33.