

**EFFECTIVIDAD DE LA INSTRUMENTACIÓN CON LOS SISTEMAS
RECIPROC® Y WAVE ONE® EN LA ELIMINACIÓN DE *Enterococcus
faecalis***

**CARLOS ISMAEL CORRALES PALLARES
NATALIA PATRICIA HARRIS ORTEGA
PIEDAD CECILIA PINTO SARMIENTO**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
POSTGRADO DE ENDODONCIA
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN
CARTAGENA DE INDIAS
2014**

**EFFECTIVIDAD DE LA INSTRUMENTACIÓN CON LOS SISTEMAS
RECIPROC® Y WAVE ONE® EN LA ELIMINACIÓN DE *Enterococcus
faecalis***

INVESTIGADOR PRINCIPAL

CARLOS ISMAEL CORRALES PALLARES

Odontólogo Endodoncista. Universidad Pontificia Javeriana.
Coordinador del área de endodoncia de la Universidad Rafael Núñez
Docente invitado Postgrado Universidad de Cartagena.

CO-INVESTIGADORES ESTUDIANTES

NATALIA PATRICIA HARRIS ORTEGA

Odontóloga. Universidad de Cartagena
Residente Postgrado de Endodoncia. Universidad de Cartagena

PIEDAD CECILIA PINTO SARMIENTO

Odontóloga. Universidad de Cartagena
Residente Postgrado de Endodoncia. Universidad de Cartagena

ASESOR METODOLÓGICO

MIGUEL ANGEL SIMANCAS PALLARES

Odontólogo. Universidad de Cartagena
M.Sc. Epidemiología Clínica. Universidad Nacional de Colombia
Docente Auxiliar Pre y Postgrado

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
POSTGRADO DE ENDODONCIA
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN
CARTAGENA DE INDIAS
2014**

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación fue realizado bajo la supervisión del Dr. Miguel Angel Simancas, a quien nos gustaría expresar nuestro más sincero agradecimiento por su paciencia, tiempo y dedicación.

A Juan Rebollo y Alfonso Bettin, por su apoyo.

CONTENIDO

RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
JUSTIFICACIÓN	7
OBJETIVO GENERAL	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
MARCO TEÓRICO	10
<i>Enterococcus faecalis</i>	10
IRRIGACIÓN DE LOS CONDUCTOS RADICULARES	17
Propiedades del hipoclorito de sodio	19
Factores que afectan las propiedades del hipoclorito de sodio	20
Combinación con otras sustancias	22
INSTRUMENTACION ENDODÓNTICA	24
SISTEMAS RECIPROCANTES	26
Reciproc	26
Wave One	28
MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
Tipo de estudio	33
Población y Muestra	33
Muestreo	33
Criterios de selección	33
Operacionalización de las variables	35
Protocolo del estudio, Recolección y procesamiento de la información	35
Grupo Reciproc	39
Grupo Wave One	39
Consideraciones éticas.....	41

Análisis estadístico.....	41
RESULTADOS	42
DISCUSIÓN	44
CONCLUSIÓN	50
RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFÍA	52

LISTA DE TABLAS Y/O FIGURAS

- TABLA 1.** Comparación de la proporción de *E. faecalis* en dientes instrumentados con el sistema Reciproc, irrigados con hipoclorito y solución salina.....59
- TABLA 2.** Comparación de la proporción de *E. faecalis* en dientes instrumentados con el sistema Wave One, irrigados con hipoclorito y solución salina.....59
- TABLA 3.** Comparación de la proporción de *E. faecalis* en dientes instrumentados con los sistemas Reciproc y Wave One, irrigados con hipoclorito de sodio.....60
- TABLA 4.** Comparación de la proporción de *E. faecalis* en dientes instrumentados con los sistemas Reciproc y Wave One, irrigados con solución salina.....60

LISTA DE ANEXOS

Consentimiento informado.....	61
Instrumento.....	63
Instructivo de diligenciamiento del instrumento.....	65
Imagen 1. Preparación de acceso.....	67
Imagen 2. Conductometria e instrumentación hasta lima K flexofile #20 (Dentsply®, Maillefer, Tulsa).....	67
IMAGEN 3. Irrigación con hipoclorito de sodio 5,25% (Proquident®, Envigado, Colombia).....	68
Imagen 4. Sellado de porción apical con resina fluida.....	68
Imagen 5. Sellado de la superficie radicular con adhesivo.....	69
Imagen 6. Dientes sostenidos con material de impresión en silicona pesada (Elite HD Zhermack®, España).....	69
Imagen 7. Dientes montados en tubos eppendorf (Haimen Shengbang Laboratory Equipment®, Jiangsu, China).....	70
Imagen 8. Montaje de dientes en soportes de yeso.....	70
Imagen 9. Inoculación de <i>E. faecalis</i> (cepa ATCC 29212).....	71
Imagen 10. Incubación de dientes inoculados.....	71
Imagen 11. Cámara de flujo laminar (ESCO®, modelo AC2-4E2. 2008, Singapore).....	72
Imagen 12. Extracción del contenido de los conductos previo a la instrumentación.....	72
Imagen 13. Irrigación inicial.....	73
Imagen 14. Determinación de la longitud de trabajo con el sistema reciprocante.....	73
Imagen 15. Preparación de conducto con sistema reciprocante.....	74
Imagen 16. Irrigación.....	74
Imagen 17. Mantenimiento de la permeabilidad.....	75
Imagen 18. Preparación hasta longitud de trabajo.....	75
Imagen 19. Irrigación final.....	76

Imagen 20. Lavado y secado de conducto.....	76
Imagen 21. Aplicación de caldo de cultivo.....	77
Imagen 22. Lectura espectrofotométrica.....	77

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: *Enterococcus faecalis* es una bacteria en forma de coco, Gram positiva, anaerobia facultativa, inmóvil y no esporulada que en años recientes, ha atraído la atención de diversos investigadores porque se identifica como una causa frecuente de infección del sistema de conductos radiculares y se asocia en casos de dientes con fracaso en el tratamiento endodóntico. Se han propuesto sistemas para la instrumentación del conducto radicular, capaces de preparar y limpiar completamente el sistema de conductos radiculares con un solo instrumento, entre los cuales se encuentran los sistemas Reciproc® (VDW, Munich, Alemania) y WaveOne® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza). **OBJETIVO:** evaluar la efectividad de los sistemas Reciproc® y Wave One® para la eliminación del *Enterococcus faecalis* en la preparación del conducto radicular. **MATERIALES Y MÉTODOS:** se seleccionaron 80 premolares recién extraídos, a los cuales se les inoculó el *Enterococcus faecalis*, verificando su contaminación a través de espectrofotometría; se conformaron 2 grupos a los que se les asignó de forma aleatoria el sistema con el que fueron instrumentados, uno recibió preparación con el sistema Reciproc® y el otro grupo con Wave One®. Posteriormente, se tomaron muestras de los conductos radiculares preparados, y se determinó a través de lectura espectrofotométrica la presencia de la bacteria. El análisis estadístico de los resultados obtenidos se realizó a través del test exacto de Fisher, empleando el paquete estadístico Prisma (Graph Pad Pism V6.01 Retail). **RESULTADOS:** en el grupo que se empleó el sistema Reciproc en la

preparación químico-mecánica con hipoclorito de sodio como irrigante, comparado con el grupo que fué instrumentado usando solución salina estéril se evidenció diferencia estadísticamente significativa ($P=0.00$), con el sistema Wave One se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los dos grupos, el irrigado con hipoclorito de sodio y el irrigado con solución salina ($P=0.00$). A las 24 horas posteriores a la instrumentación con los sistemas Reciproc y Wave One, irrigados con hipoclorito de sodio, el Test exacto de Fisher no mostró diferencias estadísticamente significativas entre las dos técnicas de instrumentación ($P=0.71$), finalmente, las muestras en las que se usaron las mismas técnicas de instrumentación y, se utilizó como irrigante solución salina estéril, no se evidenciaron diferencias significativas ($P=1.00$).

CONCLUSIONES: de acuerdo a los resultados, ambos métodos pueden ser fiables para utilizarlos en estudios in vivo de eficacia antibacteriana, complementado con un protocolo de irrigación adecuado y, también aplicables a la clínica, teniendo en cuenta otros factores que están por fuera de los objetivos de esta investigación y, que dependen del criterio de cada profesional, para utilizar el sistema de su elección.

PALABRAS CLAVE: *Enterococcus faecalis*, Preparación del conducto radicular, hipoclorito de sodio, endodoncia (DECS Bireme).

ABSTRACT

INTRODUCTION: *Enterococcus faecalis* is a coconut-shaped bacteria, Gram positive, facultative, stationary and non-spore that in recent years, has attracted the attention of many researchers because it has been identified as a common cause of infection of the root canal system and it has been associated in cases of teeth with failed endodontic treatment. Systems have been proposed for root canal instrumentation, that seem able to prepare and completely clean the root canal system with a single instrument, including Reciproc® (VDW, Munich, Germany) and Wave One® systems (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland). **OBJECTIVE:** to evaluate the effectiveness of Wave One® and Reciproc® systems for the elimination of *Enterococcus faecalis* in root canal preparation. **MATERIALS AND METHODS:** 80 premolars were selected freshly extracted, and inoculated with *Enterococcus faecalis*, verifying spectrophotometry pollution, 2 groups that were randomly assigned to the system that were implemented were formed, one received training Reciproc® system and the other group Wave One®. Subsequently, samples were taken from root canals prepared and determined by spectrophotometric reading the presence of bacteria. Statistical analysis of the results was performed using Fisher's exact test, using the statistical package Prism (Graph Pad Pism V6.01 Retail). **RESULTS:** in the group that was used Reciproc system in the chemo-mechanical preparation with sodium hypochlorite as irrigant, compared with the group that was instrumented using sterile saline statistically significant difference was evident ($P = 0.00$), with Wave One system significant difference

between the two groups, irrigated with sodium hypochlorite and irrigated with saline ($P = 0.00$) was found. At 24 hours after instrumentation with Wave One and Reciproc systems, irrigated with sodium hypochlorite, the Fisher's exact test showed no statistically significant differences between the two techniques of instrumentation ($P = 0.71$); finally, the samples in that the same instrumentation techniques were used and was used as irrigant sterile saline no significant differences ($P = 1.00$). **CONCLUSIONS:** according to the results, both methods can be reliable for use in In vivo studies of antibacterial efficacy supplemented with adequate irrigation protocol and also applicable to clinical, taking into account other factors that are beyond the scope of this research, which depend on the judgment of each professional, to use the system of their choice.

KEY WORDS: *Enterococcus faecalis*, root canal preparation, sodium hypochlorite, endodontics (MESH Database).

1. INTRODUCCIÓN

Enterococcus faecalis recientemente, ha sido reconocido como una causa frecuente de infección del sistema de conductos radiculares en dientes con fracaso en el tratamiento endodóntico, lo que se asocia a su resistencia intrínseca a las soluciones irrigantes, medicamentos intraconducto. En este sentido, la instrumentación mecánica del conducto, apoyada en la desinfección con soluciones irrigantes con un fuerte efecto antibacteriano buscan alterar o eliminar las biopelículas que se adhieren a las superficies del canal, además de la eliminación de una capa de dentina infectada, son herramientas de una adecuada preparación químico-mecánica, la cual se considera como el elemento clave para lograr un tratamiento endodóntico exitoso. Es así como, la capacidad de limpieza de cualquier instrumento del canal radicular es de importancia para el resultado del tratamiento del conducto radicular. Se han propuesto recientemente sistemas para la instrumentación del conducto radicular, capaces de preparar y limpiar completamente el sistema de conductos radiculares con un solo instrumento, entre los cuales se encuentran el instrumento Reciproc® (VDW, Munich, Alemania) y Wave One® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza), los cuales evidencian ciertas ventajas sobre la instrumentación manual, por lo tanto el objetivo principal de esta investigación es evaluar la efectividad de los sistemas Reciproc y Wave One para la eliminación del *Enterococcus faecalis* en la preparación de conductos radiculares.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde siempre se reconocen las bacterias como los principales agentes etiológicos de las patologías pulpares y del desarrollo de lesiones periapicales, e incluso se asocian con fracasos en los tratamientos de conductos radiculares, cuando a pesar de la terapia endodóntica, se presentan infecciones persistentes.

Los microorganismos están presentes en todo el sistema de conductos radiculares, y se pueden encontrar a diferentes profundidades de hasta 300 µm dentro de los túbulos dentinarios, por lo que logran persistir después de la irrigación. También parece haber una variación regional en la medida en que la dentina que es invadida, los túbulos cervicales son invadidos a un mayor grado que los túbulos del tercio medio de la raíz, que son, a su vez, más invadidos que los de la región apical¹.

Enterococcus faecalis es una de las especies más comúnmente aisladas de los conductos dentales, con una prevalencia que oscila entre el 30 y el 90% y, su presencia se asocia generalmente con la enfermedad después del tratamiento. Este microorganismo ha demostrado la capacidad de sobrevivir en un entorno en el que hay escasos nutrientes disponibles y en la que la supervivencia de otras bacterias es mínima. Este microorganismo posee una resistencia intrínseca a las soluciones irrigantes, medicamentos intraconducto, varios

¹ SABER, SEL D; EL-HADY, SA. Development of an intracanal mature *Enterococcus faecalis* biofilm and its susceptibility to some antimicrobial intracanal medications; an in vitro study. En: European journal of dentistry. 2012. Vol. 6, N°. 1, p. 43-50.

antibióticos y a cambios de pH. Su capacidad de adherirse, crecer, invadir, sobrevivir al sistema innato de defensa y competir con otras bacterias, son importantes contribuyentes a la virulencia de este microorganismo².

Al invadir los túbulos dentinarios, es probable que sobrevivan a la instrumentación químico-mecánica y a los medicamentos intraconducto y, posteriormente reinfectar el conducto radicular obturado. Poco se conoce acerca de los mecanismos implicados en la invasión de las bacterias de los túbulos dentinarios. Sin embargo, los túbulos dentinarios contienen una cantidad apreciable de colágeno no mineralizado, que permite la adhesión bacteriana y una morfológica respuesta de crecimiento inducida por colágeno. Se ha demostrado además que las bacterias orales involucradas en la caries dental y enfermedad endodóntica son capaces de ganar nutrientes de los líquidos tisulares, lo que puede explicar la presencia de estreptococos y enterococos post-tratamiento de la enfermedad, y sugiere que el fluido de tejido del ligamento periodontal y hueso alveolar del diente proporciona nutrición a las bacterias dentro de los túbulos dentinarios radiculares para que puedan sobrevivir³.

Entre los procedimientos implicados en el control de la infección endodóntica, la irrigación es un importante agente en la eliminación de los microorganismos del sistema de conductos radiculares. Los procedimientos de limpieza y

² MATOS, M; SANTOS, SS; LEAO, MV; HABITANTE, SM; RODRIGUES, JR; JORGE, AO. Effectiveness of three instrumentation systems to remove *Enterococcus faecalis* from root canals. En: International endodontic journal. 2012. Vol. 45, N°. 5, p. 435-8.

³ BRITO, PR; SOUZA, LC; MACHADO, JC; ALVES, FR; DE-DEUS, G; LOPES, HP. et al. Comparison of the effectiveness of three irrigation techniques in reducing intracanal *Enterococcus faecalis* populations: an in vitro study. En:Journal of endodontics. 2009. Vol. 35, N°. 10, p. 1422-7.

desinfección intraconducto son altamente dependientes de la preparación mecánica y los efectos químicos de los irrigantes. Las soluciones de irrigación en diferentes concentraciones con actividad antimicrobiana se han utilizado durante la instrumentación biomecánica, particularmente de hipoclorito sódico (NaClO). Hasta la fecha, NaClO es el irrigante más comúnmente empleado en el canal radicular, pero no existe acuerdo general en cuanto a su concentración óptima, que oscila entre 0,5% a 5,25%. Su característica antimicrobiana es proporcional a la concentración de la droga, así como su toxicidad. La capacidad bactericida de NaClO resulta de la formación de ácido hipocloroso (HOCl), al entrar en contacto con los desechos orgánicos. HOCl ejerce sus efectos mediante la oxidación de grupos sulfhidrilo en sistemas enzimáticos bacterianos, alterando de esta manera el metabolismo del microorganismo, lo que resulta en la muerte bacteriana⁴.

El éxito del tratamiento del conducto radicular depende, entre otros factores de la eliminación de los microorganismos a través de la instrumentación químico-mecánica del sistema del conducto radicular. Esto incluye la eliminación de la dentina infectada y el tejido orgánico que resulta de la conformación y disolución. Así, la capacidad de limpieza de cualquier instrumento del canal radicular es de importancia para el resultado del tratamiento del conducto radicular; sin embargo, ningún sistema de preparación de conductos ofrece una máxima eficiencia en la desinfección de los conductos, especialmente en la

⁴ BERBER, VB; GOMES, BP; SENA, NT; VIANNA, ME; FERRAZ, CC; ZAIA, AA. et al. Efficacy of various concentrations of NaOCl and instrumentation techniques in reducing *Enterococcus faecalis* within root canals and dentinal tubules. En: International endodontic journal. 2006. Vol. 39, N°. 1, p. 10-7.

zona apical, o cuando existen variaciones anatómicas, tipo curvaturas radicales o conductos ovaes estrechos^{5 6 7}.

A pesar de esta afirmación, recientemente se han propuesto sistemas para la instrumentación del conducto radicular, capaces de preparar y limpiar completamente el sistema de conductos radicales con un solo instrumento, principalmente debido a la conveniencia y simplificación de esta técnica. Entre estos sistemas de instrumentación se encuentran el instrumento Reciproc® (VDW, Munich, Alemania) y Wave One® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza); estos sistemas son fabricados de una aleación especial de NiTi llamado M-Wire que es creada por un innovador proceso de tratamiento térmico. Los beneficios de este NiTi M-Wire son una mayor flexibilidad de los instrumentos y resistencia mejorada a la fatiga cíclica. Estos sistemas se utilizan con un movimiento recíproco que requiere dispositivos de automatizado especial y, se recomiendan para un solo caso y como el único instrumento para preparar un tratamiento de conducto^{8 9}.

⁵ BURKLEIN, S; HILLER, C; HUDA, M; SCHAFER, E. Shaping ability and cleaning effectiveness of Mtwo versus coated and uncoated EasyShape instruments in severely curved root canals of extracted teeth. En: International endodontic journal. 2011. Vol. ;44, N°. 5, p. 447-57.

⁶ BURKLEIN, S; HINSCHITZA, K; DAMMASCHKE, T; SCHAFER, E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. En: International endodontic journal. 2012. Vol. 45, N°. 5, p. 449-61.

⁷ LIU, SB; FAN, B; CHEUNG, GS; PENG, B; FAN, MW; GUTMANN, JL. et al. Cleaning effectiveness and shaping ability of rotary ProTaper compared with rotary GT and manual K-Flexofile. En: American journal of dentistry. 2006. Vol. 19, N°. 6, p. 353-8.

⁸ BURKLEIN, S; HINSCHITZA, K; DAMMASCHKE, Op cit.

⁹ KIM, HC; KWAK, SW; CHEUNG, GS; KO, DH; CHUNG, SM; LEE, W. Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne. En: Journal of endodontics. 2012. Vol. 38, N°. 4, p. 541-4.

Teniendo en cuenta los requerimientos necesarios para llevar a cabo un adecuado tratamiento endodóntico, que nos garantice la reducción o eliminación de la carga bacteriana y, la importancia que han ganado los sistemas reciprocantes en la conformación y limpieza de los conductos, surge el siguiente interrogante: ¿Cuál es la efectividad de la instrumentación con los sistemas de preparación Reciproc® y Wave One® para eliminar el *Enterococcus faecalis* de los conductos radiculares?

3. JUSTIFICACIÓN

La limpieza y conformación de los conductos radiculares durante la preparación, son indispensables para lograr el éxito en la terapia endodóntica. En la actualidad se cuenta con dos técnicas como son Reciproc® y Wave One®, que ofrecen excelentes resultados tanto en la conformación del conducto como en la limpieza al eliminar las bacterias adheridas a la dentina.

El *Enterococcus faecalis* representa un reto en cuanto al adecuado manejo de las patologías de origen endodóntico, su correcto tratamiento y el éxito del mismo, debido a la resistencia que manifiesta a la preparación de los conductos, cuando a pesar de haberse llevado a cabo una terapia endodóntica con todos los protocolos requeridos, se han encontrado fracasos asociados al microorganismo, presentándose con una infección persistente.

La importancia de esta investigación consiste en que a través de ella se obtendrá evidencia científica sobre los sistemas de instrumentación oscilatoria, como ideales para llevar a cabo un tratamiento endodóntico adecuado, siempre que se logre una calificación de eficacia óptima en cuanto a la eliminación del *Enterococcus faecalis*, determinando así que además de los beneficios ofrecidos por los fabricantes en cuanto a tiempo de trabajo, conformación apropiada de los conductos, entre otros, estos sistemas pueden llevar a lograr un mayor nivel de éxito en la terapia endodóntica.

Debido a que la reducción o eliminación de la población bacteriana intraconducto, en especial del *Enterococcus faecalis* representa uno de los objetivos básicos para el éxito del tratamiento de conducto radicular, esta investigación se realizará con el objetivo de evaluar la efectividad de la preparación mecánica con los sistemas Reciproc® y Wave One® en la reducción del *E. faecalis* dentro de los conductos radiculares.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad los sistemas Reciproc® y Wave One® para la eliminación del *Enterococcus faecalis* en la preparación de conductos radiculares.

4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar la presencia de *Enterococcus faecalis* en dientes preparados con el sistema Reciproc®.
- Determinar la presencia de *Enterococcus faecalis* en dientes preparados con el sistema Wave One®.
- Comparar la proporción de dientes que presenten *Enterococcus faecalis* luego de ser preparados con los dos sistemas.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 *Enterococcus faecalis*

Las bacterias o sus subproductos se consideran como los principales agentes etiológicos de la necrosis pulpar y las lesiones periapicales. El objetivo principal de la terapia endodóntica es por lo tanto la eliminación de las bacterias del conducto radicular infectado.

La mayoría de las bacterias que se encuentran en el sistema de conductos radiculares pueden ser eliminadas por medio de la limpieza biomecánica y la conformación del espacio del conducto radicular. El fracaso del tratamiento de conductos es el resultado de la persistencia de los microorganismos en la porción apical del sistema de conductos radiculares, incluso en dientes que han sido bien tratados, lo cual se debe principalmente a la complejidad anatómica de los conductos radiculares, ya que presentan gran cantidad de túbulos dentinarios, ramificaciones de los conductos, deltas apicales, y aletas que no pueden ser limpiados, incluso después de meticulosos procedimientos mecánicos, aunque también la reinfección a través de la microfiltración coronal puede contribuir al fracaso del tratamiento endodóntico ¹⁰.

Enterococcus faecalis es un candidato perseverante entre los muchos agentes causantes de fracaso del tratamiento endodóntico de los sistemas de conductos radiculares. Dientes que han presentado fracasos en sus tratamientos se han asociado con contaminación con *Enterococcus faecalis*, lo

¹⁰ ROCAS, IN; SIQUEIRA, JF JR.; SANTOS, KR. Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. En: Journal of endodontics. 2004. Vol. 30, N°. 5, p. 315-20.

que se debe a la capacidad de *E. faecalis* para unirse al colágeno de los túbulos dentinales y permanecer viables dentro de ellos. Estos microorganismos tienen la capacidad de crecer incluso en un entorno de bajo contenido de nutrientes y pueden sobrevivir en los conductos radiculares como mono infección. La erradicación del *E. faecalis* desde el canal radicular con la preparación quimicomecánica utilizando irrigantes, desinfectantes y antibacterianos es difícil¹¹.

El género *Enterococcus* engloba un conjunto de especies morfológicamente semejantes a los estreptococos. Hasta la fecha, 12 especies de *Enterococcus* han sido identificados y, aproximadamente el 90% de los *Enterococcus* aislados clínicos son *Enterococcus faecalis*¹². Causan infecciones muy diversas y poseen un creciente interés en el caso de los procesos oportunistas. Se asocian en parejas y cadenas cortas y si bien, se pueden encontrar en diferentes entornos, como en el tracto gastrointestinal de los seres humanos y otros mamíferos y en las aves, reptiles, insectos, plantas, agua y suelo. También son capaces de colonizar el tracto genitourinario y, se han podido aislar a veces como microbiota normal en la mucosa bucal y dorso de la lengua. También se han descrito aislamientos de infecciones pulpo-

¹¹ ANUMULA, L; KUMAR, S; KUMAR, VS; SEKHAR, C; KRISHNA, M; PATHAPATI, RM. et al. An Assessment of Antibacterial Activity of Four Endodontic Sealers on *Enterococcus faecalis* by a Direct Contact Test: An In Vitro Study. En: ISRN dentistry. 2012. 989781.

¹² BAIK, JE; JANG, KS; KANG, SS; YUN, CH; LEE, K; KIM, BG. et al. Calcium hydroxide inactivates lipoteichoic acid from *Enterococcus faecalis* through deacylation of the lipid moiety. En: Journal of endodontics. 2011. Vol. 37, N° 2, p. 191-6.

periapicales y de bolsas periodontales¹³¹⁴. El factor principal asociado con los fracasos en el tratamiento endodóntico es la persistencia de la infección microbiana en el sistema de los conductos radiculares¹⁵. Los microorganismos implicados pueden haber sobrevivido a los efectos de la aplicación de los procedimientos biomecánicos que se realizan durante la ejecución de dicho tratamiento o pueden haber invadido los conductos como consecuencia de las filtraciones que se suscitan en la corona de los dientes con tratamientos de conducto obturados. Diversos estudios han revelado que la microbiota de los dientes con fallas en el tratamiento endodóntico difiere de la microbiota encontrada normalmente en los conductos de dientes no tratados¹⁶. La microbiota que se encuentra en los dientes con fracaso en el tratamiento endodóntico es predominantemente anaerobia facultativa y Gram positiva, siendo *E. faecalis* la especie que se aísla con mayor frecuencia. *E. faecalis* es un coco Gram positivo, anaerobio facultativo, inmóvil y no esporulado. El tamaño de cada célula oscila entre 0,5 y 0,8 micrómetros y es habitante normal del tracto gastrointestinal humano. Esta bacteria ha atraído recientemente la atención de diversos investigadores porque ha sido identificada como una causa frecuente de infecciones periapicales persistentes.

¹³ LEE, JK; PARK, YJ; KUM, KY; HAN, SH; CHANG, SW; KAUFMAN, B. et al. Antimicrobial efficacy of a human beta-defensin-3 peptide using an Enterococcus faecalis dentine infection model. En: International endodontic journal. 2012.

¹⁴ KAUFMAN, B; SPANGBERG, L; BARRY, J; FOUAD, AF. Enterococcus spp. in endodontically treated teeth with and without periradicular lesions. En: Journal of endodontics. 2005. Vol. 31, N°. 12, p. 851-6.

¹⁵ ZHANG, C; HOU, BX; ZHAO, HY; SUN, Z. Microbial diversity in failed endodontic root-filled teeth. En: Chinese medical journal. 2012. Vol. 125, N°. 6, p. 1163-8.

¹⁶ ROCAS, IN; SIQUEIRA, JF Jr. Characterization of microbiota of root canal-treated teeth with posttreatment disease. En: Journal of clinical microbiology. 2012. Vol. 50, N°. 5, p. 1721-4.

La capacidad de *E. faecalis* a causar infecciones graves tiene relación con rasgos variables que aumentan la virulencia del organismo, esos factores de virulencia incluyen: agregación de sustancias, proteínas de membrana que se relaciona con la endocarditis y la formación de biopelículas como son la toxina citolisina y, la gelatinasa. Estudios recientes han explorado nuevos mecanismos que el *E. faecalis* utiliza para evadir la reacción de la respuesta inmune innata y establecer la infección. Se ha demostrado que cepas de *E. faecalis* productoras de cápsula son más resistentes que las cepas no capsuladas. Además, la presencia de la cápsula se ha asociado con los especies patógenas de *E. faecalis* aislado de los pacientes hospitalizados *E. faecalis* es capaz de colonizar una variedad de sitios en los seres humanos, incluyendo la cavidad oral, una de las especies bacterianas más comúnmente aisladas o detectadas en los conductos radiculares obturados con persistencia de lesiones periapicales¹⁷.

Una característica notable de *E. faecalis* la constituye su capacidad para sobrevivir y crecer en microambientes que pudieran ser tóxicos para muchas bacterias, en particular zonas con altas concentraciones de sales (6,5% de Cloruro de Sodio), temperaturas extremas (15-60°C), entornos hipotónicos e hipertónicos, en medios ácidos o alcalinos y puede resistir además a la acción de colorantes como Azul de Metileno al 0,1%. Esta capacidad de resistencia por parte de *E. faecalis* en microambientes tóxicos está relacionada con su capacidad de supervivencia en los conductos radiculares de dientes que han

¹⁷ PINHEIRO, ET; PENAS, PP; ENDO, M; GOMES, BP; MAYER, MP. Capsule locus polymorphism among distinct lineages of *Enterococcus faecalis* isolated from canals of root-filled teeth with periapical lesions. En: Journal of endodontics. 2012. Vol. 38, N°. 1, p. 58-61.

sido sometidos a tratamiento endodóntico y en los cuales los nutrientes son limitados, añadiéndose a esta situación el hecho de que algunos agentes antimicrobianos pudieran influir en que esta especie permanezca en los conductos de los dientes afectados¹⁸.

La capacidad del enterococo de resistir a los procedimientos de tratamiento de conducto se atribuye a su habilidad de penetrar en los túbulos dentinarios, a sus factores de virulencia y a la formación de biopelículas¹⁹. *E. faecalis* inicialmente se adhiere a las superficies de tejido por una asociación física; en una segunda etapa hay unión permanente por adhesinas específicas de las bacterias a los receptores complementarios en las superficies de acogida. Una vez que la célula bacteriana está unida, es capaz de utilizar los nutrientes disponibles y establecerse en biopelículas para lidiar con los mecanismos de defensa del huésped y para la resistencia a los tratamientos antibacterianos. Las biopelículas ofrecen a sus componentes celulares varias ventajas, la más importante de las cuales es la tolerancia a los antimicrobianos. Se han sugerido cuatro mecanismos que le confieren esta tolerancia a las células vivas en un biofilm: la primera es la propiedad barrera física de la matriz de polisacárido extracelular. La segunda es el estado fisiológico de los microorganismos del biofilm, se refiere a que las bacterias que residen dentro de un biofilm crecen más lentamente que las células planctónicas y, como resultado, las células del biofilm toman agentes antimicrobianos más lentamente, además, el agotamiento de los nutrientes

¹⁸ SABER, D; EL-HADY, SA. Op. cit.

¹⁹ CASE, PD; BIRD, PS; KAHLER, WA; GEORGE, R; WALSH, LJ. Treatment of root canal biofilms of *Enterococcus faecalis* with ozone gas and passive ultrasound activation. En: Journal of endodontics. 2012. Vol. 38, N°. 4, p. 523-6.

mantienen a las bacterias en una fase de crecimiento latente o estacionario en el que están protegidos de ser destruidas. El tercer mecanismo propuesto es la heterogeneidad metabólica, ya que las células localizadas más profundamente en el biofilm se exponen a condiciones ambientales diferentes a las que se encuentran en la superficie, como por ejemplo la disminución de oxígeno. Esto da lugar a alteraciones fenotípicas, en términos de tasas de crecimiento y la transcripción de genes que podrían facilitar la supervivencia determinada y características de virulencia. Por último, se ha especulado de una subpoblación de microorganismos conocidos como persistentes, estos microorganismos constituyen un pequeño porcentaje de la población original y se cree que constituyen un estado fenotípico altamente resistente a los agentes antimicrobianos^{20 21}.

Los factores de virulencia del *E. faecalis*, que tienen que ver con la colonización del huésped, la competencia con otras bacterias, la resistencia en contra de los mecanismos de defensa del huésped y, la producción de cambios patológicos directamente a través de la producción de toxinas o indirectamente a través de la inducción de la inflamación, incluyen²²: sustancia de agregación, adhesinas de superficie, feromonas sexuales, ácido lipoteicoico, dismutasa extracelular, gelatinasa, hialuronidasa, y citolisina (hemolisina) y, aunque no se reconocen como factores de virulencia, las bacteriocinas se mencionan por su posible

²⁰ SABER, D; EL-HADY, SA. Op. cit.

²¹ DENOTTI, G; PIGA, R; MONTALDO, C; ERRIU, M; PILIA, F; PIRAS, A. et al. In Vitro Evaluation of Enterococcus faecalis Adhesion on Various Endodontic Medicaments. En: The open dentistry journal. 2009. Vol. 3, p. 120-4.

²² PREETHEE, T; KANDASWAMY, D; HANNAH, R. Molecular identification of an Enterococcus faecalis endocarditis antigen efaA in root canals of therapy-resistant endodontic infections. En: Journal of conservative dentistry. 2012. Vol. 15, N°. 4, p. 319-22.

contribución al predominio de *E. faecalis* en infecciones persistentes de endodoncia^{23 24 25}.

Debido a su excelente acción bactericida, el Hidróxido de Calcio es el agente antimicrobiano de elección que se emplea como medicamento intrarradicular. Un aspecto importante relacionado con la actividad antimicrobiana del Hidróxido de Calcio es su habilidad para mantener el pH del medio (conducto radicular obturado) en valores cercanos a 12²⁶. Algunos estudios han demostrado la supervivencia de *E. faecalis* en el ambiente alcalino generado por el Hidróxido de Calcio. Se ha sugerido que la resistencia de *E. faecalis* al Hidróxido de Calcio permite a esta bacteria sobrevivir en presencia del medicamento y proliferar cuando la acción de este finaliza. Ello resulta en la colonización e infección del conducto radicular²⁷.

Un mejor conocimiento de la composición de la flora microbiana de los conductos radiculares tratados es esencial para mejorar nuestra comprensión de la etiología de las lesiones apicales persistentes y de los fracasos en el tratamiento endodóntico y, mejorar las estrategias de tratamiento para la

²³ LOVATO, KF; SEDGLEY, CM. Antibacterial activity of endosequence root repair material and proroot MTA against clinical isolates of *Enterococcus faecalis*. En: Journal of endodontics. 2011. Vol. 37, N° 11, p. 1542-6.

²⁴ JOHANSSON, D; RASMUSSEN, M. Virulence factors in isolates of *Enterococcus faecalis* from infective endocarditis and from the normal flora. En: Microbial pathogenesis. 2012.

²⁵ ZOLETTI, GO; PEREIRA, EM; SCHUENCK, RP; TEIXEIRA, LM; SIQUEIRA, JF Jr.; DOS SANTOS, KR. Characterization of virulence factors and clonal diversity of *Enterococcus faecalis* isolates from treated dental root canals. En: Research in microbiology. 2011. Vol. 162, N° 2, p. 151-8.

²⁶ BAIK, JE; JANG, KS; KANG, SS; YUN, CH; LEE, K; KIM, BG. et al. Op. cit.

²⁷ VAGHELA, DJ; KANDASWAMY, D; VENKATESHBABU, N; JAMINI, N; GANESH, A. Disinfection of dentinal tubules with two different formulations of calcium hydroxide as compared to 2% chlorhexidine: As intracanal medicaments against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*: An in vitro study. En: Journal of conservative dentistry. 2011. Vol. 14, N° 2, p. 182-6.

periodontitis apical bacteriana que buscan erradicar los microorganismos presentes²⁸.

5.2 IRRIGACION DE LOS CONDUCTOS RADICULARES

El objetivo de la terapia del canal radicular es eliminar tejido de la pulpa inflamada o necrótica desde dentro del sistema de conductos a través de desbridamiento tanto químico como mecánico. El desbridamiento químico puede tomar la forma de medicamentos intracanal, irrigantes o lubricantes que facilitan la eliminación de los componentes orgánicos e inorgánicos en el sistema de canal de la raíz. Enjuagues antimicrobianos se usan para reducir las cargas microbianas dentro del sistema antes de la obturación y reducir el potencial de fallo en el futuro.

El hipoclorito de sodio (NaClO) es un irrigante endodóntico, se utiliza a concentraciones diversas y se ha demostrado que tienen una acción antimicrobiana de amplio espectro y las propiedades de disolución de tejidos. Aunque es eficaz contra los microorganismos, NaClO también se ha demostrado que tiene efectos citotóxicos que pueden causar la irritación y la necrosis de los tejidos periapicales. También se sugirió que carece de sustentividad²⁹.

²⁸ ANDERSON, AC; HELLWIG, E; VESPERMANN, R; WITTMER, A; SCHMID, M; KARYGIANNI, L. et al. Comprehensive analysis of secondary dental root canal infections: a combination of culture and culture-independent approaches reveals new insights. En: PloS one. 2012. Vol. 7, N°. 11, p. e49576.

²⁹ THOMAS, JE; SEM, DS. An in vitro spectroscopic analysis to determine whether para-chloroaniline is produced from mixing sodium hypochlorite and chlorhexidine. En: Journal of endodontics. 2010. Vol. 36, N°. 2, p. 315-7.

El proceso de irrigación consiste en el lavado y aspiración de todos los restos y sustancias que pueden estar contenidas dentro del sistema de conductos y se lleva a cabo mediante el uso de agentes químicos aislados o combinados; constituye un paso más en el proceso de limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares y último procedimiento antes de realizar la obturación tridimensional de los mismos.

El proceso de irrigación tiene las siguientes finalidades:

1. Eliminar restos pulpares, virutas y restos necróticos que pueden actuar como nichos de bacterias; además estos restos pueden desplazarse a la región periapical produciendo agudizaciones.
2. Disminuir la flora bacteriana.
3. Humedecer o lubricar las paredes dentinarias facilitando la acción de los instrumentos.
4. Eliminar la capa de desecho.
5. Aumentar la energía superficial de las paredes del conducto, favoreciendo el contacto de los medicamentos usados como curación temporaria y permitir la retención mecánica de los cementos obturados^{30 31}.

Para cumplir con estas finalidades, las soluciones irrigantes deben poseer ciertas propiedades que lo hagan una solución irrigante ideal, estos son:

³⁰ ZOU, L; SHEN, Y; LI, W; HAAPASALO, M. Penetration of sodium hypochlorite into dentin. En: Journal of endodontics. 2010. Vol. 36, N°. 5, p. 793-6.

³¹ MARENDING, M; LUDER, HU; BRUNNER, TJ; KNECHT, S; STARK, WJ; ZEHNDER, M. Effect of sodium hypochlorite on human root dentine--mechanical, chemical and structural evaluation. En: International endodontic journal. 2007. Vol. 40, N°. 10, p. 786-93.

solvente de tejidos o desechos, baja toxicidad, lubricante, desinfección, eliminación de la capa de desecho.

5.2.1. Propiedades del hipoclorito de sodio (NaClO)

La Asociación Americana de Endodoncistas ha definido el hipoclorito de sodio como un líquido claro, pálido, verde-amarillento, extremadamente alcalino y con fuerte olor clorino, que presenta una acción disolvente sobre el tejido necrótico y restos orgánicos y además es un potente agente antimicrobiano.

Al hipoclorito de sodio se le han atribuido varias propiedades beneficiosas durante la terapia endodóntica, dentro de las cuales se incluye³²:

- Desbridamiento, la irrigación con hipoclorito de sodio expulsa los detritos generados por la preparación biomecánica de los conductos.
- Lubricación, humedece las paredes del conducto radicular favoreciendo la acción de los instrumentos. Por ser un agente antimicrobiano eficaz, destruye y elimina todos los microorganismos de los conductos radiculares, incluyendo virus y bacterias que se forman por esporas.
- Disolución de tejidos, es el disolvente más eficaz del tejido pulpar, una pulpa puede ser disuelta entre 20 minutos a 2 horas; la eficacia de la disolución del hipoclorito de sodio depende de la integridad estructural de los componentes del tejido conjuntivo de la pulpa. Si la pulpa está descompuesta, los restos de tejidos se disuelven rápidamente, si esta vital y

³² CAMPS, J; POMMEL, L; AUBUT, V; VERHILLE, B; SATOSHI, F; LASCOLA, B. et al. Shelf life, dissolving action, and antibacterial activity of a neutralized 2.5% sodium hypochlorite solution. En: Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics. 2009. Vol. 108, N° 2, p. 66-73.

hay poca degradación estructural, el hipoclorito de sodio necesita más tiempo para disolver los restos³³.

- El hipoclorito de sodio reacciona con residuos orgánicos en el conducto radicular y de esta forma facilita la limpieza, sin embargo esta reacción inactiva químicamente al NaClO y reduce su capacidad antibacteriana, por esto una solución fresca debe ser aplicada frecuentemente dentro del conducto para reactivar la reacción química y la remisión de restos³⁴.
- Baja tensión superficial lo cual permite penetrar a todas las concavidades del conducto radicular, al mismo tiempo que crea las condiciones para la mayor eficiencia del medicamento aplicado de forma tópica³⁵. Cuando el lavado final se realiza con hipoclorito de sodio, los resultados en cuanto a remoción de la capa de desecho son efectivos.

5.2.1.1. Factores que afectan las propiedades del hipoclorito de sodio

Efectos de la temperatura. El aumento de temperatura tiene efecto positivo sobre la acción disolvente del hipoclorito de sodio. Temperatura de 35.5°C aumenta el poder solvente sobre tejidos necróticos y en tejidos frescos se obtiene el mayor efecto a 60°C³⁶. El NaClO al 5.2% y 2.6% son igualmente

³³ POGGIO, C; COLOMBO, M; SCRIBANTE, A; SFORZA, D; BIANCHI S. In vitro antibacterial activity of different endodontic irrigants. En: Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology. 2012. Vol. 28, N°. 3, p. 205-9.

³⁴ Ibid.

³⁵ ROSSI-FEDELE, G; PRICHARD, JW; STEIER, L; DE FIGUEIREDO, JA. The effect of surface tension reduction on the clinical performance of sodium hypochlorite in endodontics. En: International endodontic journal. 2012.

³⁶ GAMBARINI, G; DE LUCA, M; GEROSA, R. Chemical stability of heated sodium hypochlorite endodontic irrigants. En: Journal of endodontics. 1998. Vol. 24, N°. 6, p. 432-4.

eficaces a una temperatura de 37°C, sin embargo a temperatura ambiente (21°C) la solución al 2.6% resulta menos eficaz. El calentamiento de la solución aumenta su efecto bactericida, pero se debe tener la precaución al calentarlo a 37°C, ya que se mantiene estable por no más de 4 años antes de degradarse, por lo que no se recomienda recalentar la solución^{37 38}.

Dilución. Algunos clínicos diluyen el hipoclorito al 5.25% para reducir el olor o reducir el potencial de toxicidad a los tejidos perirradiculares. La dilución al 5.25% disminuye en forma significativa la propiedad antibacteriana, la propiedad de disolución del tejido y la propiedad de desbridamiento del sistema de conductos. El hipoclorito es más eficaz en la disolución de tejido vital desvitalizado y fijado al utilizar en concentraciones de 5.25% que al 2.6%, 1 y 0.5%^{39 40}.

Grado de pureza. El hipoclorito teniendo en cuenta su pureza química se clasifica de acuerdo a su porcentaje diferencial en menos puros de 1 a 96% y más puros de 96 a 100% que tiene apenas trazas de contaminantes, por lo tanto no es recomendable usar clorox de uso doméstico para irrigación durante el tratamiento de conductos. El clorox tiene 60% de pureza y se incluye entre los hipoclorito de uso industrial y es el recomendado para la terapia endodóntica; mientras que el clorox de uso doméstico tiene una pureza de 40-50%.

³⁷ Ibid.

³⁸ WOODMANSEY, KF. Intracanal heating of sodium hypochlorite solution: an improved endodontic irrigation technique. En: Dentistry today. 2005. Vol. 24, N°. 10, p. 114, 6.

³⁹ HARRISON, JW; HAND, RE. The effect of dilution and organic matter on the anti-bacterial property of 5.25% sodium hypochlorite. En: Journal of endodontics. 1981. Vol. 7, N°. 3, p. 128-32.

⁴⁰ FENG, ZH; GAO, XJ; SHEN, S. [In vitro evaluation of the antibacterial effectiveness of sodium hypochlorite on Enterococcus faecalis within root canals]. En: Zhonghua kou qiang yi xue za zhi = Zhonghua kouqiang yixue zazhi = Chinese journal of stomatology. 2007. Vol. 42, N°. 6, p. 355-6.

5.2.1.2. Combinación con otras sustancias

La irrigación tiene doble propósito, actúan sobre el componente orgánico removiendo los restos de tejido pulpar y microorganismos presentes y sobre el componente inorgánico para remover la capa^{41 42}.

Existen 2 tendencias, en una se hace énfasis en las propiedades químicas del agente irrigante y, en otra la mayor consistencia en la acción mecánica de la solución como agente de arrastre. Algunos estudios concluyen que la acción de arrastre es más importante que el tipo de irrigantes y que la acción de limpieza es una función más de la cantidad que del tipo de agente irrigante⁴³.

La frecuencia de irrigación y el volumen del irrigante son factores importantes en la remoción de los restos, la frecuencia de irrigación debe aumentar a medida que la preparación se acerca a la constricción apical; el volumen apropiado cada vez que se irrigue el conducto debe estar por lo menos 1 a 2 ml. Para mejorar la eficacia del irrigante en la porción apical, se debe usar la lima de recapitulación antes de cada irrigación, debido a que en la recapitulación se remueven los restos de dentina y restos compactos en la región apical, hacia la solución pudiendo ser removidos.

Entre las técnicas de irrigación unas emplean jeringas plásticas para colocar el irrigante en la cámara pulpar y llevarlo con limas hacia las partes más

⁴¹ POGGIO, C; COLOMBO, M; SCRIBANTE, A; SFORZA, D; BIANCHI, S. Op. cit.

⁴² SLUTZKY-GOLDBERG, I, MAREE, M; LIBERMAN, R; HELING, I. Effect of sodium hypochlorite on dentin microhardness. En: Journal of endodontics. 2004. Vol. 30, N°. 12, p. 880-2.

⁴³ BAKER, NA; ELEAZER, PD; AVERBACH, RE; SELTZER, S. Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. En: Journal of endodontics. 1975. Vol. 1, N°. 4, p. 127-35.

profundas; otras usan agujas de anestesia o agujas perforadas⁴⁴. En cuanto a las agujas lo más importante es el calibre que debe ser pequeño; se prefiere la aguja calibre 27, que posee el potencial de penetración con mayor profundidad en el conducto. Una aguja de menor calibre en combinación con el ensanchamiento de conductos y, la irrigación frecuente y abundante permitirá un lavado apropiado. La aguja no debe quedar ajustada dentro de las paredes del conducto, debe aplicarse un movimiento de bombeo reduciendo al mínimo el peligro de impulsar el irrigante hacia los tejidos perirradiculares.

La efectividad de la irrigación en la porción apical está relacionada en la profundidad de inserción de la aguja, por lo tanto se debe seleccionar la aguja de acuerdo al tamaño del conducto radicular. Se puede utilizar los conos de papel absorbentes calibrados, humedecidos en el líquido irrigador seleccionado.

El cono de papel absorbente al humedecerse aumenta su tamaño en un 60 a 80% ejerciendo una presión lateral, que complementado con un movimiento de vaivén englobe los restos y deja las paredes del conducto limpias en su totalidad.

⁴⁴ ABBOTT, PV; HEIJKOOP, PS; CARDACI, SC; HUME, WR; HEITHERSAY, GS. An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. En: International endodontic journal. 1991. Vol. 24, N°. 6, p. 308-16.

5.3. INSTRUMENTACIÓN ENDODÓNTICA

La preparación químico-mecánica del canal radicular combinando la instrumentación mecánica con la irrigación antibacteriana, es la etapa crítica en la desinfección del conducto, seguido por la obturación y la restauración coronaria con el fin de sellar y evitar la entrada de microorganismos al canal radicular y prevenir su proliferación.

La instrumentación mecánica es considerada como un medio para facilitar la obturación del conducto radicular ya que a través de ella se da forma al canal para dar cabida a ciertos tipos de conos maestros o ciertos tipos de condensadores. Sin embargo, se reconoce que la limpieza y desinfección de la parte apical del conducto con irrigantes tales como el hipoclorito de sodio es ineficaz a menos que el canal sea instrumentado hasta obtener forma y tamaño adecuados. Varias formas de instrumentación mecánica se han utilizado en los últimos años para limpiar y dar forma a los conductos radiculares⁴⁵.

Históricamente, una variedad de diferentes técnicas de instrumentación manual se han desarrollado específicamente para la preparación de conductos, utilizando limas manuales de acero inoxidable con los estándares de la ISO. La técnica step-back descrita por Mullaney, en la cual se realiza primero la preparación de la región apical de los canales radiculares, seguido por la ampliación de la corona para facilitar la obturación. Esta técnica al emplearse

⁴⁵ METZGER, Z; SOLOMONOV, M; KFIR, A. The role of mechanical instrumentation in the cleaning of root canals. En: Endodontic topics. 2013. Vol. 29, N°. 1, p. 87-109.

en conductos curvos, puede resultar en un daño iatrogénico debido a la falta de flexibilidad de los instrumentos de acero inoxidable, en un esfuerzo para reducir la incidencia de estos defectos iatrogénicos, se desarrollaron técnicas de reducción gradual en la cual se inicia la preparación con instrumentos de mayor tamaño en la entrada del conducto y luego se avanza por el canal radicular con instrumentos cada vez más pequeños. Esta preparación proporciona varias ventajas, incluyendo acceso en línea recta a la región apical, mejora la sensación táctil, el control del instrumento, y permite una mejor penetración de irrigante. Estudios han demostrado que las técnicas step-down producen menos tapones dentinarios y reducen la incidencia de transportación apical en comparación con las de step-back⁴⁶.

En los últimos tiempos la introducción de la aleación NiTi ha permitido la fabricación de instrumentos extremadamente flexibles, capaces de preparar de forma segura conductos curvos con menos riesgo de enderezamiento en comparación con instrumentos de acero inoxidable. En consecuencia, las técnicas de instrumentación tradicional han sido reemplazadas progresivamente por el uso instrumentos de NiTi rotatorios, cambiando la preparación manual, por la preparación giratoria accionada por un motor.

⁴⁶ YOUNG, GR; PARASHOS, P; MESSER, HH. The principles of techniques for cleaning root canals. En: Australian Dental Journal Supplement. 2007. Vol. 52, N°. 1, p. 52-63.

Los sistemas rotatorios continuamente se están comercializando, teniendo cada uno diferentes características de diseño, que pretenden mejorar la flexibilidad, la eficiencia, la seguridad y, finalmente, la conformación del canal.⁴⁷

Recientemente, se han introducido nuevos sistemas de instrumentos con movimientos alternativos: Reciproc (VDW, Munich, Alemania) y Wave One (Dentsply Maillefer) utilizando un solo instrumento para dar forma al canal radicular, con el fin de simplificar la técnica y agilizar los procedimientos⁴⁸.

5.4. SISTEMAS RECIPROCANTES

5.4.1. Reciproc

Recientemente se han propuesto técnicas para la instrumentación del conducto radicular de lima única, principalmente debido a la conveniencia y la simplificación supuesta. A raíz de la propuesta de utilizar el instrumento ProTaper F2 en movimiento de vaivén como la lima única para preparar conductos radiculares, se han introducido en el mercado algunos sistemas específicos^{49 50}.

⁴⁷ OLIVEIRA, LC; SPONCHIADO, EC; DA FROTA, MF; FRANCO, AA; ROBERTI, L. Morphometrical analysis of cleaning capacity of a hybrid instrumentation in mesial flattened root canals. En: Australian Endodontic Journal. 2011. Vol. 37, p. 99–104.

⁴⁸ SO-YOUN, J; WOOCHEOL, L; MO, K; BOCK, H; HYEON-CHEOL, K. Single file reciprocating technique using conventional nickel–titanium rotary endodontic files. En: The journal of scanning microscopies. 2013. Vol. 35, N°6, p. 349–354.

⁴⁹ YARED, G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. En: International endodontic journal. 2008. Vol. 41, N° 4, p. 339-44.

⁵⁰ BUCHANAN, LS. Shaping root canals, Part V: GT File technique in small-root canals. En: Dentistry today. 2000. Vol. 19, N° 1, p. 54-7.

Uno de estos sistemas de instrumentación de lima única es el sistema Reciproc (VDW, Munich, Alemania). Este instrumento está hecho de aleación de NiTi estándar y se recomienda para un solo caso, y como el único instrumento para preparar un tratamiento de conducto. Están disponibles tres tamaños (R25, R40 y R50) a utilizar según al diámetro del canal inicial. La conicidad del instrumento varía a lo largo de su eje, con los últimos 3 mm de la punta presentando una inclinación de 0,08 mm, 0,06 y 0,05mm) para los instrumentos de R25, R40 y R50, respectivamente.

El sistema Reciproc está adaptado a un motor y opera en un movimiento de vaivén de 10 ciclos por segundo. Cada tres ciclos de movimiento alternativo permite girar al instrumento 360°. El ángulo de corte del instrumento es mayor que el ángulo de liberación para permitir la progresión de instrumentos en el canal. Numerosos estudios han informado de la incapacidad de la instrumentación manual y rotatoria para llegar a todas las paredes dentinales en los conductos radiculares de forma ovalada^{51 52}. Esto hace de los canales ovales un desafío predecible para la limpieza y desinfección^{53 54 55 56}.

⁵¹ BARBIZAM, JV; FARINIUK, LF; MARCHESAN, MA; PECORA, JD; SOUSA-NETO, MD. Effectiveness of manual and rotary instrumentation techniques for cleaning flattened root canals. En: Journal of endodontics. 2002. Vol. 28, N° 5, p. 365-6.

⁵² PAQUE, F; BALMER, M; ATTIN, T; PETERS, OA. Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study. En: Journal of endodontics. 2010. Vol. 36, N° 4, p.703-7.

⁵³ ELAYOUTI, A; CHU, AL; KIMIONIS, I; KLEIN, C; WEIGER, R; LOST, C. Efficacy of rotary instruments with greater taper in preparing oval root canals. En: International endodontic journal. 2008. Vol. 41, N° 12, p.1088-92.

⁵⁴ SIQUEIRA, JF Jr.; ALVES, FR; ALMEIDA, BM; DE OLIVEIRA, JC; ROCAS, IN. Ability of chemomechanical preparation with either rotary instruments or self-adjusting file to disinfect oval-shaped root canals. En: Journal of endodontics. 2010. Vol. 36, N° 11, p. 1860-5.

⁵⁵ TAHA, NA; OZAWA, T; MESSER, HH. Comparison of three techniques for preparing oval-shaped root canals. En: Journal of endodontics. 2010. Vol. 36, N° 3, p. 532-5.

Las biopelículas bacterianas residuales pueden albergar para servir como una causa potencial de infección persistente y resultados insatisfactorios⁵⁷. Existen pocos estudios de investigación consistentes en la capacidad de los diferentes enfoques de desinfectar canales de forma ovalada.

5.4.2. Wave One

El Nuevo sistema de instrumentación Wave One NiTi de Dentsply Maillefer es de un solo uso. Este sistema utiliza un solo instrumento para dar forma al conducto radicular completamente de principio a fin, da una forma continua de embudo que se estrecha hacia el vértice de la raíz, cumpliendo con los requisitos biológicos y con los requerimientos para lograr una adecuada irrigación, librando al sistema de conductos radiculares de todas las bacterias y sus subproductos, y de restos de tejido pulpar y, además proporciona la forma perfecta para la obturación tridimensional. En la mayoría de los casos, la técnica requiere solamente una parte de la instrumentación, seguido de un solo instrumento Wave One para dar forma al canal por completo⁵⁸.

Los instrumentos son especialmente diseñados en aleación de níquel-titanio NiTi con tecnología M-Wire, mejorando la fuerza y resistencia a la fatiga cíclica

⁵⁶ ALVES, FR; ALMEIDA, BM; NEVES, MA; MORENO, JO; ROCAS, IN; SIQUEIRA, JF Jr. Disinfecting oval-shaped root canals: effectiveness of different supplementary approaches. En: Journal of endodontics. 2011. Vol. 37, N°. 4, p. 496-501.

⁵⁷ RICUCCI, D; LIN, LM; SPANGBERG, LS. Wound healing of apical tissues after root canal therapy: a long-term clinical, radiographic, and histopathologic observation study. En: Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics. 2009. Vol. 108, N°. 4, p. 609-21.

⁵⁸ ZHANG, W; CHANG, JF; WAN, BN; XU, GS; XIAO, CJ; LI, B. et al. Fast reciprocating probe system on the EAST superconducting tokamak. En: The Review of scientific instruments. 2010. Vol. 81, N°. 11, p. 113501.

por hasta casi cuatro veces en comparación con otros sistemas rotatorios. Entre las ventajas de la utilización de instrumentos rotatorios de NiTi para preparar conductos se reconocen la flexibilidad, menor extrusión de detritos al periápice y que mantienen la forma original del conducto, además disminuyen el tiempo de trabajo y costos⁵⁹.

Su mecanismo de acción se basa en las fuerzas equilibradas utilizando un motor preprogramado para mover los instrumentos de un lado a otro en un "movimiento recíproco" ⁶⁰.

En la actualidad, se dispone del sistema Wave One de un solo instrumento con instrumentos disponibles en longitudes de 21, 25 y 31 mm: el instrumento pequeño del Wave One se utiliza en los canales finos, el tamaño de la punta es ISO 21 con una conicidad continua de 6%; el instrumento principal Wave One se utiliza en la mayoría de los conductos, el tamaño de la punta es ISO 25 con una conicidad apical de 8% que se reduce hacia el extremo coronal; el instrumento grande Wave One se utiliza en grandes canales, el tamaño de la punta es ISO 40 con una conicidad apical del 8% que se reduce hacia el extremo coronal ⁶¹.

Los instrumentos están diseñados para trabajar revirtiendo la acción de corte. Todos los instrumentos han sido modificados con una sección de corte

⁵⁹ JOHNSON, E; LLOYD, A; KUTTLER, S; NAMEROW, K. Comparison between a novel nickel-titanium alloy and 508 nitinol on the cyclic fatigue life of ProFile 25/.04 rotary instruments. En: Journal of endodontics. 2008. Vol. 34, N°. 11, p.1406-9.

⁶⁰ DE-DEUS, G; GARCIA-FILHO, P. Influence of the NiTi rotary system on the debridement quality of the root canal space. En: Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics. 2009. Vol. 108, N°. 4. P. e71-6.

⁶¹ BERUTTI, E; PAOLINO, DS; CHIANDUSSI, G; ALOVISI, M; CANTATORE, G; CASTELLUCCI, A. et al. Root canal anatomy preservation of WaveOne reciprocating files with or without glide path. En: Journal of endodontics. 2012. Vol. 38, N°. 1, p. 101-4.

transversal triangular y convexa en el extremo de la punta y una triangular y convexa sección transversal en el extremo coronal. Este diseño mejora la flexibilidad del instrumento⁶².

Debido a que existe la posibilidad de contaminación cruzada, asociada con la incapacidad para limpiar y esterilizar completamente los instrumentos endodónticos, y la posible presencia de priones en el tejido humano de la pulpa dental, todo instrumento utilizado en el interior de los conductos radiculares debe ser único⁶³.

Wave One utiliza un nuevo concepto en este estándar importante de la atención, ya que son verdaderamente únicos a utilizar. La codificación de color de plástico en el mango se deforma una vez sea esterilizado, evitando que el instrumento se coloque de nuevo en la pieza de mano⁶⁴.

La recomendación para un solo uso tiene el añadido ventaja de reducir la fatiga instrumento, que es una consideración aún más importante con el sistema de instrumentación Wave One, ya que con un solo instrumento hace el trabajo realizado tradicionalmente por tres o más instrumentos rotatorios de NiTi⁶⁵.

⁶² PEDULLA, E; GRANDE, NM; PLOTINO, G; PAPPALARDO, A; RAPISARDA, E. Cyclic fatigue resistance of three different nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite. En: Journal of endodontics. 2011. Vol. 37, N°. 8, p. 1139-42.

⁶³ SHEN, Y; COIL, JM; MCLEAN, AG; HEMERLING, DL; HAAPASALO, M. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 5: single use from endodontic specialty practices. En: Journal of endodontics. 2009. Vol. 35, N°. 10, p. 1363-7.

⁶⁴ CAVIEDES-BUCHELI, J; MORENO, JO; CARRENO, CP; DELGADO, R; GARCIA, DJ; SOLANO, J. et al. The effect of single-file reciprocating systems on Substance P and Calcitonin gene-related peptide expression in human periodontal ligament. En: International endodontic journal. 2012.

⁶⁵ DAGNA, A; ARCIOLA, CR; VISAI, L; SELAN, L; COLOMBO, M; BIANCHI, S. et al. Antibacterial efficacy of conventional and single-use Ni-Ti endodontic instruments: an in vitro microbiological evaluation. En: The International journal of artificial organs. 2012:0.

La técnica implica Wave One un protocolo de trabajo con las siguientes etapas: inicialmente obtener el acceso en línea recta, selección de instrumentos, conformación con un solo instrumento, abundante irrigación con NaClO al 5% y EDTA antes, durante y después de la conformación⁶⁶.

La primera parte de la instrumentación en el canal, ayudará en la selección del instrumento de Wave One como sigue: si un 10 K-file es muy resistente al movimiento, se debe utilizar el instrumento pequeño de Wave One, si un instrumento de 10 K se mueve fácilmente a la longitud, está suelto o muy suelto, se debe utilizar el instrumento principal de Wave One; si una lima de instrumentación manual de 20 o más grande va a longitud, se debe utilizar el instrumento grande de Wave One^{67 68}.

Directrices para el uso:

1. Utilizar instrumentos Wave One con un movimiento progresivo y hasta abajo, no más de tres a cuatro veces, sin imprimir mucha fuerza.
2. Presentar regularmente el instrumento, limpiar, regar y continuar.
3. Si el instrumento no progresa, se debe confirmar la patencia del canal o considerar el uso de un instrumento menor.

⁶⁶ CAVIEDES-BUCHELI, J; MORENO, JO; CARRENO, CP; DELGADO, R; GARCIA, DJ; SOLANO, J; et al. Op. cit.

⁶⁷ BERUTTI, E; PAOLINO, DS; CHIANDUSSI, G; ALOVISI, M; CANTATORE, G; CASTELLUCCI, A. et al. Op. cit.

⁶⁸ GAMBARINI, G; GERGI, R; NAAMAN, A; OSTA, N; AL SUDANI, D. Cyclic fatigue analysis of twisted file rotary NiTi instruments used in reciprocating motion. En: International endodontic journal. 2012. Vol. 45, N°. 9, p. 802-6.

4. Por ser la progresión es mínima en la conformación del conducto con Wave One, algunos profesionales se sienten más cómodos usando inicialmente PathFiles (Dentsply Maillefer)
5. En los canales severamente curvados, se debe completar la preparación apical preparación con instrumentos manuales
6. Los instrumentos de Wave One se pueden utilizar para localizar el foramen y ampliar la forma coronal, e incluso en un movimiento alternativo, se pueden usar como un "cepillado" para alcanzar la longitud de trabajo.
7. Nunca trabajar en un canal seco, irrigando constantemente con NaClO y posteriormente con EDTA.
8. Como el tiempo de preparación es corto, activar las soluciones irrigantes para potenciar su efecto.

La obturación del sistema de conducto radicular es el último paso del procedimiento endodóntico. El sistema Wave One incluye puntas de papel, puntas de gutapercha y obturadores Thermafil Wave One⁶⁹.

⁶⁹ BERUTTI, E; CHIANDUSSI, G; PAOLINO, DS; SCOTTI, N; CANTATORE, G; CASTELLUCCI, A. et al. Canal shaping with WaveOne Primary reciprocating files and ProTaper system: a comparative study. En: Journal of endodontics. 2012. Vol. 38, N°. 4, p. 505-9.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Tipo de estudio

Se realizó un estudio de tipo experimental *In vitro*.

6.2. Población y muestra

El estudio se realizó en 80 premolares recién extraídos con indicación de exodoncia por tratamiento ortodóntico. La muestra fue obtenida de distintas fuentes, básicamente de clínicas odontológicas, que realizan tratamientos ortodónticos, cuyos pacientes requerían la extracción de premolares.

6.3. Muestreo

Se realizó un muestreo por conveniencia hasta completar el tamaño de la muestra teniendo en cuenta criterios de selección previamente establecidos.

6.4. Criterios de selección

La selección de los dientes estuvo sujeta al cumplimiento de los siguientes criterios:

Criterios de inclusión:

- Dientes unirradiculares

- Dientes con raíces rectas o curvatura grado 1 de acuerdo a Schneider⁷⁰
- Ápices intactos

Criterios de exclusión:

- Dientes con conductos calcificados

Estrategia para evitar sesgos:

- Sesgo de selección: la muestra se seleccionó de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión y la asignación de los grupos de estudio fue aleatoria. Se utilizaron muestras representativas.
- Sesgo de información: las muestras de laboratorio fueron estudiadas, aisladas y monitoreadas por personal capacitado, además se estandarizaron y fueron enmascarados los examinadores.
- Sesgo de confusión: para evitar confusiones, los métodos que se utilizaron para hacer las mediciones se aplicaron a los grupos de la misma manera, es decir, los dientes fueron despulpados utilizando instrumentación manual hasta la lima 20 y luego esterilizados, la preparación de los conductos radiculares con los distintos sistemas se

⁷⁰ SCHNEIDER, SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. En: Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1971, Vol 32, N° 2. p. 271-5.

realizó irrigando con hipoclorito de sodio al 5,25%. Las muestras se mantuvieron aisladas para evitar la contaminación con otras cepas.

6.5. Operacionalización de las variables:

VARIABLES	DEFINICION	NATURALEZA	NIVEL DE MEDICION	UNIDAD DE MEDICION
<i>E. faecalis</i>	Microorganismo presente en el sistema de conductos radiculares preparados con los sistemas Reciproc® y Wave One®	Cualitativa	Nominal	Ausencia Presencia

6.6. Protocolo del estudio, recolección y procesamiento de la información:

Se efectuó una prueba piloto en la cual se tomaron 6 dientes premolares recién extraídos con indicación de exodoncia por tratamiento ortodóntico, a los que se le realizaron los procedimientos que se describirán en procedimientos y técnicas.

Para la selección y preparación de la muestra se escogieron 80 premolares recién extraídos, los cuales se lavaron con abundante agua, se curetearon las superficies radiculares con cureta periodontal (Hu Fridley®, Rotterdam), para

eliminar restos de tejido periodontal, y fueron preservados por un tiempo no mayor a dos meses en solución salina estéril (Baxter® Cali, Colombia) para mantenerlos hidratados, en recipientes debidamente sellados y rotulados y, haciendo recambios cada 8 días de la solución salina.

Seguidamente, se procedió a realizar la preparación de los dientes seleccionados, por parte de uno de los investigadores, previamente estandarizado, iniciando con la cavidad de acceso con fresa redonda #3 (Coltene Whaledent®, Suiza) (Ver Imagen 1), se establecieron las longitudes de trabajo de los conductos radiculares, sobrepasando el foramen apical con una lima tipo K flexofile #10 (Dentsply® Maillefer, Tulsa), y retrocediendo 1 mm; los conductos fueron instrumentados hasta una lima K flexofile # 20 (Ver Imagen 2) para ser despulpados, alternando movimientos de un cuarto de vuelta, bajo irrigación continua con hipoclorito de sodio al 5.25 % (Ver Imagen 3), se secaron con puntas de papel #20 (New stetic®, Colombia). El foramen apical de cada diente se selló con el fin de evitar la fuga bacteriana apical, la superficie fue desmineralizada inicialmente con ácido ortofosfórico al 37% (Desminfar), posteriormente se aplicó adhesivo (Single bond, 3M ESPE®, USA) y se selló con una resina fluida de fotocurado (3M ESPE®, USA) (Ver Imagen 4), las raíces de los dientes se barnizaron con adhesivo (Single bond, 3M ESPE®, USA) para evitar la filtración de la bacteria a través de posibles conductos laterales (Ver Imagen 5). Los dientes fueron montados hasta la línea cervical en tubos eppendorf (Haimen Shengbang Laboratory Equipment®, Jiangsu, China) sostenidos con material de impresión en silicona pesada (Elite HD Zhermack®, España) para simular inserción en tejidos periodontales (Ver

Imagen 6 y 7) y, se esterilizaron en autoclave (Gad Dental®, Bogotá, Colombia) con 15 libras de presión durante 60 minutos a 134 °C.

Se seleccionaron 80 dientes, los cuales fueron distribuidos aleatoriamente como sigue: 40 dientes que fueron instrumentados con el sistema Reciproc® (Grupo 1), 20 irrigados con hipoclorito de sodio (grupo 1-A) y 20 irrigados con solución salina estéril (grupo 1-B), 40 dientes fueron instrumentados con el sistema Wave One® (grupo 2), 20 irrigados con hipoclorito de sodio (grupo 2-A) y 20 irrigados con solución salina estéril (grupo 2-B), adicionalmente, se utilizaron 20 dientes como controles negativos, estos no fueron previamente contaminados pero recibieron el tratamiento, 10 con el sistema Reciproc y 10 con el sistema Wave One y, finalmente 6 dientes fueron tomados como controles positivos, estos fueron inoculados, pero no recibieron ningún tipo de tratamiento.

Posteriormente se realizó la etapa de contaminación de los conductos, que inició con la inoculación de la bacteria *Enterococcus faecalis* cepa ATCC 29212 cultivada previamente en caldo Tripticasa Soya TSB (Biobacter LTDA®, Colombia), en los laboratorios de microbiología de la Universidad de Cartagena, vinculada con patologías de origen pulpar y periapical, para este efecto, se introdujo dentro de cada conducto una micropipeta cargada con 30 microlitros de caldo, depositando su contenido en el interior del conducto, inmediatamente cada tubo fue tapado herméticamente; finalmente, se colocaron en soportes plásticos, y fueron almacenados a 37°C. Se hicieron recambios del medio de cultivo cada 48 horas durante 21 días (Ver imagen 8 y 9), el contenido extraído se dejó incubar por 24 horas, la turbidez que se formó

por el crecimiento bacteriano fue medida mediante espectrofotometría comprobando así la contaminación bacteriana de los conductos inoculados y consecutivamente se reutilizó dicho contenido en los recambios periódicos.

Para el procesamiento de la muestra se utilizó una cámara de flujo laminar (ESCO®, Modelo AC2-4E2. 2008, Singapore) con el objetivo de mantener condiciones de asepsia, todos los materiales, equipos e instrumental fueron expuestos a rayos ultravioleta durante 30 minutos con el fin de esterilizar y prevenir la contaminación (Ver imagen 10).

Se tomaron muestras de los conductos radiculares antes de la preparación con los sistemas Reciproc y Wave One extrayendo con micropipetas el medio de cultivo residual en cada conducto, inmediatamente fueron reservados en microplacas de poliestireno de 96 pozos (Senna®, D.F México), para su posterior evaluación (Ver imagen 11).

Se estandarizó protocolo de irrigación para ambos grupos, por cada tres picoteos con el motor, se irrigó los conductos con 3 ml de hipoclorito de sodio al 5.25%, al llegar la preparación hasta apical, se irrigó con 3 ml de hipoclorito de sodio. La irrigación se hizo con agujas monoject desechables de calibre 27GX25MM (Medic®. USA) (Ver imagen 12), durante este procedimiento para la succión del fluido endodóntico se utilizaron eyectores de conducto metálicos N°2 (Marthé® Bucaramanga, Colombia), adaptados a una bomba de vacío (Bush Dolphin®, España).

Para el tratamiento, las muestras fueron colocadas en soportes de yeso (Whip Mix®, Colombia) fabricados por uno de los investigadores, sellados con barniz

de uñas, y esterilizados antes del procedimiento (Ver imagen 13). Previo a la instrumentación cada muestra fue expuesta, destapando el tubo eppendorf y aisladas con dique de goma estéril (Safe touch Medicom®, Canadá) ajustados al tubo.

6.6.1. Grupo Reciproc:

Se verificó longitud de trabajo (Ver imagen 14), se introdujo en el conducto el instrumento Reciproc® R-40 hasta que la resistencia se hizo sentir (Ver imagen 15). El instrumento se llevó al conducto en dirección apical usando un movimiento hacia dentro y hacia fuera aproximadamente 3 mm de amplitud con una presión apical, después de tres movimientos de picoteo, el instrumento se retiró del canal e irrigó con hipoclorito de sodio (Ver imagen 16) y, con una lima # 10 se hizo patencia del conducto. El procedimiento se repitió hasta lograr la preparación total del conducto, se realizó protocolo de irrigación final (Ver imágenes 17, 18 y 19).

6.6.2. Grupo Wave One:

Se utilizó el instrumento Wave One® Large, introduciéndolo en el conducto con movimientos recíprocos, avanzando en dirección apical, realizando 3 movimientos de picoteo, se retira el instrumento, se irriga, se comprueba la patencia del conducto con lima # 10, se repite el procedimiento hasta preparar el conducto en toda su longitud. Se hace irrigación final en tercio apical.

Seguidamente para la toma de muestra y procesamiento, cada conducto fue enjuagado con 1 ml de solución salina estéril, y secado con puntas de papel estériles R-40 Reciproc® y Large Wave One® respectivamente (Ver imagen 20); se introdujo medio de cultivo con micropipetas, una dilución de 1.5×10^8 UFC x ml de Mc Farland y, a las 24 horas posteriores a la preparación, se tomaron muestras de los conductos, extrayendo su contenido, y colocándolos en una placa de poliestireno de 96 pozos estéril (Ver imagen 21), que fue examinada mediante espectrofotómetro (Multiskan marca Thermo Scientific®), programado con una longitud de onda de 620 nm, que a través de la densidad óptica de las muestras, dio a conocer la concentración de las bacterias en los cultivos, donde se utilizó como solución blanco medio de cultivo estéril (Ver imagen 22).

Para la recolección de la información fue diseñado un instrumento en el cual se registraron los datos de cada una de las muestras, que permitió evaluar si eran aptas para ser objeto de estudio y luego de la instrumentación y posterior lectura espectrofotométrica se registró cada resultado para su posterior análisis estadístico (Ver anexos).

6.7. Consideraciones éticas:

De acuerdo a la resolución 008430 de 1993, este estudio se clasifica como una investigación con riesgo mínimo. Todos los pacientes cuyos premolares fueron utilizados como objeto de estudio en esta investigación, fueron adecuadamente informados del proceso, y diligenciaron a conciencia un consentimiento informado (Ver anexos).

6.8. Análisis estadístico: los análisis intra-grupo e inter-grupo se realizaron a través de la obtención de la proporción de dientes que presentaron la bacteria posterior a la instrumentación. Los datos obtenidos, a partir de las muestras tomadas antes y después de la instrumentación, se analizaron estadísticamente a través del test exacto de Fisher y, se utilizó el programa estadístico Prisma (Graph Pad Prism V6.01 Retail). Un valor de p menor a 0.05 fue considerado como estadísticamente significativo.

7. RESULTADOS

Las lecturas espectrofotométricas de las muestras de cultivo previas a la instrumentación, revelaron que hubo colonización bacteriana por *E. faecalis* en la totalidad de la muestra, con una efectividad del 100% en contaminación bacteriana.

La evaluación del crecimiento bacteriano en los dientes instrumentados con el sistema Reciproc®, evidenció que la preparación químico-mecánica al utilizar hipoclorito de sodio como irrigante, promovió una reducción bacteriana de 80% al compararlo con el grupo que fue instrumentado usando solución salina estéril encontrándose diferencias estadísticamente significativas ($P=0.00$) (Ver Tabla 1).

Así mismo, la instrumentación con el sistema Wave One® promovió la reducción del conteo bacteriano en el 70% de las unidades muestrales encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos, el irrigado con hipoclorito de sodio y el irrigado con solución salina ($P=0.00$) (Ver tabla 2).

A las 24 horas posteriores a la instrumentación con los sistemas Reciproc y Wave One, irrigados con hipoclorito de sodio, las lecturas espectrofotométricas demostraron que no hubo crecimiento bacteriano en el 70% de la muestras para el grupo instrumentado con el sistema Wave One y, en 80% para el grupo

instrumentado con el sistema Reciproc, el Test exacto de Fisher no mostró diferencias estadísticamente significativas entre las dos técnicas de instrumentación ($P=0.71$) (Ver tabla 3).

Finalmente, las muestras en las que se usaron las mismas técnicas de instrumentación y, se utilizó como irrigante solución salina estéril, a las 24 horas posteriores al tratamiento, presentaron crecimiento bacteriano en el 95% del grupo instrumentado con el sistema Wave One y 90% en el grupo instrumentado con el sistema Reciproc, y no se evidenciaron diferencias significativas ($P=1.00$) (Ver tabla 4).

8. DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta el objetivo principal del presente estudio que consistió en evaluar la efectividad de los sistemas Reciproc® y Wave One® para la eliminación del *Enterococcus faecalis* en la preparación de conductos radiculares, el modelo experimental que se adoptó, permite la simulación de la infección endodóntica en el sistema de conductos radiculares y en los túbulos dentinales, muy parecidas a situaciones clínicas^{71 72 73}, al igual que los protocolos de irrigación utilizados comúnmente en una terapia endodóntica convencional.

Según Romeo *et al*⁷⁴, la demostración de la efectividad de los tratamientos de endodoncia en la eliminación de la población bacteriana se ve afectada por las dificultades relacionadas con el recuento de las biopelículas. El recuento de las bacterias en una biopelícula se logra generalmente a través de UFC después de separarlos de la superficie sobre la cual se adhieren por agitación o sonicación. Sin embargo, estos procedimientos a menudo no obtienen suspensiones celulares homogéneas, introduciendo así un sesgo relevante en los resultados. No obstante, en este estudio no se pretendió determinar la

⁷¹ DORNELLES, R; GUERREIRO, J. Antibacterial efficacy of endodontic irrigating solutions and their combinations in root canals contaminated with *Enterococcus faecalis*. En: Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology. 2011. Vol. 112, p. 396-400.

⁷² SOARES, JA; ROQUE, MA; CUNHA, SM; CASTRO, RM; RIBEIRO, R; BRITO, M JR, ET AL. Effectiveness of chemomechanical preparation with alternating use of sodium hypochlorite and EDTA in eliminating intracanal *Enterococcus faecalis* biofilm. En: Journal of endodontics. May 2010. Vol. 36, N°. 5, p. 894-898.

⁷³ ROMEO, U; PALAIA, G; NARDO, A; TENORE, G; TELESCAS, V; KORNBLIT, R. Effectiveness of KTP laser versus 980 nm diode laser to kill *Enterococcus faecalis* in biofilms developed in experimentally infected root canals. En: Australian Endodontic Journal. Mar 2014. Vol. 10, 1111, p. 1-7.

⁷⁴ Ibid.

cantidad de bacterias en los conductos instrumentados, sino la presencia o ausencia de estas después del tratamiento.

Enterococcus faecalis se seleccionó como el microorganismo de ensayo, debido a su alta prevalencia en las patologías pulpares y periapicales, incluso ha sido vinculado en casos de fracaso del tratamiento endodóntico, además de su capacidad para formar biopelículas y sobrevivir como una monoclonia, resistiendo los procedimientos químico-mecánicos de la terapéutica endodóntica, como lo corroboran Haapasalo y Shen⁷⁵. Un período de 21 días de contaminación empleado en este estudio, permite la difusión de la suspensión de *E. faecalis* a través de la túbulo de la dentina, según lo informado por Cardoso *et al*⁷⁶.

Los sistemas reciprocantes escogidos han demostrado ventajas significativas ante otros sistemas en cuanto al tiempo de preparación, simplificando el procedimiento, combinado con un alto rendimiento concerniente a la limpieza y conformación de los conductos radiculares. Young-Sil Yoo *et al*⁷⁷ determinaron que los sistemas reciprocantes Wave One y Reciproc resultan eficaces en la limpieza y conformación de los conductos radiculares, empleando un solo

⁷⁵ HAAPASALO, M; SHEN, Y. Current therapeutic options for endodontic biofilms. En: Endodontic Topics. 2010. Vol. 22, N° 1, p. 79–98.

⁷⁶ CARDOSO, MG; OLIVEIRA, LD; KOGA-ITO, CY; JORGE, AO. Effectiveness of ozonated water on *Candida albicans*, *Enterococcus faecalis*, and endotoxins in root canals. En: Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology 2008. Vol. 105, p. 85-91.

⁷⁷ YOUNG-SIL, YOO; YONG-BUM, R. A comparison of the shaping ability of reciprocating NiTi instruments in simulated curved canals. En: Dentistry and Endodontics. 2012. Vol. 37, N°. 4, p. 220-227.

instrumento, lo cual fue corroborado en esta investigación, ya que ambos sistemas de instrumentación demostraron eficacia en la preparación de conductos.

Existen varios métodos reportados para evaluar la efectividad de la instrumentación endodóntica, entre los que se incluye el análisis bacteriológico, el cual fue seleccionado para el presente estudio debido a que la contaminación bacteriana es la principal causa de patologías pulpares y periapicales y, por ende la desinfección del canal es el objetivo para conseguir un tratamiento exitoso. El análisis bacteriológico se realizó con espectrofotometría, método utilizado por Basmaci *et al*, en su estudio *In vitro* de evaluación de distintas técnicas de instrumentación e irrigación en la reducción de *E. faecalis* de los canales radiculares. Este es un sistema de identificación extremadamente fiable, es una técnica en la que se mide la masa de microorganismos en una suspensión. Para ello se utiliza un espectrofotómetro y se mide la cantidad de luz que atraviesa en una suspensión de microorganismos, en comparación con un blanco que es el medio esterilizado y sin sembrar. Cuanto mayor es el número de células en suspensión, tanto menor es el porcentaje de luz que atraviesa el medio y, la absorbancia es mayor.

Vale la pena señalar que tanto en el grupo preparado con Reciproc® como en el de Wave One®, la lectura por espectrofotómetro reveló crecimiento bacteriano en algunos casos, lo que nos permite comprobar que a pesar que la

preparación quimio-mecánica se puede considerar como el paso principal en términos de control de infecciones en endodoncia, esta puede no ser suficiente para desinfectar completamente los canales radiculares. Las bacterias restantes se pueden alojar en las irregularidades del conducto o dentro de los túbulos dentinales y, el principal desafío es alcanzarlas y eliminarlas, lo que confirma la observación de Ebru O" zsezer *et al*,⁷⁸ en su estudio, quienes determinaron que la mayoría de los instrumentos son capaces de reducir el número de bacterias en los canales de la raíz, en lugar que eliminarlas completamente.

Una de las preocupaciones acerca de la instrumentación con técnicas que se basan en el uso de un solo instrumento, se refiere a su capacidad para desbridar totalmente el canal radicular, debido a que la simplificación y agilización del proceso de preparación, puede derivar en una menor cantidad de irrigante, menor tiempo de contacto del irrigante antibacteriano en el canal, o ambos, sin embargo Alves *et al*⁷⁹, concluyeron en su estudio que los resultados logrados con los sistemas de un solo instrumento pueden ser comparables con otros sistemas, siempre que el ancho de preparación apical, el volumen y la duración del irrigante sean similares.

⁷⁸ O" ZSEZER, E; KALYONCUO_GLU, E; DURAN, E; YILMAZ, A; TANRIVERDI, Y. Efficacy of different instrumentation techniques on reducing *Enterococcus faecalis* infection in experimentally infected root canals. En: Journal of Dental Sciences. 2013.

⁷⁹ ALVES, F; RÔÇAS, I; ALMEIDA, B; NEVES, M; ZOFFOLI, J; SIQUEIRA J Jr. Quantitative molecular and culture analyses of bacterial elimination in oval-shaped root canals by a single-file instrumentation technique. En: International Endodontic Journal. Sept 2012, Vol. 45, N°. 9, p. 871–877.

Los resultados del presente estudio demostraron que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas de instrumentación Reciproc® y Wave One®, lo que representa que ambos sistemas operados con un solo instrumento, demuestran similar efectividad en la eliminación del *Enterococcus faecalis*, de ahí que el criterio clínico resulta importante a la hora de escoger el sistema a utilizar, respondiendo a las necesidades de cada operador, del caso a tratar, de la accesibilidad de los instrumentos, costos, adaptación del profesional con un sistema en particular, o beneficios adicionales que pueda ofrecer alguno de los sistemas, bien sea en cuanto a la cantidad de usos que se le pueda dar, menor riesgo de separación de instrumentos, menor extrusión de residuos al periápice, hechos que quedan sujetos a evaluaciones posteriores en otras investigaciones.

El presente estudio refuerza la importancia de la utilización de soluciones irrigantes con actividad antimicrobiana durante la preparación biomecánica, porque en el grupo de control positivo, en el cual, se utilizó solución salina como irrigante, hubo crecimiento bacteriano posterior a la instrumentación, resultado que está en desacuerdo con, Siqueira Jr *et al*⁸⁰ y Bereber *et al*⁸¹, quienes demostraron que al realizar la instrumentación de los conductos usando como irrigante la solución salina, se podría eliminar los microorganismos del conducto radicular principal, aunque la reducción de bacterias fue significativamente superior cuando se usaron soluciones de

⁸⁰ SIQUEIRA, JF Jr; RÔÇAS, A; FAVIERI, K.C. Lima Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. En: Journal of Endodontics. 2000. Vol. 26, pp. 331–334.

⁸¹ BERBER, V.B.; GOMES, B; SENA, N; VIANNA, M; FERRAZ, C; ZAIA, A; SOUZA-FILHO, F.J. Op cit.

hipoclorito de sodio como irrigante, sin embargo está en conformidad con el trabajo de Sena *et al*⁸².

⁸² SENA, N; GOMES, B; VIANNA, M; BERBER, V; ZAIA, A; FERRAZ, C; SOUZA-FILHO, FJ. In vitro antimicrobial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine against selected single-species biofilms. En: International Endodontic Journal. 2006. Vol. 39, pp. 878–885.

9. CONCLUSIONES

Los dos sistemas de instrumentación utilizados, redujeron significativamente la posibilidad de crecimiento bacteriano dentro de los canales radiculares, posterior a la instrumentación. Estas técnicas de un solo instrumento ofrecen resultados comparables con otras técnicas en cuanto a la conformación de los conductos y a su capacidad de barrido de bacterias, siempre que el ancho de la preparación apical, el volumen del irrigante y la duración de la irrigación se mantienen similares. No hubo diferencias significativas en los grupos de estudio posteriores al tratamiento, lo que indica que ambos métodos pueden ser fiables para utilizarlos en estudios *In vivo* de eficacia antibacteriana complementado con un protocolo de irrigación adecuado.

RECOMENDACIONES

Emplear el mismo diseño experimental, comparando otros sistemas de instrumentación, incluyendo rotatorios y reciprocantes.

Extender la evaluación de la contaminación bacteriana hasta túbulos dentinales.

Potencializar la irrigación con activación sónica o ultrasónica.

BIBLIOGRAFIA

ABBOTT, PV; HEIJKOOP, PS; CARDACI, SC; HUME, WR; HEITHERSAY, GS. An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. En: International endodontic journal. 1991. Vol. 24, N°. 6, p. 308-16.

ALVES, FR; ALMEIDA, BM; NEVES, MA; MORENO, JO; ROCAS, IN; SIQUEIRA, JF Jr. Disinfecting oval-shaped root canals: effectiveness of different supplementary approaches. En: Journal of endodontics. 2011. Vol. 37, N°. 4, p. 496-501.

ALVES, F; RÔÇAS, I; ALMEIDA, B; NEVES, M; ZOFFOLI, J; SIQUEIRA J Jr. Quantitative molecular and culture analyses of bacterial elimination in oval-shaped root canals by a single-file instrumentation technique. En: International Endodontic Journal. Sept 2012, Vol. 45, N°. 9, p. 871–877.

ANDERSON, AC; HELLWIG, E; VESPERMANN, R; WITTMER, A; SCHMID, M; KARYGIANNI, L. et al. Comprehensive analysis of secondary dental root canal infections: a combination of culture and culture-independent approaches reveals new insights. En: PloS one. 2012. Vol. 7, N°. 11, p. e49576.

ANUMULA, L; KUMAR, S; KUMAR, VS; SEKHAR, C; KRISHNA, M; PATHAPATI, RM. et al. An Assessment of Antibacterial Activity of Four Endodontic Sealers on *Enterococcus faecalis* by a Direct Contact Test: An In Vitro Study. En: ISRN dentistry. 2012. 2012:989781.

BAIK, JE; JANG, KS; KANG, SS; YUN, CH; LEE, K; KIM, BG. et al. Calcium hydroxide inactivates lipoteichoic acid from *Enterococcus faecalis* through deacylation of the lipid moiety. En: Journal of endodontics. 2011. Vol. 37, N° 2, p. 191-6.

BAKER, NA; ELEAZER, PD; AVERBACH, RE; SELTZER, S. Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. En: Journal of endodontics. 1975. Vol. 1, N°. 4, p. 127-35.

BARBIZAM, JV; FARINIUK, LF; MARCHESAN, MA; PECORA, JD; SOUSA-NETO, MD. Effectiveness of manual and rotary instrumentation techniques for cleaning flattened root canals. En: Journal of endodontics. 2002. Vol. 28, N°. 5, p. 365-6.

BERBER, V; GOMES, B; SENA, N; VIANNA, M; FERRAZ, C; ZAIA, AA. et al. Efficacy of various concentrations of NaOCl and instrumentation techniques in reducing *Enterococcus faecalis* within root canals and dentinal tubules. En: International endodontic journal. 2006. Vol. 39, N°. 1, p. 10-7.

BERUTTI, E; CHIANDUSSI, G; PAOLINO, DS; SCOTTI, N; CANTATORE, G; CASTELLUCCI, A. et al. Canal shaping with WaveOne Primary reciprocating files and ProTaper system: a comparative study. En: Journal of endodontics. 2012. Vol. 38, N°. 4, p. 505-9.

BERUTTI, E; PAOLINO, DS; CHIANDUSSI, G; ALOVISI, M; CANTATORE, G; CASTELLUCCI, A. et al. Root canal anatomy preservation of WaveOne reciprocating files with or without glide path. En: Journal of endodontics. 2012. Vol. 38, N°. 1, p. 101-4.

BRITO, PR; SOUZA, LC; MACHADO, JC; ALVES, FR; DE-DEUS, G; LOPES, HP. et al. Comparison of the effectiveness of three irrigation techniques in reducing intracanal *Enterococcus faecalis* populations: an in vitro study. En: Journal of endodontics. 2009. Vol. 35, N°. 10, p. 1422-7.

BUCHANAN, LS. Shaping root canals, Part V: GT File technique in small-root canals. En: Dentistry today. 2000. Vol. 19, N° 1, p. 54-7.

BURKLEIN, S; HILLER, C; HUDA, M; SCHAFER, E. Shaping ability and cleaning effectiveness of Mtwo versus coated and uncoated EasyShape instruments in severely curved root canals of extracted teeth. En: International endodontic journal. 2011. Vol. ;44, N°. 5, p. 447-57.

BURKLEIN, S; HINSCHITZA, K; DAMMASCHKE, T; SCHAFER, E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. En: International endodontic journal. 2012. Vol. 45, N°. 5, p. 449-61.

CAMPS, J; POMMEL, L; AUBUT, V; VERHILLE, B; SATOSHI, F; LASCOLA, B. et al. Shelf life, dissolving action, and antibacterial activity of a neutralized 2.5% sodium hypochlorite solution. En: Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontology. 2009. Vol. 108, N°. 2, p. :e66-73.

CARDOSO, MG; OLIVEIRA, LD; KOGA-ITO, CY; JORGE, AO. Effectiveness of ozonated water on *Candida albicans*, *Enterococcus faecalis*, and endotoxins in root canals. En: Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology 2008. Vol. 105, p. 85-91.

CASE, PD; BIRD, PS; KAHLER, WA; GEORGE, R; WALSH, LJ. Treatment of root canal biofilms of *Enterococcus faecalis* with ozone gas and passive ultrasound activation. En: Journal of endodontics. 2012. Vol. 38, N°. 4, p. 523-6.

CAVIEDES-BUCHELI, J; MORENO, JO; CARRENO, CP; DELGADO, R; GARCIA, DJ; SOLANO, J. et al. The effect of single-file reciprocating systems on Substance P and Calcitonin gene-related peptide expression in human periodontal ligament. En: International endodontic journal. 2012.

DAGNA, A; ARCIOLA, CR; VISAI, L; SELAN, L; COLOMBO, M; BIANCHI, S. et al. Antibacterial efficacy of conventional and single-use Ni-Ti endodontic instruments: an in vitro microbiological evaluation. En: The International journal of artificial organs. 2012:0.

DE-DEUS, G; GARCIA-FILHO, P. Influence of the NiTi rotary system on the debridement quality of the root canal space. En: Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics. 2009. Vol. 108, N° 4. P. e71-6.

DENOTTI, G; PIGA, R; MONTALDO, C; ERRIU, M; PILIA, F; PIRAS, A. et al. In Vitro Evaluation of Enterococcus faecalis Adhesion on Various Endodontic Medicaments. En: The open dentistry journal. 2009. Vol. 3, p. 120-4.

DORNELLES, R; GUERREIRO, J. Antibacterial efficacy of endodontic irrigating solutions and their combinations in root canals contaminated with *Enterococcus faecalis*. En: Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology. 2011. Vol. 112, N°. 396-400

ELAYOUTI, A; CHU, AL; KIMIONIS, I; KLEIN, C; WEIGER, R; LOST, C. Efficacy of rotary instruments with greater taper in preparing oval root canals. En: International endodontic journal. 2008. Vol. 41, N° 12, p.1088-92.

FENG, ZH; GAO, XJ; SHEN, S. [In vitro evaluation of the antibacterial effectiveness of sodium hypochlorite on Enterococcus faecalis within root canals]. En: Zhonghua kou qiang yi xue za zhi = Zhonghua kouqiang yixue zazhi = Chinese journal of stomatology. 2007. Vol. 42, N°. 6, p. 355-6.

GAMBARINI, G; DE LUCA, M; GEROSA, R. Chemical stability of heated sodium hypochlorite endodontic irrigants. En: Journal of endodontics. 1998. Vol. 24, N°. 6, p. 432-4.

GAMBARINI, G; GERGI, R; NAAMAN, A; OSTA, N; AL SUDANI, D. Cyclic fatigue analysis of twisted file rotary NiTi instruments used in reciprocating motion. En: International endodontic journal. 2012. Vol. 45, N°. 9, p. 802-6.

HAAPASALO, M; SHEN, Y. Current therapeutic options for endodontic biofilms. En: Endodontic Topics. 2010. Vol. 22, N° 1, p. 79–98.

HARRISON, JW; HAND, RE. The effect of dilution and organic matter on the anti-bacterial property of 5.25% sodium hypochlorite. En: Journal of endodontics. 1981. Vol. 7, N°. 3, p. 128-32.

JOHANSSON, D; RASMUSSEN, M. Virulence factors in isolates of Enterococcus faecalis from infective endocarditis and from the normal flora. En: Microbial pathogenesis. 2012.

JOHNSON, E; LLOYD, A; KUTTLER, S; NAMEROW, K. Comparison between a novel nickel-titanium alloy and 508 nitinol on the cyclic fatigue life of ProFile

25/04 rotary instruments. En: Journal of endodontics. 2008. Vol. 34, N°. 11, p.1406-9.

KAUFMAN, B; SPANGBERG, L; BARRY, J; FOUAD, AF. Enterococcus spp. in endodontically treated teeth with and without periradicular lesions. En: Journal of endodontics. 2005. Vol. 31, N°. 12, p. 851-6.

KIM, HC; KWAK, SW; CHEUNG, GS; KO, DH; CHUNG, SM; LEE, W. Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne. En: Journal of endodontics. 2012. Vol. 38, N°. 4, p. 541-4.

LEE, JK; PARK, YJ; KUM, KY; HAN, SH; CHANG, SW; KAUFMAN, B. et al. Antimicrobial efficacy of a human beta-defensin-3 peptide using an Enterococcus faecalis dentine infection model. En: International endodontic journal. 2012.

LIU, SB; FAN, B; CHEUNG, GS; PENG, B; FAN, MW; GUTMANN, JL. et al. Cleaning effectiveness and shaping ability of rotary ProTaper compared with rotary GT and manual K-Flexofile. En: American journal of dentistry. 2006. Vol. 19, N°. 6, p. 353-8.

LOVATO, KF; SEDGLEY, CM. Antibacterial activity of endosequence root repair material and proroot MTA against clinical isolates of Enterococcus faecalis. En: Journal of endodontics. 2011. Vol. 37, N° 11, p. 1542-6.

MARENDING, M; LUDER, HU; BRUNNER, TJ; KNECHT, S; STARK, WJ; ZEHNDER, M. Effect of sodium hypochlorite on human root dentine--mechanical, chemical and structural evaluation. En: International endodontic journal. 2007. Vol. 40, N°. 10, p. 786-93.

MATOS, M; SANTOS, SS; LEAO, MV; HABITANTE, SM; RODRIGUES, JR; JORGE, AO. Effectiveness of three instrumentation systems to remove Enterococcus faecalis from root canals. En: International endodontic journal. 2012. Vol. 45, N°. 5, p. 435-8.

OLIVEIRA, LC; SPONCHIADO, EC; DA FROTA, MF; FRANCO, AA; ROBERTI, L. Morphometrical analysis of cleaning capacity of a hybrid instrumentation in mesial flattened root canals. En: Australian Endodontic Journal. 2011. Vol. 37, p. 99–104.

O' ZSEZER, E; KALYONCUO_GLU, E; DURAN, E; YILMAZ, A; TANRIVERDI, Y. Efficacy of different instrumentation techniques on reducing Enterococcus faecalis infection in experimentally infected root canals. En: Journal of Dental Sciences. 2013.

PAQUE, F; BALMER, M; ATTIN, T; PETERS, OA. Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a

micro-computed tomography study. En: Journal of endodontics. 2010. Vol. 36, N° 4, p.703-7.

PEDULLA, E; GRANDE, NM; PLOTINO, G; PAPPALARDO, A; RAPISARDA, E. Cyclic fatigue resistance of three different nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite. En: Journal of endodontics. 2011. Vol. 37, N° 8, p. 1139-42.

PINHEIRO, ET; PENAS, PP; ENDO, M; GOMES, BP; MAYER, MP. Capsule locus polymorphism among distinct lineages of *Enterococcus faecalis* isolated from canals of root-filled teeth with periapical lesions. En: Journal of endodontics. 2012. Vol. 38, N° 1, p. 58-61.

POGGIO, C; COLOMBO, M; SCRIBANTE, A; SFORZA, D; BIANCHI S. In vitro antibacterial activity of different endodontic irrigants. En: Dental traumatology: official publication of International Association for Dental Traumatology. 2012. Vol. 28, N° 3, p. 205-9.

PREETHEE, T; KANDASWAMY, D; HANNAH, R. Molecular identification of an *Enterococcus faecalis* endocarditis antigen *efaA* in root canals of therapy-resistant endodontic infections. En: Journal of conservative dentistry. 2012. Vol. 15, N° 4, p. 319-22.

RICUCCI, D; LIN, LM; SPANGBERG, LS. Wound healing of apical tissues after root canal therapy: a long-term clinical, radiographic, and histopathologic observation study. En: Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics. 2009. Vol. 108, N° 4, p. 609-21.

ROCAS, IN; SIQUEIRA, JF Jr.; SANTOS, KR. Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. En: Journal of endodontics. 2004. Vol. 30, N° 5, p. 315-20.

ROCAS, IN; SIQUEIRA, JF Jr. Characterization of microbiota of root canal-treated teeth with posttreatment disease. En: Journal of clinical microbiology. 2012. Vol. 50, N° 5, p. 1721-4.

ROMEO, U; PALAIA, G; NARDO, A; TENORE, G; TEDESCAS, V; KORNBLIT, R. Effectiveness of KTP laser versus 980 nm diode laser to kill *Enterococcus faecalis* in biofilms developed in experimentally infected root canals. En: Australian Endodontic Journal. Mar 2014. Vol. 10, 1111, p. 1-7.

ROSSI-FEDELE, G; PRICHARD, JW; STEIER, L; DE FIGUEIREDO, JA. The effect of surface tension reduction on the clinical performance of sodium hypochlorite in endodontics. En: International endodontic journal. 2012.

SABER, SEL D; EL-HADY, SA. Development of an intracanal mature *Enterococcus faecalis* biofilm and its susceptibility to some antimicrobial

intracanal medications; an in vitro study. En: European journal of dentistry. 2012. Vol. 6, N°. 1, p. 43-50.

SCHNEIDER, SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. En: Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology. 1971, Vol 32, N° 2. p. 271-5.

SENA, N; GOMES, B; VIANNA, M; BERBER, V; ZAIA, A; FERRAZ, C; SOUZA-FILHO, FJ. In vitro antimicrobial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine against selected single-species biofilms. En: International Endodontic Journal. 2006. Vol. 39, pp. 878–885.

SHEN, Y; COIL, JM; MCLEAN, AG; HEMERLING, DL; HAAPASALO, M. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 5: single use from endodontic specialty practices. En: Journal of endodontics. 2009. Vol. 35, N°. 10, p. 1363-7.

SIQUEIRA, JF Jr.; ALVES, FR; ALMEIDA, BM; DE OLIVEIRA, JC; ROCAS, IN. Ability of chemomechanical preparation with either rotary instruments or self-adjusting file to disinfect oval-shaped root canals. En: Journal of endodontics. 2010. Vol. 36, N°. 11, p. 1860-5.

SIQUEIRA, JF Jr; RÔÇAS, A; FAVIERI, K.C. Lima Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. En: Journal of Endodontics. 2000. Vol. 26, pp. 331–334.

SOARES, JA; ROQUE, MA; CUNHA, SM; CASTRO, RM; RIBEIRO, R; BRITO, M JR, ET AL. Effectiveness of chemomechanical preparation with alternating use of sodium hypochlorite and EDTA in eliminating intracanal *Enterococcus faecalis* biofilm. En: Journal of endodontics. May 2010. Vol. 36, N°. 5, p. 894-898.

SLUTZKY-GOLDBERG, I, MAREE, M; LIBERMAN, R; HELING, I. Effect of sodium hypochlorite on dentin microhardness. En: Journal of endodontics. 2004. Vol. 30, N°. 12, p. 880-2.

SO-YOUN, J; WOOCHEOL, L; MO, K; BOCK, H; HYEON-CHEOL, K. Single file reciprocating technique using conventional nickel–titanium rotary endodontic files. En: The journal of scanning microscopies. 2013. 2013. Vol. 35, N°6, p. 349–354.

TAHA, NA; OZAWA, T; MESSER, HH. Comparison of three techniques for preparing oval-shaped root canals. En: Journal of endodontics. 2010. Vol. 36, N°. 3, p. 532-5.

THOMAS, JE; SEM, DS. An in vitro spectroscopic analysis to determine whether para-chloroaniline is produced from mixing sodium hypochlorite and chlorhexidine. En: Journal of endodontics. 2010. Vol. 36, N°. 2, p. 315-7.

VAGHELA, DJ; KANDASWAMY, D; VENKATESHBABU, N; JAMINI, N; GANESH, A. Disinfection of dentinal tubules with two different formulations of calcium hydroxide as compared to 2% chlorhexidine: As intracanal medicaments against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*: An in vitro study. En: Journal of conservative dentistry. 2011. Vol. 14, N°. 2, p. 182-6.

WOODMANSEY, KF. Intracanal heating of sodium hypochlorite solution: an improved endodontic irrigation technique. En: Dentistry today. 2005. Vol. 24, N°. 10, p. 114, 6.

YARED, G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. En: International endodontic journal. 2008. Vol. 41, N°. 4, p. 339-44.

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

YOUNG-SIL, YOO; YONG-BUM, R. A comparison of the shaping ability of reciprocating NiTi instruments in simulated curved canals. En: Dental and Endodontics. 2012. Vol. 37, N°. 4, p. 220-227.

ZHANG, C; HOU, BX; ZHAO, HY; SUN, Z. Microbial diversity in failed endodontic root-filled teeth. En: Chinese medical journal. 2012. Vol. 125, N°. 6, p. 1163-8.

ZHANG, W; CHANG, JF; WAN, BN; XU, GS; XIAO, CJ; LI, B. et al. Fast reciprocating probe system on the EAST superconducting tokamak. En: The Review of scientific instruments. 2010. Vol. 81, N°. 11, p. 113501.

ZOLETTI, GO; PEREIRA, EM; SCHUENCK, RP; TEIXEIRA, LM; SIQUEIRA, JF Jr.; DOS SANTOS, KR. Characterization of virulence factors and clonal diversity of *Enterococcus faecalis* isolates from treated dental root canals. En: Research in microbiology. 2011. Vol. 162, N°. 2, p. 151-8.

ZOU, L; SHEN, Y; LI, W; HAAPASALO, M. Penetration of sodium hypochlorite into dentin. En: Journal of endodontics. 2010. Vol. 36, N°. 5, p. 793-6.

TABLAS

GRUPO (RECIPROC)	<i>E. faecalis</i>		P. VALOR
	SI	NO	
HIPOCLORITO	4(20%)	16(80%)	
SOLUCION SALINA	18(90%)	2(10%)	P=0.00
TOTAL	22	18	

TABLA 1. Comparación de la proporción de *E. faecalis* en dientes instrumentados con el sistema Reciproc, irrigados con hipoclorito y solución salina.

GRUPO (WAVE ONE)	<i>E. faecalis</i>		P. VALOR
	SI	NO	
HIPOCLORITO	6(30%)	14(70%)	
SOLUCION SALINA	19(95%)	1(5%)	P=0.0001
TOTAL	25	15	

TABLA 2. Comparación de la proporción de *E. faecalis* en dientes instrumentados con el sistema Wave One, irrigados con hipoclorito y solución salina.

GRUPO (HIPOCLORITO)	<i>E. faecalis</i>		P. VALOR
	SI	NO	
RECIPROC	4(20%)	16(80%)	P=0.71
WAVE ONE	6(30%)	14(70%)	
TOTAL	10(25%)	30(75%)	

TABLA 3. Comparación de la proporción de *E. faecalis* en dientes instrumentados con los sistemas Reciproc y Wave One, irrigados con hipoclorito de sodio.

GRUPO (SOLUCION SALINA)	<i>E. faecalis</i>		P. VALOR
	SI	NO	
RECIPROC	18(90%)	2(10%)	P=1
WAVE ONE	19(95%)	1(5%)	
TOTAL	37(92,5%)	3(7,5%)	

TABLA 4. Comparación de la proporción de *E. faecalis* en dientes instrumentados con los sistemas Reciproc y Wave One, irrigados con solución salina.

ANEXOS



**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
POSTGRADO DE ENDODONCIA
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION**

CONSENTIMIENTO INFORMADO

TITULO DEL PROYECTO: EVALUACION DE LA PRESENCIA DE *Enterococcus faecalis* EN CONDUCTOS PREPARADOS CON LOS SISTEMAS RECIPROC Y WAVE ONE

Investigador Principal: Carlos Corrales

Nombre del Paciente:

A Usted se le está invitando a participar en un estudio de investigación odontológica. Cuenta con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

Usted participará como donante del (los) órgano(s) dentario(s) que será(n)extraído(s) por motivos terapéuticos.

Los posibles efectos adversos del procedimiento de extracción y los medicamentos indicados son los mismos que ocurrirían si sus dientes extraídos no fueran entregados para el estudio.

La participación en el estudio es completamente voluntaria.

No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación.

No tendrá que efectuar gasto alguno como consecuencia del estudio.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
POSTGRADO DE ENDODONCIA
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION

INSTRUMENTO

TITULO DEL PROYECTO: EVALUACION DE LA PRESENCIA DE *Enterococcus faecalis* EN CONDUCTOS PREPARADOS CON LOS SISTEMAS RECIPROC Y WAVE ONE

Investigador Principal: Carlos Corrales

El objetivo general de este trabajo es evaluar la eficacia de los sistemas Reciproc y Wave One para la erradicación del *Enterococcus faecalis* en la preparación del conducto radicular.

CÓDIGO _____

1. La unidad muestral permite la medición SI NO

Si la respuesta a la pregunta N° 1 es SI continúe a las siguientes, de lo contrario de por terminado el proceso de investigación para esta unidad muestral.

2. Hay *Enterococcus faecalis* identificables previo a la instrumentación?
SI NO

3. Hay *Enterococcus faecalis* identificables posterior a la instrumentación?
SI NO

Observaciones _____

Operador _____.

INSTRUCTIVO DE DILIGENCIAMIENTO DEL INSTRUMENTO

1. Colocar el código que estará rotulado en el tubo correspondiente a la unidad muestral que se va analizar.
2. Para determinar si la unidad muestral permite la medición se deben tener en cuenta los siguientes factores:
El ápice del diente debe estar debidamente sellado
El conducto debe tener la amplitud adecuada que permita la introducción de la aguja que llevará la solución salina que humectará el conducto y, deberá permitir la entrada de la punta de papel para la toma de la muestra.
La muestra tomada con la punta de papel debe ser suficiente, que permita la evaluación con la técnica de PCR.
3. Si la unidad muestral cumple con los anteriores requerimientos marque con una x en la casilla que encierra la palabra SI.
4. Si por el contrario, la unidad muestral no cumple con los anteriores requerimientos marque con una x en la casilla que encierra la palabra NO.
5. Si la respuesta es NO, la muestra será desechada, y se llenarán las observaciones correspondientes.
6. Si se determina que la unidad muestral permite la medición, se debe proceder a la aplicación de la técnica PCR.
7. Si se determina la presencia de *Enterococcus faecalis* con la técnica PCR previa a la preparación del conducto debe marcar con una x en la casilla del SI

8. Si no se detecta la presencia de *Enterococcus faecalis*, debe marcar con una x la casilla del NO. En ese caso la muestra será desechada, y se diligenciarán las observaciones correspondientes.
9. Si posterior a la preparación del conducto, se detecta la presencia de *Enterococcus faecalis*, marque con una x la casilla del SI
10. Si después de la preparación del conducto no se determina la presencia de *Enterococcus faecalis*, marque con una x la casilla del NO.
11. Después de realizado el procedimiento el operador debe colocar su firma en el documento del instrumento.

IMÁGENES



IMAGEN 1. Preparación de acceso.



IMAGEN 2. Conductometría e instrumentación hasta lima K flexofile #20 (Dentsply®, Maillefer, Tulsa).



IMAGEN 3. Irrigación con hipoclorito de sodio 5,25% (Proquident®, Envigado, Colombia).



IMAGEN 4. Sellado de porción apical con resina fluida.

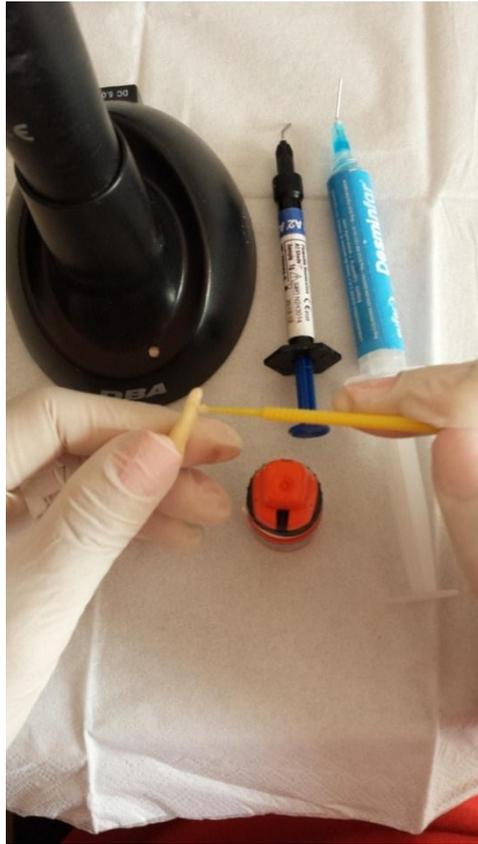


IMAGEN 5. Sellado de la superficie radicular con adhesivo.



IMAGEN 6. Dientes sostenidos con material de impresión en silicona pesada (Elite HD Zhermack®, España)



IMAGEN 7. Dientes montados en tubos eppendorf (Haimen Shengbang Laboratory Equipment®, Jiangsu, China)

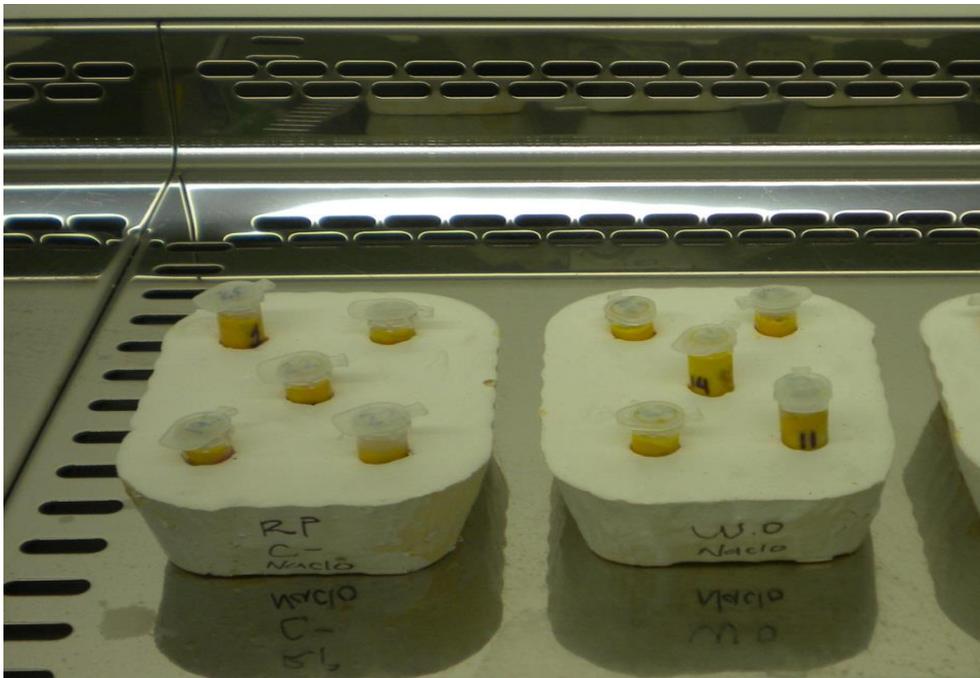


IMAGEN 8. Montaje de dientes en soportes de yeso



IMAGEN 9. Inoculación de *E. faecalis* (cepa ATCC 29212)



IMAGEN 10. Incubación de dientes inoculados



IMAGEN 11. Cámara de flujo laminar (ESCO®, Modelo AC2-4E2. 2008, Singapore)



IMAGEN 12. Extracción del contenido de los conductos previo a la instrumentación.

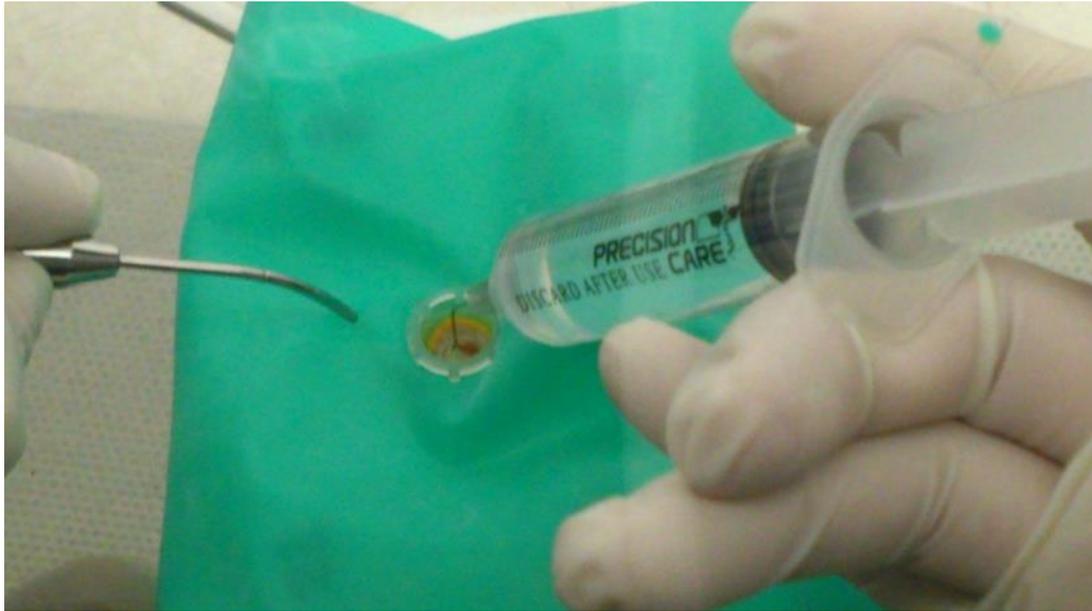


IMAGEN 13. Irrigación inicial.

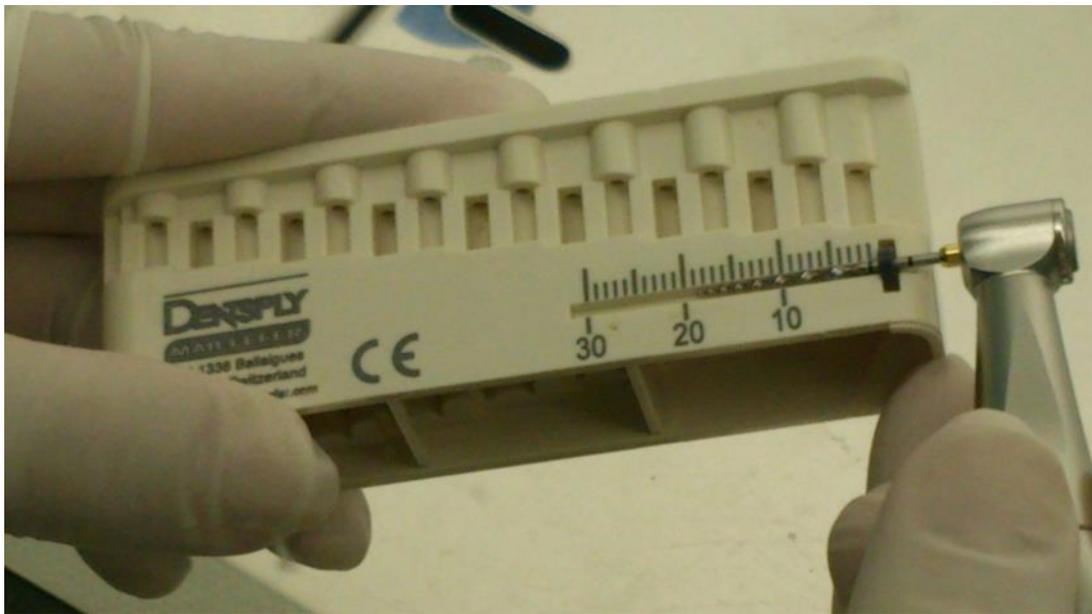


IMAGEN 14. Determinación de la longitud de trabajo con el sistema recíprocante.

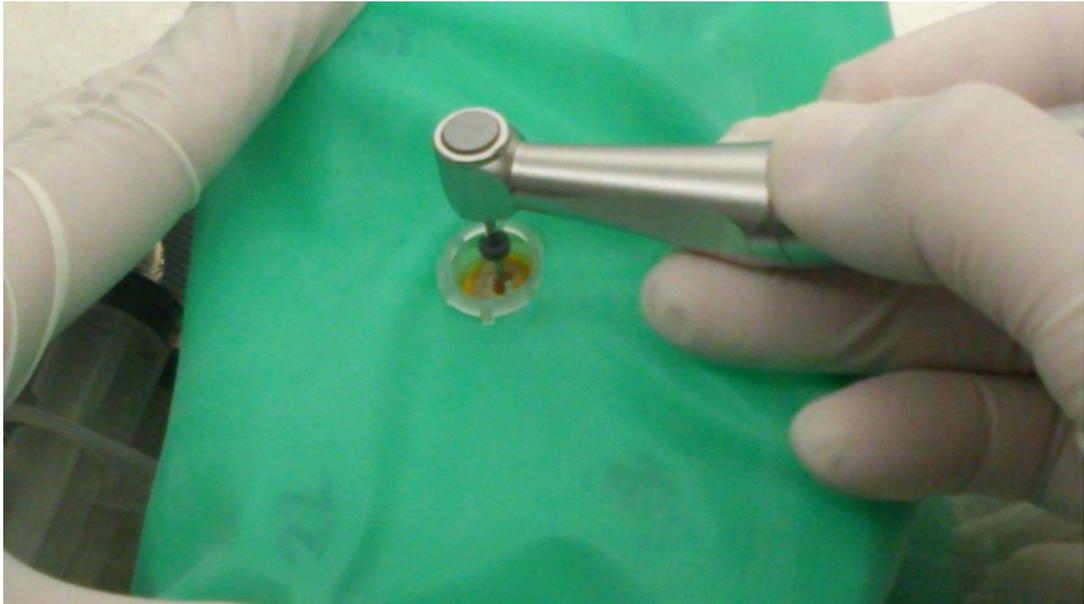


IMAGEN 15. Preparación de conducto con sistema recíprocante.

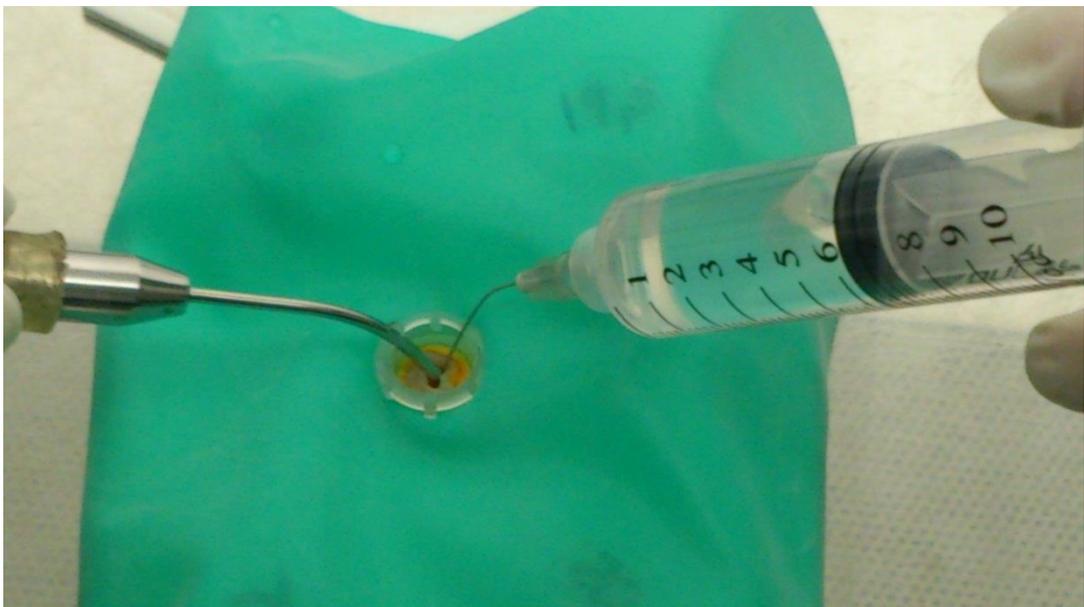


IMAGEN 16. Irrigación.

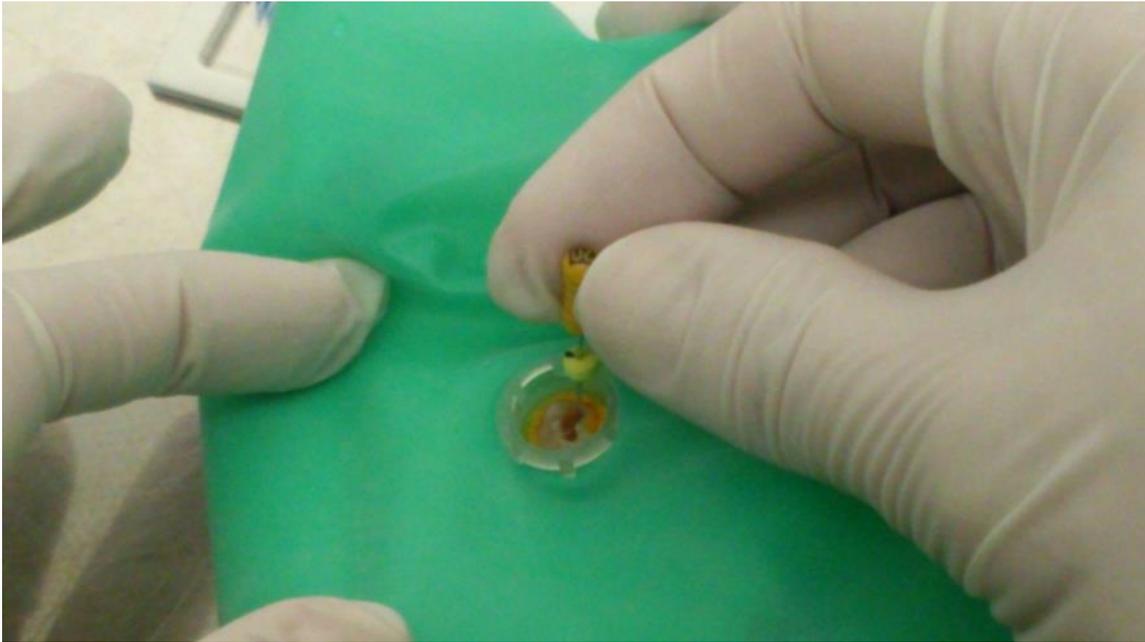


IMAGEN 17. Mantenimiento de la permeabilidad.



IMAGEN 18. Preparación hasta longitud de trabajo.



IMAGEN 19. Irrigación final.

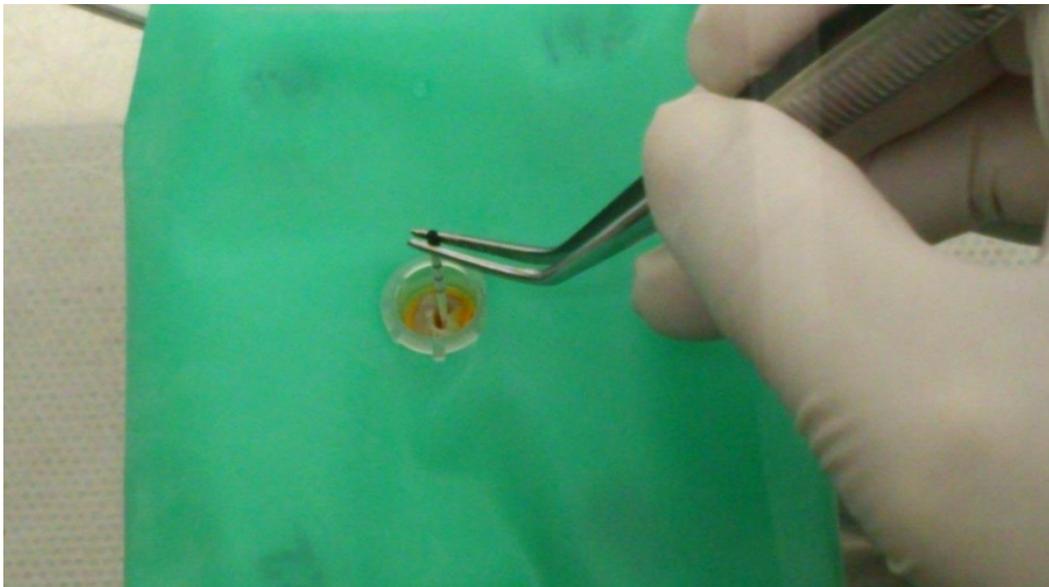


IMAGEN 20. Lavado y secado de conducto.



IMAGEN 21. Aplicación de caldo de cultivo.



IMAGEN 22. Lectura espectrofotométrica.