

Gradu Amaierako Lana / Trabajo Fin de Grado
Odontología Gradua / Grado en Odontología

EVALUACIÓN DE LA MICROFILTRACIÓN DE CUATRO MATERIALES EMPLEADOS PARA LA OBTURACIÓN APICAL EN MICROCIROUGÍA ENDODÓNTICA: ESTUDIO IN VITRO DOBLE CIEGO

Egilea /Autor:

Jairo Eduardo Fernandez Condori

Zuzendaria / Director/a:

Alberto Anta Escuredo

Estíbaliz Rámila Sánchez

RESUMEN

Introducción: El tratamiento de conductos se considera la primera elección terapéutica cuando se produce la afectación del sistema pulpar. La alternativa frente al fracaso de esta primera opción es el retratamiento, pero existen situaciones en las que no es efectivo o no se puede realizar, por lo cual, el tratamiento indicado para la conservación dental es la cirugía endodóntica. El objetivo del tratamiento quirúrgico consiste en la producción de un sellado a nivel apical, tras la realización de la resección del ápice, la preparación cavitaria apical y la obturación de la misma. Sus tasas de éxito han mejorado gracias al desarrollo de equipos, instrumentos y materiales de última generación, acordes a los conceptos biológicos y la práctica clínica. En relación a los materiales, un punto clave para el éxito es una correcta preparación y obturación apical, evitando el paso de bacterias del interior al exterior del conducto, para ello el material ideal debería ser biocompatible, insoluble, dimensionalmente estable y proporcionar un sellado hermético del sistema de conductos.

Objetivos: Evaluar el grado de microfiltración apical entre MTA BIOREP®, Biodentine®, IRM® y Vitremer®, distintos tipos de materiales que se utilizan para la obturación apical en cirugía endodóntica. Valorar la capacidad de relleno de los materiales observados clínicamente y radiográficamente.

Métodos: Se seleccionaron 80 dientes unirradiculares a los cuales se les realizaron tratamientos de conductos mediante la técnica de Tagger y luego la resección de los 3 mm más apicales y la preparación de la cavidad retrógrada. Las muestras se dividieron aleatoriamente en 5 grupos, 4 para los grupos experimentales (MTA BIOREP®, Biodentine®, IRM® y Vitremer®) y uno para el grupo control. Se sumergieron de las muestras en azul de metileno durante 72 horas, y se efectuaron radiografías digitales de cada una de las muestras para su análisis. Finalmente se seccionaron longitudinalmente para la observación y toma de datos mediante microscopio clínico a un aumento de 20X. Para el análisis estadístico se utilizó el programa informático IBM SPSS 26. Se llevaron a cabo pruebas descriptivas (medias y desviación estándar) y pruebas analíticas (test de Kolmogorov-Smirnov para determinar la normalidad de la muestra y test de Kruskal-Wallis y Rod Spearman para valorar la correlación entre las variables). Se empleó un intervalo de confianza del 95% ($p < 0.05$).

Resultados: El grupo de Biodentine® obtuvo menor penetración de tinte en mm frente a MTA BIOREP®, aunque sin diferencias significativas entre sí. A su vez, ambas determinaron diferencias significativas con respecto a IRM® y Vitremer®. En cuanto a la capacidad de relleno del material, Biodentine® obtuvo el mayor resultado seguido de IRM®, sin diferencias significativas entre sí, pero si, respecto a Vitremer® y MTA BIOREP®. También se obtuvieron medias similares de porcentaje de relleno de la cavidad (83,74% y 81,40%) cuando se compararon estas medidas clínica y radiográficamente.

Conclusión: Los mejores valores detectados para microfiltración han sido proporcionados por Biodentine® y MTA BIOREP® y para la capacidad de relleno de la cavidad apical, para Biodentine® e IRM®, existiendo diferencias estadísticamente significativas en cada caso con respecto a los otros materiales analizados.

El nivel de detección de relleno de la cavidad apical ha sido similar entre la valoración clínica y radiográfica, otorgando a la prueba radiográfica un nivel de precisión aceptable en la evaluación de la obturación apical realizada.

INDICE

1.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 LA ENDODONCIA Y SU PAPEL EN LA ODONTOLOGÍA	1
1.2 ÉXITO Y FRACASO DEL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS	2
1.3 ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO	3
1.4 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA CIRUGÍA ENDODÓNTICA	4
1.5 SECUENCIA DE LA CIRUGÍA PERIAPICAL Y MICROCIRUGÍA ENDODÓNTICA	6
1.6 MATERIALES PARA LA OBTURACIÓN A RETRO DE LA CAVIDAD APICAL	7
2.OBJETIVOS.....	12
2.1 OBJETIVOS PRINCIPALES	12
2.2 OBJETIVO SECUNDARIO.....	12
3. MATERIAL Y MÉTODOS	12
3.1 SELECCIÓN DE LAS MUESTRAS.....	12
3.2 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	13
3.3 OBSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS	17
3.4 ANALISIS ESTADÍSTICO	19
4. RESULTADOS.....	20
4.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	20
4.2 ESTADÍSTICA INFERENCIAL	31
5. DISCUSIÓN.....	38
5.1 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	38
5.2 RESULTADOS DEL ESTUDIO	39
5.3 EVALUACIÓN RADIOGRÁFICA DE LA TÉCNICA.....	42
6. CONCLUSIONES.....	43
7. BILIOGRAFÍA	44

1.INTRODUCCIÓN

1.1 LA ENDODONCIA Y SU PAPEL EN LA ODONTOLOGÍA

La endodoncia es la rama de la odontología que estudia los aspectos biológicos y patológicos de la cámara pulpar y la estructura periapical [1]. Históricamente su tarea ha sido la de intentar solucionar el problema del “dolor de los dientes”, debido a la lesión inflamatoria en la pulpa (*pulpitis*) y en el tejido periapical (*periodontitis apical*). Por un largo periodo de tiempo el método común para ello consistió en la eliminación mediante cauterización con cable al rojo vivo o con químicos, por ejemplo, ácidos [2], y en el rellenado de la cámara pulpar con medicamentos [3].

En 1836 se utilizó el arsénico para la desvitalización de la pulpa [2] y en 1867, Bowman empleó conos de gutapercha en la obturación de los conductos [3]. En los inicios del siglo XIX se aplicaron procedimientos exentos de químicos tóxicos y también se introdujeron algunos instrumentos manuales. [2]

A principios del siglo XX, gracias al descubrimiento de los rayos X por Roentgen en 1895, se produjo un gran avance en la endodoncia, aunque también se dejó en evidencia la efectividad de los tratamientos endodónticos y la práctica indiscriminada que se producía hasta el momento. Fue William Hunter quien en 1910 realizó estas críticas e introdujo el concepto de infección focal y en 1921, Billings (EEUU) reafirmó esta teoría, en la cual indicaba que el diente con tratamiento endodóntico podría ser un foco de infección, además mencionó su implicación en algunas afecciones sistémicas. Este hecho dio lugar a la extracción masiva de dientes comprometidos [3]. Otro suceso importante en el siglo XX fue la introducción de la anestesia, esta hizo de la pulpectomía un procedimiento menos doloroso. [2]

En la endodoncia contemporánea a partir de los estudios realizados se demostró que una minuciosa preparación biomecánica de los conductos radiculares reducirá considerablemente su flora microbiana e incluso llegaba prácticamente a erradicarla, por lo cual la importancia de la teoría de la infección focal perdió importancia, sobre todo el empleo de agentes antimicrobianos intracanalulares. Se introdujo también la teoría del “tubo hueco”, desarrollado por Dixon y Rickert en 1931, en la cual se

demostraba que un tubo hueco estéril implantado en el tejido conectivo de animales de experimentación provocaba mayor reacción inflamatoria en sus extremos que un tubo repleto de material estéril. De esta teoría nació el concepto de “sellado apical” de los conductos radiculares.

A partir de entonces se intentaron desarrollar materiales de obturación para los conductos que fueran estables, no irritantes y que permitieran un adecuado sellado apical, buscando evitar filtraciones, sobre todo a nivel del orificio apical. Cabe mencionar también que gracias a los estudios clínicos y de laboratorio se establecieron nuevas técnicas de tratamiento, métodos de evaluación y materiales. También se estandarizó el instrumental endodóntico a partir de la propuesta realizada por Ingle y Levine en 1956. Por último, otro de los hechos que dio lugar a la endodoncia moderna fue la aceptación de esta como especialidad por parte de la Asociación Dental Americana en el año 1963. [3]

1.2 ÉXITO Y FRACASO DEL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS

El objetivo principal del tratamiento de conductos consiste en la prevención y/o eliminación de la periodontitis apical y la resolución de los signos y síntomas del paciente. [1, 4] Por lo tanto, el éxito del tratamiento endodóntico primario, se define como la ausencia de la patología y los síntomas y signos del paciente después de un periodo de observación [5].

En cuanto a la tasa de éxito, cabe destacar, que un peso considerable de la evidencia respalda el valor del tratamiento de conductos inicial [6]. En el que gracias a la introducción de diversos factores en el campo de la endodoncia, por ejemplo, el instrumental a base de Níquel-Titanio (Walia y col, 1988) y la acción mediante motor en la instrumentación de conductos, se pudieron realizar tratamientos con mayor facilidad y mayor rapidez, además de proporcionar resultados más predecibles. Otros avances importantes son el microscopio quirúrgico, el CBCT y las nuevas técnicas de irrigación y obturación de los conductos. [5]

Por otra parte, existen situaciones en las que, debido a la complejidad anatómica de los sistemas de conductos radiculares, las comunidades microbianas patógenas infiltradas, su resistencia, las limitaciones inherentes de la instrumentación e

irrigación, de los materiales de obturación y el filtrado de restauraciones, la completa eliminación de la bacteriología patógena no siempre es posible. [6]

Los factores de riesgo para el fracaso del tratamiento primario incluyen:

- Afectación periodontal
- Habilidad del clínico
- Asepsia del campo de trabajo, instrumental utilizado y técnicas empleadas.
- Complicaciones durante el tratamiento (ej. obstrucción del conducto por falta de irrigación, perforación del conducto)
- Calidad de la obturación: la subobturación o la sobreobturación pueden afectar al resultado del tratamiento.
- Restauración coronal, una calidad baja de la misma implicaría un peor resultado [1]
- Factores de riesgo específicos del diente: la existencia previa de periodontitis apical y su tamaño, reduciría el éxito del tratamiento en un 10-20% y supondría un mayor tiempo de recuperación [7], también la no instrumentación de todas las zonas del conducto debido a la imposibilidad de llegar a estos, las zonas que resultan inaccesibles suelen ser: ramificaciones, conductos laterales y túbulos dentinarios [5].

1.3 ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

Cuando la terapia inicial del tratamiento de conductos no sea exitosa la alternativa de será el retratamiento no quirúrgico o bien el tratamiento quirúrgico, y cuando estas no sean factibles o prácticas la alternativa será la extracción con o sin reemplazo.[8]

El retratamiento de conductos no quirúrgico tiene el mismo objetivo que el tratamiento primario, eliminación completa de los microorganismos patógenos y sellado hermético con materiales biocompatibles, esto se logra mediante la eliminación del material de obturación previo, la desinfección y el sellado del sistema de conductos.

Según Gutmann, 1991, la resección del ápice radicular, también denominado como cirugía endodoncia, cirugía perirradicular, cirugía periapical o apical o apicectomía

consiste en la extirpación quirúrgica de la lesión periapical, seguido de la resección de la porción apical de la raíz, la desinfección y el sellado del conducto radicular restante (Gutmann, 1991). [9]

Nair y cols. en el estudio meticuloso de secciones seriadas de lesiones periapicales humanas, mostraron que un 52 % de las lesiones estaban epitelizadas, de estas, solo el 15 % eran quistes verdaderos, los cuales no pueden tratarse mediante el tratamiento de conductos primario ya que la luz del quiste está totalmente incluida, por lo cual se menciona que, desde el punto de vista patológico, aproximadamente un 10 % de todas las lesiones periapicales podrían precisar del abordaje quirúrgico además del tratamiento de conductos para la curación de la lesión. [10]

1.4 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA CIRUGÍA ENDODÓNTICA

La cirugía endodóntica (CE) es una modalidad de tratamiento que surgió hace alrededor de 150 años. [11]

Los procedimientos quirúrgicos que comprende el campo de la cirugía endodóntica incluyen: cirugía de fístulas, cirugía periapical y cirugía correctiva también reimplantación y trasplante dental. [8]

En cuanto a la primera resección apical algunos reportes señalan que fue realizado por C.S. Smith en 1871, sin embargo, otros señalan que fue efectuado un siglo antes por Berdmore. [8, 12]

En 1884 Farrar propuso la resección del ápice radicular al señalarlo como cuerpo extraño cuando existía necrosis pulpar. [12] G.V. Black en 1886, recomendó la resección del ápice con una fresa de fisura; Rhein en 1890, sugirió para los abscesos periapicales la obturación del conducto, seguido de la remoción del absceso; Ottolengui en 1892, propuso la resección del ápice seguida de la obturación del mismo. [8]

En Europa se empezaron a realizar cirugías de resección apical guiados por los logros de Partsch a principios de 1890, en este sentido, la teoría de infección focal no afectó demasiado en la cirugía endodóntica. [12]

En 1964, la endodoncia fue reconocida como una especialidad en los Estados Unidos,

la cirugía endodóntica se convirtió entonces en una parte integral de los libros y tratados de endodoncia. Varios aspectos de este campo tales como indicaciones, contraindicaciones, anestesia, diseños de colgajo, resección del ápice y preparación, materiales de obturación y resultados fueron descritos. También cabe mencionar que a finales del siglo XX se publicó el primer libro moderno de cirugía endodóntica por Arens, Adams, y DeCastro. [8]

La opinión clásica de la cirugía endodóntica consiste en la aplicación de esta como último recurso, debido a la experiencia pasada con instrumentos inadecuados, visión poco óptima, complicaciones postoperatorias frecuentes y fracasos que a menudo resultaban en la extracción del diente. Por lo cual el enfoque quirúrgico de la terapia endodóntica se enseñó con poco entusiasmo en las universidades y muy pocos lo practicaban en los consultorios privados. Por lo tanto, la cirugía endodóntica se ha convertido en la denominada “Microcirugía Endodóntica”, al incorporar equipos, instrumentos y materiales de última generación que combinan los conceptos biológicos con la práctica clínica. [13]

La cirugía perirradicular microquirúrgica moderna utiliza ciertos avances técnicos, principalmente el microscopio quirúrgico dental, el ultrasonido, instrumentos microquirúrgicos modernos, así como materiales de obturación biocompatibles del extremo radicular [14]. También, la introducción del CBCT ha proporcionado la realización de un mejor diagnóstico y se han desarrollado avances en anestesia, hemostasia, entre otros. [11]

Los microscopios quirúrgicos se incorporaron en la endodoncia a principios de la década de 1990, desde entonces el trabajo con magnificación ha sido cada vez más aceptado y utilizado por los endodoncistas y otros especialistas. [15]

El uso de ultrasonidos en cirugía apical fue publicado por Richmann en 1957, sin embargo, fueron Bertrand y cols. en 1976, quienes realizaron las primeras preparaciones retrógradas con puntas ultrasónicas, tras la realización de la resección apical. A principios de los años 90 aparecieron en el mercado una gran variedad de puntas ultrasónicas diseñadas para la realización de cavidades retrógradas. [10]

También se han realizado protocolos de técnicas de regeneración tisular guiada con el uso de membranas, uso de diferentes materiales de relleno del extremo de la raíz y la

aplicación de diferentes sustitutos óseos para mejorar la regeneración.[9]

Por lo tanto, la microcirugía endodóntica es una técnica menos invasiva, que produce menos dolor y edema postoperatorio y una cicatrización más rápida de la herida, la cual ofrece una tasa de éxito significativamente mayor que la técnica de cirugía apical tradicional. [14]

1.5 SECUENCIA DE LA CIRUGÍA PERIAPICAL Y MICROCIRUGÍA ENDODÓNTICA

Los procedimientos de la cirugía periapical incluyen: anestesia, homeostasis, diseño de colgajo, incisión y resección, acceso apical, curetaje periapical, resección del ápice, preparación de la cavidad apical, obturación del ápice, reposición de colgajo y sutura, más los consecuentes cuidados pre operativos que incluyen instrucciones, remoción de sutura y revisión.

La resección del ápice consiste en la extracción de la porción apical no tratada y permite al cirujano determinar la causa de fracaso de la endodoncia. También permite la obtención de una superficie plana lo cual permite a su vez la realización de una preparación cavitaria y la colocación del material obturador. Una longitud de 7 a 9 mm de raíz proporcionará fuerza y estabilidad al diente [8]. Kim y Kratchman en 2006, han sugerido que al menos 3 mm de la raíz deben ser reseçadas para incluir el 98% de las ramificaciones apicales y el 93% de conductos laterales. [14]

Un enfoque moderno para la resección del extremo radicular consiste en el uso del microscopio operatorio, el uso de magnificación permitirá realizar el menor bisel posible en la resección del extremo radicular. Kim y Tsesis en 2006, sugieren el uso de puntas ultrasónicas para la preparación de la cavidad apical, para luego ser obturado con materiales modernos para la obturación del ápice. Así mismo, el abordaje microquirúrgico de la resección apical asegura una identificación más sencilla de las estructuras, tales como características anatómicas complicadas, ramificaciones, aletas, istmos, microfracturas y conductos adicionales. Según Kim (2006) y Setser (2010) se consigue una resección conservadora, profunda y coaxial y logrando un relleno de la cavidad del extremo radicular más preciso. [9]

Se ha determinado mediante observación, que la presencia de microorganismos en el

área del istmo podría ser el punto débil de la cirugía endodóntica convencional, por lo cual es fundamental la correcta preparación retrógrada. La preparación ideal del extremo radicular es una cavidad de clase I de al menos de 3 mm de profundidad dentro de la dentina radicular, con paredes paralelas dentro del contorno anatómico del espacio del conducto radicular y el istmo haciendo uso de puntas de ultrasonidos. [14]

1.6 MATERIALES PARA LA OBTURACIÓN A RETRO DE LA CAVIDAD APICAL

El éxito definitivo de la cirugía apical implica la correcta regeneración del periodonto, incluido el lugar de la colocación del material obturador, el ligamento periodontal y el hueso alveolar. [16]

Los materiales de obturación retrógrada entran en contacto directo con los tejidos perirradiculares, por lo cual el conocimiento de estos y sus características es crucial. [17]. Entre las propiedades ideales del material obturador del ápice se deberían incluir:

1. Capacidad de prevención de microfiltración bacteriana y sus productos, proporcionada por la adhesión a las paredes de la dentina y el sellado apical tridimensionalmente.
2. No tóxico
3. No genotóxico
4. No cancerígeno
5. Biocompatible con el tejido hospedador, que no produzca reacción inflamatoria.
6. Insolubilidad en fluidos tisulares
7. Dimensionalmente estable
8. Que no se vea afectado por la humedad durante el fraguado y el manejo
9. Radiopacidad
10. Bactericida o bacteriostático
11. Capaz de estimular la regeneración del periodonto, especialmente la cementogenesis directamente sobre el relleno del extremo radicular

12. No corrosivo e inactividad electroquímica

13. No debe producir cambios de color en el diente o los tejidos periapicales

14. Buena manejabilidad y larga durabilidad en el tiempo siendo útil

[18]

Una amplia variedad de materiales utilizados en odontología restauradora ha sido también utilizada para la obturación del ápice en cirugía apical (Tabla 1) [17, 19], entre ellos amalgama, composite, cemento de ionómero de vidrio, cementos a base de óxido de zinc eugenol como IRM® o Super EBA® [20].

Tabla 1: en este cuadro se reflejan los materiales utilizados históricamente para la obturación del ápice en cirugía apical, con las fechas de aplicación o creación del material y los autores que las llevaron a cabo.

MATERIAL	AÑO	AUTORES
Oro	1913 (aplicación en CP)	Schuster
Amalgama	1884 (aplicación en CP) 1897 (aplicación en CP)	R.K. Farrar M.L. Rhein
Gutapercha	1989 (aplicación en CP)	T. Amagasa y col.
Super EBA®	1970 (aplicación en CP)	L.P. Hendra
IRM®	1989 (aplicación en CP)	D. L. Bondra
Composite	1962 (creación)	R. L. Bowen
Cemento de policarboxilato	1968 (creación)	A. J. Smith
GIC (cemento de ionómero de vidrio)	1971 (creación)	A. D. Wilson y B. E. Kent

Uno de los avances más importantes en odontología reparativa fue la introducción de un tipo de materiales dentales, denominados como biocerámicos, a inicios de los años de 1990. Koch y Brave (2012) los definieron como productos o componentes empleados en aplicaciones médicas y dentales, principalmente como implantes y reemplazos que tienen propiedades osteoinductivas. Gran parte de las versiones comerciales de este tipo genérico de material está basado en la química del cemento de Portland.[17]

En la década de 1990 en California, EEUU, y en paralelo a la introducción del microscopio quirúrgico y las micro puntas ultrasónicas para la preparación de la cavidad para la obturación retrógrada (Carr 1992), se introdujo un nuevo material para la obturación en cirugía apical, el MTA, creado por Torabinejad y col. y patentado en 1995 [21].

El MTA es un cemento a base de silicato de calcio, usado comúnmente en procedimientos endodónticos que involucran regeneración pulpar y reparación de tejido duro, procedimientos tales como; recubrimiento pulpar, pulpotomías, apexogénesis, apexificación, reparación de perforaciones y obturación apical en cirugía endodóntica. [22]

En cuanto a su composición, está compuesto en un 75% por cemento de Portland, 20% óxido de bismuto (para dar radiopacidad) y 5 % yeso (para modular el tiempo de fraguado). El cemento de Portland específicamente consiste en sí mismo en óxido de calcio y dióxido de silicio, la mezcla de estos compuestos da como resultado silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y aluminoferrita de tetracálcico. [21]

El polvo de MTA consiste en partículas finas hidrofílicas que endurecen en presencia de agua [17], tiene un tiempo de fraguado largo (2h 45 min.), otras desventajas son la manejabilidad, la dificultad de la mezcla, precio elevado y decoloración de los dientes [16, 21, 22].

Recientemente se han lanzado nuevos cementos a base de silicato de calcio para mejorar las características de manejabilidad y fraguado del MTA como materiales para la obturación del ápice radicular [19]. Estos nuevos materiales también se denominan cementos endodónticos bioactivos y entre estos se encuentran:

- BioAggregate® (Innovative BioCeramix Inc. (IBC), Vancouver, Canada)
- Biodentine® (Septodont, Cedex, France)
- BioRoots RC® (Septodont, Cedex, France)
- Endo CPM Sealer® (Egeo S.R.L., MTM Argentina S.A.)
- Endocem MTA® (Maruchi, Wonju Korea)
- Endosequence® (Brasseler, USA)
- Endobinder® (Binderware, São Carlos, SP, Brazil)
- Endo Seal MTA® (Maruchi, Wonju Korea)
- iRoot BP Plus Root Repair Material® (BP-RRM)
- MicroMega MT® (Micro-Mega, Francia)
- MTA Bio® (Cerkamed, Polonia)
- MTA Fillapex® (Angelus)
- MTA plus® (Prevest Denpro, India)
- Neo MTA® (NuSmile)

Los cementos a base de silicato tricálcico no filtran materia contaminante por lo cual son seguros para su uso en cirugía endodóntica. Productos más nuevos, como Biodentine®, pueden ser alternativas interesantes para MTA [23].

El Biodentine® se compone principalmente de polvo de silicato tricálcico con añadido de polvo de carbonato de calcio y óxido de circonio, el líquido es una solución de cloruro de calcio con un agente reductor de agua [16]. Además, presenta mejor tiempo de fraguado, debido al cloruro de calcio, y mayor resistencia, debido al bajo ratio de agua frente al cemento y por la adición de un polímero soluble en agua [19]. En cuanto a la manejabilidad, sin embargo, aun representa cierta dificultad para los operadores.

Otros materiales a base de silicato de calcio se han desarrollado para intentar mejorar los problemas de manejabilidad observados con los materiales biocerámicos, un grupo de materiales de tipo masilla y pasta han salido disponibles al mercado, por ejemplo, ERRM y iRoot RRM tiene propiedades físicas similares al MTA en cuanto al fraguado, pero con propiedades de manejo mucho mejores.

Sin embargo, se ha concluido que todos los materiales biocerámicos son biocompatibles e inducen a la regeneración de los tejidos periradiculares y diferenciación celular humana y que ninguno presenta un perfil tóxico crítico. [17]

2.OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS PRINCIPALES

Por medio de un análisis in vitro de microfiltración se pretende evaluar la capacidad de sellado de las cavidades apicales cuando se obturan con los siguientes cuatro materiales:

- MTA BIOREP® (Itena Clinical Productions, París, Francia)
- Biodentine® (Septodont, Cedex, Francia)
- IRM® Intermediate Restorative Material (Dentsply Sirona, EEUU)
- Vitremer® (3M ESPE, St. Paul, MN, EEUU)

2.2 OBJETIVO SECUNDARIO

Se evaluará la capacidad de relleno de la cavidad apical de cada uno de los materiales, a partir de su valoración directa y radiográfica.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 SELECCIÓN DE LAS MUESTRAS

El presente estudio in vitro fue realizado en el laboratorio 1116 (Laboratorio de Int. a la Clínica y Odontología Preventiva) de Estomatología I de la Facultad de Medicina y Enfermería de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.

Se parte de una muestra de 80 dientes exodonciados de desechos, los cuales han sido donados por un centro dental privado de Bilbao (Bizkaia) y previamente autoclavados, de manera que se evite el riesgo de sufrir cualquier tipo de transmisión biológica indeseada y se garantice un manejo seguro de la muestra

Se seleccionaron dientes unirradiculares de ambos maxilares, solamente aquellos exentos de fisuras o fracturas, curvatura radicular excesiva.

Tras consulta al Comité de Ética sobre seres humanos de la Universidad del País Vasco (CEISH UPV/EHU), se concluyó que la evaluación del estudio por el mismo no era procedente, al considerar las muestras como producto de desecho y no restos

biológicos.

Los procedimientos y técnicas llevados a cabo en el presente estudio han sido también evidenciados en varios artículos en la literatura científica reciente [24-36]. Sin embargo, el estudio se basa principalmente en el trabajo publicado por Pragna Mandaba y cols. en 2015 [37] modificado.

3.2 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Tras el autoclavado de las muestras se procede a almacenarlas en suero salino durante 24 horas hasta la realización del experimento.

Se realizó la resección coronal de todas las muestras a nivel de la línea amelocementaria con una fresa de disco diamantada (918B 200 PM, Komet®) (**fig.1**), montada en una pieza de mano y luego se almacenaron en recipientes con su identificación numérica correspondiente (**fig. 2 y 3**).

FIG. 1 Fresa de disco



FIG. 2 Numeración



FIG.3 Almacenamiento



Para conferir al estudio el carácter doble ciego, el segundo operador AAE, posteriormente realizó el tratamiento de conductos de todas las muestras junto con la obturación retrógrada del ápice.

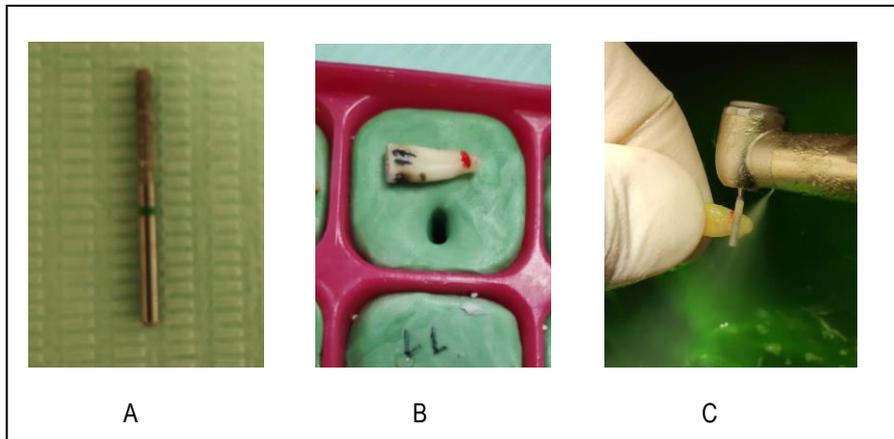
La longitud de trabajo se realizó con limas K manuales (Flexofile Colornix®, Dentsply Sirona) de calibre 10 a 1 mm del ápice. La instrumentación del conducto se efectuó mediante el sistema rotatorio Protaper Gold® (Dentsply Sirona) (**fig. 4**), usando un motor a torque 3.5 Ncm y velocidad 300 rpm (X-Smart®, Dentsply Sirona), siguiendo la secuencia recomendada por el fabricante (SX, S1, S2, F1, F2 y F3). Entre cada lima se realizó la irrigación con NaOCl 5,25% y la correspondiente permeabilización con la lima K de calibre 10 para la verificación de la correcta instrumentación. Una vez realizada la preparación y el secado con puntas de papel de los conductos, se procedió a la obturación con gutapercha mediante técnica de obturación híbrida de Tagger y finalmente el sellado coronal con composite (Spectrum TPH3®, Dentsply Sirona).

FIG. 4 Sistema rotatorio ProTaper Gold



Posteriormente se procedió a la resección de los 3 mm apicales en un corte de 90° con respecto al eje longitudinal del diente. La resección se realizó con una fresa diamantada de hombro (6837 Komet®) (fig. 5)

FIG. 5 Procedimiento de resección de los 3 milímetros más apicales de la raíz. A) fresa de diamante B) línea de corte C) resección



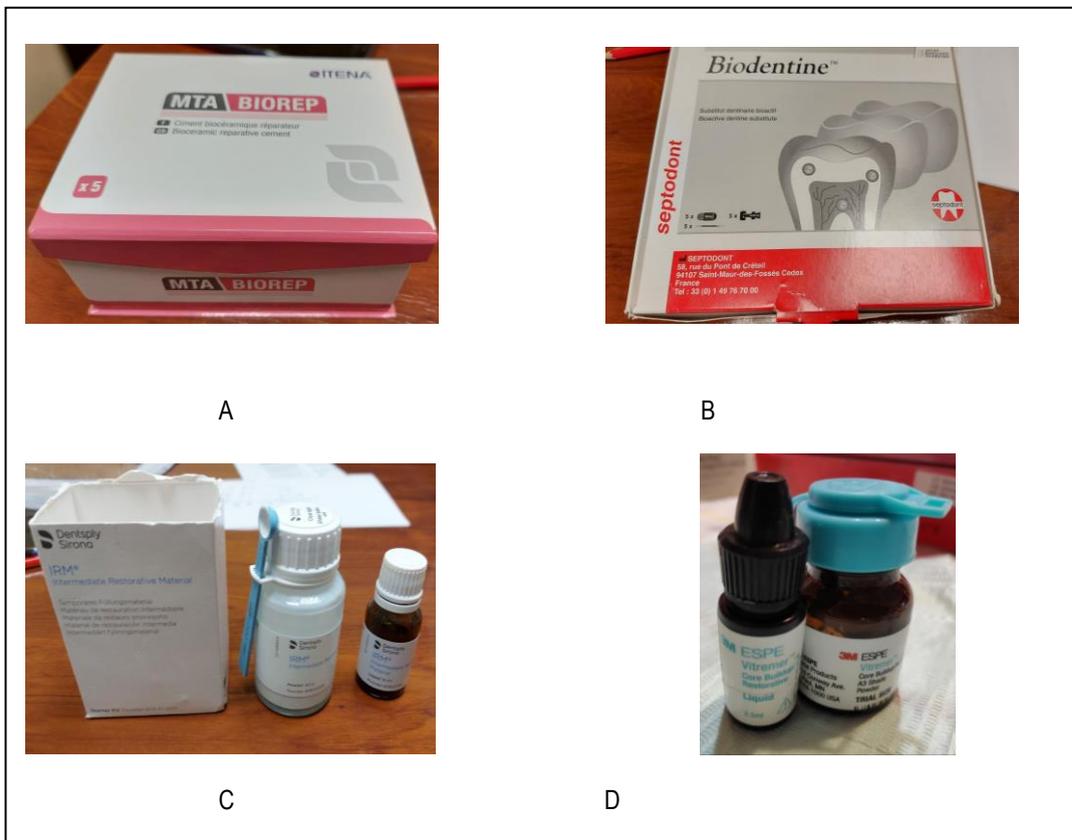
Seguidamente se dividieron las muestras de manera aleatoria, mediante la plataforma online: “randomization.com”, en 5 grupos dependiendo de los diferentes materiales de relleno del extremo de la raíz.

Se preparó la cavidad retrógrada con otra fresa diamantada de pera (830 Komet®) a 3 mm de profundidad concordante con la parte activa de la misma, en todas las muestras, excepto en el grupo de control.

Los grupos se dividieron de la siguiente manera:

- Grupo I (control): En este grupo se seleccionaron 14 muestras y no se realizaron preparaciones apicales para obturación a retro. Se subdividieron en dos grupos:
 - IA (n=7; control negativo): se recubrió el ápice con esmalte de uñas
 - IB (n=7; control positivo): no se recubrieron las muestras completamente
- Grupo II (MTA BIOREP®) (**fig. 6A**): n=16
- Grupo III (Biodentine®) (**fig. 6B**): n=16
- Grupo IV (IRM®) (**fig. 6D**): n=16
- Grupo V (Vitremer®) (**fig. 6C**): n=16

FIG. 6 Materiales del estudio A) MTA BIOREP® B) Biodentine® C) IRM® D) Vitremer®



Una vez realizada la obturación del ápice y la distribución aleatoria por grupos por parte del operador AAE, se hicieron radiografías individuales de todos los especímenes retro-obturados utilizando la técnica periapical paralela. Se sitúa la muestra sobre la placa radiográfica al lado de una varilla metálica de longitud conocida sobre la placa radiográfica, con el tubo de rayos X perpendicular a está (equipo de rayos X dental intraoral Expert® DC, Gadex).

Después todas las muestras se recubrieron con dos capas de esmalte de uñas a excepción de la sección apical (excepto en el grupo de control positivo) y se dejaron secar.

Se preparó una solución de azul de metileno al 2% y se sumergieron todas las muestras en está por 72 horas a temperatura ambiente para que ésta penetrase en los microespacios que existen entre el material obturador y la cavidad por difusión pasiva.

Pasado el tiempo de inmersión en el tinte, las muestras se aclararon con abundante agua y se dejaron secar a temperatura ambiente durante 4 horas.

Después se realizó la remoción del esmalte de uñas con un bisturí.

Finalmente se realizaron las secciones longitudinales en cada uno de los dientes mediante un disco diamantado a baja velocidad en una pieza de mano (Pieza de Mano Complacent, Bader®).

3.3 OBSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

La observación y obtención de los datos se llevó a cabo a nivel observacional mediante magnificación bajo microscopio clínico Alltion® a 20X (**fig. 7**) y a nivel radiográfico.

Mediante la observación bajo microscopio clínico se midió el alcance de la penetración del tinte de azul de metileno haciendo uso de un calibre digital (Tacklife®, DC02) (**fig. 8**), recogiendo a su vez, datos acerca de la penetración del tinte en los diferentes estratos de la restauración: material restaurador retrógrado, cavidad retrógrada, restauración con gutapercha. También se midió el tamaño de la preparación retrógrada y la capacidad de relleno de los diferentes materiales.

FIG. 7 Observación mediante magnificación de las muestras

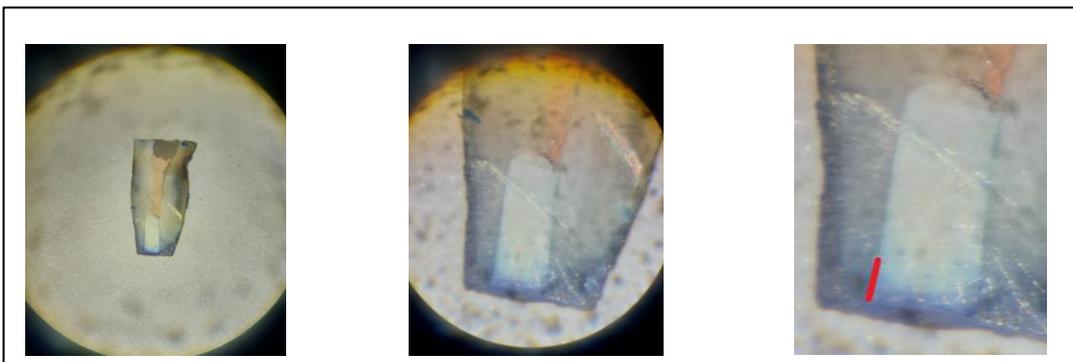
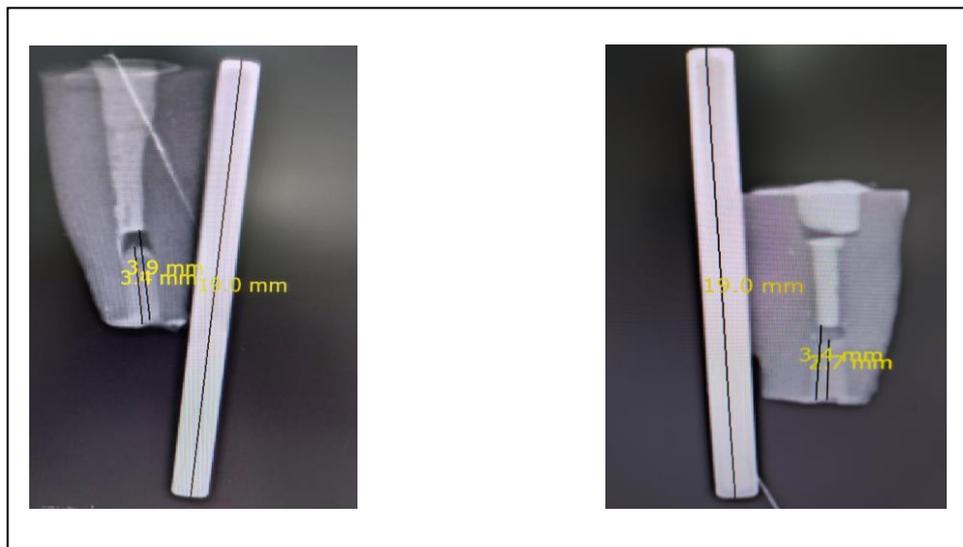


FIG. 8 Calibre digital Taclife® DC02

Mediante las radiografías se recogieron datos acerca del tamaño de la preparación, así como del nivel de relleno del material obturador mediante el software para imagen digital DBSWIN (**fig. 9**).

FIG 9 Medición radiográfica mediante el programa DBSWIN

3.4 ANALISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico del presente estudio, se emplea el software estadístico IBM SPSS® Statistics versión 26.

Se realizaron pruebas de estadística descriptivas para cada una de las variables (medias y desviación estándar), de las medidas de microfiltración y capacidad de relleno tanto clínico como radiográfico.

También se aplican pruebas analíticas para la estadística inferencial, donde se determinará si la muestra sigue o no una distribución normal por medio de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Del mismo modo se realizan los análisis de las diferencias en la microfiltración y la capacidad de relleno entre los materiales por medio de la prueba de Kruskal-Wallis.

Se trabajará a un intervalo de confianza del 95% ($p < 0,05$)

4. RESULTADOS

4.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

En las siguientes tablas se expresan los valores de microfiltración (MF) de las muestras en función del material empleado (**tabla 2**) seguido de los valores medios totales (**tabla 3**)

Tabla 2: Medidas de la MF de la totalidad de las muestras.

MICROFILTRACIÓN DE LAS MUESTRAS (mm)				
MTA BIOREP®	BIODENTINE®	IRM®	VITREMER®	CONTROL
0,08	0,00	0,76	0,42	0,00 (-)
0,15	0,05	0,76	0,53	0,00 (-)
0,27	0,05	0,83	0,70	0,00 (-)
0,32	0,10	1,09	0,74	0,00 (-)
0,36	0,10	1,46	0,95	0,00 (-)
0,44	0,13	1,56	1,42	0,00 (-)
0,52	0,22	1,84	1,42	0,00 (-)
0,52	0,25	2,51	1,71	0,00 (-)
0,66	0,29	2,94	2,28	0,40 (+)
0,67	0,51	3,06	2,35	0,60 (+)
0,79	0,56	3,28	3,66	0,86 (+)
1,07	0,58	3,31	3,70	2,43 (+)
1,19	0,75	3,56	4,70	4,05 (+)
1,28	1,03	4,15	5,18	4,91 (+)
2,51	4,22	4,41	6,45	5,47 (+)
2,97	4,36	4,78	7,26	7,20 (+)

Tabla 3: Media total en de la penetración de tinte en mm.

MEDIA DE FILTRACIÓN TOTAL DEL AZUL DE METILENO					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Medida de filtración Total del azul de metileno (mm)	80	,00 mm	7,26	1,7086	1,87239
N válido (por lista)	80				

A continuación, se presentan las tablas que reflejan los datos de las mediciones de microfiltración en los diferentes niveles de la muestra, así mismo se presentan las mediciones del tamaño de la cavidad y el grado de relleno de cada una de las muestras del experimento en función del tipo de material con el que han sido obturados apicalmente (**tablas 4, 6, 8 y 10**) y las tablas de valores medios de cada una de las variables (**tablas 5, 7, 9 y 11**).

Tabla 4: Datos obtenidos del estudio de las muestras obturadas con MTA BIOREP®

MTA BIOREP®										
N	Microfiltración				Cavidad y relleno clínico			Cavidad y relleno radiográfico		
	MATERIAL (mm)	CAVIDAD (mm)	GUTAPERCHA (mm)	TOTAL (mm)	CAVIDAD (mm)	RELLENO (mm)	%	CAVIDAD (mm)	RELLENO (mm)	%
1	0,08	0,00	0,00	0,08	4,23	4,2	99,29	4,20	4,10	97,62
2	0,15	0,00	0,00	0,15	3,8	2,11	55,53	3,80	1,80	47,37
3	0,27	0,00	0,00	0,27	3,62	3,62	100,00	3,80	3,80	100,00
4	0,32	0,00	0,00	0,32	3,15	1,86	59,05	3,30	1,80	54,55
5	0,36	0,00	0,00	0,36	3,25	1,61	49,54	3,40	1,60	47,06
6	0,44	0,00	0,00	0,44	3,45	1,52	44,06	3,60	1,50	41,67
7	0,52	0,00	0,00	0,52	3,89	2,15	55,27	3,30	1,80	54,55
8	0,52	0,00	0,00	0,52	3,4	3,4	100,00	3,50	3,40	97,14
9	0,66	0,00	0,00	0,66	3,61	3,13	86,70	3,80	3,30	86,84
10	0,67	0,00	0,00	0,67	3,19	2,56	80,25	3,30	2,70	81,82
11	0,79	0,00	0,00	0,79	4,01	3,52	87,78	4,10	4,10	100,00
12	1,07	0,00	0,00	1,07	3,16	2,27	71,84	3,20	2,20	68,75
13	1,19	0,00	0,00	1,19	3,93	2,95	75,06	4,10	2,40	58,54
14	1,28	0,00	0,00	1,28	2,75	1,75	63,64	3,00	1,10	36,67
15	2,51	0,00	0,00	2,51	3,95	2,76	69,87	3,70	2,80	75,68
16	2,97	0,00	0,00	2,97	4,02	4,02	100,00	4,00	4,00	100,00

Tabla 5: Tabla de valores medios de las variables estadísticas para MTABIOREP®

VALORES MEDIOS MTA BIOREP®					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Medida de filtración Total del azul de metileno (mm)	16	,08	2,97	,8625	,81628
Filtración del tinte en el material (mm)	16	,08	2,97	,8625	,81628
Filtración del tinte en la gutapercha (mm)	16	,00	,00	,0000	,00000
Tamaño de la cavidad (mm)	16	2,75	4,23	3,5881	,41367
Relleno del material en la cavidad (mm)	16	1,52	4,20	2,7144	,86766
Porcentaje de relleno del material (%)	16	44,06	100,00	74,8675	19,29786
Tamaño radiográfico de la preparación cavitaria (mm)	16	3,00	4,20	3,6313	,36280
Relleno radiográfico del material en la cavidad (mm)	16	1,10	4,10	2,6500	1,02046
Porcentaje de relleno radiográfico en la cavidad (%)	16	36,67	100,00	71,7662	23,33413
N válido (por lista)	16				

Tabla 6: Datos obtenidos del estudio de las muestras obturadas con BIODENTINE®

BIODENTINE®										
N	Microfiltración				Cavidad y relleno clínico			Cavidad y relleno radiográfico		
	MATERIA L (mm)	CAVIDAD (mm)	GUTAPERCH A (mm)	TOTAL (mm)	CAVIDAD (mm)	RELLENO (mm)	%	CAVIDAD (mm)	RELLENO (mm)	%
1	0	0,00	0,00	0,00	3,33	3,33	100,00	3,10	3,10	100,00
2	0,05	0,00	0,00	0,05	3,08	2,83	91,88	3,70	3,40	91,89
3	0,05	0,00	0,00	0,05	3,78	3,78	100,00	3,30	3,30	100,00
4	0,1	0,00	0,00	0,10	3,47	3,47	100,00	3,40	2,70	79,41
5	0,1	0,00	0,00	0,10	3,44	3,44	100,00	3,30	3,30	100,00
6	0,13	0,00	0,00	0,13	4,37	4,37	100,00	4,40	4,30	97,73
7	0,22	0,00	0,00	0,22	3,72	3,34	89,78	3,50	3,20	91,43
8	0,25	0,00	0,00	0,25	4,07	4,07	100,00	4,20	4,20	100,00
9	0,29	0,00	0,00	0,29	4,04	3,57	88,37	4,10	3,60	87,80
10	0,51	0,00	0,00	0,51	3,51	2,86	81,48	3,60	3,00	83,33
11	0,56	0,00	0,00	0,56	3,41	3,41	100,00	3,30	3,30	100,00
12	0,58	0,00	0,00	0,58	3,94	3,94	100,00	4,00	4,00	100,00
13	0,75	0,00	0,00	0,75	2,75	2,75	100,00	2,60	2,60	100,00
14	1,03	0,00	0,00	1,03	3,62	2,69	74,31	3,70	3,40	91,89
15	3,63	0,00	0,59	4,22	3,5	3,5	100,00	3,50	3,50	100,00
16	3,86	0,00	0,50	4,36	3,86	3,86	100,00	3,80	3,60	94,74

Tabla 7: Tabla de valores medios de las variables estadísticas para BIODENTINE®

VALORES MEDIOS BIODENTINE®					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Medida de filtración Total del azul de metileno (mm)	16	,00	4,36	,8250	1,38319
Filtración del tinte en el material (mm)	16	,00	3,86	,7569	1,20225
Filtración del tinte en la gutapercha (mm)	16	,00	,59	,0681	,18688
Tamaño de la cavidad (mm)	16	2,75	4,37	3,6263	,39834
Relleno del material en la cavidad (mm)	16	2,69	4,37	3,4588	,49140
Porcentaje de relleno del material (%)	16	74,31	100,00	95,3638	8,01951
Tamaño radiográfico de la preparación cavitaria (mm)	16	2,60	4,40	3,5937	,45088
Relleno radiográfico del material en la cavidad (mm)	16	2,60	4,30	3,4063	,47254
Porcentaje de relleno radiográfico en la cavidad (%)	16	79,41	100,00	94,8887	6,68575
N válido (por lista)	16				

Tabla 8: Datos obtenidos del estudio de las muestras obturadas con IRM®

IRM®										
N	Microfiltración				Cavidad y relleno			Cavidad y relleno radiográfico		
	MATERIA L (mm)	CAVIDAD (mm)	GUTAPERCH A (mm)	TOTAL (mm)	CAVIDAD (mm)	RELLENO (mm)	%	CAVIDAD (mm)	RELLENO (mm)	%
1	0,76	0,00	0,00	0,76	3,12	3,12	100,00	3,40	3,00	88,24
2	0,76	0,00	0,00	0,76	2,1	2,1	100,00	3,30	3,10	93,94
3	0,83	0,00	0,00	0,83	3,84	3,7	96,35	4,20	3,90	92,86
4	1,09	0,00	0,00	1,09	3,85	3,17	82,34	4,00	3,10	77,50
5	1,46	0,00	0,00	1,46	3,82	3,82	100,00	3,90	3,90	100,00
6	1,56	0,00	0,00	1,56	3,48	2,77	79,60	3,40	2,70	79,41
7	1,84	0,00	0,00	1,84	3,68	3,68	100,00	3,80	3,80	100,00
8	2,51	0,00	0,00	2,51	3,68	2,51	68,21	3,60	2,60	72,22
9	2,94	0,00	0,00	2,94	4,28	4,28	100,00	4,50	4,20	93,33
10	3,06	0,00	0,00	3,06	3,85	3,06	79,48	4,30	3,40	79,07
11	3,28	0,00	0,00	3,28	3,95	3,12	78,99	4,10	3,20	78,05
12	3,05	0,26	0,00	3,31	3,31	3,05	92,15	3,90	3,60	92,31
13	3,56	0,00	0,00	3,56	4,26	3,56	83,57	4,20	3,90	92,86
14	4,15	0,00	0,00	4,15	4,34	4,34	100,00	4,40	4,30	97,73
15	3,31	0,36	0,74	4,41	3,67	3,31	90,19	3,40	3,20	94,12
16	2,7	0,08	2,00	4,78	2,98	2,7	90,60	3,10	2,29	73,87

Tabla 9: Tabla de valores medios de las variables estadísticas para IRM®

VALORES MEDIOS IRM®					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Medida de filtración Total del azul de metileno (mm)	16	,76	4,78	2,5188	1,35872
Filtración del tinte en el material (mm)	16	,76	4,15	2,3038	1,11287
Filtración del tinte en la gutapercha (mm)	16	,00	1,80	,1588	,47500
Tamaño de la cavidad (mm)	16	2,10	4,34	3,6381	,56314
Relleno del material en la cavidad (mm)	16	2,10	4,34	3,2681	,60965
Porcentaje de relleno del material (%)	16	68,21	100,00	90,0925	10,19830
Tamaño radiográfico de la preparación cavitaria (mm)	16	3,10	4,50	3,8438	,43200
Relleno radiográfico del material en la cavidad (mm)	16	2,29	4,30	3,3869	,58761
Porcentaje de relleno radiográfico en la cavidad (%)	16	72,22	100,00	87,8444	9,52455
N válido (por lista)	16				

Tabla 10: Datos obtenidos del estudio de las muestras obturadas con Vitremer®

VITREMER®										
N	Microfiltración				Cavidad y relleno			Cavidad y relleno radiográfico		
	MATERIA L (mm)	CAVIDAD (mm)	GUTAPERCHA (mm)	TOTAL (mm)	CAVIDAD (mm)	RELLENO (mm)	%	CAVIDAD (mm)	RELLENO (mm)	%
1	0,42	0,00	0,00	0,42	3,31	2,11	63,75	3,80	2,40	63,16
2	0,53	0,00	0,00	0,53	3,27	2,8	85,63	3,60	2,90	80,56
3	0,7	0,00	0,00	0,70	3,59	2,7	75,21	3,50	2,90	82,86
4	0,74	0,00	0,00	0,74	3,65	3,65	100,00	3,80	3,80	100,00
5	0,95	0,00	0,00	0,95	4,02	1,94	48,26	4,10	1,70	41,46
6	1,42	0,00	0,00	1,42	3,23	2,44	75,54	3,70	2,30	62,16
7	1,42	0,00	0,00	1,42	3,94	2,69	68,27	4,50	2,50	55,56
8	1,71	0,00	0,00	1,71	3,75	2,78	74,13	3,90	2,40	61,54
9	2,28	0,00	0,00	2,28	4,46	3,19	71,52	4,60	3,10	67,39
10	2,35	0,00	0,00	2,35	3,52	2,34	66,48	4,00	2,50	62,50
11	3,66	0,00	0,00	3,66	3,66	3,66	100,00	3,70	3,70	100,00
12	3,7	0,00	0,00	3,70	3,7	1,7	45,95	3,70	1,70	45,95
13	1,77	2,07	0,86	4,70	3,84	1,77	46,09	4,10	2,00	48,78
14	3,14	1,11	0,93	5,18	4,25	3,14	73,88	3,80	2,50	65,79
15	3,38	0,00	3,07	6,45	3,38	3,38	100,00	3,80	3,80	100,00
16	3,38	0,00	3,88	7,26	3,38	3,38	100,00	3,40	3,40	100,00

Tabla 11: Tabla de valores medios de las variables estadísticas para Vitremer®

VALORES MEDIOS VITREMER®					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Medida de filtración Total del azul de metileno (mm)	16	,42	7,26	2,7169	2,19531
Filtración del tinte en el material (mm)	16	,42	3,70	1,9719	1,17727
Filtración del tinte en la gutapercha (mm)	16	,00	3,88	,5463	1,19191
Tamaño de la cavidad (mm)	16	3,23	4,46	3,6844	,35304
Relleno del material en la cavidad (mm)	16	1,70	3,66	2,7294	,64151
Porcentaje de relleno del material (%)	16	45,95	100,00	74,6694	18,73476
Tamaño radiográfico de la preparación cavitaria (mm)	16	3,40	4,60	3,8750	,32558
Relleno radiográfico del material en la cavidad (mm)	16	1,70	3,80	2,7250	,68751
Porcentaje de relleno radiográfico en la cavidad (%)	16	41,46	100,00	71,1069	20,28076
N válido (por lista)	16				

En las siguientes tablas (**tablas 12 y 13**) se aprecian los valores medios de filtración de los grupos de control positivo y negativo, los cuales presentaron valores adecuados para la metodología del estudio.

Tabla 12: Media de MF del grupo de control positivo

VALORES MEDIOS CONTROL POSITIVO					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Medida de filtración Total del azul de metileno (mm)	8	,40	7,20	3,2400	2,54825
Filtración del tinte en el material (mm)	0				
Filtración del tinte en la gutapercha (mm)	8	,40	7,20	3,2400	2,54825
N válido (por lista)	0				

Tabla 13: media de MF del grupo de control negativo

VALORES MEDIOS CONTROL NEGATIVO					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Medida de filtración Total del azul de metileno (mm)	8	,00	,00	,0000	,00000
N válido (por lista)	8				

Se realiza una tabla comparativa entre las medias de los porcentajes de microfiltración clínica y radiográfica (**tabla 14**).

Tabla 14: Porcentaje de relleno del material total de todos los grupos del experimento

EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE RELLENADO DEL MATERIAL					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Porcentaje de relleno clínico	64	44,06	100,00	83,7483	17,25585
Porcentaje de relleno radiográfico	64	36,67	100,00	81,4009	19,15898
N válido (por lista)	64				

4.2 ESTADÍSTICA INFERENCIAL

Primeramente, se realizan las pruebas correspondientes para determinar si la muestra sigue una distribución normal.

Como la muestra en estudio es superior a 50, se utiliza la prueba de Kolmogorov-Smirnov

En función del resultado del p-Valor se plantean las siguientes hipótesis:

- p-Valor > 0,05: se acepta la H0 (La variable aleatoria si tiene distribución normal)
- p-Valor < 0,05: se acepta la H1 (la variable aleatoria no tiene distribución normal)

Se realizan las pruebas de Kolmogorov-Smirnov para la microfiltración total en las muestras y como el nivel de significancia es menor a 0,05 (**tabla 15**), los resultados obtenidos permiten rechazar la hipótesis nula (H0) y se opta por la hipótesis alternativa (H1), la cual indica que la variable no sigue una distribución normal. Por lo cual se recurren a pruebas no paramétricas para el cálculo estadístico.

Tabla 15: Prueba de Kolmogorov- Smirnov microfiltración

Prueba de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Medida de filtración Total del azul de metileno	,204	80	,000	,828	80	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Se realiza un contraste de hipótesis entre el tipo de material para la obturación del ápice y el nivel de microfiltración por medio de la prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes (**tabla 16**). Se plantean las siguientes hipótesis, nula (H0) y alternativa (H1), en donde:

- H0: la microfiltración Total del azul de metileno es la misma entre las categorías de material de obturación del ápice.
- H1: la microfiltración Total del azul de metileno no es la misma entre las categorías de material de obturación del ápice.

Tabla 16: Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Medida de filtración Total del azul de metileno es la misma entre categorías de material de obturación del ápice.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechace la hipótesis nula
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de 0,050				

Al ser $p < 0,05$, optamos por la hipótesis H1 y concluimos que la microfiltración no es la misma en las diferentes categorías de material de obturación del ápice.

En las siguientes tablas se presenta el resumen de la prueba de Kruskal-Wallis y la comparativa por parejas de los materiales (**tablas 17 y 18**).

Tabla 17

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	
N total	80
Estadístico de prueba	42,983 ^a
Grado de libertad	5
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000
a. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.	

Tabla 18

Comparaciones por parejas de Material de obturación del ápice					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
BIODENTINE® - MTA BIOREP®	6,531	8,210	,796	,426	1,000
BIODENTINE® - VITREMER®	-27,375	8,210	-3,334	,001	,013
BIODENTINE® - IRM®	-29,781	8,210	-3,628	,000	,004
MTA-VITREMER®	-20,844	8,210	-2,539	,011	,167
MTA - IRM®	-23,250	8,210	-2,832	,005	,069
VITREMER® - IRM®	2,406	8,210	,293	,769	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son iguales. Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es de ,05

^a Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.

En cuanto a la microfiltración de los materiales de obturación se registraron diferencias estadísticamente significativas ($\text{sig} < 0,05$) para:

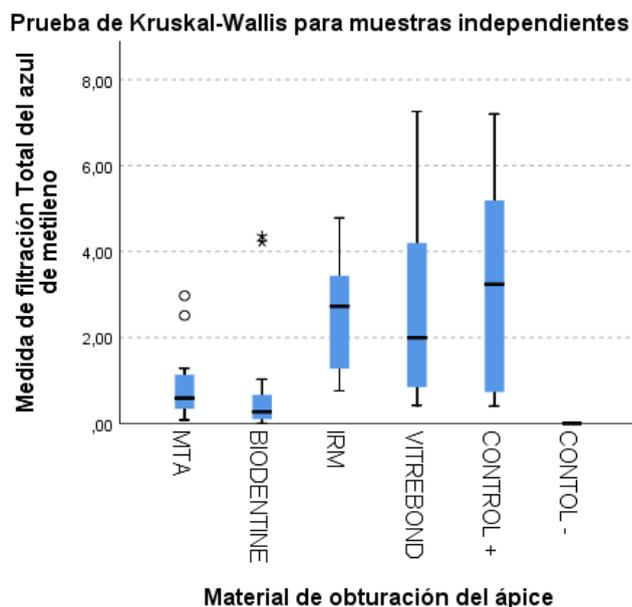
- Biodentine® - Vitremer®
- Biodentine® - IRM®
- MTA BIOREP® - Vitremer®
- MTA BIOREP® - IRM®

No se encontraron diferencias significativas ($\text{sig} > 0,05$) para microfiltración para:

- Biodentine® - MTA BIOREP®
- Vitremer® - IRM®

Gráficamente se observan los grados de microfiltración en los cuales se observa la menor tendencia para Biodentine® (**gráfico 1**).

Gráfico 1



Para el estudio estadístico inferencial acerca de los datos de porcentaje de relleno se realiza de la misma forma, la prueba de Kolmogorov-Smirnov (**tabla 19**) para determinar la normalidad.

En función del resultado obtenido para el p-Valor o significancia bilateral, se plantean las hipótesis:

- p-Valor > 0,05: se acepta la H0 (La variable aleatoria si tiene distribución normal)
- p-Valor < 0,05: se acepta la H1 (la variable aleatoria no tiene distribución normal).

Tabla 19: Prueba Kolmogorov-Smirnov porcentaje de relleno

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de relleno del material	,207	64	,000	,854	64	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Como el nivel de significancia es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se opta por la hipótesis alternativa H_1 , la cual indica que la variable no sigue una distribución normal. Por lo cual se recurren a pruebas no paramétricas para el cálculo estadístico, concretamente prueba de Kruskal Wallis para muestras independientes (tabla 20).

A continuación, se plantean las siguientes Hipótesis: nula (H_0) y alternativa (H_1), en donde:

- H_0 : El porcentaje de relleno del material es la misma entre las categorías de material de obturación del ápice.
- H_1 : El porcentaje de relleno del material no es la misma entre las categorías de material de obturación del ápice.

Tabla 20: Prueba Kruskal-Wallis para muestras independientes porcentaje de relleno

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	
1	La distribución del porcentaje de relleno del material es la misma entre categorías de material de obturación del ápice.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,001	Rechace la hipótesis nula
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de 0,050				

Al ser $p < 0,05$, optamos por la hipótesis H_1 y concluimos que el porcentaje de relleno no es el mismo en las diferentes categorías de material de obturación del ápice.

Se presentan las tablas del resumen de la prueba de Kruskal-Wallis y la comparación por parejas del rellenado cavitario de cada material (**tablas 21 y 22**).

Tabla 21

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	
N total	64
Estadístico de prueba	17,624 ^a
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,001
a. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.	

Tabla 22

Comparaciones por parejas de Material de obturación del ápice					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
MTA BIOREP®-VITREMER®	-,219	6,407	-,034	,973	1,000
MTA BIOREP®-IRM®	-14,469	6,407	-2,258	,024	,359
MTA BIOREP®-BIODENTINE®	-22,187	6,407	-3,463	,001	,008
VITREMER®-IRM®	14,250	6,407	2,224	,026	,392
VITREMER®-BIODENTINE®	21,969	6,407	3,429	,001	,009
IRM®-BIODENTINE®	7,719	6,407	1,205	,228	1,000
Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son iguales. Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es de ,05					
a. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.					

Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas (sig.<0,05) en cuanto al relleno clínico del material para:

- Biodentine® - MTA BIOREP®
- Biodentine® - Vitremer®
- IRM® - MTA BIOREP®
- Vitremer® - IRM®

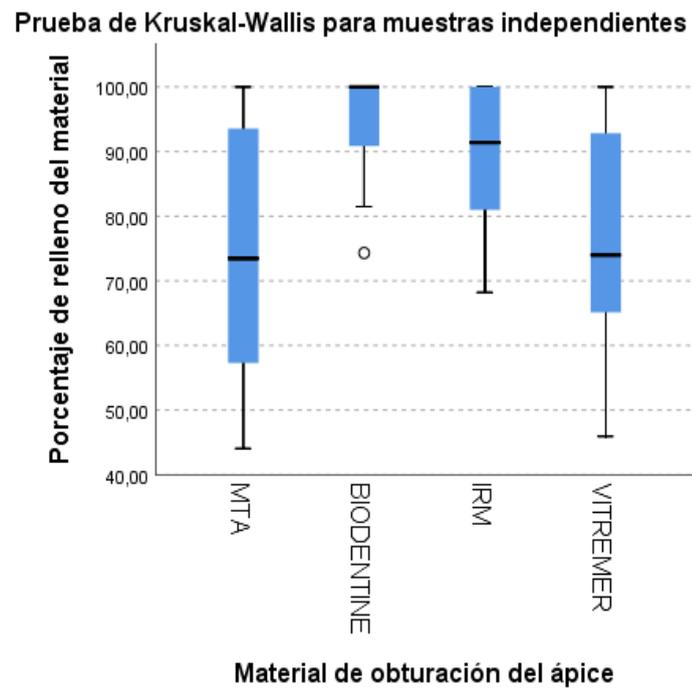
No resultaron estadísticamente significativas (sig.>0,05) para:

- BIODENTINE® - IRM®
- MTA BIOREP® - Vitremer®

Como se representa gráficamente, hubo mayor porcentaje de relleno en Biodentine®, seguido por IRM®, Vitremer® y MTA BIOREP®.

Como se representa gráficamente, hubo mayor porcentaje de relleno en Biodentine®, seguido de IRM®, MTA BIOREP® y Vitremer® (**grafico 2**)

Grafico 2



5. DISCUSIÓN

El propósito de la cirugía endodóntica consiste en proveer un correcto sellado de todos los portales de salida del sistema de conductos del diente, eliminando microorganismos y antígenos contaminantes y, además, facilitar un entorno que permita la regeneración completa de los tejidos periapicales dañados. [30, 31, 38]

El relleno del extremo de la raíz representa el procedimiento por el cual los materiales biocompatibles se empaquetan y se ajustan en la cavidad retrógrada [39]. Un inadecuado relleno y obturación de las preparaciones pueden provocar la penetración de fluidos, induciendo a una reacción inflamatoria periapical crónica e interferir en el resultado del tratamiento, por lo cual es importante obtener un sellado hermético del sistema de conductos pulpares siendo necesaria la realización de estudios clínicos o de laboratorio para evaluar capacidad de los materiales endodónticos empleados [36].

5.1 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Los estudios in vitro, son un indispensable método de evaluación de los materiales dentales, establecen una cantidad máxima de filtración que podría o no ocurrir in vivo [40]. En cuanto a los estudios in vitro para estudiar la microfiltración, históricamente se han utilizado numerosas metodologías tales como: penetración de tinte, extracción de tinte, filtración de fluido, infiltración de bacterias, entre otras [27], siendo el método más común el de penetración de tinte [41]. Para la elección del tinte, se tiene en cuenta el tamaño molecular de la partícula, su pH y su reactividad química, las cuales determinan su capacidad de filtración. Algunos estudios sugieren rodamina B o el ácido butírico [42], pero pese a que en ocasiones presenta algunas desventajas como la disolución durante la desmineralización y el aclarado o la dificultad para observar el máximo punto de penetración, el producto más empleado para este tipo de investigaciones es el azul de metileno [43].

En referencia a la validez de los estudios in vitro, F. Jafari y cols., 2017 mencionan que, debido a la complejidad de este tipo de diseño de estudio, los artículos en referencia a obturación y microfiltrado han disminuido en la literatura. Las investigaciones deben elaborarse bajo un tamaño grande de muestras y delicados grupos de control, y a pesar de los posibles errores en los estudios de microfiltración,

estos se consideran aún muy valiosos. [44] También se considera que la combinación con las nuevas tecnologías innovadoras permiten a los clínicos lograr resultados más predecibles, por lo tanto, deben adoptar estas tecnologías y utilizarlas de la manera más predecible y eficiente posible [42].

En cuanto a los materiales de elección para la comparativa en el presente estudio, intentando generar una representación aproximada de los que puedan tener más aplicación en la práctica clínica, se incluyen el IRM®, el cual forma parte de los materiales convencionales para la obturación del ápice en cirugía endodóntica [20], y Vitremer® como una alternativa propuesta en décadas precedentes con la intención de aprovechar las ventajas bioquímicas (adhesión química sin necesidad de un agente intermedio de adhesión; no contracción o expansión durante el fraguado) [17, 20, 45]. El MTA como pionero de los materiales biocerámicos y el Biodentine® como una evolución de los mismos.

En 2018, Meetu R. Kohli y cols en su revisión sistemática, compararon IRM®, MTA y SuperEBA® [46]. R. Megha y cols., en 2020 incluyeron en su revisión sobre materiales utilizados en cirugía endodóntica, al IRM®, Ionómero de vidrio y MTA entre otros [47]. D. Roux y cols. 2002, señalaron que el IRM® es uno de los materiales de obturación de la raíz más recomendados y utilizados y se mezcla y coloca fácilmente en la cavidad retrógrada [39].

5.2 RESULTADOS DEL ESTUDIO

En cuanto a los resultados obtenidos en el presente estudio, se han encontrado diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre: Biodentine® y Vitremer®, Biodentine® e IRM®, MTA BIOREP® y Vitremer® y MTA® e IRM®. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre Vitremer® e IRM® y entre Biodentine® y MTA BIOREP®. Estas dos últimas registraron los mejores resultados en cuanto a microfiltración, siendo más favorables para Biodentine®.

Ankita Khandelwal y cols., 2015 obtuvieron un resultado significativamente menor en términos de microfiltración en Biodentine® frente a MTA, con lo cual concluyeron con que el Biodentine® podría ser utilizado como reemplazo de MTA como material de obturación del ápice [33]. De la misma forma Nalini y cols 2016 encontraron mejor

resultado de Biodentine® frente a MTA, sin embargo, en su estudio también incluyeron BioAggregate®, material biocerámico relativamente nuevo, el cual presenta aún una menor microfiltración [34]. F. Jeet Singh y cols., 2020, en su trabajo de microfiltración utilizaron 4 materiales, entre ellos MTA y Biodentine®, este último nuevamente obtuvo mejores resultados concluyendo así que este tiene mejor habilidad de sellado que las otras examinadas y además sus propiedades bioactivas pueden ser beneficiosas para el inicio de la curación de las lesiones periapicales [28]. S. Malhotra y col., en 2021, registraron una diferencia significativa en cuanto a menor filtración para Biodentine® frente a Pro Root® MTA, MTA Angelus® y GIC (cemento de ionómero de vidrio). Ravi Gupta y col., 2021 concluyeron en su estudio comparativo de materiales biocerámicos, mediante penetración de tinte y análisis por extracción del mismo, que todas las muestras del estudio obtuvieron algún grado de microfiltración, pero sin embargo fue menor para Biodentine® frente a MTA y MTA Plus® [32].

Por otro lado, Manisha Nepal y cols., en 2020 no encontraron diferencias significativas en su trabajo de microfiltración entre Biodentine® y MTA, pero si de estos frente a GIC [27]. Del mismo modo Elka Radeva y cols., 2014 no hallaron diferencias significativas, pero sí una mayor tendencia hacia la menor microfiltración por parte de Biodentine®, concluyendo que este material puede ser más eficaz [31].

Algunos autores señalan en cuanto al mejor rendimiento de Biodentine® que podría deberse a sus características, las cuales incluyen: tiempo de fraguado reducido (12 minutos); naturaleza hidrofílica; expansión leve; mayor formación de cristales de apatita en la interfaz entre el material y la pared de la cavidad, en comparación con MTA [32, 48], también se señala el menor tamaño de las partículas (mejoraría la adaptación en la superficie de la cavidad y sellado de la interface) menor porosidad que MTA; mejores propiedades de manejo (produce mejor adaptación a las paredes) el añadido de partículas aceleradoras, suavizantes y el formato de dosificación, en cápsula [35, 48].

Los productos de MTA en general se conoce que tienen una consistencia arenosa y que son difíciles de colocar, especialmente en la preparación apical, constituyendo una de las razones para el desarrollo de nuevos materiales (Torabinejad y col. 1995) [49]. En cuanto a su fraguado, puede estar condicionado por el tiempo prolongado (entre 2 h 45

minutos y 2 h 55 minutos) [22] y presencia de fosfatos de soluciones fisiológicas y sangre del paciente, lo cual puede disminuir la liberación de iones de calcio del material [50].

La estabilidad es una característica importante en la obturación del ápice ya que cualquier contracción del material conduciría a la formación de brechas que podrían derivar en colonizaciones microbianas, mientras que la expansión por otra parte, puede conducir a fracturas. El MTA ha demostrado ser dimensionalmente estable cuando el ratio de polvo:líquido es el adecuado [20].

Los cementos de ionómero de vidrio (CIV's) muestran una citotoxicidad inicial la cual disminuye a la par que se produce el fraguado. Tiene características de fácil manejo, no produce reacciones histológicas adversas en el tejido periapical. El uso previo de acondicionadores y barnices ácidos potencia la adaptación marginal y adherencia. Se ha informado que los cementos de ionómero de vidrio que contienen polvo de vidrio metal tienen menos microfiltraciones y no muestran signos patológicos. Aunque por otra parte su uso como material de obturación del extremo de la raíz necesita más investigaciones. [47]

La fácil adaptabilidad del material en la cavidad es uno de los varios requisitos que deben cumplir los materiales de relleno del ápice. Respecto al relleno de la cavidad, se han encontrado diferencias significativas entre ($p < 0,05$): Biodentine® y Vitremer®; Biodentine® y MTA BIOREP®; IRM® y MTA BIOREP®; IRM® y Vitremer®. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre: Biodentine® e IRM® y entre MTA BIOREP® y Vitremer®. En cuanto a la tendencia hacia el mayor porcentaje de relleno, se produjo en primer lugar para Biodentine®, seguido de IRM®, MTA BIOREP® y Vitremer®

En cuanto a MTA, su uso ha sido siempre un desafío, pese a sus excelentes propiedades físicas y biológicas, posee dificultad técnica de manejo, limitadas propiedades mecánicas y alto costo, para superar estos inconvenientes. En 2011 se presentó un nuevo cemento restaurador bioactivo a base de silicato de calcio, el Biodentine®. Malhorta y Hedge, 2015 propusieron que el tamaño más pequeño de las partículas de Biodentine® ayudan a mejorar la adaptación en la superficie de la cavidad y la interfaz de llenado [51]. En cuanto a IRM®, con el ratio adecuado de polvo-líquido se genera

una mezcla espesa que tiene adecuada manejabilidad y menor tiempo de fraguado (6 minutos) [20]. El uso de ionómero de vidrio modificado con resina (CIV-RM) fotopolimerizable permite un mejor control de tiempo de trabajo, sin embargo, se reporta que este tipo de material presenta sensibilidad ante la humedad [45].

Estas podrían ser las razones por las cuales, junto con IRM®, Biodentine® presentó significativamente mayor porcentaje de relleno frente a MTA BIOREP® y Vitremer®, cuando el proceso de obturación de la preparación apical se realizó por un único operador y en las mismas condiciones. Los datos proporcionados por esta investigación, orientan hacia la necesidad de un control minucioso de la adaptación del material durante el procedimiento de obturación de la cavidad apical, con el objeto de lograr un resultado clínico más favorable.

5.3 EVALUACIÓN RADIOGRÁFICA DE LA TÉCNICA

Yao-Zhong Chen (2018), menciona que la radiopacidad es un requisito esencial de los materiales ideales de obturación del ápice, ya que es importante la observación radiográfica de la retro-obturación por parte del clínico para así poder realizar un adecuado control de seguimiento. La Organización Internacional de Estandarización (ISO) 6876 (2001), establecen que un material de obturación apical debería tener una radiopacidad equivalente a no menos de 3mm de aluminio [52].

En el presente estudio obtuvimos medias de relleno de la cavidad muy similares tanto clínica como radiográficamente, con medias de porcentaje de 83,7% y 81,4% respectivamente. Estos valores indicarían que los materiales utilizados en el experimento tienen un adecuado nivel de radiopacidad, el cual permite al clínico valorar radiográficamente la calidad de la obturación de manera fiable.

6. CONCLUSIONES

- I. Pese a sus limitaciones inherentes, los estudios in vitro con azul de metileno pueden representar una herramienta válida para evaluar la microfiltración de los materiales empleados en la obturación de la cavidad apical de los dientes tratados mediante cirugía endodóntica.
- II. Respecto a la microfiltración medida en mm, los mejores resultados fueron proporcionados por Biodentine® (0,8+/- 1,4) seguido de MTA BIOREP® (0,9+/-0,8), IRM® (2,5+/-1,4) y Vitremer® (2,7+/-2,2).
- III. Respecto a la microfiltración, se han detectado diferencias estadísticamente significativas entre: Biodentine® e IRM®; Biodentine® y Vitremer®; MTA BIOREP® e IRM® y MTA BIOREP® Y Vitremer®.
- IV. Respecto a la capacidad de obturación de la cavidad, los mejores resultados en cuanto al porcentaje de relleno clínico fueron proporcionados por Biodentine® (95,4+/-8,0), seguido de IRM® (87,8+/-9,5), MTA BIOREP® (74,9+/-19,3) y Vitremer® (74,7+/-18,7).
- V. Respecto a la capacidad de relleno se han detectado diferencias significativas entre Biodentine® y MTA BIOREP®, Biodentine® y Vitremer®, IRM® y MTA BIOREP® e IRM® y Vitremer®.
- VI. La evaluación del relleno radiográfico del material obtiene una media similar a la del relleno clínico, con un 81,4% frente a un 83,7%, respectivamente, lo cual indica la adecuada radiopacidad de los materiales y proporciona cierta fiabilidad a la valoración radiográfica.
- VII. Se considera necesaria la realización de un control minucioso de la adaptación del material durante el procedimiento con objeto de logra un resultado clínico más favorable.

7. BILIOGRAFÍA

- (1) D. Ørstavik. Apical Periodontitis: Microbial Infection and Host Responses. En: Ørstavik, Dag, editor. Essential endodontology: prevention and treatment of apical periodontitis. 3rd edition. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, 2020. p. 1-10.
- (2) Claes Reit, Gunnar Bergenholtz y Preben Horsted-Bindslev. Endodontology. En: edited by Gunnar Bergenholtz, Preben Horsted-Bindslev, Claes Reit. 2nd edition. Textbook of Endodontology. Oxford, United Kingdom. Blackwell Publishing Ltd. 2010. p. 1-14
- (3) Bueno R. Manual de Endodoncia. Parte 2. Historia de la Endodoncia. Rev Oper Dent Endod. 2006;5-21
- (4) Chugal N, Mallya SM, Kahler B, Lin LM. Endodontic Treatment Outcomes. Dent Clin North Am. 2017 Jan;61(1):59-80.
- (5) Bergenholtz G. Assessment of treatment failure in endodontic therapy. J Oral Rehabil. 2016(43):753-8.
- (6) Torabinejad M, White SN. Endodontic treatment options after unsuccessful initial root canal treatment: Alternatives to single-tooth implants. J Am Dent Assoc. 2016;147(3):214-20.
- (7) Yamaguchi M, Noiri Y, Itoh Y, Komichi S, Yagi K, Uemura R, Naruse H, Matsui S, Kuriki N, Hayashi M, Ebisu S. Factors that cause endodontic failures in general practices in Japan. BMC Oral Health. 2018;18(1):70.
- (8) Mahmoud Torabinejad, Mohammad Sabeti, Gerald N. Glickman. Surgical endodontics. En: Ilan Rotstein, John I. Ingle, editores. Ingle's endodontics - 7th edition. Raleigh, North Carolina: PMPH USA, 2019. p. 797-834.
- (9) Del Fabbro M, Corbella S, Sequeira-Byron P, Tsesis I, Rosen E, Lolato A, Taschieri S. Endodontic procedures for retreatment of periapical lesions. Cochrane Database Syst Rev. 2016(10):1-67.
- (10) Rodríguez R, González M, Barranco S. Aplicación de la microscopía y la tecnología ultrasónica en la cirugía periapical. Gaceta Dental. 2011(231):116-127.
- (11) Gutmann, J.L. Surgical endodontics: past, present, and future. Endod Topics, 2014(30):29-43.
- (12) Gutmann JL, Gutmann MS. Historical perspectives on the evolution of surgical procedures in endodontics. J Hist Dent. 2010;58(1):1-42.

- (13) Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. *J Endod.* 2006;32(7):601-23.
- (14) Floratos S, Kim S. Modern Endodontic Microsurgery Concepts: A Clinical Update. *Dent Clin North Am.* 2017;61(1):81-91.
- (15) Frank Setzer. The dental operating Microscope. Syngcuk Kim, Samuel Kratchman, editores. *Microsurgery in endodontics*. First edition. Hoboken, NJ: Wiley, 2018. p. 1-8.
- (16) Solanki NP, Venkappa KK, Shah NC. Biocompatibility and sealing ability of mineral trioxide aggregate and biodentine as root-end filling material: A systematic review. *J Conserv Dent.* 2018;21(1):10-15.
- (17) Abusrewil SM, McLean W, Scott JA. The use of Bioceramics as root-end filling materials in periradicular surgery: A literature review. *Saudi Dent J.* 2018;30(4):273-282.
- (18) Seedat HC, van der Vyver PJ, de Wet FA. Micro-endodontic surgery Part 2: root-end filling materials - a literature review. *SADJ June* 2018;73(5):336-342.
- (19) Grech L, Mallia B, Camilleri J. Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. *Dent Mater.* 2013;29(2):20-28.
- (20) Chong B S, Chandler N. Root Canal Filling Materials and Techniques. Josette Camilleri, editor. *Endodontic Materials in Clinical Practice*. First edition, Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, 2021:181-217
- (21) Von Arx T. Mineral Trioxide Aggregate (MTA) - eine Erfolgsgeschichte in der apikalen Chirurgie. *Swiss Dent J.* 2016;126(6):573-95.
- (22) Dawood AE, Parashos P, Wong RHK, Reynolds EC, Manton DJ. Calcium silicate-based cements: composition, properties, and clinical applications. *J Investig Clin Dent.* 2017(2):1-15.
- (23) Torabinejad M, Parirokh M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview - part II: other clinical applications and complications. *Int Endod J.* 2018;51(3):284-317.
- (24) Antonio M, Anta A, Rámila E. Estudio in vitro doble ciego sobre microfiltración apical en endodoncia [Trabajo de fin de grado]. Bizkaia.

Universidad del País Vasco. Facultad de Medicina y Enfermería. 2019 [Acceso 12/01/2021].

(25) Lotfi M, Vosoughhosseini S, Saghiri MA, Rahimi S, Zand V, Reyhani MF et. al. Effect of Synthetic Tissue Fluid on Microleakage of Grey and White Mineral Trioxide Aggregate as Root-End Filling Materials An in vitro study. Sultan Qaboos University Med J. 2012;12(3): 323-329.

(26) Nair U, Ghattas S, Saber M, Natera M, Walker C, Pileggi R. A comparative evaluation of the sealing ability of 2 root-end filling materials: an in vitro leakage study using *Enterococcus faecalis*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2011;112(2): 74-7.

(27) Nepal M, Shubham S, Tripathi R, Khadka J, Kunwar D, Gautam V, Gautam N. Spectrophotometric analysis evaluating apical microleakage in retrograde filling using GIC, MTA and biodentine: an in-vitro study. BMC Oral Health. 2020:20-37.

(28) Singh FJ, Ahuja L, Kakkar G, Kakkar A, Garg A, Mahajan A. An in vitro Comparative Evaluation of the Sealing Ability of Five Different Root-end Filling Materials under Confocal Laser Microscopy. Contemp Clin Dent. 2020;11(1):51-54.

(29) Flores JA, Post LK, Costa AT, Blessmann JB, Gerhardt MO. Estudo comparativo in vitro de quatro materiais odontológicos utilizados em retro-obturaç o apical. Rev. Cl n. Pesq. Odontol. 2009; 5(1):45-49.

(30) Post LK, Lima FG, Xavier CB, Demarco FF, Gerhardt-Oliveira M. Sealing ability of MTA and amalgam in different root-end preparations and resection bevel angles: an in vitro evaluation using marginal dye leakage. Braz Dent J. 2010;21(5):416-9.

(31) Radeva E, Uzunov T, Kosturkov D. Microleakage associated with retrograde filling after root end resection (in vitro study). J of IMAB. 2014;20(3):578-583

(32) Ravi Gupta, Radhika Kewalramani, In-vitro evaluation of microleakage of bioceramic root-end filling materials: A spectrophotometric study. JOBCR, 2021;11(2):330-333

(33) Khandelwal, Ankit J. Karthik, Roopa R. Nadig, Arpit Jain. "Sealing ability of mineral trioxide aggregate and Biodentine as the root end filling material, using two different retro preparation techniques - An in vitro study." IJCDMR, 2015:1-6

- (34) Nalini Desai, Rajeev S, Sahana S, Jayalakshmi KB, Hemalatha B, Dr. Sivaji K, et al. In vitro comparative evaluation of apical microleakage with three different root-end filling materials. *IJADS* 2016; 2(3):29-32.
- (35) Sakshi Malhotra, Mithra N. Hegde. Analysis of marginal seal of ProRoot MTA, MTA Angelus biodentine, and glass ionomer cement as root-end filling materials: An in vitro study. *JORR*, 2021:(7):44-49
- (36) Valera MC, Camargo CH, Carvalho AS, Gama ER. In vitro evaluation of apical microleakage using different root-end filling materials. *J Appl Oral Sci*. 2006;14(1):49-52.
- (37) Mandava P, Bolla N, Thumu J, Vemuri S, Chukka S. Microleakage evaluation around retrograde filling materials prepared using conventional and ultrasonic techniques. *J Clin Diagn Res*. 2015;9(2):43-46.
- (38) Rubinstein R, Torabinejad M. Contemporary endodontic surgery. *J Calif Dent Assoc*. 2004;32(6):485-92.
- (39) Roux D, Doméjean-Orliaguet S, Saade M. Leakage associated with intermediate restorative material and glass-ionomer cement retrograde fillings: a human and sheep teeth comparison with 2 different aging procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2002 ;93(1):81-7.
- (40) Raskin A, D'Hoore W, Gonthier S, Degrange M, Déjou J. Reliability of in vitro microleakage tests: a literature review. *J Adhes Dent*. 2001;3(4):295-308.
- (41) Karagenc B, Gençoglu N, Ersoy M, Cansever G, Külekçi G. A comparison of four different microleakage tests for assessment of leakage of root canal fillings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2006 ;102(1):110-3.
- (42) Jafari F, Jafari S. Importance and methodologies of endodontic microleakage studies: A systematic review. *J Clin Exp Dent*. 2017;9(6):812-9.
- (43) Mente J, Ferk S, Dreyhaupt J, Deckert A, Legner M, Staehle HJ. Assessment of different dyes used in leakage studies. *Clin Oral Investig*. 2010;14(3):331-8.
- (44) Jafari F, Rahimi S, Shahi S, Jafari S. Endodontic microleakage studies: correlation among different methods, clinical relevance, and potential laboratory errors. *Minerva Stomatol*. 2017;66(4):169-177.

- (45) Siqueira JF Jr, Rôças IN, Abad EC, Castro AJ, Gahyva SM, Favieri A. Ability of three root-end filling materials to prevent bacterial leakage. *J Endod.* 2001;27(11):673-5.
- (46) Kohli MR, Berenji H, Setzer FC, Lee SM, Karabucak B. Outcome of Endodontic Surgery: A Meta-analysis of the Literature-Part 3: Comparison of Endodontic Microsurgical Techniques with 2 Different Root-end Filling Materials. *J Endod.* 2018;44(6):923-931.
- (47) Ravindranath Megha, Alagarsamy Venkatesh, Rathakrishnan Mensudar, Dhakshinamoorthy Malarvizhi. An overview of materials used in periapical surgery. *EJMCM.* 2020;07(10):631-6
- (48) Camilleri Josette. Biodentine™. The dentine in a capsule or more?. *Clinical Insights* [internet]. 2018; 0118[consulta 4/04/2021]. Disponible en: <https://www.septodontcorp.com/wp-content/uploads/2018/02/Biodentine-Article-0118-LOW.pdf>.
- (49) Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod.* 1995;21(7):349-53.
- (50) Duarte MAH, Marciano MA, Vivan RR, Tanomaru Filho M, Tanomaru JMG, Camilleri J. Tricalcium silicate-based cements: properties and modifications. *Braz Oral Res.* 2018;18(32):111-118.
- (51) Solanki NP, Venkappa KK, Shah NC. Biocompatibility and sealing ability of mineral trioxide aggregate and biodentine as root-end filling material: A systematic review. *J Conserv Dent.* 2018;21(1):10-15.
- (52) Chen YZ, Lü XY, Liu GD. Effects of different radio-opacifying agents on physicochemical and biological properties of a novel root-end filling material. *PLoS One.* 2018;13(2):1-21