



**COMPARACIÓN DE TRES TÉCNICAS DE INSTRUMENTACIÓN
MECANIZADA EN LA INDUCCIÓN DE MICROFISURAS EN RAÍCES
MESIALES DE PRIMEROS MOLARES MANDIBULARES. ESTUDIO IN
VITRO.**

**INVESTIGADOR PRINCIPAL
JACOBO RAMOS MANOTAS**

**COINVESTIGADORES
ADRIANA CONTRERAS FLÓREZ
DOLORES BELTRÁN PINEDA**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE ODONTOLÒGIA
DEPARTAMENTO DE POSGRADO
CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C
2019**

**COMPARACIÓN DE 3 TÉCNICAS DE INSTRUMENTACIÓN MECANIZADA
EN LA INDUCCIÓN DE MICROFISURAS EN RAÍCES MESIALES DE
PRIMEROS MOLARES MANDIBULARES. ESTUDIO IN VITRO.**

DR. JACOBO RAMOS MANOTAS

Maestría en Endodoncia, Universidad S.L.P, México
Docente Facultad de Odontología
Campus de la Salud Zaragocilla.
Cartagena.

COINVESTIGADORES

**ADRIANA CONTRERAS FLÓREZ
DOLORES BELTRÁN PINEDA**

ASESOR METODOLÓGICO

DRA. NATALIA FORTICH MESA
Odontóloga P.U.J.; Endodoncista UDC.
Magister en Epidemiología Clínica
Universidad Nacional de Colombia

Proyecto de grado para optar por el título de especialistas en Endodoncia

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE ODONTOLÒGIA
DEPARTAMENTO DE POSGRADO
CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C
2019**

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

CARTAGENA D.T.C. FEBRERO DEL 2019.

DEDICATORIA

El presente proyecto de grado está dedicado principalmente a Dios, por la sabiduría, por el don de la perseverancia, fortaleza y paciencia, hemos logrado concluir con éxito nuestra carrera, infinitas gracias por darnos la oportunidad de ver realizada una meta más en nuestras vidas como especialistas.

A nuestros padres, hermanos y amigos que siempre estuvieron a nuestro lado, brindando todo su apoyo incondicional y excelentes consejos para realizarnos profesionalmente.

Y para finalizar a nuestros compañeros de grupo del postgrado de endodoncia de la universidad de Cartagena, con los que iniciamos una nueva etapa hace dos años, gracias por su amistad y apoyo moral, que ha aportado de una manera desinteresada a nuestra formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A la universidad de Cartagena, por brindarnos los espacios, herramientas y la oportunidad de asesorarnos con su grupo de docentes del postgrado en endodoncia de la facultad de odontología, quienes aportaron desinteresadamente a enriquecer nuestros conocimientos.

Al Dr. Jacobo Ramos, por su acompañamiento, dedicación, apoyo para nuestro crecimiento profesional como especialistas integrales, para poder llevar a cabo el proyecto con mucho éxito.

A la Dra. Natalia Fortich, por sus conocimientos, engrandecieron nuestros conceptos, la cual nos sirvieron a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A todas las personas que de una u otra forma nos colaboraron en la realización del proyecto y que involuntariamente hemos omitido, les damos nuestros más sinceros agradecimientos ya que sin sus aportes de información este trabajo de grado no se hubiera realizado de la mejor manera.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	14
1. INTRODUCCIÓN.....	16
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
3. JUSTIFICACIÓN.....	24
4. OBJETIVOS.....	27
4.1. Objetivo general.....	27
4.2. Objetivos específicos.....	27
5. MARCO TEORICO.....	28
5.1. Marco conceptual.....	28
5.1.1 Características generales de la instrumentación.....	29
5.1.1.1 Instrumentación manual.....	30
5.1.1.2 Instrumentación mecanizada NiTi.....	31
5.1.1.2.1 Características de la aleación de NiTi.....	33
5.1.2 Efectos de la instrumentación sobre el diente tratado.....	39
5.2. MARCO REFERENCIAL.....	42
5.2.1 Sistema de instrumentación.....	43
5.2.1.1 Protaper Gold.....	43
5.2.1.2 Wave One Gold.....	46
5.2.1.3 Reciproc Blue.....	49
5.2.2 Formación de grietas y fisuras.....	52

6. METODOLOGIA.....	58
6.1. Tipo de estudio.....	58
6.2. Universo.....	58
6.2.1. Población.....	58
6.3. Muestra.....	58
6.3.1. Calculo del tamaño de la muestra.....	58
6.3.2. Técnica de muestreo.....	58
6.4. Criterios de inclusión.....	58
6.5. Criterios de exclusión.....	58
6.6. Operacionalización de variables.....	59
6.7. Método de trabajo.....	59
6.7.1. Prueba piloto.....	63
6.7.2 Instrumento de recolección.....	64
6.8 Recolección de la muestra.....	64
6.8.1. Sensibilización.....	64
6.8.2. Fuente de información.....	64
6.8.3. Técnica de recolección.....	64
6.9 Análisis estadístico.....	65
6.10 Consideraciones éticas.....	65
7.RESULTADOS.....	66
8. DISCUSIÓN.....	71

9. CONCLUSIÓN.....	78
10. RECOMENDACIONES.....	79
11. BIBLIOGRAFÍA.....	80

LISTA DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de variables.....	59
Tabla 2. Presencia de microfisuras antes de la instrumentación.....	66
Tabla 3. Presencia y tipos de microfisuras después de la instrumentación (general).....	67
Tabla 4. Presencia de microfisuras según el sistemas de instrumentación.....	68
Tabla 5. Presencia y tipos de microfisuras después de la instrumentación en cada sistema.....	69

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Recolección de muestra.....	63
Figura 2. Microfisuras previas a la instrumentación.....	72
Figura 3. Sistema Reciproc. Microfisuras después de la instrumentación.....	74
Figura 4. Sistema Wave One Gold. Microfisuras después de la instrumentación.....	76
Figura 5. Sistema Protaper Gold. Microfisuras después de la instrumentación.....	77

LISTA DE ANEXOS.

	Pág.
Anexo A. Instrumento de recolección de datos.....	89
Anexo B. Formato de consentimiento informado.....	91

GLOSARIO.

ENDODONCIA: es una especialidad de la odontología, también conocida como tratamiento de conductos, que se dedica a tratar el diente y sus tejidos periapicales desde un punto de vista morfológico, estructural, fisiológico y patológico, realizado por los odontólogos para eliminar la pulpa en forma parcial o total y sellar tridimensionalmente el sistema de conductos radiculares.

PORCIÓN RADICULAR O CONDUCTO RADICULAR: es la parte de la cavidad pulpar correspondiente a la porción radicular de los dientes, se inicia en el piso de la cámara y termina en el foramen apical, tiene forma cónica con la base mayor dirigida hacia el piso y el vértice hacia la porción apical, forma similar a la de la raíz; se divide el conducto radicular en tercios: apical, medio y cervical.

GRIETAS/FISURAS: son pequeñas aberturas, agujeros o microfracturas encontradas en la superficie radicular que pueden surgir durante la instrumentación y son imperceptibles clínicamente.

SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN RECIPROCANTE: es un método de instrumentación novedoso en la actualidad, para la instrumentación del sistema de conductos radiculares. Consta de una aleación de níquel-titanio que tiene propiedades como memoria de forma, basada en el concepto de fuerzas balaceadas, consta de instrumentos que trabajan realizando movimientos de horarios y anti horarios, la cual, son accionados por un motor, disminuye el riesgo de fatiga cíclica causada por tensión y compresión, posee propiedades mecánicas superiores, alta resistencia a la corrosión y adecuada biocompatibilidad, pueden conformar conductos curvos gracias a la aleación de níquel-titanio y a los movimientos recíprocos que permiten el avance gradual del instrumento.

SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN ROTATORIA: representan la cuarta generación en el proceso de perfeccionamiento y simplificación de la endodoncia. Estos instrumentos están formados por una aleación de níquel-titanio basada en movimientos de rotación que posee en su composición dos fases cristalinas, fase austenita y fase martensita, propia de las aleaciones superelásticas; tiene muchas ventajas como la flexibilidad, no altera la curvatura apical, no se fractura fácilmente, no transporta el foramen, además, no crea escalones, permite preparar conductos radiculares en menor tiempo y sin tantas aberraciones.

RESUMEN.

Introducción: la preparación del sistema de conductos radiculares es un paso muy importante durante la endodoncia. En este se pueden presentar complicaciones como la formación de grietas, fisuras o acentuar defectos dentinarios preexistentes. Con el advenimiento de nuevas tecnologías en materia de instrumentación, se busca encontrar aquellos sistemas que produzcan menor cantidad de daños en la estructura de las raíces. Por lo que se ha tratado de identificar la etiología de ésta en un esfuerzo por mejorar su prevención y manejo. Los avances en los instrumentos mecanizados de níquel - titanio (NiTi) durante las últimas décadas han conducido a nuevos conceptos de instrumentación y preparación del conducto radicular; La instrumentación mecanizada no reduce la susceptibilidad a la fractura, afirma que se observan microfisuras más completas en dientes tratados con instrumentos recíprocante, que con los dientes tratados con sistemas de secuencia completa, sobretodo en el lado cóncavo donde hay una pared de dentina más delgada. **Objetivo:** comparar tres técnicas de instrumentación mecanizada, Wave One Gold, Reciproc Blue y Protaper Gold, en la inducción de microfisuras en raíces mesiovestibulares de primeros y segundos molares mandibulares. **Metodología:** se realizó un estudio de tipo cuasiexperimental in vitro, que permitió evaluar la formación de grietas y/o fisuras al utilizar los sistemas de instrumentación rotatoria o recíprocante: Wave One Gold, Protaper Gold y Reciproc Blue. **Muestra:** se seleccionaron sesenta dientes correspondientes a primeros y segundos molares mandibulares recién extraídos, para abordar raíces mesiales. La muestra se dividió en tres grupos: G1=20, G2=20, G3:20; clasificados de forma aleatoria y de igual forma para la elección del sistema con que será instrumentado. Luego de la preparación mecanizada se realizaron cortes horizontales a 4mm, 8mm y 12mm desde el ápice que fueron evaluados con un microscopio óptico de 20x donde se determinó la presencia de microfisuras o grietas en el tercio radicular. **Resultados:** De acuerdo con cada sistema utilizado, se observó que después de realizar la instrumentación mecanizada, el

sistema con el que se produjo mayor cantidad de microfisuras fue Reciproc Blue con un 95% a nivel de tercio cervical y a nivel de tercio medio con un 80%, continuo de Protaper Gold y Wave One Gold con el mismo porcentaje de 65%, en tercio cervical y medio. **Conclusión:** El presente estudio, con sus limitaciones, concluyó que los sistemas de instrumentación observados (Wave One Gold, Protaper Gold, Reciproc Bue), si producen microfisuras después de la instrumentación. Sin embargo no se pudo definir cuál de estos produce mayor cantidad de microfisuras ya que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$); se hace necesario seguir investigando el tema en materia presencia de microfisuras en dientes no tratados endodónticamente.

Palabras claves: root canal preparation, tooth fracture, dentinal defects. (DeCS)

INTRODUCCIÓN

En los últimos años en la endodoncia han ocurrido cambios notables, sobre el diseño de nuevos instrumentos endodónticos, así como también en las técnicas de instrumentación del sistema de conductos radiculares. Para optimizar su uso fueron diseñados instrumentos mecanizados accionados mediante un motor elaborados con una aleación diferente, tienen variaciones en el diámetro, conicidad y tipo de corte. Para su utilización es importante conocer los detalles del diseño de un nuevo instrumento que permita trabajar con mayor seguridad, aprovechar todas sus ventajas y así, lograr mejores resultados en la calidad del tratamiento endodóntico.¹

Hoy por hoy se ha conseguido apreciar más la especialidad de endodoncia; Los cambios más representativos fueron observados cuando se empezó a implementar materiales de níquel-titanio (Ni-Ti), a través de la presentación de nuevos instrumentos que proporcionan una mejor limpieza y conformación del sistema de conducto radicular. Al mismo tiempo, estos instrumentos permiten el uso de técnicas de preparación biomecánica que sean más sencillas, rápidas y cómodas tanto para el profesional como para el paciente. Los sistemas mecanizados representan la cuarta generación en el proceso de perfeccionamiento y simplificación de esta especialidad. Entre sus múltiples ventajas se puede encontrar su flexibilidad la cual permite preparar conductos radiculares en menor tiempo y sin tantas aberraciones.²

¹ FERNÁNDEZ, Y; MENDIOLA, C. et al. Evolución de los sistemas rotatorios en endodoncia: propiedades y diseño. En: Rev Estomatol Herediana. Marzo, 2011. Vol. 21, N^o.1, p. 51-54.

² Ibid., p. 52.

El propósito primario de un tratamiento endodóntico es recuperar la salud del diente afectado y mantenerlo el mayor tiempo posible en cavidad oral, de manera que siga cumpliendo sus funciones y no represente un foco infeccioso perjudicial para el ser humano. Es de vital importancia para darle un mejor manejo a las patologías pulpares y periapicales donde a menudo se presentan complicaciones que comprometen el pronóstico del tratamiento que se realiza, por lo tanto durante este proceso es primordial realizar una buena limpieza mecánica de la cavidad pulpar y una obturación tridimensional con un material inerte y un sellado coronal que prevenga el ingreso de microorganismos.³

Una de las complicaciones más comunes durante el tratamiento es la formación de grietas y fisuras, y en el peor de los casos una fractura vertical de la raíz (FVR) cuyas opciones de tratamiento se reducen a la exodoncia y posterior rehabilitación de la zona edéntula.⁴

Son varios los factores asociados a una FVR en dientes tratados endodónticamente, entre los cuales se encuentran: preparación excesiva del canal radicular, eliminación de estructura dental innecesaria durante la instrumentación, aplicación excesiva de fuerzas de condensación durante la obturación y colocación de una restauración intracanal durante la rehabilitación. De igual forma, los signos y síntomas tales como el dolor espontáneo profundo, el dolor a la masticación, la presencia de tractos fistulosos, defectos óseos, dieta y posibles hábitos, son puntos claves para llevar un tratamiento a un fracaso endodóntico.⁵

³ BURKLEIN, S; TSOTSIS, P y SCHAFER, E. et al. Incidence of Dentinal Defects after Root Canal Preparation: Reciprocating versus Rotary Instrumentation. En: Journal of endodontics. Abril, 2013. Vol.39, N^o.4, p. 501-4.

⁴ Ibid., p. 502.

⁵ LIAO, WC; TSAI, YL y WANG, CY. et al. Clinical and Radiographic Characteristics of Vertical Root Fractures in Endodontically and Nonendodontically Treated Teeth. En: Journal Of endodontics. Mayo, 2017. Vol. 43, N^o.5, p. 687-693.

La mayor susceptibilidad de los dientes tratados endodóticamente a la fractura resulta principalmente de la pérdida de estructura dental a partir de caries, trauma, procedimientos restauradores y endodóuticos. Las fracturas radiculares pueden originarse a partir de defectos dentinarios preexistentes (Por ejemplo: líneas de fractura o grietas incompletas). Diagnosticar y localizar líneas de fisuras es difícil en ensayos clínicos, a pesar de que la tomografía computarizada de haz de cono mejora el diagnóstico. Desde el punto de vista mecánico de la fractura, es posible que los defectos estructurales preexistentes, jueguen un papel importante en la determinación de la resistencia a la misma.⁶

Razón por la cual, el objetivo de esta investigación fue comparar tres técnicas de instrumentación mecanizada, en la inducción de microfisuras en raíz mesiovestibular de primeros y segundos molares mandibulares más recientes como son: Wave One Gold, Protaper Gold y Reciproc Blue.

⁶ SHEMESH, H; BIER, CA y WU MK. et al. The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects. En: International Endodontic Journal. Marzo, 2009. Vol. 42, N^o.3, p. 208-13.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El empleo de la instrumentación mecanizada durante la conformación del sistema de conductos radiculares ha ido avanzando, gracias a los novedosos materiales, instrumentos y desarrollo tecnológico durante la terapia endodóntica, se realizan tratamientos mucho más exitosos y respuestas biológicas más óptimas, mejorando la práctica clínica en términos de tiempo, efectividad y reducción de riesgos, comparado con la instrumentación manual de acero inoxidable. Resulta difícil para algunos clínicos seleccionar el sistema más adecuado a sus necesidades, debido a la numerosa cantidad de instrumentos que conforman los diferentes sistemas que actualmente se encuentran a la venta en el mercado endodóntico, sumado a la dificultad de familiarizarse con la secuencia de uso de los instrumentos y a la gran inquietud existente respecto a las grietas o microfisuras en el interior de los canales radiculares. Se ha publicado en la literatura de los últimos diez años, reportes de estudios que muestran hallazgos referentes a los diversos factores que influyen en la aparición de éstas luego de la conformación o preparación con los diferentes sistemas de instrumentación mecanizada.⁷

Sathorn y cols., 2005, describieron la importancia que tiene la instrumentación en la resistencia del diente a la fractura porque puede acentuar defectos estructurales, grietas, irregularidades preexistentes del canal radicular o durante la misma puede emplearse una fuerza tan grande como para producir una fractura longitudinal de la raíz. Así mismo, advierten que la carga generada por

⁷ JIMÉNEZ, J; DEL RIO, T. et al. Instrumentación rotatoria en endodoncia: reporte de casos clínicos. En: International Journal of Odontostomatology. Abril, 2012. Vol. 6, N^o.1, p. 89-95.

la obturación utilizando técnicas como condensación lateral, es mucho menor que la carga necesaria para fracturar raíces.⁸

Entre otras causas que pueden intervenir en la formación de grietas está el aumento en la curvatura del conducto radicular ya que podría dar lugar a mayor fatiga del instrumento en el contacto con las paredes; sin embargo, la mayoría de grietas completas se presentan a nivel del plano más curvado de la raíz, sobretodo en el lado cóncavo donde hay una pared de dentina más delgada.⁹

Con el fin de mejorar su prevención y manejo han aparecido nuevos instrumentos a partir de aleaciones como Níquel-titanio (Ni-Ti) y técnicas de instrumentación mecanizada que ofrecen alternativas a materiales como el acero inoxidable y las técnicas de instrumentación manual.¹⁰

Los instrumentos rotatorios de Níquel-titanio (Ni-Ti) presentan una forma de preparación de los canales la cual ha cambiado en forma, tamaño y conicidad en comparación con la instrumentación manual. Estos avances tecnológicos permiten una preparación más suave, así como también redondeada, que probablemente presente beneficios como mayor flexibilidad y adaptación de los instrumentos al sistema de conductos radiculares.¹¹

Durante la instrumentación, las limas rotatorias han generado un gran impacto tanto para los endodoncistas como en los odontólogos generales, debido a su mayor flexibilidad y capacidad de mantener la configuración original de los canales curvos con paredes delgadas. Asimismo, existe evidencia de que estos

⁸ SATHORN, C; PALAMARA, JE. et al. A Comparison of the Effects of Two Canal Preparation Techniques on Root Fracture Susceptibility and Fracture Pattern. En: Journal of Endodontics. Abril, 2005. Vol.31, N^o.4, p. 283-287

⁹ Ibid., p. 284.

¹⁰ AGUIAR, C; DE ANDRADE, D, CÂMARA, A. et al. Evaluation of the centering ability of the ProTaper Universal rotary system in curved roots in comparison to Nitiflex files. En: Australian Endodontic Journal. Diciembre, 2009. Vol. 35, N^o.3, p. 174-9.

¹¹ DE OLIVEIRA, B; CRUZ, A y AMANCIO, D. et al. Micro-computed Tomographic Analysis of Apical Microcracks before and after Root Canal Preparation by Hand, Rotary, and Reciprocating Instruments at Different Working Lengths. En: Journal of Endodontic. Julio, 2017. Vol. 43, N^o.7, p. 1143-1147.

sistemas reducen las fallas relacionadas con la instrumentación permitiendo una mejor conformación de conicidad adecuada con gran velocidad y efectividad.¹²

Para prevenir la fractura vertical durante el tratamiento del sistema de conductos, desde el 2008 se ha propuesto trabajar con limas en movimiento recíprocante, que tengan su movimiento cortante en sentido anti horario (movimiento de corte) y el giro horario (movimiento de liberación) cuando regrese en sentido horario. El empleo de movimiento recíprocante en lugar del movimiento de rotación continuo se planteó como una ventaja para la preparación de conductos curvos.¹³

La mayoría de instrumentos NiTi, trabajan en técnica Corono-Apical, con movimientos en rotación continua. La última generación de instrumentos NiTi, aplica movimiento recíprocante que simula el movimiento de fuerzas balanceadas y lineales.¹⁴

Los avances en el diseño de los instrumentos tales como: superficies radicales, profundidad de las estrías, diferentes conicidades y secciones transversales, como los distintos movimientos que se emplean en su utilización podrían controlar la aparición de microfisuras o grietas dentales.¹⁵

Walia y cols., 1988, estudiaron los defectos dentinales que ocasiona la instrumentación recíprocante vs rotación continua; Los dientes se cortaron transversalmente a 3 – 6 – 9 mm, y se obtuvieron las imágenes con 25X de aumento. Como resultados se observó que las muestras instrumentadas con

¹² LIAO, WC. Op. cit., p. 688.

¹³ AGUIAR, C. Op. cit., p. 176.

¹⁴ LI, SH; SONG, D y ZHOU, X. et al. Occurrence of Dentinal Microcracks in Severely Curved Root Canals with ProTaper Universal, WaveOne, and ProTaper Next File Systems. En: Journal of Endodontics. Noviembre, 2015. Vol. 41, N^o.11, p. 1875-9.

¹⁵ DE OLIVEIRA, B. Op. cit., p. 1145.

Reciproc producen mayor cantidad de microfisuras completas en dentina apicalmente, comparados con sistemas secuenciales de rotación continua.¹⁶

De-Deus y cols., 2010, realizaron un estudio, evaluando microfisuras de dentina, encontrando en los resultados de una tomografía de haz de cono, que no existe una correlación entre instrumentación mecanizada y la formación de estos defectos con la instrumentación, ya que todas estas grietas estaban presentes en el escaneo previo de las muestras, no posterior a la preparación.¹⁷ Mientras que Shemesh y cols., en 2016 afirman, que independientemente del tipo de conducto, el uso de un solo instrumento en algunos sistemas es contradictorio, ya que a pesar de que reduce el tiempo de trabajo, es posible que la pared sea sometida a un estrés significativo que puede conducir un agrietamiento apical.¹⁸

De Oliveira y cols., 2017. afirmaron que independientemente de la técnica de instrumentación usada, todas las fracturas producidas durante la endodoncia se deben a defectos preexistentes y que los estudios dedicados a buscar un instrumento más seguro solo llevan a los odontólogos a confusiones innecesarias porque la metodología usada lleva a resultados que arrojan falsos positivos que solo alejan de la realidad, sobre todo aquellos que seccionan las raíces desde el ápice, que son observadas a través de un microscopio estereoscópico donde hay imposibilidad de garantizar si los defectos de dentina eran producidos antes, durante o después de la instrumentación cuando se realiza el corte de la raíz.¹⁹

¹⁶ WALIA, H; BRANTLEY, W y GERSTEIN, H. et al. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. En: Journal of Endodontics. Julio, 1988. Vol.14, N^o.7, p.346-51.

¹⁷ DE-DEUS, G; MOREIRA, EJ y LOPES, HP. et al. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. En: International Endodontic Journal. Diciembre, 2010. Vol. 43, N^o.12, p. 1063-8.

¹⁸ SHEMESH, H. Op. cit., p. 211.

¹⁹ DE OLIVEIRA, B. Op. cit., p. 1145.

Por lo tanto, surge la siguiente pregunta: ¿Cuál de los sistemas de instrumentación Wave One Gold, Protaper Gold y Reciproc Blue conducen a la aparición de microfisuras radiculares en las raíces mesiales en los primeros y segundos molares mandibulares?

3. JUSTIFICACIÓN.

La tasa de éxito para un tratamiento endodóntico oscila entre 86-95%, sin embargo, en la literatura no han sido descritos con exactitud los criterios que determinan tal calificativo, así como tampoco están claras las variables que inducen al “fracaso”²⁰. Tabassum y cols., en su artículo describe el fracaso como la presencia de signos y síntomas recurrentes, junto con la presencia de una imagen radiolúcida periapical. Un diente tratado endodónticamente debe ser evaluado clínica y radiográficamente para determinar las causas de dicho fracaso; entre los factores habituales encontramos la persistencia de bacterias (intra y extrarradicular), obturación inadecuada (canales con instrumentación y obturación deficiente), ampliación excesiva, sellado coronal inadecuado (fuga), canales no tratados, errores de procedimiento iatrogénicos y complicaciones de la instrumentación pudiendo conducir a la exodoncia del diente.²¹

La preparación biomecánica es considerada por algunos autores como la base del éxito del tratamiento endodóntico; consta de la limpieza y la conformación del sistema de conductos radiculares, que se logra con una correcta eliminación de los agentes contaminantes (bacterias) y agentes contaminados (tejido pulpar y dentina) por medios mecánicos y químicos. Entre las complicaciones más comunes de la instrumentación encontramos perforación, transportación, pérdida de la longitud de trabajo, instrumentos separados y formación de grietas y/o fisuras.²²

Con el fin de minimizar los efectos que éstos producían, se buscaron alternativas y se sugirieron diferentes técnicas de preparación tendientes a conformar

²⁰ SANKARSINGH, C. Determinación de Éxito y Fracaso en el Tratamiento de Conductos. Artículo científico. www.carlosboveda.com. Centro de especialidades odontológicas. Caracas, Venezuela. 2001-2002.

²¹ ZUPANC, J; VAHDAT-PAJOUH, N. et al. New thermomechanically treated NiTi alloys. A review. En: International Endodontic Journal, Octubre, 2018. Vol. 51, N°.10, p. 1088–1103.

²² BURGOS, F. et al. Aleación níquel titanio en endodoncia. En: Universidad Valparaíso. Proyecto de grado. Junio, 2013. p. 30-33.

inicialmente la porción coronaria del conducto, de forma tal que los instrumentos podrían trabajar con menor dificultad en el tercio apical. Al mismo tiempo, estos nuevos instrumentos permiten que las técnicas de preparación biomecánica sean más sencillas, rápidas y cómodas tanto para el odontólogo como para el paciente. El avance tecnológico y la asociación de la metalúrgica con la endodoncia permitieron que los instrumentos mecanizados se fabricaran con aleaciones, que les confiere superelasticidad y memoria de forma.²³

El propósito de los fabricantes es disminuir la rigidez de los instrumentos, mientras aumenta la resistencia a la fatiga cíclica, y de esa forma reducir también el riesgo de separación de las limas. Uno de los procesos más populares para lograrlo es el tratamiento térmico de la aleación de Ni-Ti, que mejora sustancialmente sus propiedades si es llevado a unas temperaturas específicas, sin embargo, existen autores como Zinelis y cols., que advierten que los instrumentos tratados a temperaturas superiores a 430 – 440°C afecta negativamente otras propiedades de las mismas.²⁴

Es por ello que se hace necesario investigar las ventajas y desventajas que ofrecen los sistemas de instrumentación mecanizada más recientes en la terapia endodóntica, que prometen mejorar la práctica clínica en términos de tiempo, efectividad y reducción de riesgos, es decir, que permiten realizar una preparación del sistema de conductos radiculares que respeta la anatomía, evita la producción del deterioro de la estructura dental, y por ende, evitaría que se diera lugar a complicaciones durante la preparación, tales como grietas o microfisuras de la dentina, y en casos más extremos producirse una fractura vertical de la raíz.

²³ Ibid., p. 32.

²⁴ RADWAŃSKI, M; ŁĘSKI, M y PAWLICKA H. The influence of the manufacturing process of rotary files on the shaping of L-shaped Canals. En: Dental and Medical Problems. Noviembre, 2018. Vol. 55, N°4, p. 1-6.

Así mismo es importante saber si el trabajo del operador desde la instrumentación influye en posible fracaso endodóntico aplicando una metodología de investigación modificada con respecto a estudios previos, verificando que no existan efectos estructurales previos. Esta investigación buscó comparar tres sistemas de instrumentación rotatoria o reciprocante que genere menor número de micro fisuras y grietas en el conducto radicular durante la conformación de los conductos radiculares.

Los resultados obtenidos en la presente investigación beneficiarán a los estudiantes de posgrado de endodoncia, endodoncistas y odontólogos en general, quienes tendrán evidencia científica que les permita elegir un sistema de instrumentación adecuada para la preparación y conformación del sistema de conductos radiculares en molares mandibulares dependiendo de las necesidades de cada canal. Al tiempo, sería posible ofrecer una mejor atención a los pacientes ya que recibirán un tratamiento endodóntico más cómodo, confiable y exitoso.

4. OBJETIVOS.

4.1. Objetivo general.

- Comparar tres técnicas de instrumentación mecanizada: Wave One Gold, Protaper Gold y Reciproc Blue, en la inducción de microfisuras en raíces mesiovestibulares de primeros y segundos molares mandibulares.

4.2. Objetivos específicos.

- Evaluar la presencia de microfisuras antes y después de realizar la instrumentación del órgano dentario aplicando tres sistemas de instrumentación: Wave One Gold, Protaper Gold y Reciproc Blue.
- Identificar en que tercio de la raíz, ocurren mayor cantidad de microfisuras antes y después de ser preparados con los diferentes sistemas de instrumentación: Wave One Gold, Protaper Gold y Reciproc Blue.
- Identificar el tipo de microfisuras que se presentan en la superficie de la raíz que ha sido preparada con alguno de los tres sistemas de instrumentación: Wave One Gold, Protaper Gold y Reciproc Blue.

5. MARCO TEÓRICO.

5.1. MARCO CONCEPTUAL.

La endodoncia es un área de la odontología que se encarga de estudiar la morfología de la cavidad pulpar, fisiología y patología de la pulpa dental, lo cual incluye también prevención y tratamiento de las enfermedades pulpares y periapicales.²⁵

Los procedimientos terapéuticos en esta área se realizan para tratar el dolor y controlar la infección intrarradicular, los cuales pueden dividirse en dos grandes grupos: tratamientos conservadores que incluyen recubrimientos pulpares y pulpotomías cuya finalidad es preservar la pulpa dental afectada de forma reversible, y tratamientos radicales que incluyen pulpectomías y la endodoncia propiamente dicha donde la pulpa está afectada de forma irreversible y es incapaz de mantener su vitalidad.²⁶

El tratamiento endodóntico está conformado por diversas etapas, a las que se les da un orden pedagógico, pero en la práctica clínica se encuentran unidas íntimamente y no se puede distinguir donde termina una y comienza otra. Estas etapas son: apertura cameral, limpieza de cámara pulpar, localización de la entrada de los conductos radiculares, preparación mecánica del sistema de conductos radiculares, irrigación y finalmente, realizar un sellado tridimensional del mismo.²⁷

Una de las partes más importantes para lograrlo es la conformación del canal radicular cuyos objetivos biológicos consisten eliminar los microorganismos del sistema de conductos, eliminar totalmente el tejido pulpar que pueda permitir el

²⁵ GOLDBERG, F; SOARES, IJ. et al. Endodoncia, Técnica y fundamentos. En: GOLDBERG, et al. Buenos Aires, Argentina. Editorial Panamericana, 2 Edición. 2002.

²⁶ Ibid., p. 2 edición.

²⁷ FERNANDEZ, Y. Op. Cit., p. 52.

crecimiento microbiano, y evitar forzar los residuos más allá del foramen apical que pueda perpetuar la inflamación.^{28 29}

Schilder en 1974, describe unos objetivos mecánicos de la instrumentación que consisten en realizar una preparación cónica para facilitar la obturación, permitir la entrada y potencializar la acción del agente irrigante, y trabajar con instrumentos que se adapten a la forma original de los conductos, preservando así tanto el foramen apical, como la morfología de los conductos.³⁰

Según Krasner y Rankow en 2004, la causa de la mayoría de fracasos en endodoncia está asociada con una inadecuada instrumentación que puede ser el resultado del desconocimiento de la anatomía de cámara pulpar y conductos radiculares. Es decir, que la mejor manera de alcanzar el éxito de la endodoncia es aplicando los mínimos principios anatomo – quirúrgicos fundamentales al realizar dicho tratamiento.³¹

5.1.1 Características generales de la instrumentación

La preparación del sistema de conductos está constituida por un conjunto de procedimientos mecánicos que en conjunto con agentes químicos se encargan de limpiar, conformar y desinfectar un espacio, adecuándolo para recibir la obturación. Los instrumentos endodónticos tiene un papel muy importante para lograrlo donde además de presentar avances tecnológicos significativos, deja en evidencia una competencia comercial acentuada.³²

²⁸ YOUNG, GR; PARASHOS, P y MESSER HH. The principles of techniques for cleaning root Canals. En: Australian Dental Journal. Marzo, 2007. Vol.52, N°.1, p. 52-63.

²⁹ NESSRIN, A; GHADA A, DYANA, S. et al. Shaping ability of thermomechanically treated files in simulated S-shaped root Canals. En: Open Journal of Stomatology. Octubre, 2013. Vol.3, N°.7, p. 386-391

³⁰ SCHILDER, H. Cleaning and shaping the root canal. En: Dental Clinics of North America. Abril, 1974. Vol.18, N°.2, p. 269-96.

³¹ KRASNER, P; RANKOW, HJ. et al. Anatomy of the Pulp-Chamber Floor. En: Journal of endodontics. January 2004. Vol.30, N°.1, p. 5-16.

³² FERNÁNDEZ, Y. Op. cit., p. 53.

Para la elección de los instrumentos a utilizar se recomienda al clínico tener conocimiento completo de los mismos con respecto a sus características morfológicas, la capacidad de corte, resistencia, flexibilidad y dinámica de uso; este conocimiento permite un empleo correcto y máximo aprovechamiento del instrumento.³³

5.1.1.1 Instrumentación manual

Los primeros instrumentos manuales fueron diseñados en 1904 por la Kerr Manufacturing Company y fueron las limas tipo K. Estas limas son confeccionadas con acero inoxidable a través de la torsión, son de sección transversal cuadrada con un ángulo de corte de 90° con cuatro puntos de contacto, tiene una punta activa que facilita su penetración y un aumento en la conicidad constante por milímetro de la parte activa de 0,02 según estandarización ISO; se caracterizan por ser muy rígidas, tener un ángulo de transición formado entre la punta del instrumento y la lámina de corte prominente y por poseer fuerza de restauración que es una carga estática aplicada que permite al instrumento regresar a su forma original que trae como consecuencia alta incidencia de transportación apical o fracturas de instrumentos dentro del canal.^{34 35 36}

Es por ello que diseñaron las limas K-Flexible modificando su masa metálica que pasó a tener una sección transversal triangular que disminuyó en un 37,5% a sus predecesoras proporcionando al instrumento mayor cantidad de espiras, mayor

³³ FERNANDEZ, Y. Op. cit., p. 54.

³⁴ GOLDBERG, F. Op. cit., 2 edición.

³⁵ SWARNKAR, A. Et al. A Comparison of Canal-centering ability of Two Nickel-Titanium Rotary Systems with Nickel Hand Instrumentation with Stainless Steel Hand Instrumentation in 10 to 25° Curved Canals using Kuttler's Cube. En: Journal of Clinical Pediatric Dentistry. Septiembre, 2014. Vol.7, N°.3, p. 157-62.

³⁶ ROANE, J; SABALA, C y DUNCANSON, M. The "balanced force" concept for instrumentation of curved Canals. En: Journal of endodontics. Mayo, 1985. Vol.11, N°.5, p. 203-211.

capacidad de corte y flexibilidad que permitieron disminución en la producción de defectos.^{37 38}

Estas limas tienen un ángulo de corte de 45° con tres puntos de contacto, constan de un diseño bidireccional que permiten al operador realizar varios tipos de corte como inserción, extracción y rotación en sentido horario o antihorario sin perder eficiencia y al tener menor masa aumenta la profundidad y magnitud de flexión. Otro cambio fue la inactivación de la punta del instrumento con un ángulo de transición más redondeado eliminando la capacidad de corte en su porción inicial y proporcionando un mayor control del mismo. Llevan diferentes nombre comerciales de acuerdo al fabricante como Flexofile de Dentsply-Maillefer, Flexicut de VDW y triple-Flex de SybronEndo. Además, es posible encontrar otra variación, las K-Flex (SybronEndo) con una sección transversal romboidal con menor masa y suponen mayor flexibilidad, dos puntos de corte y un ángulo de transición extremadamente agudo.^{39 40 41}

A raíz de todos estos cambios se creó una técnica para la instrumentación de conductos curvos, basado en las “fuerzas balanceadas” de James Roane y col. en 1985 que consiste en hacer movimientos de rotación en sentido de las agujas del reloj que realiza movimientos hacia apical y una carga antihoraria que empuja el instrumento hacia afuera del canal sin necesidad de hacer presión por parte del operador.⁴²

5.1.1.2 Instrumentación mecanizada NiTi

La conducta de esta aleación noble ha sido estudiada en distintos campos desde 1960. En el laboratorio de la Artillería (del inglés, *Ordnance*) Naval de la Marina

³⁷ GOLDBERG, F. Op. cit., 2 edición.

³⁸ SWARNKAR, A. Op. cit., p. 158.

³⁹ GOLDBERG, F. Op. cit., 2 edición.

⁴⁰ ROANE, J. Op. cit., p. 204.

⁴¹ DE LIMA MACHADO, LM. Endodoncia ciencia y tecnología. Editorial Amolca, tomo 1. Octubre, 2015. Vol. 2. Cap. 9-10.

⁴² ROANE, J. Op. cit., p. 205.

Americana se inició la utilización en la industria por el ingeniero metalúrgico W. E. Buchler, especialmente en la conexión de cañones de donde viene el nombre Nitinol, *ni* de níquel, *ti* de titanio y *noI* por el laboratorio. En odontología fueron usados primero en ortodoncia ya que los hilos de Nitinol ofrecieron muchas ventajas para realizar movimientos dentarios suaves y permitir el uso de menor cantidad de hilos durante el tratamiento.⁴³

Con la introducción de los instrumentos de Níquel- Titanio (Ni-Ti) en el año 1988 en el área de endodoncia se ha consolidado uno de los avances tecnológicos más representativos de esta especialidad, fueron probadas inicialmente por Walia y col. con instrumentación manual y en 1993-1994 J. McSpadden y Ben Johnson desarrollaron limas mecanizadas accionadas mediante un motor con un control en la velocidad preciso, que en promedio debería ser de 200-300 revoluciones por minuto o incluso más, dependiendo del sistema utilizado, igualmente presenta un torque preciso y los más recientes permiten realizar reversa automática cuyo su éxito radica en las características de la aleación y diseño de las mismas. Para su fabricación fue necesario construir máquinas computarizadas que permitieran tratar el alambre de Ni-Ti, de manera que pudieran realizar diferentes secciones transversales, espiras con diferentes orientaciones, morfologías complejas e introducir el concepto de *conicidad aumentada*, es decir que pudiera crear instrumentos con conicidades que van 0,04 hasta 0,12.⁴⁴

El uso de este tipo de instrumentos trajo consigo múltiples ventajas, entre las que podemos encontrar, una especial *eficacia de corte* que permitió reducir el número de instrumentos para un alisado troncocónico del conducto y por ende menor tiempo para alcanzar los objetivos de la endodoncia, procedimientos más simples gracias a la *extrema flexibilidad* del instrumento disminuyendo el número

⁴³ BERUTTI, E; GAGLIANI, M. et al. Manual de Endodoncia. Editorial Amolca. Sociedad italiana de endodoncia. Agosto, 2017. Vol. 1. Cap. 3.

⁴⁴ NAGESWAR, R. Endodoncia avanzada. Editorial Amolca. Enero, 2011. Vol. 1. Cap. 12

de iatrogenias y mayores diámetros de preparación mejorando la capacidad de *remoción de contaminantes* y minimizando la extrusión apical que favorece la penetración del irrigante. ^{45 46}

5.1.1.2.1 Características de la aleación de Ni-Ti

El NiTi es una aleación compuesta de 56% de níquel, que le proporciona flexibilidad y un 44% de titanio, que le proporciona resistencia. Esta aleación se ha convertido en una de las más populares de los últimos tiempos debido a su capacidad única de sufrir grandes deformaciones, que pueden ser hasta del 8%, en un efecto conocido como superelasticidad (SE, Superelastic Effect) y luego recuperar su forma original a través de calentamiento, con un efecto conocido como memoria de forma (SME, Shape Memory Effect). ^{47 48}

Esta aleación es la conocida como Ni-Ti convencional (Mtwo, OneShape, ProFile, ProTaper Universal) y sus efectos se pueden dar gracias a un cambio molecular llamado “Transformación Martensítica Termoplástica” en el cual el material que se encuentra en una forma molecular estable, en reposo y a temperatura ambiente llamada *fase austenítica* que consiste en una estructura de retículo cúbico de cuerpo centrado es sometido a cargas mecánicas, sufriendo una transformación de fase cristalográfica; la carga mecánica puede ser la rotación dentro del conducto donde inicialmente se da una variación cristalográfica a un estado intermedio llamado *fase R* donde la estructura obtiene una forma romboidal debido a que cambia la orientación de los cristales, y luego se da una transformación de fase propiamente dicha donde la estructura que se obtiene es un retículo hexagonal compacto que es más dúctil, pero que también

⁴⁵ BERUTTI, E. Op. cit., Vol. 1, Cap 3.

⁴⁶ NAGESWAR, R. Op. cit., Vol. 1, Cap.3

⁴⁷ BERUTTI, E. Op. cit., 2017. Vol. 1, Cap 3.

⁴⁸ YE, J; GAO, Y. Metallurgical characterization of M-Wire nickel-titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue. En. Journal of Endodontics. Enero, 2012. Vol.38, N°.1, p. 105-7

es más inestable llamada *fase martensítica* o SIM (Stress Induced Martensite). Al cesar la carga, el instrumento regresa nuevamente a la fase austenítica.⁴⁹

Según Brantley y cols., la herramienta más importante para evaluar el comportamiento cristalográfico del Ni-Ti convencional (Lightspeed y Profile) es la calorimetría diferencial de barrido (DSC), a través del cual realizó un estudio con el que concluyó que el cambio de una fase a otra se completa en aproximadamente 25° C, es decir, temperaturas inferiores a la temperatura corporal.⁵⁰

A pesar de todas las ventajas mencionadas anteriormente, se empezó a observar en la práctica clínica frecuente separación de los instrumentos dentro del sistema de conductos a causa de fatiga cíclica por la constante reorientación de los cristales que contribuye a una acumulación gradual de defectos y crecimiento de crack haciendo que las limas se vuelvan frágiles; otra razón podría estar dada por su tipo de fabricación en la cual metal es molido y no trenzado que puede conducir a efectos negativos sobre la resistencia de la fractura, eficiencia de corte y resistencia a la corrosión.⁵¹

En un intento por superar este inconveniente se intentó mejorar las características de los instrumentos variando diseños, dimensiones y secuencias operativas, pero sin innovaciones en la aleación cuyos resultados no fueron satisfactorios.⁵²

Entre esas innovaciones se implementó en los instrumentos de Ni-Ti convencional un proceso de acabado final llamado electropulido (EP) que permite una eliminación electroquímica controlada de material de la superficie

⁴⁹ BERUTTI, E. Op. cit., 2017. Vol. 1, Cap 3.

⁵⁰ BRANTLEY, WA; SVEC, TA; IJIMA, M. et al. Differential Scanning Calorimetric Studies of Nickel Titanium Rotary Endodontic Instruments. En: Journal of endodontics. Agosto, 2002. Vol. 28, N°8, p. 567-72.

⁵¹ KUHN, G; TAVERNIER, B y JORDAN, L. Influence of structure on nickel-titanium endodontic instruments failure. En: journal of endodontics. Agosto, 2001. Vol.27, N° 8, p. 516-20.

⁵² BERUTTI, E. Op. cit., Vol. 1, Cap 3.

que conduce a una superficie más lisa con un mayor brillo y elimina irregularidades de la superficie, grietas y tensión residual que son causados por el proceso de molido anterior, entre las cuales podemos encontrar los instrumentos RaCe, BioRaCe, iRace, F360, F6 Skytaper; pero no era capaz de inhibir microfracturas del material.^{53 54}

Posteriormente, teniendo en cuenta que el comportamiento este material depende de sus microestructuras y el proceso termomecánico asociado, aparece una solución que prometió aumentar la resistencia a la fractura del instrumento sometiendo el alambre a un tratamiento térmico dando lugar a una aleación de Ni-Ti conocida M-Wire patentada en 2007 por Sportswire LLC (Langley, OK, EE.UU) que mostró mejoras significativas en comparación con el alambre de Ni-Ti convencional lo cual se debe a su estructura nano cristalina martensítica.⁵⁵

Los primeros instrumentos que fueron fabricados con M-Wire son Profile GT series X y Profile Vortex de Dentsply, actualmente también se encuentra presente en Protaper Next, Pathfiles, Proglider, Wave one de Dentsply Maillefer y Reciproc de VDW. La aleación M-Wire se caracteriza por la superelasticidad y su predominante *fase austenita* a una temperatura de 43 – 45° C superior a la Ni-Ti convencional, con una pequeña cantidad de fase martensita y una fase R a temperatura corporal, es decir mantiene un estado superelástico con un módulo elástico inicial más bajo que le permite requerir menor estrés para poder producir una transformación martensítica, además presenta mayor resistencia a la fatiga cíclica debido a una mayor capacidad de orientación de los cristales martensíticos.⁵⁶

⁵³ ZUPANC, J. Op. cit., p. 1089.

⁵⁴ SHEN, Y; ZHOU, H. et al. Current Challenges and Concepts of the Thermomechanical Treatment of Nickel-Titanium Instruments. En. Journal of endodontics. Febrero, 2013. Vol. 39. N° 2, p. 163-72.

⁵⁵ YE, J; GAO, Y. Metallurgical Characterization of M-Wire Nickel-Titanium Shape Memory Alloy Used for Endodontic Rotary Instruments during Low-cycle Fatigue. En: journal of endodontics. Enero, 2012. Vol. 38, N° 1, p. 105-7.

⁵⁶ ZUPANC, J. Op. cit., p. 1088.

En 2008, la casa comercial SybronEndo (Orange, CA, EE.UU) patentó una nueva forma en la aleación de Ni-Ti llamado Twisted File (TF) caracterizado por presentar instrumentos con predominante fase R, torsión del metal y un acondicionamiento de la superficie entre las cuales podemos encontrar las limas Twisted File, Twisted File Adaptive, K3XF (not 36wisted). El metal es sometido a un proceso de calentamiento a través del cual se transforma de fase austenita a fase R cuya deformación de transformación es menor de una décima en comparación con la deformación martensítica cuya consecuencia es un menor estrés al seguir la trayectoria de los conductos y finaliza en una fase austenita final con una temperatura entre 18 – 25° C asociada con la temperatura corporal que le confiere superelasticidad; la desventaja es que tienen también menor eficiencia de corte.⁵⁷

Después de ello, aparecen los instrumentos con predominante fase martensita cuyas temperaturas de transformación tienden a ser muy elevadas al ser sometidos a actividad. Durante este ciclo pasa por una fase austenita final, luego pasa a una fase martensítica deformada de forma plástica o pseudoplástica bajo estrés cuya transformación se llama reorientación martensítica (RM) y al final puede pasar a una austenita inicial si es sometida a calentamiento que podría estar dada por el autoclave durante la esterilización.⁵⁸

En 2010 aparecen los instrumentos de memoria controlada (CM) conocidos como la aleación CM-Wire que no tienen propiedades superelásticas que según el fabricante permite reducir los errores de preparación del sistema de conductos (Hyflex CM, THYPOON Infinite Flex NiTi Files). Estos instrumentos en fase martensita pueden realizar su transformación en temperaturas aproximada de 54-61 ° C, se caracterizan por permitir reorientación martensítica (RM) gran flexibilidad que podría influir de forma negativa en el corte, pese a ello presenta una eficacia de corte mejorada. La ventaja de los instrumentos CM-Wire es que

⁵⁷ ZUPANC, J. Op. cit., p. 1088.

⁵⁸ ZUPANC, J. Op. cit., p. 1088.

permiten una deformación máxima de los alambres antes de la fractura (58,4% - 84,7%) muy superior a la de los instrumentos con superelasticidad.⁵⁹

A partir de Hyflex CM, Coltene también desarrolló Hyflex EDM que es el primer instrumento fabricado a través de descarga eléctrica que se supone endurece la estructura que aumenta la resistencia a la fractura y mayor eficiencia de corte permitiendo la instrumentación de conductos con curvaturas severas, sus fases cristalográficas predominantes son martensita y fase R y una fase austenita reducida.⁶⁰

Finalmente en 2011, aparecen los instrumentos que son objeto de este estudio con las aleaciones con tratamiento térmico Gold y Blue que se caracterizan por poseer control de memoria y permiten ser deformadas. En la actualidad se encuentran disponibles dos en movimientos rotarios que son Profile Vortex Blue y ProTaper Gold, Dentsply Sirona, y dos con movimiento recíprocante con Reciproc Blue, VDW y Waveone Gold, Dentsply Sirona.⁶¹

Estos instrumentos reciben su color dependiendo del tipo de tratamiento térmico que fue realizado para mejorar sus propiedades. Los instrumentos Vortex Blue (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, EE.UU.), poseen una capa de óxido de titanio responsable del color azul en su superficie que se da como resultado del tratamiento térmico posterior al mecanizado la cual puede ser un factor que contribuye a una mayor resistencia a la fatiga del instrumento mejorando su vida útil ya que esta se consume durante el deterioro de esta capa y una lenta propagación de grietas retrasando el deterioro del sustrato de NiTi; la temperatura final austenita se encuentra alrededor de la temperatura corporal (38.5° C), mientras que la temperatura de inicio de la martensita es

⁵⁹ SHEN, Y; ZHOU, H. Op. cit., p. 164.

⁶⁰ ZUPANC, J. Op. cit., p. 1089.

⁶¹ PETERS, OA; DE AZEVEDO MG Y PEREIRA ES. Contemporary Root Canal Preparation: Innovations in Biomechanics. En: dental clinics of north america. Enero, 2017. Vol. 61. N°. 1, p. 37-58.

aproximadamente 31° C y contienen mayor fase martensita que las hace más dúctil que los instrumentos M –Wire.⁶²

El sistema Protaper Gold (PTG, Dentsply Maillefer, Baillagues, Suiza) dispone de una geometría triangular idéntica a ProTaper universal (PTU, Dentsply Maillefer), pero con una metalurgia avanzada patentada través de la tecnología de tratamiento térmico donde la temperatura austenita final para PTU está por debajo de la temperatura corporal, mientras que PTG está claramente por encima de esta, es decir, a una temperatura de aproximadamente 50 ° C en austenita final, lo que indica que estos instrumentos también contienen principalmente martensita o fase R en condiciones clínicas, lo cual fue demostrado en un análisis por calorimetría de Protaper Gold que da como resultado un PTU en fase de austenita durante el uso clínico (el material es muy duro y fuerte), mientras que la PTG está en la fase de martensita (el material es suave, dúctil, y puede ser fácilmente precurvado).^{63 64}

Existen sistemas que además del tratamiento térmico ofrecen una nueva cinemática (movimiento alternativo) que ha demostrado que prolonga el tiempo de vida de un instrumento de NiTi y su resistencia a la fatiga en comparación con el movimiento de rotación continua la cual permite que la lima utilizada viaje a una distancia angular más corta que los instrumentos rotatorios, dando valores más bajos de estrés y una vida útil extendida. Reciproc (VDW, Munich, Alemania) desarrolló el sistema Reciproc Blue con características parecidas a su predecesor Reciproc All®, de sección transversal en S y diseño en bordes con buena eficiencia de corte, pero esta vez con un innovador tratamiento termomecánico que altera su estructura molecular que se realiza tras la

⁶² PEREIRA, ES; AMARAL, CF; GOMES JA. et al. Influence of clinical use on physical-structural surface properties and electrochemical potential of NiTi endodontic instruments. En: international endodontic journal. Mayo, 2018. Vol. 51. N° 5, p. 515-521.

⁶³ ZUPANC, J. Op. cit., p. 1089.

⁶⁴ PLOTINO G; GRANDE G. et al. Influence of Temperature on Cyclic Fatigue Resistance of ProTaper Gold and ProTaper Universal Rotary Files. En: journal of endodontics. Febrero, 2017. Vol. 43. N°2, p. 200-2.

fabricación del instrumento, modificando su estructura, dándole una mayor resistencia a la fatiga cíclica, mayor flexibilidad y mejor control de memoria, y además le da un característico color azul cuyas temperaturas específicas de transformación son desconocidas debido a la protección de la propiedad intelectual y que no han sido divulgados por los fabricantes.^{65 66}

Por su parte Dentsply Maillefer, Baillagues, Suiza desarrolló Wave one Gold que posee una sección transversal con una estructura de paralelogramo con dos bordes de corte, pero la modificación más importante respecto a su predecesor WaveOne® es la aleación empleada, que se basa en calentar el instrumento y luego, enfriarlo lentamente que le proporciona el color dorado, a temperaturas aún desconocidas y le permiten mayor flexibilidad, mayor resistencia a la fatiga cíclica y mejor eficiencia de corte.⁶⁷

En general, estos instrumentos en predominante fase martensita son más flexibles con una resistencia mejorada y un mayor ángulo de rotación; aunque los detalles de la historia del tratamiento termomecánico de los nuevos sistemas fabricados en NiTi siguen siendo desconocidas, parece que este es un método muy prometedor que permite obtener beneficios sustanciales en cuanto a la eficiencia y la seguridad de los instrumentos contemporáneos de endodoncia y sus características deben seguir siendo investigadas.

5.1.2 Efectos de la instrumentación sobre el diente tratado.

El proceso de instrumentación del sistema de conductos radiculares ha sido ampliamente estudiado y en aras de proporcionar tratamientos endodónticos exitosos y con pronóstico satisfactorio las casas comerciales de productos

⁶⁵ DE-DEUS, G; SILVA, EJ. et al. Blue Thermomechanical Treatment Optimizes Fatigue Resistance and Flexibility of the Reciproc Files. En: journal of endodontics. Marzo, 2017. Vol. 43. N° 3. P. 462-466.

⁶⁶ PRADOS- PRIVADO, M; ROJO, R. et al. Finite element analysis comparing WaveOne, WaveOne Gold, Reciproc and Reciproc Blue responses with bending and torsion tests. En: journal of the mechanical behavior of biomedical materials. Octubre, 2108. Vol. 12. N°90, p. 165-172.

⁶⁷ Ibid., p. 166.

biomédicos cada día crean nuevos instrumentos y rediseñan modelos para ofrecer a los endodoncistas mayor rendimiento de los mismos. Estos cambios están direccionados a mejorar tanto el diseño como las características metalúrgicas de las limas, que presentan múltiples ventajas, pero a su vez también pueden generar efectos negativos sobre la microestructura del diente tratado como son, transportación apical, extrusión apical de desechos y la formación de defectos dentinarios.⁶⁸

Para la preparación biomecánica de los conductos es necesario eliminar una cantidad considerable de dentina de tal forma que permita la posterior entrada del irrigante de elección hasta la porción apical de la raíz; es posible que durante este proceso se produzca una eliminación adicional de dentina que conduce a defectos de la estructura que a su vez se unen y forman grietas, y en última instancia pueden conducir a una fractura vertical de la raíz. Según, existe una relación directa entre la cantidad de dentina removida y la formación de grietas; es decir, entre más sea ampliado el canal, mayor será es la incidencia de grietas dentinales o fractura de vertical de la raíz.⁶⁹

Algunos autores como Pedrinha y cols., afirman en su estudio que la presencia de grietas después de la instrumentación está asociada al número de limas utilizadas en el proceso, ya que al realizarlo con un solo instrumento se podría generar un estrés superior en comparación con un sistema completo de limas en la cual se va haciendo un ensanchamiento progresivo del canal tratado.⁷⁰

Los sistemas que usan menor cantidad de limas, van de la mano de una cinemática recíprocante a través del cual se supone un alivio del estrés del instrumento debido a que primero realiza un movimiento en sentido antihorario

⁶⁸ PEDRINHA, V; BRANDÃO, J. et al. Influence of File Motion on Shaping, Apical Debris Extrusion and Dentine Defects: A Critical Review. En: the open dentistry journal. Febrero, 2018. Vol. 28. N°12, p. 189-201.

⁶⁹ YOLDAS, O; YILMAZ, S. et al. Dentine microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the self-adjusting file. En: Journal of endodontics. Febrero, 2012. Vol. 38. N° 2, p. 232-235.

⁷⁰ PEDRINHA, V; BRANDÃO, J. Op. cit., p. 190.

(acción de corte) y luego un movimiento en sentido de las manecillas del reloj (liberación de instrumento) hasta completar la vuelta de 360° y que requieren incluso menos tiempo que los sistemas de rotación continua. Se presume que este movimiento reduce el riesgo de fatiga cíclica causada por la tensión y la compresión. Sin embargo, N. Tulasi Priya y cols., concluyeron en su estudio que los sistemas de secuencia completa mostraron menos grietas que los sistemas reciprocantes de lima única.⁷¹

Por su parte, Yoldas y cols., afirman que cuando la preparación es realizada con instrumentación mecanizada con NiTi, independientemente del tipo de movimiento, hay mayor probabilidad de formación de grietas que cuando se realiza una instrumentación manual ya que se supone que los movimientos son menos agresivos; esto puede estar asociado a la geometría de la sección transversal de las limas debido a que a mayor masa también hay mayor contacto con las paredes del canal y por ende mayor estrés y un riesgo de atornillamiento superior; también puede deberse que las limas manuales tipo K tienen una conicidad de 0,02, mientras que los instrumentos mecanizados de NiTi presentan una conicidad aumentada y esto produce mayor rigidez de la lima y permite una eliminación excesiva de dentina.^{72 73 74}

Todas las características anteriormente descritas apuntan a que las grietas son producidas durante la instrumentación del sistema de conductos, sin embargo, De-Deus et al., mediante un estudio en el que utilizó como modelo a cadáveres humanos observando las muestras mediante tomografía micro-computarizada

⁷¹ PRIYA, N; CHANDRASEKHAR, V. et al. "Dentinal microcracks after root canal preparation" a comparative evaluation with hand, rotary and reciprocating instrumentation. En: journal of clinical and diagnostic research. Diciembre, 2014. Vol. 8. N°12, p. 70-2.

⁷² YOLDAS, O; YILMAZ, S. Op. cit., p. 233.

⁷³ ÇAPAR, I; UYSAL, B. et al. Effect of the size of the apical enlargement with rotary instruments, single-cone filling, post space preparation with drills, fiber post removal, and root canal filling removal on apical crack initiation and propagation. En: journal of endodontics. Febrero, 2015. Vol. 41. N° 2, p. 253. 256.

⁷⁴ LIU, R; KAIWAR, A. et al. Incidence of apical root cracks and apical dentinal detachments after canal preparation with hand and rotary files at different instrumentation lengths. En: journal of endodontics. Enero, 2013. Vol. 39. N°1, p. 129-132.

(micro-CT) concluyó que los defectos dentinarios observados después de los procedimientos de preparación ya estaban presentes en las imágenes preoperatorias correspondientes y ninguna microfisura fue creada por los sistemas probados, lo que indica no existe una relación causal entre el desarrollo de defectos la dentina y la preparación del canal con los sistemas rotatorios o reciprocantes.⁷⁵

Siendo los dientes agrietados la tercera causa más común de pérdida de dientes después de la caries y la enfermedad periodontal, es útil seguir examinando la superficie de la raíz y la dentina a múltiples niveles para determinar las causas del desarrollo de grietas mediante diversos procedimientos y técnicas.⁷⁶

5.2. MARCO REFERENCIAL.

En los años 90, con la fabricación de instrumentos en Níquel-Titanio, hubo un gran avance en la Endodoncia, que cambió la práctica de la especialidad; la extrema flexibilidad de la aleación permitió cambios como el aumento el diseño cónico de los instrumentos y de esta forma se pudo empezar a obtener preparaciones del canal radicular con más conicidad de una manera mecanizada.⁷⁷

La instrumentación mecanizada está definitivamente al servicio de la endodoncia para la conformación de los conductos radiculares y durante 22 años, numerosos sistemas han sido desarrollados, pero solo hasta la actualidad se ha visto otra innovación que genere verdaderos cambios en la práctica clínica; se trata de las nuevas aleaciones: Gold Wire y Blue Wire.⁷⁸

Las aleaciones de níquel-titanio (NiTi) tienen una amplia gama de aplicaciones biomédicas debido a su capacidad única para recuperar su forma original

⁷⁵ DE-DEUS, G; CÉSAR DE AZEVEDO, C. et al. Dentine Microcrack Development after Canal Preparation: A Longitudinal in Situ Micro-computed Tomography Study Using a Cadaver Model. En. Journal of endodontics. Septiembre, 2017. Vol. 43. N°9, p. 1553- 1558.

⁷⁶ Ibid., p. 1554.

⁷⁷ WALIA, H. Op. cit. p. 347.

⁷⁸ WALIA, H. Op. cit, p. 348.

después de someterse a grandes deformaciones.^{79 80} Civjan y cols., describieron sus potenciales aplicaciones en el campo de la odontología,⁸¹ pero fue Walia y cols., en 1988 quienes crearon la primera lima K de NiTi a partir de alambres de ortodoncia; estos instrumentos permiten la eliminación del tejido necrótico o infectado y facilitan una correcta conformación de los conductos para conseguir un posterior sellado tridimensional, poseen una flexibilidad mucho mayor, debido a su superelasticidad en comparación con las limas tradicionales de acero inoxidable.⁸²

Desde ese momento empezaron a tener tanta aceptación entre los clínicos que las casas comerciales se han dedicado a fabricar un gran número de sistemas. Con el fin de mejorar la eficiencia de los instrumentos y limitar el riesgo de fractura inherente a la inserción de los mismos cuando progresan hacia apical se han ido desarrollando instrumentos con diseños cada vez más específicos, incluso en momentos donde parece que ha sido creado todo; ahora la innovación apunta a mejorar las propiedades de la aleación de NiTi con tratamientos térmicos complejos y/o nuevos conceptos de conformación.⁸³

5.2.1 SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN

5.2.1.1 Protaper Gold

Este sistema propone un nuevo concepto de conformación rotatoria del sistema de conductos basado en el clásico diseño de Protaper, pero con una nueva

⁷⁹ WALIA, H. Op. cit, p. 349.

⁸⁰ MARTIN, B; ZELADA, G. et al. Factors influencing the fracture of nickeltitanium rotary instruments. En: *international endodontic journal*. Abril, 2003. Vol. 36. N°4, p. 262-266.

⁸¹ KIM, H; LEE, L. et al. Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture. En: *journal of endodontics*. Julio, 2010. Vol. 36. N°7, p. 1195-1199.

⁸² WALIA, H. Op. cit, p. 349.

⁸³ WALIA, H. Op. cit, p. 350.

aleación que hace que este instrumento, tenga un comportamiento muy superior al de su lima anterior.^{84 85}

Protaper Gold (Dentsply-Maillefer) presenta una sección triangular convexa, tres aristas cortantes para una gran eficiencia en la instrumentación y está disponible en blisters pre-esterilizados listos para su uso.⁸⁶ Solo deben utilizarse en regiones del conducto que tengan una vía de deslizamiento confirmada y reproducible. Esta vía de deslizamiento se prepara utilizando limas manuales, con un tamaño mínimo ISO 015. El sistema incluye los mismos 8 instrumentos: limas de conformación (Sx, S1, S2) con acción de cepillado durante el movimiento de retirada para crear un acceso radicular recto y limas de acabado (F1, F2, F3, F4 y F5) sin acción de cepillado. Las limas están disponibles en tres longitudes clásicas: 21, 25 y 31 mm y tienen un mango corto de 11 mm para mejorar el acceso a los dientes posteriores a diferencia de Protaper Universal. Todas ellas disponen de conicidad variable en su parte activa, para mejorar la flexibilidad, y permitir una preparación más conservadora del sistema de conductos radiculares, en la zona coronal.⁸⁷

Las limas PROTAPER GOLD™ están fabricadas siguiendo un proceso que les confiere apariencia dorada. Debido a este procedimiento patentado, las limas pueden tener un aspecto algo curvado, la cual no se trata de un defecto de fabricación, aunque la lima se puede enderezar fácilmente con los dedos, no es necesario enderezarla antes del uso.

⁸⁴ NISHAD, S. et al. Analysis of Apical Root Crack Propagation after Root Canal Preparation at Different Instrumentation Lengths Using ProTaper Universal, ProTaper Next and ProTaper Gold Rotary Files: An In vitro Study. En: contemporary clinical dentistry. Junio, 2018. Vol. 9. N° 1, p. 34-38.

⁸⁵ DUQUE, J. Influence of NiTi alloy on the root canal shaping capabilities of the ProTaper Universal and ProTaper Gold rotary instrument systems. En: journal of applied oral science. Enero, 2017. Vol. 25. N° 1, p. 27-33.

⁸⁶ Ibid., p. 31.

⁸⁷ KARATAS, E. et al. Dentinal crack formation. En: International Endodontics Journal. Septiembre, 2016. Vol. 49. N° 9, P. 905-910.

Una vez dentro del conducto, la lima se adaptará a la anatomía, se debe utilizar siempre la mínima presión apical y nunca forzar las limas para introducirlas en el conducto, pueden utilizarse con velocidades de motor entre 250 rpm y 350 rpm.⁸⁸

La aleación Gold, combina la flexibilidad con la resistencia a la fatiga cíclica y torsional, y es lo suficientemente rígida, para optimizar la eficiencia de corte; este tipo de aleación mejora la facilidad con que el instrumento llega a longitud de trabajo y reduce la fuerza del instrumento contra la pared del conducto minimizando el transporte radicular. Además, permite una sensación táctil mejorada y acceso curvaturas complejas.⁸⁹

Técnica de conformación: La técnica corono-apical es la técnica de preferencia para los instrumentos rotativos. Inicia al crear un acceso en línea recta al orificio de entrada del conducto, se realiza una exploración de los 2/3 coroneales con limas manuales tipo K #10 - #15 o limas mecanizadas como ProGlider® o PathFiles® trabajando gradualmente hasta confirmar una vía de deslizamiento; luego, en presencia de NaOCl, se introduce la lima S1 en el conducto de forma que siga pasivamente la vía de deslizamiento. Antes de que encuentre una ligera resistencia, “cepille” lateralmente cortando la dentina con el movimiento de retirada para mejorar el acceso en línea recta y la progresión apical y se cepilla siempre alejándose de la furcación, se continúa la conformación con la S1 hasta alcanzar la profundidad de la lima manual del 15, luego Utilice la lima S2, exactamente igual que la S1, en presencia de un gel quelante o NaOCl, explore el 1/3 apical con limas manuales #10 y #15 y trabaje gradualmente con ellas hasta que queden sueltas en toda su longitud, determine la longitud de trabajo, confirme la permeabilidad y verifique la presencia de una vía de deslizamiento suave en el 1/3 apical, utilice la S1 y S2 con acción de cepillado hasta alcanzar

⁸⁸ KARATAS, E. Op. cit., p. 906.

⁸⁹ PÉREZ, J; DE LA MACORRA, J. et al. Tesis doctoral. Análisis de los factores que influyen en la resistencia de los instrumentos de Níquel-Titanio a la fatiga cíclica flexural En: universidad complutense de Madrid. 2016. P. 34-36.

la longitud de trabajo, reconfirme la longitud de trabajo, irrigue, recapitule y vuelva a irrigar, especialmente en los conductos más curvos, utilice la lima de acabado F1 sin acción de cepillado, profundizando cada vez más con cada inserción hasta alcanzar la longitud de trabajo, sin dejarlo allí durante más de un segundo. Si al calibrar el foramen con una lima manual #20 el instrumento queda ajustado en la longitud significa que el conducto está conformado y listo para la obturación, mientras que si la lima manual #20 está floja en la longitud, proceda con la lima F2 y, si es necesario, con las F3, F4 y F5, con el mismo movimiento sin cepillado hasta la longitud de trabajo, calibrando después de cada lima de acabado con limas manuales del 25, 30, 40 o 50 respectivamente.^{90 91}

Si es necesario, utilice la lima SX con movimiento de cepillado para alejar la parte coronal del conducto de las concavidades de la furca y/o para crear mayor ensanchamiento coronal. Esta secuencia debe seguirse, independientemente de la longitud, diámetro o curvatura del conducto.⁹²

5.2.1.2 Wave One Gold

Esta nueva versión de la conocida Wave One se beneficia de los últimos avances tecnológicos que incluyen tanto la aleación “Gold”, como el diseño de los nuevos instrumentos.⁹³

Su tratamiento térmico corresponde a ciclos predeterminados de calentamiento y enfriamiento (patentados por el fabricante), que le da el color y nombre a las limas Wave One Gold, ya que produce una capa superficial de Óxido de Titanio que le da un aspecto dorado.⁹⁴ Este proceso busca modificar la matriz cristalográfica del NiTi, alterando las temperaturas de transformación entre la

⁹⁰ KARATAS, E. Op. cit., p. 909.

⁹¹ Arias, A. et al. Torsional Performance of ProTaper Gold Rotary Instruments during Shaping of Small Root Canals after 2 Different Glide Path Preparations. En: journal of endodontics. Marzo, 2017. Vol. 43. N° 3, p. 447-451.

⁹² NISHAD, S. Op. cit., P. 34.

⁹³ PEDULLÁ, E. et al. Effects of 6 Single-File Systems on Dentinal Crack Formation. En: journal of endodontics. Marzo, 2017. Vol. 43. N°3, p. 456-461.

⁹⁴ ZUPANC, J. Op. cit., p. 1100.

fase austenita y martensita, creando instrumentos más flexibles, resistentes a la fatiga cíclica y con mayor capacidad de deformación.⁹⁵

Wave One Gold está disponible en envases tipo blíster pre-esterilizados listos para su uso. El sistema incluye cuatro instrumentos: Small (020 .07), Primary (025 .07), Medium (035 .06), y Large (045 .05) con anillos de identificación de colores en el mango, respectivamente, amarillo, rojo, verde y blanco.⁹⁶

El movimiento reciprocante es el mismo que el de la antigua Wave One, por lo que puede utilizarse el mismo motor con movimiento recíproco y programa, que se estaba utilizando hasta este momento.⁹⁷

El sistema Wave One está hecho en M-Wire, pero el nuevo Wave One Gold tiene un tratamiento térmico posterior a su fabricación, obteniendo una nueva aleación, denominada justamente “Gold”, el primero tiene una sección triangular convexa pura de D9 a D16 y modificada de D1 a D8, mientras que el sistema Wave One Gold, presenta una sección de paralelogramo con aristas de 85°.⁹⁸

La sección es rectangular para reducir la masa del instrumento y proporcionar espacio para liberar detritus del canal radicular.⁹⁹ Además, deja una o dos aristas de corte quedando libres dos o tres para minimizar el estrés torsional del instrumento, evitando bloqueos o taper-lock.¹⁰⁰

Las limas están disponibles en tres longitudes, 21, 25 y 31 mm y tienen un mango corto de 11 mm para mejorar el acceso a los dientes posteriores, disponen de conicidad variable en su proporción activa para mejorar la flexibilidad y permitir

⁹⁵ PÉREZ, J. Op. cit., p. 35.

⁹⁶ KUTTLER, S .et al. La era dorada de la instrumentación endodóntica. En: revista. soluciones clínicas en odontología, dentsply. Septiembre, 2016. N°007, p. 6-10.

⁹⁷ Ibid., p. 8.

⁹⁸ Ibid., p. 9.

⁹⁹ MACHTOU, P. et al. ProTaper Next TM: A new shaping movement. In Machado M's textbook: Endodontics. 2014, Sous presse. Cap. 3.

¹⁰⁰ BERUTTI, E. et al. Comparative analysis of torsional and bending stresses in two mathematical models of nickel-titanium rotary instruments: ProTaper versus ProFile. En: journal of endodontics. Enero, 2003. Vol. 29. N°1, p. 15-19.

una preparación más conservadora del sistema de conductos radiculares en la zona coronal.¹⁰¹

Esta aleación Gold combina la flexibilidad con resistencia a la fatiga cíclica y torsional, mientras que es lo suficientemente rígida para optimizar la eficiencia de corte lo cual mejora la facilidad con que el instrumento llega a longitud de trabajo, reduce la fuerza del instrumento contra la pared del conducto, minimizando el transporte radicular, proporciona una mayor seguridad de uso con una sensación táctil mejorada y mejor capacidad de acceso a curvaturas complejas.¹⁰²

Los instrumentos presentan una conicidad variable; en el 80% de los casos se recomienda la lima Primary 25.07, pero si el conducto es muy estrecho y/o curvos se elige la Small 20.07, cuando el conducto es amplio o no se consigue calibrarlo en apical con la Primary, se utiliza la Medium 35.06 o incluso la Large 45.05 para casos más acusados.¹⁰³

Técnica de las limas de conformación WaveOne® Gold: se establece un acceso coronal y radicular en línea recta, se utiliza una lima manual del calibre #10 para verificar la vía de deslizamiento hasta la longitud apropiada y expandir dicha vía hasta al menos 0,15 mm utilizando una lima manual o mecánica específica, como PathFile o ProGlider; el proceso de conformación se inicia con la lima Primary (025/07 roja) aplicando hipoclorito de sodio (NaCl) con una leve presión hacia dentro avanzando pasivamente por cualquier zona del conducto donde se haya verificado una vía de deslizamiento. Tras haber conformado 2-3 mm del conducto, retirar y limpiar la lima Primary, irrigar, recapitular con una lima manual del calibre 10 y volver a irrigar, continuar con la misma lima y hacer 2 o 3 pasadas para llevar a cabo un ensanchamiento previo de los dos tercios coronales del conducto, se efectúa un movimiento de cepillado hacia el exterior para eliminar

¹⁰¹ KUTTLER, S. Op. cit., p. 10.

¹⁰² PÉREZ, J. Op. cit., p. 36.

¹⁰³ KUTTLER, S. Op. cit., p. 9.

interferencias coronales o para mejorar los resultados de conformación en conductos que presenten secciones transversales irregulares, se establece la longitud de trabajo, se confirma la permeabilidad apical, se ensancha el conducto hasta al menos 0,15 mm utilizando una lima manual o mecánica y se utiliza la lima PRIMARY hasta la longitud de trabajo completa en una o más pasadas evitando agrandar el foramen en exceso. Si al inspeccionar las espiras apicales, están llenas de restos de dentina, significa que la conformación está acabada, si la lima Primary no avanza, utilizar la lima Small (020/07 amarilla) en una o más pasadas hasta la longitud de trabajo y, a continuación, utilizar la lima PRIMARY hasta la longitud de trabajo para optimizar la forma y una vez terminada, se inicia el protocolo de desinfección.¹⁰⁴

5.2.1.3 Reciproc Blue

El año 2010 fue la introducción del sistema Reciproc® (VDW, München, Alemania).¹⁰⁵ Este sistema, creado por el Dr. Ghassan Yared y fundamentado en el concepto de “fuerzas balanceadas” de Roane (1985), permitió que el endodoncista pudiera optimizar significativamente los tiempos de trabajo clínico.¹⁰⁶ Este sistema está compuesto de 3 limas, cada una de uso único y, en la mayoría de los casos, se puede hacer el abordaje completo de un tratamiento endodóntico, sin necesidad de utilizar otros instrumentos.¹⁰⁷

Las limas Reciproc® son instrumentos de M-Wire, un NiTi con tratamiento térmico que potencia su superelasticidad.¹⁰⁸ El movimiento reciprocante, por otro lado, consiste en que el instrumento gira primero en sentido de corte y después

¹⁰⁴ ALBERDI, J. wave one gold. Casos clínicos. En: blog catedra de endodoncia Argentina, usa/aoa. Julio, 2016.

¹⁰⁵ SILVA, E. et al. Torsional Fatigue Resistance of Blue-treated Reciprocating Instruments. En: journal of endodontics. Enero, 2018. Vol. 44. N°6, p. 1038-1041.

¹⁰⁶ ROANE, J. et al. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. En: journal of endodontics. Mayo, 1985. Vol. 11. N° 5, p. 203-211.

¹⁰⁷ Adıguzel, M. et al. Comparison of the ability of Reciproc and Reciproc Blue instruments to reach the full working length with or without glide path preparation. En: restorative dentistry and endodontics. Noviembre. 2018. Vol. 43. N° 4, p.41.

¹⁰⁸ MARTIN, B. Op. cit., p 264.

en sentido contrario, liberándolo dentro del canal.¹⁰⁹ La rotación completa en 360° es lograda después de 3 ciclos de movimientos recíprocos, siendo esto posible debido a que la magnitud del movimiento de corte es mayor que la del movimiento de liberación.¹¹⁰ De esta forma, el instrumento puede progresar fácilmente en sentido apical, ya que está diseñado para llegar a longitud de trabajo, sin mayor riesgo de alcanzar su límite de deformación, minimizando el riesgo de fractura del mismo.¹¹¹

Reciproc® blue corresponde a la nueva generación o evolución del sistema Reciproc®. El diseño del instrumento es una característica que también se mantiene, ya que ha sido especialmente desarrollado para el uso en reciprocación, consta de una combinación entre la sección en S, la conicidad variable, el diseño de los bordes cortantes y el material térmicamente mejorado que proveen a estos instrumentos de una alta eficiencia de corte.^{112 113} De igual manera, los instrumentos poseen una punta no cortante para una preparación cuidadosa en la cercanía del ápice.¹¹⁴

El sistema Reciproc® blue está compuesto por tres instrumentos de características iguales a su antecesor; una lima R25, con un diámetro de punta ISO 25 y una conicidad del 8%, un lima R40, con un diámetro de punta ISO 40 y una conicidad del 6% y una lima R50, con un diámetro de punta ISO 50 y una conicidad del 5%, esta conicidad corresponde solo a los 3 milímetros apicales, ya que esta es variable y regresiva en el instrumento.¹¹⁵

¹⁰⁹ KIM, H. Op. cit., p. 1197.

¹¹⁰ KARATAS, E. Op. cit., p. 906.

¹¹¹ KARATAS, E. Op. cit., p. 907.

¹¹² WU, M Y WESSELINK, P. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. En: International Endodontics Journal. Marzo, 2001. Vol. 34. N° 2, p. 137-141.

¹¹³ KIM, H; KWAK, S. et al. Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne. En: Journal of Endodontics. Abril, 2012. Vol. 34. N° 4, p. 541-544.

¹¹⁴ Ibid., p. 543.

¹¹⁵ YARED, G. Reciprocblue: the new generation of reciprocation. En: Societa`ItalianadiEndodonzia, science direct, Noviembre, 2017. Vol. 31. N° 1, p. 96-101.

Estas limas son sometidas a un innovador tratamiento termo mecánico, que modifica su estructura molecular que le da al instrumento una resistencia aumentada a la fatiga cíclica, mayor flexibilidad, un mejor control de memoria y su característico color azul.¹¹⁶

Técnica de preparación: el modo de empleo para este sistema es el mismo que para el sistema Reciproc®. Primero se confecciona un acceso en línea recta y se hace la determinación de longitud de trabajo. No es necesario ampliar la entrada del canal previo a la instrumentación con una fresa Gates Glidden o realizar Glide Path, luego se realiza la selección del instrumento a utilizar teniendo en cuenta la imagen radiográfica o realizando una calibración previa del canal a longitud de trabajo (LT), si llega pasivamente un instrumento ISO 30 a LT, el instrumento a elegir es el R50, si llega pasivamente un instrumento ISO 20 a LT, el instrumento a elegir es el R40 y si llega pasivamente un instrumento ISO 10 a LT, el instrumento a elegir es el R25. En caso de no lograr llegar a LT con el instrumento ISO 10 manual, o este solo llega a LT pre curvado, es indispensable realizar una instrumentación manual previo a la instrumentación con R25.¹¹⁷

Posterior a esto, se irriga, se permeabiliza el canal con un instrumento ISO 10 y comienza la instrumentación. Este proceso está compuesto de ciclos donde se debe realizar tres “picoteos” (in-out), retirar el instrumento, limpiar los fillos, irrigar y permeabilizar el canal. Estos ciclos son repetidos las veces que sea necesario, hasta alcanzar la longitud de trabajo. Si a pesar de seguir estas indicaciones, no se logra llegar a LT producto de que el instrumento no avanza más, no se debe forzar el instrumento, y utilizar una lima manual. Al superar el bloqueo, se puede volver a instrumentar con Reciproc® blue.¹¹⁸ Cuando se alcanza la longitud de trabajo, se recomienda retirar de manera inmediata el instrumento del canal y de

¹¹⁶ HA, J. et al. Safe pseudoelastic limit range under torsional loading with Reciproc Blue. En: international endodontics journal. Febrero, 2019. Vol. 52, N° 2, p. 244-249.

¹¹⁷ YARED, G. Op. cit., p. 97.

¹¹⁸ YARED, G. Op. cit., p. 98.

esta forma se disminuye la posibilidad de transportar el mismo o producir alguna otra iatrogenia. Finalmente, se puede instrumentar las paredes del canal con movimientos de cepillado, regularizando las paredes y dándole una mayor conicidad a la preparación para favorecer el paso del irrigante y la posterior obturación. Los canales radiculares preparados con Reciproc blue tienen una forma compatible con cualquier técnica de obturación.¹¹⁹ Existen conos de gutapercha estandarizados con los instrumentos del sistema, que pueden ser utilizados tanto para técnicas de obturación en frío, como también para técnicas termoplásticas en conjunto con dispositivos de termo-compactación como el BeeFill®. Para una fácil obturación termoplástica, existe también la opción de utilizar los carriers estandarizados de Guttafusion® para Reciproc blue, que se presentan en los mismos tamaños que las limas del sistema.¹²⁰

5.2.2 formación de grietas y fisuras.

Existen ciertas complicaciones como la aparición de las grietas en dentina que puede ocurrir durante la preparación del conducto radicular. Numerosos estudios han informado que el uso de instrumentos de níquel-titanio (NiTi) causa grietas en la dentina radicular, la cual tienen el potencial de convertirse en fracturas radiculares verticales.¹²¹

La morfología de la raíz y el conducto radicular son factores que influyen en formación de fractura vertical de la raíz (FVR), las raíces que son anchas bucal y lingualmente, pero más delgada mesial y distalmente, también tienden a fracturarse más a menudo.¹²²

Wu MK, y cols., mostró en un análisis que las concentraciones de estrés eran más altas en raíces ovales y se observó un mayor esfuerzo de torsión en

¹¹⁹ ABOU, E. et al. Dentinal damage and fracture resistance of oval roots prepared with single-file systems using different kinematics. En. Journal of endodontics. Junio, 2014. Vol. 40. N° 6, p. 849-851.

¹²⁰ Ibid., p. 850.

¹²¹ WU, M. Op. cit., p. 138.

¹²² WU, M. Op. cit., p. 138.

dirección bucolingual a medida que se redujo el grosor de la dentina proximal. También se observaron más defectos en las secciones apicales de las raíces en comparación con las secciones coronales, ya que la dentina es más delgada en el tercio apical podría inducir más a la formación de grietas.¹²³

La fractura vertical es una de las complicaciones clínicas más comunes después de la propagación de grietas en la dentina de la raíz una vez el diente ha sido tratado endodónticamente, lo que compromete el pronóstico de muchos casos en los que la extracción es la única opción de tratamiento posible. De ahí la importancia de siempre garantizar un daño mínimo a la dentina durante los procedimientos realizados.¹²⁴

Morfis, y cols., informó que la FVR se atribuye a procedimientos de endodoncia en un 3.69% de los dientes tratados endodónticamente y que pueden originarse de las concentraciones de tensión que surgen de la preparación mecánica. La instrumentación también puede debilitar la estructura de la raíz y aumentar su susceptibilidad a defectos tales como líneas en la superficie de la raíz, compatibles con grietas incompletas que comienzan en la luz del canal y no alcanzan la superficie exterior. Estos defectos dentinarios posiblemente puede conducir a una FVR durante la obturación del conducto radicular, reintervención endodóntica o simplemente por la fuerza de la masticación.¹²⁵

Nishad, S. y cols., afirman que la metalurgia es una característica importante de varios sistemas de instrumentación Ni-Ti y un factor clave para determinar el daño de la superficie dentinaria durante el movimiento de la instrumentación mecanizada.¹²⁶

¹²³ WU, M. Op. cit., p. 139.

¹²⁴ ABOU, E. Op.cit., p. 850.

¹²⁵ HELVACIOGLU, D. et al. Evaluation of dentinal defect formation after root canal preparation with two reciprocating systems and hand instruments: an in vitro study. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. En. *Biotechnology, biotechnological equipment*. Enero, 2015. Vol. 29. N° 2, p. 368-373.

¹²⁶ NISHAD, S. Op. cit., p. 35.

Helvacioğlu-yigit, D y cols., evaluaron los defectos dentinarios generados por diferentes instrumentos, tales como Reciproc Blue y Wave One Gold, determinándose la presencia de defectos en la dentina radicular, y para evitar resultados sesgados debido a una fuerza excesiva durante la extracción del diente o cuando fueron seccionados pudiendo crear líneas de fisura, los dientes fueron observados previamente bajo el microscopio de manera que fueron seleccionados dientes sin defectos.¹²⁷

Recientemente, se ha introducido un nuevo sistema llamado ProTaper Gold (Dentsply Maillefer, Baillagues, Suiza) que utiliza la misma acción giratoria y funciona con los mismos motores y configuraciones que ProTaper Universal (Dentsply Maillefer). Sin embargo, el fabricante afirma que Protaper Gold proporciona más que dos veces la resistencia a la fatiga cíclica y la metalurgia avanzada para un aumento en la flexibilidad. De acuerdo con Hieawy et al., las características metalúrgicas de los instrumentos de Protaper Gold no solo tenían una transformación específica de dos etapas comportamiento, sino también tenía altas temperaturas austenita final (Af), similar a un cable de memoria controlado.¹²⁸

Con respecto al diseño de los instrumentos Kim et al. (2010) evaluaron la relación potencial entre el diseño de los instrumentos NiTi y la incidencia de fracturas verticales de raíz; informaron que Wave One mostró mayor resistencia a la torsión que ProTaper y Reciproc. Esto estaba relacionado con la sección transversal de Wave One y las características mecánicas de la aleación. Además, descubrieron que entre más grande sea la sección transversal de la lima, habrá más mayor riesgo de fractura del instrumento por flexión y rigidez

¹²⁷ HELVACIOĞLU, D. Op. cit., p. 369.

¹²⁸ HIEAWY, A. et al. Phase Transformation Behavior and Resistance to Bending and Cyclic Fatigue of ProTaper Gold and ProTaper Universal Instruments. En: journal of endodontics. Julio, 2015. Vol. 47. N°7, p. 1134-8.

torsional, esto a su vez produce una concentración de estrés superior, y podría aumentar el riesgo de daños en la superficie dentinaria.^{129 130}

Yoldas y cols., apoya lo anterior afirmando que la formación de microgrietas dentinarias podría estar relacionado con el diseño de la punta de instrumentos rotatorios, pero también con el tipo de conicidad (constante o variable), pitch y la forma del canal.¹³¹

Cassimiro, y cols., mostraron en los resultados de su estudio que el mayor número de defectos dentinarios fue producido por el instrumento WOG, que tiene un alto nivel de flexibilidad debido a su tratamiento térmico de la aleación de NiTi y su sección transversal en forma de paralelogramo; el diseño de la sección transversal del instrumento puede influir en el número de veces que toque la dentina radicular, creando el potencial para provocar diferentes grados de tensión o más contacto del instrumento con las paredes del canal que puede inducir la formación de defectos dentinarios.¹³²

En un estudio donde comparan Protaper Gold y Protaper Universal, en la inducción de microfisuras, utilizando la misma velocidad de rotación para cada instrumento en la preparación de los conductos radiculares concluyeron que los instrumentos Protaper Gold tuvieron mejor comportamiento que los instrumentos de Protaper universal, debido a que poseen mayor flexibilidad lo que implica menor estrés y menor número de grietas a nivel apical como sucede con los conductos tratados con Protaper universal.¹³³

¹²⁹ KIM H. Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture. *Journal of Endodontics*, Op. cit., p. 1197.

¹³⁰ KIM H. Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne, Op. cit., p. 543.

¹³¹ YOLDAS, O. Op. cit., p. 234.

¹³² CASSIMIRO, M. et al. Effects of Reciproc, ProTaper Next and WaveOne Gold on Root Canal Walls: A Stereomicroscope Analysis En: *iranian endodontic journal*. Marzo, 2018. Vol. 13. N° 2, p. 228-233.

¹³³ KARATAS, E. Op. cit., p. 908.

Esto es apoyado en otro estudio realizado por Sonalkumari N, y cols., quienes realizaron un análisis comparativo entre Protaper Next y Protaper Gold en la formación de grietas después del tratamiento de conductos, en el cual Protaper Next mostró más grietas que Protaper Gold, debido a que una aleación Gold posee características metalúrgicas que le confieren mayor flexibilidad que la aleación propuesta por Protaper Next.¹³⁴

En reciprocidad, el instrumento se maneja primero en dirección de corte y luego se invierte para liberar el instrumento; una rotación completa de 360 ° se completa en varios movimientos alternativos. El ángulo en la dirección de corte es mayor que el ángulo en la dirección inversa, de modo que instrumento avanza continuamente hacia el apéndice. Los ángulos de reciprocidad son precisos y específicos para el diseño del instrumento RECIPROC®. Están diseñados para ser más pequeños que la configuración de ángulo donde el límite elástico del instrumento se cumpliría, por lo tanto minimizando el riesgo de fracturas de instrumentos.¹³⁵

La curvatura del canal es otro de los factores que influye en la complejidad de la preparación del sistema de conductos radiculares. El concepto de fuerzas balanceadas, hace énfasis en pequeños movimientos en sentido horario y antihorario, se desarrolló durante un período de prueba de aproximadamente de doce años, y fue propuesto en el año 1985 por Roane como un medio para superar la curvatura. Esto fue posible desde la utilización de instrumentación manual con acero inoxidable de mayor diámetro; sin embargo, consumen tiempo y son extenuantes, y hay una alta frecuencia de errores durante su preparación.

136

¹³⁴ NISHAD, S. Op. cit., p. 36.

¹³⁵ KIM H. Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne, Op. cit., p. 542.

¹³⁶ ROANE. J. Op. cit., p. 205.

Cassimiro M, y cols, (2018) realizaron un estudio de análisis de grietas dentinarias utilizando Wave One Gold, Reciproc y Protaper Next, donde los resultados arrojaron que el grupo Wave one Gold, tuvo el mayor porcentaje de defectos dentinarios en las secciones de 3-mm (55%), 6-mm (60%) y 9-mm (65%), los grupos que presentaron la formación de defectos más bajo fueron el grupo Protaper Next en la sección 3-mm (25%) y el grupo Reciproc en secciones de 6 y 9 mm (20% y 5%, respectivamente).¹³⁷

Los avances en los instrumentos de NiTi y su cinemática permite la posibilidad de dar forma a los conductos Radiculares con sistemas mecanizados ya sea rotatorios o reciprocante. Pedullá et. al., refieren que múltiples factores causan grietas de la dentina, pero la flexibilidad de los instrumentos de NiTi debido al tratamiento térmico parece influir en la incidencia de microfisuras más que otros factores. Hasta la fecha, hace falta mucha información en la literatura con respecto a la aparición de microfisuras cuando se utilizan diversos sistemas y se debe seguir investigando su comportamiento clínico.¹³⁸

¹³⁷ CASSIMIRO, M. Op. cit., p. 229.

¹³⁸ PEDULLÁ, E. Op. cit., p. 457.

6. METODOLOGÍA.

6.1. Tipo de estudio: estudio de tipo cuasi – experimental in vitro, debido a que no existe control absoluto del proceso metodológico. Permitió evaluar la formación de grietas y/o fisuras al utilizar los sistemas de instrumentación: Wave One Gold, Protaper Gold y Reciproc Blue.

6.2. Universo: constituido por todos los pacientes que asistieron a la facultad de odontología de la universidad de Cartagena.

6.2.1 Población: constituida por los pacientes que requirieron exodoncia de primer y segundo molar mandibular.

6.3 Muestra: constituida por las raíces mesiales de los primeros y segundos molares mandibulares permanentes, que cumplieran con los criterios de inclusión.

6.3.1. Cálculo del tamaño de la muestra: este fue definido mediante tendencia histórica (2), (6), (11), cuyos datos se promediaron y se obtuvo un número de veinte dientes por cada grupo, para un total de sesenta órganos dentarios.

6.3.2 Técnica de muestreo: fueron clasificados de manera aleatoria y sistemática hasta alcanzar el tamaño de la muestra y se realizó de igual forma para la elección del sistema con que fue instrumentado.

6.4 Criterios de inclusión: raíces mesiales de primeros y segundos molares mandibulares que fueron extraídos por causas ajenas a este estudio, ya sea por patologías periodontales, o por motivos ortodóncicos.

6.5 Criterios de exclusión: dientes que hayan tenido exodoncias traumáticas, raíces con curvatura mayor a 10° (según Schneider, 1971), dientes con fisuras externas, conductos en C.

6.6. Operacionalización de variables.

Las variables a tener en cuenta para el estudio fueron las siguientes. (Tabla 1):

Tabla 1. Operacionalización de variables.

MACROVARIABLE	VARIABLE	DEFINICIÓN	NATURALEZA	NIVEL DE MEDICIÓN	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN
Características estructurales De las raíces	Presencia de microfisuras.	Abertura con poca separación de sus bordes después de la instrumentación.	Cualitativa.	Nominal	Si. No.
	Tercio de la raíz	Zona de la raíz en la cual se presentan mayor cantidad de microfisuras.	Cualitativa.	Nominal	Tercio cervical. Tercio medio. Tercio apical.
	Tipo de microfisura.	Prolongación de la microfisura a través de la superficie.(extensión)	Cualitativa	Ordinal	Completa. Incompleta.

6.7. Método de trabajo: el proceso de recolección de la muestra inició al realizar la exodoncia de los órganos dentarios, luego fueron sumergidos en agua des-ionizada que funcionó como un medio de almacenamiento efectivo que no genera cambios en la estructura del esmalte o dentina por periodos prolongados y colocados en un recipiente plástico.

Luego fueron retirados del agua des-ionizada, secados y sumergidos en azul de metileno el cual fue diluido previamente con la colaboración de un químico farmacéutico a una concentración del 2% durante 24 horas con el fin de establecer si existen defectos estructurales preexistentes.

Al retirarlos de la solución, cada diente se secó, se tomó una radiografía inicial utilizando posicionador que permitió una proyección directa del mismo sin ningún tipo de angulación e informó acerca de la presencia de conducto desde coronal hasta apical y la clasificación de la curvatura de las raíces seleccionando aquellas con curvaturas menor a 10° según Schneider; posteriormente, se realizó cavidad de acceso con fresa redonda y endozeta, luego se estableció la longitud de trabajo utilizando una lima tipo K Denstply Maillefer #10 y restando 1 mm después de observar la salida del instrumento por el foramen apical, se dividió la muestra en 3 grupos: G1=20, G2=20, G3=20 y fueron distribuidos aleatoriamente para definir el sistema con que fueron instrumentados. La intervención y la lectura se realizó bajo doble cegamiento, para evitar sesgos metodológicos.

El proceso de preparación de conductos se dio por un solo operador y de acuerdo al protocolo del fabricante, la irrigación se realizó con solución de hipoclorito de sodio al 2,5% entre lima y lima, utilizando jeringas de 5 ml y aguja de punta roma 27G (monoyect); cada diente fue irrigado utilizando 5 cc de la solución irrigadora.

G1: PROTAPER GOLD primero se exploró el conducto con una lima 10, luego se verificó la permeabilidad o Glydepath utilizando una lima ProGlider® (Maillefer) hasta 2/3 del conducto. En presencia de irrigante se inició la instrumentación con la lima S1 en el conducto y siguió pasivamente la vía de deslizamiento, retirando la dentina para mejorar el acceso, se irrigó y se instrumentó nuevamente. Luego se utilizó la lima S2, y de este forma se preparó tercio coronal y medio. Luego se determinó la longitud de trabajo, se confirmó la permeabilidad hasta tercio apical, se utilizó la lima S1 y S2 hasta alcanzar longitud de trabajo haciendo movimientos de cepillado, se irrigó, se recapituló y se volvió a irrigar. Se utilizó la lima de acabado F1 y no se dejó en la longitud de trabajo durante más de un segundo, y finalmente se utilizó la lima F2 (0.8%). La secuencia PROTAPER GOLD™ es la misma independientemente de la longitud, diámetro o curvatura del conducto.

G2: WAVE ONE GOLD primero se exploró el conducto con una lima 10, luego se verificó la permeabilidad o Glydepath utilizando una lima ProGlider® (Maillefer) hasta 2/3 del conducto. Se irrigó, la instrumentación continuó utilizando la lima Small 20.07 con la que se preparó tercio coronal y medio. Se hizo nuevamente permeabilidad, pero esta vez llegando hasta apical y se estableció la longitud de trabajo. Una vez estuvo el conducto perfectamente permeable, se irrigó y se instrumentó con la lima Small presionando tres veces para avanzar apicalmente, se irrigó, se limpió el instrumento, se permeabilizó con lima 10, se introdujo una lima Primary (0,7 %) hasta alcanzar longitud de trabajo realizando movimiento de cepillado. Al finalizar se irrigó nuevamente.

G3: RECIPROC BLUE Lo primero fue determinar la longitud de trabajo y elegir la lima que se utilizó para la instrumentación, que para este estudio fue una lima R25 (0,8%) recomendada para conductos parcial o completamente visibles en la radiografía preoperatoria y una lima tipo k #20 no alcanzaba la longitud de trabajo pasivamente. Para esta técnica no es necesario hacer Glydepath, sin embargo para estandarizar el proceso de instrumentación se utilizó una lima ProGlider® (Maillefer). Una vez escogida la lima se colocó el tope de goma a 2/3 de esa longitud, se introdujo el instrumento con movimientos de picoteo (entrada y salida), sin retirarlo completamente del conducto con una amplitud de los movimientos de entrada y salida que no se excedió los 3-4mm. Después de 3 movimientos de entrada y salida, cuando se necesitó mayor presión para que el instrumento avanzara simplemente se notó mayor resistencia, se debió sacar el instrumento del conducto y limpiar sus espiras. En todo momento, se debió mantener la permeabilidad apical (lima k 10) e irrigó de forma continua. Después de alcanzar los 2/3 de la longitud tentativa se utilizó una lima K #10 para establecer de nuevo la longitud de trabajo y se volvió a utilizar el instrumento hasta alcanzar la longitud de trabajo.

Al finalizar la preparación químico-mecánica de cada diente y teniendo en cuenta la longitud promedio de la raíz mesial de primer y segundo molar mandibular (21

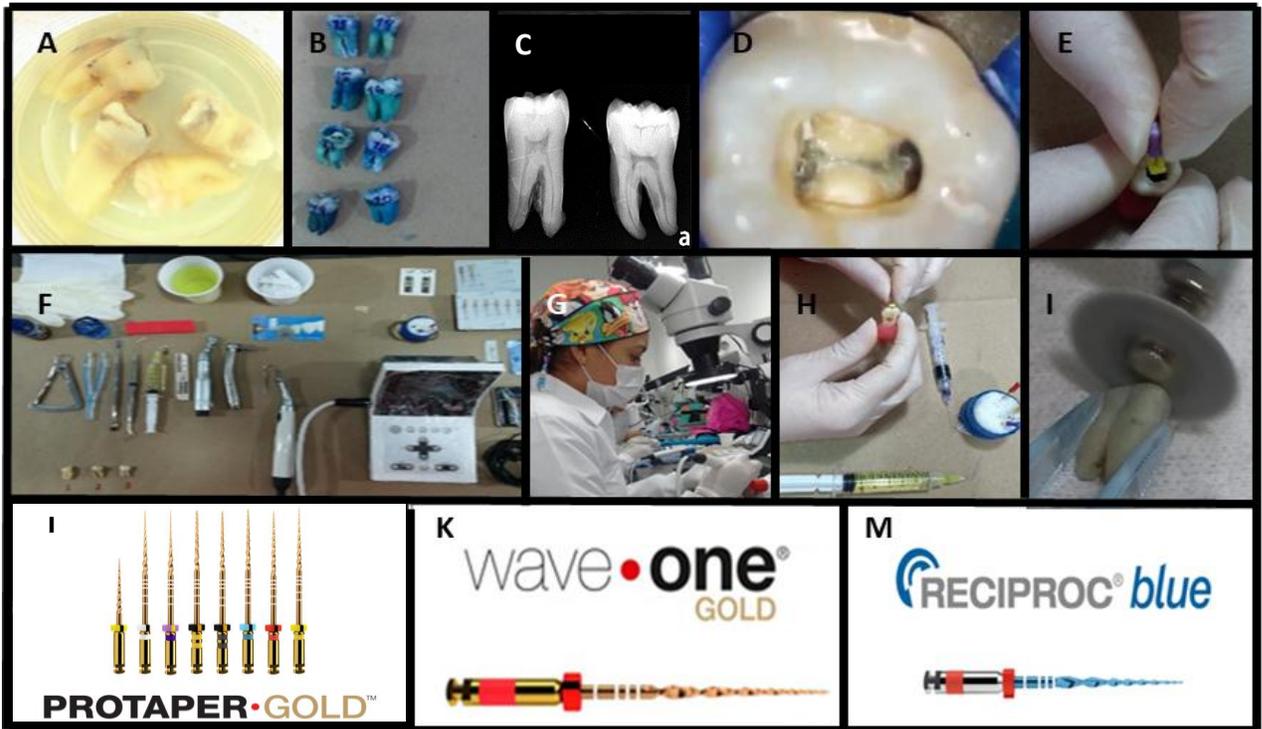
mm), se procedió a retirar la corona a 9 mm de longitud utilizando pieza de alta velocidad con refrigeración constante (NSK®) acompañada de una fresa troncocónica de diamante n° 2. De allí, se obtuvo una longitud de 12 mm de raíz que a su vez fue dividida en tercios a 4, 8 y 12 mm mediante un dentímetro donde los cortes fueron realizados con discos de diamante accionados a través de una pieza de baja velocidad (NSK®).

Cada tercio fue observado con microscopio óptico (D & D implementos – Bogotá D.C) donde se determinó la presencia de microfisuras previas a la instrumentación y estas fueron determinadas mediante las fisuras pigmentadas cuando fueron sumergidas en la primera oportunidad con azul de metileno. La imagen se obtuvo por medio de una tarjeta capturadora de fotos (Easier CAP. CAPTURE. USB 2.0 Video Adapter With Audio), conectado a un computador portátil (AZUS) para que las imágenes vistas desde el microscopio fueran guardadas en el computador, por cada corte transversal que se realizaba.

Inmediatamente, se sumergió cada sección en solución de azul de metileno por 24 horas más, luego se retiraron y secaron para ser nuevamente observados en el microscopio y de esa forma se identificaron aquellas microfisuras generadas luego de la instrumentación. La imagen fue capturada de la misma forma como se realizó previamente. (Ver figura 1)

Los resultados fueron observados, organizados y tabulados; previo a esto se realizó una calibración interexaminadores e intrainxaminadores hasta que todos los examinadores obtuvieron un coeficiente kappa Cohen superior a 0,8 y tuvieran la misma probabilidad de seleccionar la misma opción de forma individual. Al finalizar se tuvo en cuenta defectos estructurales horizontales producidos durante la instrumentación.

Figura 1. Recolección de la muestra.



A. Dientes extraídos, sumergidos en agua des-ionizada. B. Muestra sumergida en azul de metileno al 2% durante 24 horas. C. Radiografía preoperatoria. D. Cavidad de acceso. E. Permeabilidad para obtener longitud de trabajo. F. Mesa de trabajo. G. Instrumentación. H. Irrigación con hipoclorito de sodio. I. Decoración y seccionamiento de dientes. J. G1: Protaper Gold. K. Wave One Gold. M. Reciproc Blue.

6.7.1. Prueba piloto: se realizó previamente una prueba piloto con el 5% de la muestra, a través del cual se realizó validación del instrumento de recolección de la muestra y se produjeron cambios como la inclusión de la descripción de defectos estructurales preexistentes, para poder diferenciarlos de los defectos producidos por la instrumentación y así no arrojar resultados sesgados.

Debido a la dificultad para la recolección de la muestra, se decidió a ampliar los criterios de inclusión, por lo tanto se seleccionaron también raíces mesiales segundos molares mandibulares.

6.7.2 Instrumento de recolección: para la recolección de la información se diseñó un instrumento donde reposan todos los datos de cada diente que se evaluaron. Se efectuó posteriormente la prueba piloto aplicando dicha herramienta, a fin de estableció la claridad y concreción de las preguntas y coherencia con la realidad de la población. Posteriormente, se realizaron los arreglos necesarios hasta obtener el instrumento que se aplicó como encuesta de evaluación de impacto la cual se utilizó un instrumento de observación (ver anexo A).

6.8. Recolección de la muestra.

6.8.1. Sensibilización: previo a la ejecución del proyecto, se solicitó un consentimiento informado e historia clínica; cada paciente firmó un consentimiento informado para mayores de edad o un asentamiento para quienes no alcancen la mayoría de edad donde se declaró informado sobre el objetivo de la investigación y aceptó libremente que su diente o dientes se utilizaran en esta. Donde además reconoció que el diente se le realizó exodoncia por decisión propia o por patologías ajenas a este estudio.

6.8.2. Fuente de información: se tomaron los datos de una fuente mixta: la fuente primaria fueron los dientes extraídos, y la secundaria fueron las historias clínicas donde reposó el motivo por el cual se realizó dicho procedimiento.

6.8.3. Técnica de recolección: en la recolección de la información y los dientes, se solicitó la colaboración a los estudiantes de pregrado y del postgrado de Ortodoncia de la facultad de Odontología de la Universidad de Cartagena para que reportaran el caso en que se realizó exodoncia de primeros y segundos molares mandibulares con enfermedad periodontal o con motivos ortodónticos.

6.9. Análisis estadístico: Todos los datos obtenidos fueron tabulados utilizando el programa Excel (Windows 10); posteriormente la base de datos fue exportada al software SPSS versión 20 (Statistical Package for the Social Sciences). El análisis estadístico se realizó teniendo en cuenta la naturaleza de las variables cualitativas, se describió la frecuencia y el porcentaje. El análisis bivariado fue realizado a través de la prueba chi cuadrado para describir asociaciones estadísticas entre los grupos teniendo en cuenta un nivel de significancia de $p < 0.05$.

6.10. Consideraciones éticas: para la realización del proyecto, considerado como de riesgo ético bajo, se tuvo en cuenta las implicaciones éticas contempladas en la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia y el protocolo para el manejo de dientes de la Universidad de Cartagena, refiriéndose a consentimiento informado e historia clínica. (ver anexo B.)

- Recepción de dientes post-extracción e inmersión en 10ml de agua desionizada en un recipiente independiente, marcados con la fecha de recepción y un número que protegerá la identidad del donante.
- Una vez terminado el proceso de laboratorio, los residuos anatómopatológicos fueron puestos a disposición de la empresa encargada de la recolección de residuos a la cual se encontró suscrita la universidad de Cartagena, acogidos al Plan de gestión integral de residuos hospitalarios y similares (PGIRHS).
- Requisitos y obligaciones para la seguridad radiológica.

7. RESULTADOS.

De un total de sesenta muestras, se encontró que el 88,3% presentan microfisuras antes de la instrumentación, de las cuales un 46,7% se encontraban en el tercio coronal. Para el 38,3 % de los dientes, no hubo presencia de microfisuras en otro tercio previo de la instrumentación, además del mencionado anteriormente. (Ver tabla 2)

Tabla 2. Presencia de microfisuras antes de la instrumentación

Presencia de microfisuras	n	%	p
<i>Si</i>	53	88,3	0,46
<i>No</i>	7	11,7	
Tercio			
Cervical	28	46,7	0,123
Medio	18	30,0	
Apical	7	11,7	
Ninguno	7	11,7	

Al finalizar la preparación de los canales radiculares, se observó la presencia de microfisuras en el 75% en el tercio cervical, de las cuales un 33,3% fueron microfisuras completas de las muestras analizadas de los tres grupos.

(Ver tabla 3)

Tabla 3. Presencia y tipo de microfisuras después de la instrumentación (general).

TERCIO CERVICAL	Presencia	n	%	p
	<i>Si</i>	45	75,0	0,041
	<i>No</i>	15	25,0	
	Extensión Fisura	n	%	
	<i>Completa</i>	20	33,3	
	<i>Incompleta</i>	14	23,3	
	<i>Ambas</i>	11	18,3	
<i>Ninguna</i>	15	25,0		
TERCIO MEDIO	Presencia	n	%	p
	<i>Si</i>	42	70,0	0,49
	<i>No</i>	18	30,0	
	Extensión Fisura	n	%	
	<i>Completa</i>	20	33,3	
	<i>Incompleta</i>	18	30,0	
	<i>Ambas</i>	3	5,0	
<i>Ninguna</i>	19	31,7		
TERCIO APICAL	Presencia	n	%	p
	<i>Si</i>	38	63,3	0,931
	<i>No</i>	22	36,7	
	Extensión Fisura	n	%	
	<i>Completa</i>	20	33,3	
	<i>Incompleta</i>	13	21,7	
	<i>Ambas</i>	5	8,3	
<i>Ninguna</i>	22	36,7		

Al observar las muestras clasificadas por grupos según los sistemas de instrumentación utilizados, los resultados arrojaron que para el grupo de Protaper Gold, tuvo el 100% de las muestras microfisuras antes de realizar la instrumentación, mientras que el sistema Reciproc blue tuvo la menor cantidad de las mismas con un 75%. Para todos los grupos el tercio con el mayor número de microfisuras fue el tercio cervical con un 50%.

(Ver tabla 4).

Tabla 4. Presencia de microfisuras según el sistema de instrumentación.

	PROTAPER GOLD		WAVE ONE GOLD		RECIPROC BLUE		p
	n	%	n	%	n	%	
PRESENCIA DE MICROFISURAS (ANTES)							
<i>Si</i>	20	100,0	18	90,0	15	75,0	0,046
<i>No</i>	0	0	2	10,0	5	25,0	
Tercio							
<i>Cervical</i>	10	50,0	10	50,0	8	40,0	0,123
<i>Medio</i>	9	45,0	4	20,0	5	25,0	
<i>Apical</i>	1	5,0	4	20,0	2	10,0	
<i>Ninguna</i>	0	0,0	2	10,0	5	25,0	

De acuerdo con cada sistema utilizado, se observó que después de realizar la instrumentación el sistema con el que se produce mayor cantidad de microfisuras es Reciproc Blue con un 95% a nivel de tercio cervical y a nivel de tercio medio con un 80%, seguido de Protaper Gold y Wave One Gold con el mismo porcentaje de 65%, en tercio cervical y medio.

Respecto al tipo de microfisuras, todos los sistemas estudiados producen entre 30-35% de microfisuras completas a nivel de tercio cervical; No obstante a nivel de tercio cervical el sistema Reciproc Blue es el que produce mayor cantidad de microfisuras incompletas con un 40%, igual que en tercio medio con un 35%.

A nivel de tercio apical, el sistema que más produce microfisuras incompletas es Wave One Gold con un 30%. (Ver tabla 5)

El análisis estadístico que se realizó mediante una prueba Chi Cuadrado de Pearson, no demostró diferencias estadísticamente significativas, ($p > 0.05$) entre los distintos sistemas (Wave One Gold, Protaper Gold y Reciproc Blue) y la presencia de microfisuras dentinales después de cada instrumentación en el tercio cervical, medio y apical.

Tabla 5. Presencia de microfisuras después de la instrumentación en cada sistema.

		PROTAPER GOLD		WAVE ONE GOLD		RECIPROC BLUE		
Presencia		n	%	Fnr	%	n	%	p
<i>Si</i>		13	65,0	13	65,0	19	95,0	0,041
<i>No</i>		7	35,0	7	35,0	1	5,0	
TERCIO CERVICAL	Extension							
	<i>Completa</i>	7	35,0	7	35,0	6	30,0	
	<i>Incompleta</i>	3	15,0	3	15,0	8	40,0	
	<i>Ambas</i>	3	15,0	3	15,0	5	25,0	
	<i>Ninguna</i>	7	35,0	7	35,0	1	5,0	
Presencia		n	%	Fnr	%	n	%	p
TERCIO MEDIO	<i>Si</i>	13	65,0	13	65,0	16	80,0	0,49
	<i>No</i>	7	35,0	7	35,0	4	20,0	
Extension								

	<i>Completa</i>	6	30,0	7	35,0	7	35,0	
	<i>Incompleta</i>	5	25,0	6	30,0	7	35,0	
	<i>Ambas</i>	1	5,0	0	0,0	2	10,0	
	<i>Ninguna</i>	8	40,0	7	35,0	4	20,0	
	Presencia	n	%	Fnr	%	n	%	p
	<i>Si</i>	12	60,0	13	65,0	13	65,0	0,931
	<i>No</i>	8	40,0	7	35,0	7	35,0	
TERCIO APICAL	Extension							
	<i>Completa</i>	7	35,0	7	35,0	6	30,0	
	<i>Incompleta</i>	2	10,0	6	30,0	5	25,0	
	<i>Ambas</i>	3	15,0	0	0,0	2	10,0	
	<i>Ninguna</i>	8	40,0	7	35,0	7	35,0	

DISCUSIÓN.

La preparación biomecánica es uno de los pasos más importantes y definatorios para en un tratamiento endodóntico óptimo y funcional cuya finalidad desde el punto de vista mecánico es preservar la anatomía natural del órgano dentario reduciendo la posibilidad de crear daño a las microestructuras, a través de una conformación cónica y continua desde la corona hasta el ápice, manteniendo siempre la trayectoria original del canal.¹³⁹ El objetivo principal del presente estudio fue comparar tres técnicas de instrumentación mecanizada: Wave One Gold, Protaper Gold y Reciproc Blue, en la inducción de microfisuras en raíces mesiales de primeros y segundos molares mandibulares.

Para realizar este proyecto se analizaron previamente todas las muestras con el propósito de observar si habían microfisuras antes de realizar la instrumentación y los resultados arrojaron que si presentaron en un 88,3% de los casos. Este resultado coincide con lo planteado por de Lima Aboud y cols, quien afirma en su estudio que si hay presencia de microfisuras previas a la instrumentación haciendo énfasis en la posible influencia de los cambios en la dentina por la edad y concluye que la dentina joven presenta menor tendencia a microfisuras debido a su hidratación y mecanismos de disipación de energía y resistencia a la fractura, mientras que en la dentina vieja estos mecanismos disminuyen acompañado de degradación de fibrillas colágenas haciendo que la dentina se vuelva más frágil.¹⁴⁰

¹³⁹ RUBIO, J., et al. Comparison of Shaping Ability of 10 Rotary and Reciprocating Systems: an In Vitro Study with AutoCad. En: Acta Stomatologica Croata. Septiembre, 2017. Vol. 51. N° 3, p. 207-216.

¹⁴⁰ ABOUD, L. et al. Effect of Aging on Dentinal Crack Formation after Treatment and Retreatment Procedures: a Micro-CT Study. En: brazilian dental journal. Noviembre, 2018. Vol. 29, N° 6, p. 530- 535.

Este resultado también coincide con lo propuesto en estudios realizados por De-Deus y cols., hasta 2017 en los que afirmaba que no existía una relación causal entre la instrumentación y la formación de microfisuras ya que estas correspondían a microgrietas preexistentes.¹⁴¹ Sin embargo, en su más reciente estudio realizado en 2018 pone en tela de juicio la validez todos los resultados anteriores ya que evaluó nuevamente muestras en modelos de cadáveres y concluyó que existe ausencia de microfisuras en dientes no tratados endodónticamente, a menos que estos hayan sufrido alteraciones traumáticas durante la exodoncia, hayan sufrido deshidratación o no hayan sido conservados y manejados de la forma correcta, aunque hasta ahora no existe un acuerdo internacional sobre manejo y conservación de las muestras.¹⁴²

En el presente estudio estas microfisuras previas se observaron y tabularon, con el fin de poder diferenciarlas en caso de que se presentaran microfisuras posteriores a la instrumentación, de tal forma que no fueron tenidas en cuenta durante los resultados.

Aquellas microfisuras incompletas que después de la instrumentación se convirtieron en microfisuras completas tampoco fueron tenidas en cuenta, con el propósito de solo anotar microfisuras nuevas correspondientes al factor evaluado que fue la instrumentación de canales.

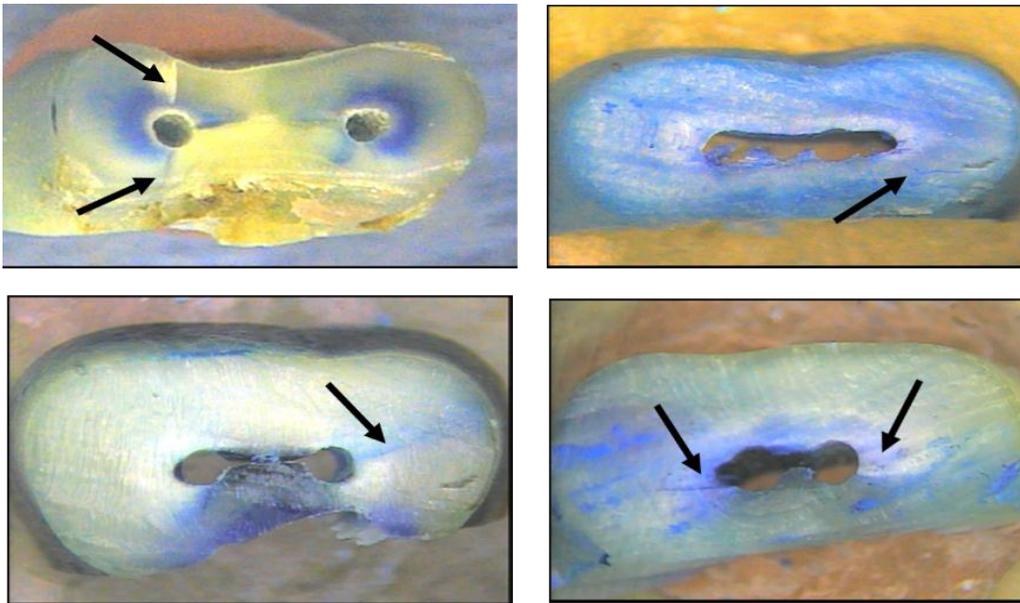
¹⁴¹ DE-DEUS, G; Op, cit., p. 1554.

¹⁴² DE-DEUS, G. Op, cit., p. 1555.

A pesar de ello, la presencia de microfisuras dentinales en gran parte de la muestra antes de la instrumentación fue considerada una limitación ya que pudo aumentar la subjetividad al realizar el análisis de las imágenes.

(Ver figura 2)

Figura 2. Microfisuras previas a la instrumentación.



Del porcentaje mencionado respecto a las microfisuras producidas antes de la instrumentación, el 46,7% de estas se encuentran ubicadas en el tercio cervical, datos que coinciden con Pradeepkumar y cols., que reportan porcentajes similares en la observación de dientes no tratados endodónticamente, que van progresando hacia apical, por lo general se ubican en sentido mesiodistal y está asociado con restauraciones, interferencias oclusales y hábitos parafuncionales.¹⁴³

Después de realizar la instrumentación, los resultados arrojaron que independientemente del sistema utilizado, si se producen microfisuras sobre la superficie radicular con un porcentaje del 75% presentándose con mayor frecuencia microgrietas completas en tercio cervical (33,3%). Estos datos son corroborados por Bahram y cols., pero ellos advierten que estos datos deben ser tomados con precaución ya que en este tipo de estudios realizados con dientes ex vivo no hay control total de las muestras porque las microfisuras pueden producirse por la extracción o por la ausencia de ligamento periodontal.¹⁴⁴

Por su parte, de Oliveira y cols., concluyen que la instrumentación no produce microfisuras ya que al escanear las muestras con micro-CT observaron que las microgrietas ya estaban presentes antes de la instrumentación; también afirman que la eliminación de dentina no siempre resulta en una mayor susceptibilidad a la fractura teniendo en cuenta que algunos instrumentos tienen conicidad muy variables, y sugiere evaluar otros factores como curvatura de la raíz y tamaño del canal.¹⁴⁵

¹⁴³ PRADEEPAKUMAR, AR. et al. Preexisting Dentinal Microcracks in Nonendodontically Treated Teeth: An Ex Vivo Micro-computed Tomographic Analysis. En: journal of endodontics. Junio, 2017. Vol. 43, N°6, p. 896-900.

¹⁴⁴ BAHRAMI, P. et al. Detecting Dentinal Microcracks Using Different Preparation Techniques: An In Situ Study with Cadaver Mandibles. En: journal of endodontics. Diciembre, 2017. Vol. 43, N° 12, p. 2070-2073.

¹⁴⁵ DE OLIVEIRA, B. et al. Micro-computed Tomographic Analysis of Apical Microcracks before and after Root Canal Preparation by Hand, Rotary, and Reciprocating Instruments at Different Working Lengths. Julio, 2017. Vol. 43. N° 7, p. 1143-1147.

Zuolo y cols., apoyan esta información ya que en un estudio realizado en 2017 donde evalúan la estructura dentinaria y los efectos de la instrumentación en el canal concluyeron que todos los defectos dentinarios observados en los conjuntos de datos postoperatorias ya estaban presentes en las imágenes preoperatorias correspondientes, lo que indica que no se observaron nuevas micro-grietas después de la preparación del canal radicular con los sistemas probados, independientemente de su cinemática o eficiencia de corte.¹⁴⁶

Con el advenimiento de los instrumentos de níquel-titanio surgieron varios interrogantes respecto a los efectos que pueden producir en la superficie radicular. Por ejemplo, WU y cols., afirman que el uso de instrumentos de NiTi provoca grietas a nivel de la dentina radicular, la cual tienen la viabilidad de convertirse prontamente en fracturas radiculares.¹⁴⁷

En el presente estudio, luego de haber realizado la conformación del sistema de conductos con los tres sistemas de instrumentación, el que produjo una mayor cantidad de microfisuras fue Reciproc Blue con un 95% a nivel de tercio cervical y a nivel de tercio medio con un 80%, seguido de Wave One Gold con un porcentaje de 65%, en tercio cervical y medio. (Ver figura 3)

¹⁴⁶ ZUOLO, M. et al. Micro-computed tomography assessment of Dentinal micro-cracks after root canal preparation with trushape and self adjusting file Systems. En: journal of endodontics. Abril, 2017. Vol. 43, N°4, p. 619-622.

¹⁴⁷ WU. op cit, p. 139.

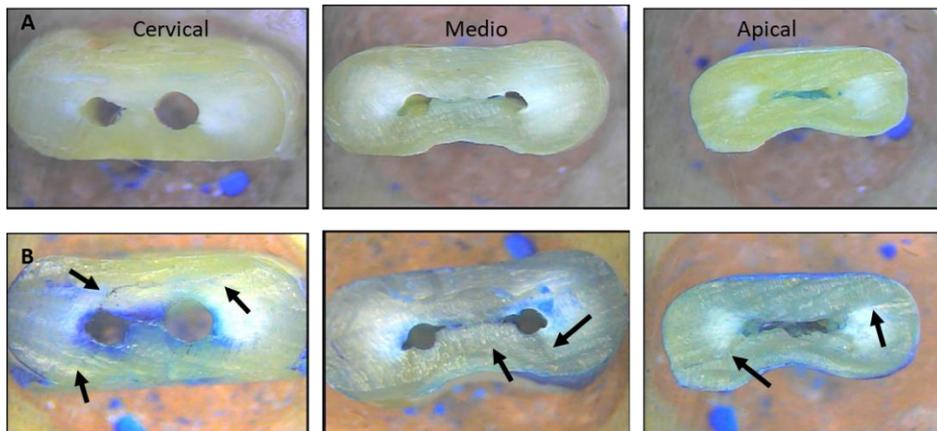


Figura 3. Sistema Reciproc Blue. Microfisuras después de la instrumentación

A. Antes de la instrumentación. B. Después de la instrumentación.

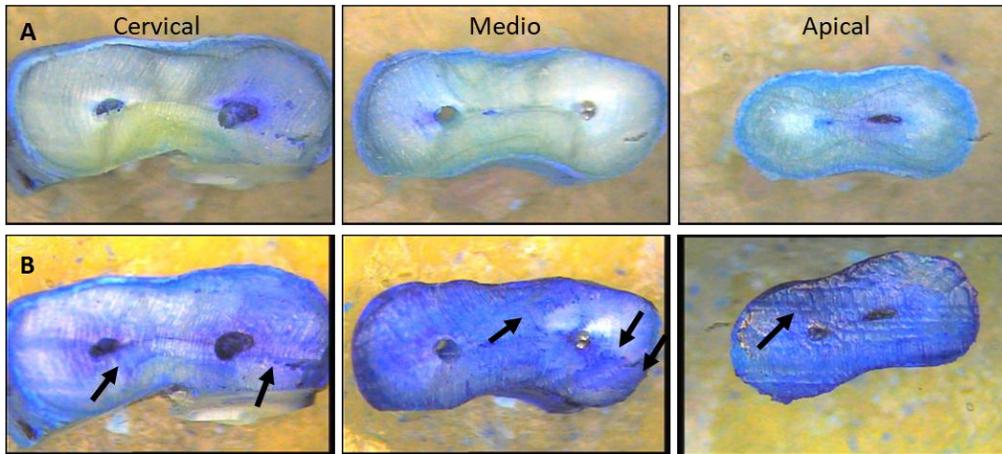
Plotino y cols., refiere que la lima de Reciproc Blue (R25), presenta mayor eficiencia de corte, posiblemente debido al diseño de la sección transversal y ángulo de corte generando un indicador importante en la potencia de corte del instrumento de reciprocidad, la cual puede eliminar más dentina durante la preparación, lo que es más propenso a formar microfisuras a nivel de la dentina radicular; mientras que el diseño del instrumento Wave One Gold tenga un corte menor, en consecuencia genere una menor producción de microfisuras en la superficie del canal radicular.¹⁴⁸

¹⁴⁸ PLOTINO, G. et al., Cutting efficiency of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments. En: Journal of Endodontics. Agosto, 2014. Vol.40. N°8, p. 1228–30.

Sin embargo, De Deus y cols., en 2014 investigaron si existía relación causal entre la presencia de microfisuras después de la instrumentación y la utilización de sistemas reciprocantes, y concluyeron que no existe ninguna relación entre las mismas y los sistemas rotatorios y reciprocantes tienen la misma posibilidad de desarrollar microfisuras. Además, se refieren a los resultados de otros estudios que difieren de este, afirmando que pueden arrojar datos erróneos debido a los procedimientos de seccionamiento o al ataque químico con la solución irrigadora a base de hipoclorito de sodio.¹⁴⁹ Los instrumentos Reciproc Blue tienen una sección “S”, mientras que los instrumentos WOG tienen forma de paralelogramo, debido al diseño de este, se espera que WOG tenga un poder de corte menor y, en consecuencia, genere un menor número de microfisuras.¹⁵⁰ De igual manera los resultados arrojaron que a nivel de tercio cervical el sistema Reciproc Blue es el que produce mayor cantidad de microfisuras incompletas con un 40%, y a nivel de tercio apical, el sistema que más produce microfisuras incompletas es Wave One Gold con un 30%. Adorno y cols., comparten lo anterior y afirman que las diferencias entre los instrumentos probados con respecto a la incidencia de defectos de la dentina pueden deberse a la técnica de preparación y al diseño transversal de los instrumentos. El movimiento recíproco parece mejorar el transporte de virutas hacia el vértice y minimizar la formación de grietas dentinales.¹⁵¹

Contrario a esto, de Oliveira y cols., en un estudio realizado solo evaluando instrumentación recíproca concluyó que el sistema Wave One Gold independientemente de la longitud de trabajo, no se asoció con la formación de microgrietas apicales. Afirma que los resultados de estudios anteriores podrían deberse a que fueron realizados con una metodología equivocada de trabajo o a traumas ocurridos durante la vida del paciente.¹⁵²

Figura 4. Sistema Wave One Gold. Microfisuras después de la instrumentación.



A. Antes de la instrumentación. B. Después de la instrumentación.

Respecto al tipo de microfisuras, todos los sistemas estudiados produjeron entre el 30-35% de microfisuras completas a nivel de tercio cervical y solo a nivel de tercio apical, el sistema que más produjo microfisuras incompletas fue Wave One Gold con un 30%.

Algunos autores como Özyürek, y cols., concuerda que el número más alto de formación o aparición de microfisuras se producen en el tercio cervical y/o apical es debido a la configuración anatómica del conducto radicular o también podría deberse a los altos niveles de concentración de estrés en las paredes del conducto radicular, dando lugar a la formación de grietas y también al estrechamiento lo que aumenta la dificultad de la progresión del instrumento hacia el conducto radicular. ¹⁵³

Liu y cols., en un estudio realizado en 2013 en el cual compararon varios sistemas de instrumentación arrojó que Reciproc, OneShape, y SAF causaron menos daño que el sistema ProTaper cuando se utilizaron cinco instrumentos secuencialmente y afirman que esto podría deberse a que entre más manipulaciones se hagan en el canal, mayor será la acumulación de daños.¹⁵⁴

En el presente estudio el sistema Protaper Gold demostró que existe una mejoría sustancial con respecto a su predecesor, Protaper Universal, ya que fue el sistema que produjo menor cantidad de microfisuras completas a nivel de tercio medio (30,0%). Bayram y cols., afirmando que a pesar de que estos dos sistemas tienen un mismo principio de funcionamiento, conicidad, y geometría, su cambio en la metalurgia representa mayor flexibilidad del instrumento, su instrumentación a través del uso de varias limas permite también una conformación progresiva causando menor estrés mientras se deslizan a través del canal tratado.¹⁵⁵

¹⁵⁴ LIU, R. et al. The incidence of root Microcracks caused by 3 different single-file Systems versus the protaper system. En: journal of endodontics. Agosto, 2013. Vol: 39, N° 8, p. 1054-6.

¹⁵⁵ BAYRAM, HM. Effect of ProTaper Gold, Self-Adjusting File, and XP-endo Shaper Instruments on Dentinal Microcrack Formation: A Micro-computed Tomographic Study. En: journal of endodontics. Julio, 2017. Vol. 43, N° 7, p. 1169-1169.

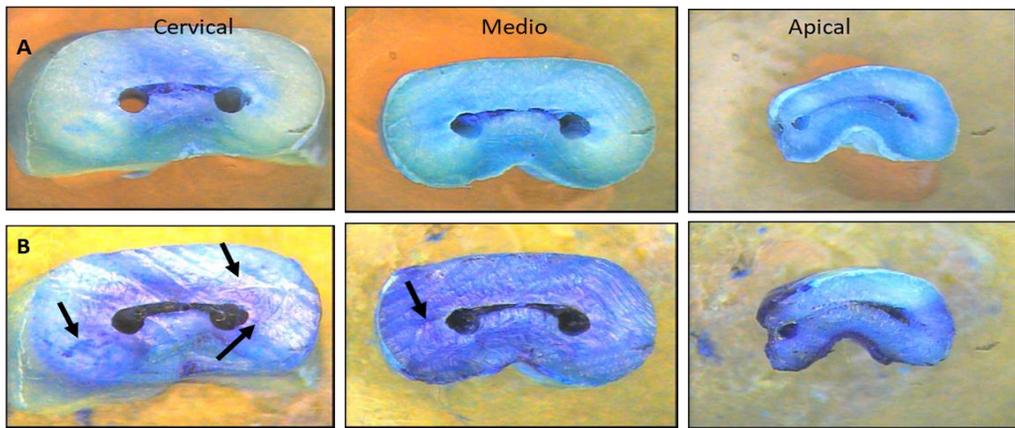


Figura 5. Sistema Protaper Gold. Microfisuras después de la instrumentación

A. Antes de la instrumentación. B. Después de la instrumentación.

9. CONCLUSIÓN.

El tratamiento termomecánico realizado a aleaciones de Níquel-Titanio preexistentes en el mercado endodóntico ha representado una evolución beneficiosa para los clínicos endodoncistas en el ejercicio de su profesión.

Recientemente, las diferentes casas comerciales han promocionado sistemas como Wave One Gold, Reciproc Blue y Protaper Gold que ofrecen mejoras sustanciales en la resistencia a la fatiga cíclica y disminución en errores de procedimiento.

Esto ha sido demostrado a través del presente estudio que permitió la instrumentación de raíces mesiales de primeros y segundos molares mandibulares que por su anatomía son consideradas estrechas, y podrían dificultar el deslizamiento de las limas en el canal, sin embargo clínicamente justificaron que permiten tratamientos endodónticos funcionales y con resultados predecibles.

A nivel de los componentes estructurales de los dientes todavía es necesario seguir investigando acerca de los efectos de estos sistemas de instrumentación en la inducción de microfisuras. El presente estudio concluyó que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre los tres sistemas observados, sin embargo se hace necesario seguir investigando el tema en materia de presencia de microfisuras en dientes no tratados endodónticamente y la utilización de nuevas tecnologías para el análisis de las muestras como microtomografía computarizada (micro-CT) que permitan resultados extrapolables, concluyentes y aplicables a la práctica diaria.

10. RECOMENDACIONES.

Se recomienda a futuras investigaciones de la especialidad de endodoncia, continuar con estudios que investiguen acerca de los sistemas más utilizados en nuestro medio, con nuevas y mejores variaciones en la metodología de trabajo que permitan mayor control de factores externos que puedan llevar a resultados equívocos, así como estudios que puedan diferenciar la presencia previa y posterior de microfisuras al realizar la instrumentación mecanizada, donde finalmente se pueda identificar el tercio de la raíz y el tipo de microfisuras donde ocurren con mayor frecuencia, con los sistemas que previamente se utilizaron en este proyecto de investigación.

11. BIBLIOGRAFÍA.

1. ABOU, E. et al. Dentinal damage and fracture resistance of oval roots prepared with single-file systems using different kinematics. En: Journal of endodontics. Junio, 2014. Vol. 40. N° 6, p. 849-851.
2. ABOUD, L. et al. Effect of Aging on Dentinal Crack Formation after Treatment and Retreatment Procedures: a Micro-CT Study. En: brazilian dental journal. Noviembre, 2018. Vol. 29, N° 6, p. 530- 5535.
3. ADIGUZEL, M. et al. Comparison of the ability of Reciproc and Reciproc Blue instruments to reach the full working length with or without glide path preparation. En: restorative dentistry and endodontics. Noviembre. 2018. Vol. 43. N° 4, p.41.
4. ADORNO, CG, et al. The effect of endodontic procedures on the initiation and propagation of apical cracks ex vivo. En: International Endodontics Journal. -Agosto, 2013. Vol.46, N°8, p. 763–8.
5. AGUIAR, C; DE ANDRADE, D, CÂMARA, A. et al. Evaluation of the centering ability of the ProTaper Universal rotary system in curved roots in comparison to Nitiflex files. En: Australian Endodontic Journal. Diciembre, 2009. Vol. 35, N°3, p. 174-9.
6. ALBERDI, j. wave one gold. Casos clínicos. En: blog catedra de endodoncia Argentina, usal/aoa. Julio, 2016.
7. ARIAS, A. et al. Torsional Performance of ProTaper Gold Rotary Instruments during Shaping of Small Root Canals after 2 Different Glide Path Preparations. En: journal of endodontics. Marzo, 2017. Vol. 43. N° 3, p. 447-451.
8. BAHRAMI, P. et al. Detecting Dentinal Microcracks Using Different Preparation Techniques: An In Situ Study with Cadaver Mandibles. En: journal of endodontics. Diciembre, 2017. Vol. 43, N° 12, p. 2070-2073.

9. BAYRAM, HM. Effect of ProTaper Gold, Self-Adjusting File, and XP-endo Shaper Instruments on Dentinal Microcrack Formation: A Micro-computed Tomographic Study. En: journal of endodontics. Julio, 2017. Vol. 43, N° 7, p. 1169-1169.
10. BRANTLEY, WA; SVEC, TA; IJIMA, M. et al. Differential Scanning Calorimetric Studies of Nickel Titanium Rotary Endodontic Instruments. En: Journal of endodontics. Agosto, 2002. Vol. 28, N°8, p. 567-72.
11. BERUTTI, E. et al. Comparative analysis of torsional and bending stresses in two mathematical models of nickel-titanium rotary instruments: ProTaper versus ProFile. En: journal of endodontics. Enero, 2003. Vol. 29. N°1, p. 15-19.
12. BERUTTI, E; GAGLIANI, M. et al. Manual de Endodoncia. Editorial Amolca. Sociedad italiana de endodoncia. Agosto, 2017. Vol. 1. Cap. 3.
13. BURGOS, F. et al. Aleación níquel titanio en endodoncia. En: Universidad Valparaíso. Proyecto de grado. Junio, 2013. p. 30-33.
14. BURKLEIN, S; TSOTSIS, P y SCHAFER, E. et al. Incidence of Dentinal Defects after Root Canal Preparation: Reciprocating versus Rotary Instrumentation. En: Journal of endodontics. Abril, 2013. Vol.39, N°4, p. 501-4.
15. ÇAPAR, I; UYSAL, B. et al. Effect of the size of the apical enlargement with rotary instruments, single-cone filling, post space preparation with drills, fiber post removal, and root canal filling removal on apical crack initiation and propagation. En: journal of endodontics. Febrero, 2015. Vol. 41. N° 2, p. 253. 256.
16. CASSIMIRO, M. et al. Effects of Reciproc, ProTaper Next and WaveOne Gold on Root Canal Walls: A Stereomicroscope Analysis En: iranian endodontic journal. Marzo, 2018. Vol. 13. N° 2, p. 228-233.
17. DE-DEUS, G; SILVA, EJ. et al. Blue Thermomechanical Treatment Optimizes Fatigue Resistance and Flexibility of the Reciproc Files. En: journal of endodontics. Marzo, 2017. Vol. 43. N° 3. P. 462-466.

18. DE OLIVEIRA, B; CRUZ, A y AMANCIO, D. et al. Micro-computed Tomographic Analysis of Apical Microcracks before and after Root Canal Preparation by Hand, Rotary, and Reciprocating Instruments at Different Working Lengths. En: Journal of Endodontic. Julio, 2017. Vol. 43, N°7, p. 1143-1147.
19. DE-DEUS, G; CÉSAR DE AZEVEDO, C. et al. Dentinal Microcrack Development after Canal Preparation: A Longitudinal in Situ Micro-computed Tomography Study Using a Cadaver Model. En: Journal of endodontis. Septiembre, 2017. Vol. 43. N°9, p. 1553- 1558.
20. DE-DEUS, G; MOREIRA, EJ y LOPES, HP. et al. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. En: International Endodontic Journal. Diciembre, 2010. Vol. 43, N°12, p. 1063-8.
21. DE- DEUS, G. et al. Lack of causal relationship between dentianl Microcracks anda root canal preparation with reciprocatio Systems. En: journal of endodontics. Septiembre, 2014. Vol: 40, N° 9, p. 1447-50.
22. DE LIMA MACHADO, LM. Endodoncia ciencia y tecnología. Editorial Amolca, tomo 1. Octubre, 2015. Vol. 2. Cap. 9-10.
23. DE OLIVEIRA, B. et al. Micro-computed Tomographic Analysis of Apical Microcracks before and after Root Canal Preparation by Hand, Rotary, and Reciprocating Instruments at Different Working Lengths. Julio, 2017. Vol. 43. N° 7, p. 1143-1147.
24. DUQUE, J. Influence of NiTi alloy on the root canal shaping capabilities of the ProTaper Universal and ProTaper Gold rotary instrument systems. En: journal of applied oral science. Enero, 2017. Vol. 25. N° 1, p. p. 27-33.
25. FERNÁNDEZ, Y; MENDIOLA, C. et al. Evolución de los sistemas rotatorios en endodoncia: propiedades y diseño. En: Rev Estomatol Herediana. Marzo, 2011. Vol. 21, N°1, p. 51-54.

26. GOLDBERG, F; SOARES, IJ. et al. Endodoncia, Técnica y fundamentos. En: GOLDBERG, et al. Buenos Aires, Argentina. Editorial Panamericana, 2 Edición. 2002.
27. HA, J. et al. Safe pseudoelastic limit range under torsional loading with Reciproc Blue. En: international endodontics journal. Febrero, 2019. Vol. 52, N° 2, p. 244-249.
28. HELVACIOGLU, D. et al. Evaluation of dentinal defect formation after root canal preparation with two reciprocating systems and hand instruments: an in vitro study. Biotechnology & Biotechnological Equipment. En: Biotechnology, biotechnological equipment. Enero, 2015. Vol. 29. N° 2, p. 368-373.
29. HIEAWY, A. et al. Phase Transformation Behavior and Resistance to Bending and Cyclic Fatigue of ProTaper Gold and ProTaper Universal Instruments. En: journal of endodontics. Julio, 2015. Vol. 47. N°7, p. 1134-8.
30. JIMÉNEZ, J; DEL RIO, T. et al. Instrumentación rotatoria en endodoncia: reporte de casos clínicos. En: International Journal of Odontostomatology. Abril, 2012. Vol. 6, N°1, p. 89-95.
31. KARATAS, E. et al. Dentinal crack formation. En: International Endodontics Journal. Septiembre, 2016. Vol. 49. N° 9, P. 905-910.
32. KIM, H; LEE, L. et al. Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture. En: journal of endodontics. Julio, 2010. Vol. 36. N°7, p. 1195-1199.
33. KIM, H; KWAK, S. et al. Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne. En: Journal of Endodontics. Abril, 2012. Vol. 34. N° 4, p. 541-544.
34. KUHN, G; TAVERNIER, B y JORDAN, L. Influence of structure on nickel-titanium endodontic instruments failure. En: journal of endodontics. Agosto, 2001. Vol.27, N° 8, p. 516-20.

35. KUTTLER, S .et al. La era dorada de la instrumentación endodóntica. En: revista. Soluciones clínicas en odontología, dentsply. Septiembre, 2016. N°007, p. 6-10.
36. KRASNER, P; RANKOW, HJ. et al. Anatomy of the Pulp-Chamber Floor. En: Journal of endodontics. January 2004. Vol.30, N°.1, p. 5-16.
37. LI, SH; SONG, D y ZHOU, X. et al. Occurrence of Dentinal Microcracks in Severely Curved Root Canals with ProTaper Universal, WaveOne, and ProTaper Next File Systems. En: Journal of Endodontics. Noviembre, 2015. Vol. 41, N°.11, p. 1875-9.
38. LIAO, WC; TSAI, YL y WANG, CY. et al. Clinical and Radiographic Characteristics of Vertical Root Fractures in Endodontically and Nonendodontically Treated Teeth. En: Journal Of endodontics. Mayo, 2017. Vol. 43, N°.5, p. 687-693.
39. LIU, R; KAIWAR, A. et al. Incidence of apical root cracks and apical dentinal detachments after canal preparation with hand and rotary files at different instrumentation lengths. En: journal of endodontics. Enero, 2013. Vol. 39. N°1, p. 129-132.
40. LIU, R.et al. The incidence of root Microcracks caused by 3 different single-file Systems versus the protaper system. En: journal of endodontics. Agosto, 2013. Vol: 39, N° 8, p. 1054-6.
41. MACHTOU, P. et al. ProTaper Next TM: A new shaping movement. In Machado M's textbook: Endodontics. 2014, Sous presse. Cap. 3.
42. MARTIN, B; ZELADA, G. et al. Factors influencing the fracture of nickeltitanium rotary instruments. En: international endodontic journal. Abril, 2003. Vol. 36. N°4, p. 262-266.
43. NAGESWAR, R. Endodoncia avanzada. Editorial Amolca. Enero, 2011. Vol. 1. Cap. 12.
44. NESSRIN, A; GHADA A, DYANA, S. et al. Shaping ability of thermomechanically treated files in simulated S-shaped root Canals. En: Open Journal of Stomatology. Octubre, 2013. Vol.3, N°.7, p. 386-391.

45. NISHAD, S. et al. Analysis of Apical Root Crack Propagation after Root Canal Preparation at Different Instrumentation Lengths Using ProTaper Universal, ProTaper Next and ProTaper Gold Rotary Files: An In vitro Study. En: contemporary clinical dentistry. Junio, 2018. Vol. 9. N°. 1, p. 34-38.
46. ÖZYÜREK. T. Shaping Ability of Reciproc, WaveOne GOLD, and HyFlex EDM Single-file Systems in Simulated S-shaped Canals. En: journal of endodontics. Mayo, 2017. Vol. 43. N° 5, p. 805-809.
47. PEDULLÁ, E. et al. Effects of 6 Single-File Systems on Dentinal Crack Formation. En: journal of endodontics. Marzo, 2017. Vol. 43. N°3, p. 456-461.
48. PEDRINHA, V; BRANDÃO, J. et al. Influence of File Motion on Shaping, Apical Debris Extrusion and Dentinal Defects: A Critical Review. En: the open dentistry journal. Febrero, 2018. Vol. 28. N°12, p. 189-201.
49. PEREIRA, ES; AMARAL, CF; GOMES JA. et al. Influence of clinical use on physical-structural surface properties and electrochemical potential of NiTi endodontic instruments. En: international endodontic journal. Mayo, 2018. Vol. 51. N° 5, p. 515-521.
50. PÉREZ, J; DE LA MACORRA, J. et al. Tesis doctoral. Análisis de los factores que influyen en la resistencia de los instrumentos de Níquel-Titanio a la fatiga cíclica flexural En: universidad complutense de Madrid. 2016. P. 34-36.
51. PETERS, OA; DE AZEVEDO MG Y PEREIRA ES. Contemporary Root Canal Preparation: Innovations in Biomechanics. En: dental clinics of north america. Enero, 2017. Vol. 61. N°. 1, p. 37-58.
52. PLOTINO, G. et al., Cutting efficiency of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments. En: Journal of Endodontics. Agosto, 2014. Vol.40. N°8, p. 1228–30.

53. PLOTINO G; GRANDE G. et al. Influence of Temperature on Cyclic Fatigue Resistance of ProTaper Gold and ProTaper Universal Rotary Files. En: journal of endodontics. Febrero, 2017. Vol. 43. N°2, p. 200-2.
54. PRADEEPKUMAR, AR. et al. Preexisting Dentinal Microcracks in Nonendodontically Treated Teeth: An Ex Vivo Micro-computed Tomographic Analysis. En: journal of endodontics. Junio, 2017. Vol. 43, N°6, p. 896-600.
55. PRADOS- PRIVADO, M; ROJO, R. et al. Finite element analysis comparing WaveOne, WaveOne Gold, Reciproc and Reciproc Blue responses with bending and torsion tests. En: journal of the mechanical behavior of biomedical materials. Octubre, 2108. Vol. 12. N°90, p. 165-172.
56. PRIYA, N; CHANDRASEKHAR, V. et al. "Dentinal microcracks after root canal preparation" a comparative evaluation with hand, rotary and reciprocating instrumentation. En: journal of clinical and diagnostic research. Diciembre, 2014. Vol. 8. N°12, p. 70-2.
57. RADWAŃSKI, M; ŁĘSKI, M y PAWLICKA, H. The influence of the manufacturing process of rotary files on the shaping of L-shaped Canals. En: Dental and Medical Problems. Noviembre, 2018. Vol. 55, N°4, p. 1-6.
58. ROANE. J. et al. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. En: journal of endodontics. Mayo, 1985. Vol. 11. N°. 5, p. 203-211.
59. RUBIO, J., et al. Comparison of Shaping Ability of 10 Rotary and Reciprocating Systems: an In Vitro Study with AutoCad. En: Acta Stomatologica Croata. Septiembre, 2017. Vol. 51. N° 3, p. 207-216.
60. SATHORN, C; PALAMARA, JE. et al. A Comparison of the Effects of Two Canal Preparation Techniques on Root Fracture Susceptibility and Fracture Pattern. En: Journal of Endodontics. Abril, 2005. Vol.31, N°.4, p. 283-287.

61. SCHILDER, H. Cleaning and shaping the root canal. En: Dental Clinics of North America. Abril, 1974. Vol.18, N°.2, p. 269-96.
62. SHEMESH, H; BIER, CA y WU MK. et al. The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects. En: International Endodontic Journal. Marzo, 2009. Vol. 42, N°.3, p. 208-13.
63. SHEN, Y; ZHOU, H. et al. Current Challenges and Concepts of the Thermomechanical Treatment of Nickel-Titanium Instruments. En. Journal of endodontics. Febrero, 2013. Vol. 39. N° 2, p. 163-72.
64. SILVA, E. et al. Torsional Fatigue Resistance of Blue-treated Reciprocating Instruments. En: journal of endodontics. Enero, 2018. Vol. 44. N°6, p. 1038-1041.
65. SWARNKAR, A. Et al. A Comparison of Canal-centering ability of Two Nickel-Titanium Rotary Systems with Nickel Hand Instrumentation with Stainless Steel Hand Instrumentation in 10 to 25° Curved Canals using Kuttler's Cube. En: Journal of Clinical Pediatric Dentistry. Septiembre, 2014. Vol.7, N°.3, p. 157-62.
66. WALIA, H; BRANTLEY, W y GERSTEIN, H. et al. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. En: Journal of Endodontics. Julio, 1988. Vol.14, N°.7, p.346-51.
67. WU, M Y WESSELINK, P. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. En: International Endodontics Journal. Marzo, 2001. Vol. 34. N° 2, p. 137-141.
68. XAVIER, F. et al. Apical extrusion of debris from root canals using reciprocating files associated with two irrigation systems. En: International Endodontic Journal. Julio, 2015. Vol. 48, N° 7, p. 661-665.
69. YARED, G. et al. Reciproblue: the new generation of reciprocation. En: Societa`Italianadi Endodonzia, science direct, Noviembre, 2017. Vol. 31. N° 1, p. 96-101.

70. YE, J; GAO, Y. Metallurgical characterization of M-Wire nickel-titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue. En: Journal of Endodontics. Enero, 2012. Vol.38, N°1, p. 105-7.
71. YOLDAS, O; YILMAZ, S. et al. Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the self-adjusting file. En: Journal of endodontics. Febrero, 2012. Vol. 38. N° 2, p. 232-235.
72. YOUNG, GR; PARASHOS, P y MESSER HH. The principles of techniques for cleaning root Canals. En: Australian Dental Journal. Marzo, 2007. Vol.52, N°1, p. 52-63.
73. ZUOLO, M. et al. Micro-computed tomography assessment of Dentinal micro-cracks after root canal preparation with trushape and self adjusting file Systems. En: journal of endodontics. Abril, 2017. Vol. 43, N°4, p. 619-622.
74. ZUPANC, J; VAHDAT-PAJOUH, N. et al. New thermomechanically treated NiTi alloys. A review. En: International Endodontic Journal, Octubre, 2018. Vol. 51, N°10, p. 1088–1103.

ANEXOS.

Anexo A. Instrumento de recolección de la información.

Ficha para la recolección de datos			
Fecha		Código	01
Sistema de instrumentación	0__	1__	2__
Presencia de microfisuras (antes de la instrumentación)	Sí__ No__ Si la respuesta ha sido Si,	Indique el tercio de más frecuencia: Cervical__ Medio__ Apical__ Ninguna__	En que otro tercio se observó: Cervical__ Medio__ Apical__ Ninguna__
Presencia de microfisuras (después de la instrumentación)	Tercio cervical	Sí__ No__	Si la respuesta es SI, coloque la extensión. Completa__ Incompleta__ Ambas__ Ninguna__
	Tercio medio	Sí__ No__	Si la respuesta es SI, coloque la extensión. Completa__ Incompleta__ Ambas__

Anexo B. Consentimiento informado.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

La Facultad de Odontología de la Universidad de Cartagena, además de dar la atención necesaria para diagnosticar y tratar enfermedades de la cavidad oral, realiza investigaciones que se publican en revistas científicas y se presenta en congresos, cursos y a los alumnos de la Facultad.

Parte de las investigaciones que se realizan, utilizan los dientes que se extraen por indicación del odontólogo o porque el diente no se puede mantener en boca.

A través de este documento, queremos solicitar la donación de su diente para utilizarlo en una investigación sobre avances en instrumentación endodóntica

Si usted no desea que se utilice su diente para este estudio, lo puede indicar más adelante y su decisión será respetada.

Si usted no desea que su diente sea utilizado para investigación ésta será eliminado inmediatamente. Si usted desea donar su diente para investigación, se puede almacenar por un tiempo indefinido.

La donación del diente será anónima, es decir, no se podrá identificar de quien es el diente. A sí mismo, no se pagará ni se dará otro incentivo por el o los dientes que sean entregados para investigación.

Toda investigación que se realice con su diente contará con la revisión del Comité de Ética de Investigación de la Facultad, que se encarga de revisar todas las investigaciones que se realizan y se preocupa por que se protejan los derechos de quienes participan en investigación.

Marque con una X donde corresponda:

No donaré mi diente para investigación y deseo que sea eliminado.

Dono mi diente y autorizo que esta sea almacenada de manera indefinida.

He leído la información, o se me ha leído. He tenido la oportunidad de hacer preguntas y se me ha respondido satisfactoriamente. Acepto de manera voluntaria a disponer de mi diente de la manera y para los propósitos indicados previamente en este formulario.

Nombre del Paciente _____ Firma del Paciente _____

Fecha _____