

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Departamento de Estomatología II (Odontología Conservadora)



TESIS DOCTORAL

Filtración apical versus filtración coronal

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Pablo Tabares Martínez

Director

García Barbero

Madrid, 2016

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGIA



FILTRACION APICAL VERSUS FILTRACION CORONAL

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

D. Pablo Tabares Martínez

DIRECTOR

Dr. Ernesto García Barbero

MADRID, 2.015.

A mi familia, por el esfuerzo incondicional y desinteresado,
que año tras año, que me ha hecho llegar hasta donde he llegado,
y sin el cual nunca habría existido esta tesis.

A Teresa, por la motivación, el cariño, la paciencia
y los ánimos que me llegan de ella cada día.

AGRADECIMIENTOS

Al doctor Ernesto García Barbero, toda mi gratitud por abrirme las puertas del máster de endodoncia, lugar donde se respira conocimiento, armonía y lo que es más importante, hacer que parezca una familia. Tu contribución a ser un buen profesional y mejor persona han sido determinantes en mi vida.

Al departamento de Odontología Conservadora, por su apoyo y haberme facilitado todos los conocimientos y medios necesarios para que esta tesis fuera viable.

A Mari Carmen, por estar ahí siempre, dispuesta a agradar y facilitar la vida a todos los que te rodeamos. A Silvia, por recibirme siempre con una sonrisa. A Mari Sol, por poner todo su empeño en conseguirme cualquier artículo que necesitara.

A Mari Carmen, analista del Centro de Apoyo a la Investigación de Estadística de la UCM, por facilitarme y enseñarme los conceptos necesarios para la comprensión de los resultados de mi tesis doctoral.

A Carlos y Daniel, por ser un espejo en el que reflejarme tanto en lo profesional como en lo personal, siempre atentos a mis inquietudes cotidianas y laborales.

A Beatriz y Carolina, anfitrionas de esta casa, la Universidad Complutense de Madrid, que un día me resultaba nueva y desconocida, y hoy un templo de sabiduría, exigencia y amistad entre sus paredes.

A Guillermo, por confiar en mí y enseñarme que, incluso las metas más lejanas, se pueden alcanzar con trabajo y constancia.

A mis amigos, que desde hace ya años me han ayudado a crecer compartiendo innumerables buenos momentos, y ofreciéndome su mano en los no tan buenos.

A mi familia y su infinita fe y paciencia conmigo, porque sin vuestro apoyo y confianza inquebrantables no sería lo que soy hoy. Por las noches en vela interminables que hemos compartido juntos y afortunadamente han dado sus frutos. Por enseñarme a amar mi profesión y de alguna manera, amar al prójimo en general.

A Teresa. Simple y llanamente porque mi vida sin tu presencia carecería de sentido. Eres la luz que ilumina mi día a día, mi compañera, la razón de levantarme cada mañana, mi guía y ante todo, mi amiga y mi cómplice.

INDICE

ÍNDICE

1. JUSTIFICACION.....	10
2. INTRODUCCION	13
2.1. Definición de fracaso en endodoncia.....	14
2.1.1. Causas de fracaso en endodoncia.....	15
2.1.1.1. Causas originadas a nivel apical	21
2.1.1.2. Causas originadas a nivel coronal	39
2.1.2. Nivel de fracaso del tratamiento de conductos.....	48
2.1. Medición de la filtración	49
2.2.1. Marcadores para medir la filtración.....	50
2.2.2. Sistemas para medir la filtración.....	54
2.2.3. Estudios “ <i>in vitro</i> ”	56
2.2.4. Análisis de los métodos de filtración.....	62
2.3. Materiales de obturación radicular.....	63
2.3.1. Gutapercha.....	64
2.3.1.1. Técnica de la condensación lateral en frío.....	68
2.3.1.2. Técnica de la condensación vertical.....	69
2.3.1.3. Técnica con transporte en vástago	73
2.3.2. Gutapercha sintética: Resilón	75
3. HIPOTESIS DE TRABAJO	82
4. OBJETIVOS	84
5. MATERIAL Y METODO	86
5.1. Material	87
5.2. Método.....	90
5.2.1. Selección de las muestras	90
5.2.2. Preparación de las muestras.....	91
5.2.2.1. Preparación biomecánica.....	92
5.2.2.2. Obturación de las muestras	94
5.2.2.3. Barnizado de las muestras	102
5.2.3. Exposición al colorante y centrifugación de las muestras.....	104
5.2.4. Diafanización de las muestras.....	106
5.2.5. Verificación de los controles positivos y negativos.....	108
5.2.6. Medición de las muestras	108
5.2.7. Análisis estadístico	109

6. RESULTADOS	111
6.1. Exposición de datos.....	112
6.2. Estadística descriptiva	117
6.3. Estadística analítica	123
6.3.1. Respecto a la vía de entrada del conducto:	124
6.3.1.1. APICAL	124
6.3.1.2. CORONAL.....	125
6.3.2. Respecto a la técnica de obturación empleada:	126
6.3.2.1. Condensacion lateral.....	127
6.3.2.2. Ccondensacion vertical	127
6.3.2.3. SINTETICA	128
6.3.2.4. VÁSTAGO	128
6.3.3. Comparación de la gutapercha normal y la sintética.....	129
6.3.3.1. Apical.....	129
6.3.3.2. Coronal	129
7. DISCUSION.....	130
7.1. ANALISIS DE LA METODOLOGIA:.....	131
7.1.1. Filtración mediante colorantes	131
7.1.2. Uso de la centrifugadora	139
7.1.3. Material empleado para el recubrimiento de las muestras.....	144
7.1.4. Filtración mediante la diafanización	144
7.2. ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	146
7.2.1. Filtración apical “ <i>versus</i> ” filtración coronal.....	146
7.2.2. Filtración con diferentes técnicas de obturación radicular.....	154
7.2.2.1. A nivel coronal.....	155
7.2.2.2. A nivel apical	161
8. CONCLUSIONES	165
9. ABSTRACT	167
10. RESUMEN	176
11. BIBLIOGRAFIA	180

1. JUSTIFICACION

1. JUSTIFICACION

La principal causa de fracaso en endodoncia es la recontaminación del conducto radicular. Esta recontaminación puede producirse a través de dos vías principales de filtración que son los orificios coronal y apical.

Debido a su compleja anatomía, el tercio apical parece el área más difícil de sellar en su totalidad. Por otro lado, es complicado defender el hecho de que seamos capaces de conseguir un correcto sellado apical en la zona más lejana al operador, y sin embargo no consigamos hacerlo en la zona más próxima y accesible.

En la actualidad hay controversia entre diferentes autores sobre cuál es la vía más importante, si la apical (1, 2) o la coronal (3, 4).

Existe una gran cantidad de técnicas de obturación entre las que puede elegir el clínico en función de cada caso en particular. Un factor importante a la hora de decidir cuál puede ser más eficaz es el saber si el comportamiento de una técnica en concreto es igual a nivel apical que coronal, dado que orificio a nivel coronal es más accesible, y aparentemente más fácil de tratar, pero el mayor tamaño de su perímetro respecto al diámetro del foramen apical así como la ausencia de un stop que facilite la condensación del material contra el mismo, pueden compensar el factor de accesibilidad.

La gutapercha es un material que viene usándose desde muy antiguo. En la actualidad se buscan sustitutos que puedan mejorar sus comportamientos. Un ejemplo de estos nuevos materiales es el Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) que es un polímero sintético, unido a un cemento de polimerización dual. Es un material biocompatible y termoplástico, y muchos autores (5,6) defienden que es mejor que la gutapercha natural por el efecto monobloque que puede obtenerse, al ser el cemento y las puntas del mismo material y existir la posibilidad de que penetre en los tubulillos dentinarios.

Pero el hecho de que al polimerizar contraiga pone en duda su capacidad de sellado e incluso la aparición del efecto monobloque defendido por muchos autores (7,8).

Por estas razones, nos parece muy interesante el poder analizar el comportamiento de este material frente a la filtración a nivel coronal y apical y además comparar sus resultados con la gutapercha natural.

2. INTRODUCCION

2. INTRODUCCION

2.1. Definición de fracaso en endodoncia

El fracaso para algunos autores (9,10,11) en endodoncia puede definirse como la ausencia de periodontitis apical y lo evalúan por medio del análisis de radiografías panorámicas. Esta definición no tiene en cuenta algunos aspectos importantes.

Walton en 1.991 (12) recoge los criterios de éxito en endodoncia, más completos que los anteriores. Los agrupa en clínicos, radiográficos e histopatológicos:

- Clínicos
 - Ausencia de dolor
 - Desaparición la inflamación
 - Desaparición la fístula si esta existía antes del tratamiento
 - Permanencia del diente funcional y firme en su alveolo
 - Inexistencia de destrucción de tejidos, con periodonto normal a la exploración clínica

- Radiográficos
 - Reparación de la lesión ósea periapical existente, la lámina dura aparece normal durante un periodo de 6 meses a 2 años.

- Histológicos
 - Completa reparación de las estructuras periapicales y ausencia de células inflamatorias

Así pues, los porcentajes de éxito de los estudios realizados en los distintos países, ciñéndose a estudios radiológicos únicamente, podría ser aún menor si se realizasen análisis más completos y profundos. Ya Brynolof en 1.967 (13) postuló que el sistema más exacto para determinar el éxito de la endodoncia es la evaluación histológica de los tejidos periodontales, tras un estudio en el que biopsiaba tejidos orales en cadáveres.

A pesar de las limitaciones de cada estudio, estos son fundamentales para mejorar la calidad de los tratamientos, de los materiales, y para tratar de disminuir las cifras de los fracasos. Además, hoy día hay estudios con CBCT, los cuales aportan muchos datos que facilitan la toma de decisiones diagnósticas (14,15).

2.1.1. Causas de fracaso en endodoncia.

Existen diferentes causas que puedan conducir al fracaso de un tratamiento de conductos. Estas causas pueden originarse desde el diagnóstico del caso, a la limpieza y conformación de los conductos, la obturación, incluso una vez finalizado el tratamiento, podría darse una recontaminación del sistema de conductos si no se realizara una pronta y correcta rehabilitación coronaria del diente tratado (16,17).

La obturación radicular, es, probablemente el paso más decisivo a la hora de evaluar el pronóstico global de un tratamiento endodóntico (16), y para asegurarse el éxito, especifica los objetivos a cumplir a la hora de realizar esta fase:

1. eliminar todas las rutas de filtración desde la cavidad oral o los tejidos perirradiculares hacia el conducto radicular
2. sellar dentro del sistema todos los irritantes que no sea posible eliminar por completo durante los procedimientos de limpieza y remodelación del conducto

Schilder (18), argumenta que las lesiones de origen endodóntico poseen una capacidad de curación del 100 % menos X. Para el autor, el factor X depende de:

- Preparación y limpieza correcta
- Obturación tridimensional del sistema de conductos

Ingle (19) realizó un estudio en la Escuela de Odontología de la Universidad de Washington, en el que se estudió la evolución durante 5 años de dientes tratados endodónticamente. Se determinó su tasa de éxito. Paralelamente se fueron analizando las posibles causas de casos fracasados.

Una de las primeras conclusiones a la que llegó Ingle con su estudio fue que la obturación incompleta del conducto supone el 63.46 % de los fracasos en el tratamiento de conductos. Agrupó y cuantificó los fracasos de los tratamientos de conductos (ver tabla 1):

CAUSAS DE FRACASO	Nº	%
Filtración	66	63.46
Error en la operación	15	14.42
Error en la selección del caso	23	22.12
TOTAL DE FRACASOS	104	100.00

Tabla 1. Porcentaje de fracasos hallados en el estudio de Ingle (19).

Tras este estudio, se realizaron cambios en la realización de los siguientes tratamientos de conductos, como la óptima obturación de cada conducto, y tras ser aplicados éstos, volvieron a analizar los resultados, observando un aumento del porcentaje de éxito hasta un 95%.

Esto supone que un 95 % de los tratamientos realizados de forma adecuada y cuidadosa evolucionarán hacia la curación. Este porcentaje resulta bastante más alentador en el pronóstico de los tratamientos de conductos.

Según este estudio, el fracaso de los tratamientos de conductos se atribuye a diferentes tipos de causas, pero la contaminación del conducto a través de la filtración bacteriana es por sí misma la causa principal. Desgraciadamente, con los medios habituales de limpieza, no siempre se consigue una desinfección del conducto radicular tan eficaz como para garantizar la completa asepsia del mismo.

El 2 de Septiembre de 1.912, hace ya más un siglo que Prinz postuló, en un discurso ante la ST Louis Dental Society (20) que "si no se obtura bien el conducto, el suero se filtrará hacia los tejidos apicales. Este proporciona el material nutriente para los microorganismos que se encuentran en los túbulos del conducto radicular que tuvieron infección previa".

Davis (21) afirmó que es imposible que en ningún caso se dé un desbridamiento tan efectivo como para remover todos los productos tóxicos capaces de dar lugar a futuras lesiones periapicales; esta afirmación conlleva que, puesto que la desinfección total del conducto es inviable, se debe poner todo el esfuerzo posible en lograr un sellado óptimo y con ello conseguir el aislamiento total de las sustancias y microorganismos potencialmente patógenos.

Sjögren (22) comunicó que existen bacterias en "sitios inaccesibles", las cuales podían ser las causantes de un gran número de fracasos endodónticos.

Hoaland (23), demostró el paso de bacterias dentro del conducto en la interfase que existe entre el material de obturación y las pared dentinaria del conducto, como vía principal de

filtración, pero el lugar de penetración de patógenos en la red de conductos y conductillos puede ser diverso.

En un estudio microbiológico publicado por M. Sakamoto (24) donde se estudia la persistencia bacteriana tras un tratamiento de conductos se expone que las preparaciones mecánico-químicas habituales durante el tratamiento son, “*per se*”, insuficientes a la hora de obtener unos resultados predecibles del proceso, ya que en un 40-50 % de los casos siguen existiendo cepas bacterianas intraconducto.

Por ello, los restos necróticos y las bacterias que son inaccesibles a los instrumentos o a los desinfectantes, deberían ser completamente aislados, evitando que se transportaran por cualquier camino hacia el exterior radicular o hacia alguna zona donde pudieran obtener nutrientes. Se debe añadir, que el sellado del conducto, tanto por coronal como por apical, debe impedir el acceso de cualquier tipo de líquido o sustancia que pueda servir de alimento procedente de la cavidad bucal o de la circulación sistémica al interior de la raíz, para evitar la supervivencia de microorganismos intraconducto.

El tránsito de los microorganismos, como principal agente etiológico, a través del conducto ya se estudió hace tiempo (25). Es necesario, que previamente exista una zona donde se haya producido un defecto del esmalte o cemento, lo que conllevará una exposición de los túbulos dentinarios, que servirá de vía de acceso para los microorganismos.

Esta circunstancia se da frecuentemente cuando se ha iniciado un proceso carioso, pero también puede ocurrir en casos de traumatismos, restauraciones, conductos laterales, desarrollo dental anómalo, etc. Existe una situación en la que se produce infección bacteriana en coronas intactas, anacoressis, que suele asociarse a infecciones por vía hematológica.

Los túbulos dentinarios, tienen un tamaño variable entre 1 y 4 micras, mientras que la mayoría de las bacterias, no suelen sobrepasar la micra de diámetro; así pues, pueden atravesar los conductos expuestos en dirección a la pulpa cameral. Si la pulpa está vital, resistirá la agresión durante un tiempo, en función de la severidad de la infección; si la pulpa estuviera necrótica, sería rápidamente invadida y colonizada.

Con los irrigantes más comúnmente empleados para la desinfección del conducto eliminamos la mayoría de las bacterias Gram-positivas, principales colonizadoras de las pulpas dentales, pero existen algunos anaerobios, como *Fusobacterium Nucleatum* o algunas especies de *Prevotella*, han sido detectadas después de la limpieza y conformación radicular. Por ello, recobra vital importancia el correcto sellado tridimensional del conducto ya preparado, con el objetivo de intentar aislar en la medida de lo posible, esa microflora resistente ubicada a lo largo del conducto pulpar (26).

Ricucci (27) expone que es posible una contaminación bacteriana hacia la pulpa radicular a través de conductos laterales en pacientes con afectación periodontal. Pero esta no es la vía principal de contaminación microbiana.

2.1.1.1. Causas originadas a nivel apical

En 1955, Dow e Ingle (28) demostraron "*in vitro*" la posibilidad de filtración apical utilizando un isótopo radioactivo (I^{131}); se obturaron dos grupos de raíces, unas de forma correcta, y las otras de manera defectuosa intencionadamente. Se cubrieron con un aislante excepto el foramen apical, y se sumergieron en yodo radioactivo; el estudio demostró la contaminación de un conducto a nivel apical cuando este estaba defectuosamente obturado y carecía de un sellado tridimensional.

Strindberg (29) consideró que la causa más común de fracaso en un tratamiento de conductos se debía a la filtración de fluidos a nivel apical en un conducto defectuosamente obturado.

Harthy (30) y Adenubi (31) respectivamente, coincidían en sus estudios al afirmar que el número de tratamientos de conductos fracasados era mayor cuando se detectaban espacios en la parte apical de la preparación, aclarando que éstos eran localizados entre la pared del conducto y el material de relleno. El primer autor, reafirma sus conclusiones al recomendar las apicectomías en los casos donde el tratamiento por vía orto no resultase satisfactorio.

Existen estudios que explican la existencia de agrupaciones bacterianas a lo largo del conducto, tales como el biofilm, sumamente complicados de eliminar (32,33). Costerton (34), publicó que el biofilm es la causa más común de la inflamación crónica apical. Con los

procedimientos que empleamos en la actualidad, la eliminación completa del biofilm situado en la red de conductos, sigue siendo cuestionada (35).

Nair, publica en el año 2.004 (32) un trabajo en el que demuestra la persistencia de bacterias en la porción apical después de haberse realizado en ellos los tratamientos de conductos. Un año después, también recalcó que el biofilm ubicado en el interior del conducto apical es el responsable de la mayoría de las lesiones crónicas periapicales.

Los itsmos, los deltas o conductos laterales a nivel apical, son lugares donde es posible encontrar biofilm en dientes necróticos. En su publicación, Nair demuestra sus teorías haciendo un examen microbiológico a primeros molares inferiores necróticos, ya que en este tipo de dientes son frecuentes los itsmos entre las conductos mesiales; los hallazgos confirmaron sus hipótesis, ya que en los análisis microbiológicos se detectaron restos de biofilm después de que se hubiera realizado sobre ellos un tratamiento biomecánico con EDTA e hipoclorito al 5.25%.

Wu (36) explica que en observaciones de ápices dentarios, las bacterias se han encontrado en lugares tan inaccesibles como son los túbulos dentinarios, itsmos, conductos laterales, deltas apicales, etc. donde se ha constatado la existencia de dicho biofilms.

Canalda (37) recalca en su libro la importancia del sellado apical; en el foramen apical, pueden existir bacterias que vuelvan a penetrar de nuevo en un conducto mal obturado y reanudar un proceso inflamatorio, añadiendo, que, se pueden quedar bacterias en la zona final

del conducto, y su crecimiento sería estimulado por la llegada de fluidos periapicales, que actuarían de suministros para su nueva proliferación, dando lugar a una periodontitis apical, sin duda alguna, uno de los signos más comunes de fracaso endodóntico. Evitarlo es uno de los objetivos prioritarios del terapeuta, pero esto en ocasiones es difícil tarea, si no imposible, debido a que el ápice es uno puntos más conflictivos y problemáticos a la hora de conseguir un buen sellado.

En varios estudios histológicos (38,39,40) se explica que existe una gran diferencia cuando se trata de una curación del tejido post extracción o cuando se ha realizado un tratamiento de conductos, es decir, que el porcentaje de curación biológico es notablemente mayor si ya no hay diente, y menor si este permanece, y la razón indiscutible es la existencia del ápice radicular, ya que los procedimientos intraconducto no son capaces de eliminar o reducir suficientemente la contaminación del ápice radicular.

Cheung (41) afirmó en un trabajo histológico que “la forma más simple y segura de eliminar la periodontitis apical en un diente, es la extracción del mismo”; Holland (42) publica un estudio con perros, en los cuales, al mes de la extracción, no quedan rastros de tejidos inflamados en el lugar de la antigua lesión. Explica el autor, que el ápice es un lugar propenso al acúmulo de bacterias, debido a la complejidad de su anatomía, y, que, una vez eliminado este (en su caso, el ápice junto al diente entero), lo más probable es que terminen por desaparecer los tejidos dañados.

La desaparición de las lesiones óseas es rápida y predecible cuando hablamos de

exodoncias. Tanto es así, que para algunos investigadores como es el caso de Rubinstein (41), el éxito de una apicectomía es de un 97 %, lo cual ofrece un alto porcentaje de éxito cuando se elimina la porción apical, siendo este dato mayor que el de un tratamiento de conductos por vía ortógrada.

Para muchos autores (43,44,45), la explicación a la persistencia de lesiones perirradiculares tras la endodoncia se debe a que con el tratamiento somos capaces de reducir, pero no eliminar completamente la infección radicular. Bergenholtz (46), recomienda hacer revisiones posteriores al tratamiento durante los cuatro siguientes años, independientemente de la sintomatología. Insiste el autor, como consecuencia, que se debe tener en cuenta la posibilidad de retratamiento, incluida la cirugía endodóntica, ante una eventual lesión periapical, durante un periodo de tiempo suficiente.

El tercio apical, es una estructura anatómica compleja, en la que, debido a múltiples factores, resulta difícil la correcta desinfección y obturación; entre ellos, se encuentran:

A. Longitud de trabajo: el límite exacto donde colocar la punta de gutapercha, sigue siendo un tema de controversia en el campo de la endodoncia. Hoy en día, es aceptable su lugar en el mismo foramen radicular (19), pero la mayoría de los autores dan por válida su colocación en la unión cemento dentinaria (47,48).

Coolidge (49) explicó las dificultades que se daban para determinar la unión cemento dentinaria ya que es un punto difícil de precisar y su localización puede ser variable.

Kuttler (50) analizó la localización media de la unión cemento dentinaria en dientes extraídos y determinó que esta se encontraba a 0.52 mm. del foramen, siendo 0.63 mm. en mayores de 55 años. Además añadió que esta unión es el punto más estrecho de todo el conducto radicular

Sjogren (22), realizó un trabajo para valorar la influencia de la longitud de trabajo en el pronóstico del tratamiento, en el que analizaba los porcentajes de éxito en dientes endodonciados según el punto de terminación del material de relleno; observó que la tasa menor de éxito (68%) se daba en las preparaciones con la gutapercha a más de 2 mm. del final radiográfico de la raíz (imagen 1), y el éxito era algo menor cuando se trataba de retratamientos (imagen 2).

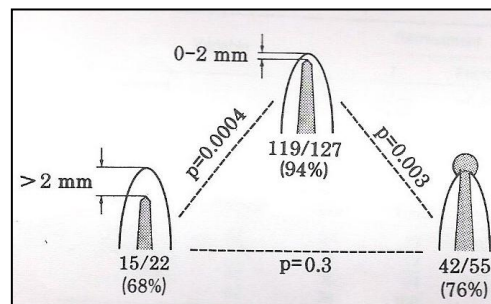


Imagen 1. Porcentaje de éxito según la distancia de la obturación al foramen radicular en tratamientos de conductos (22)

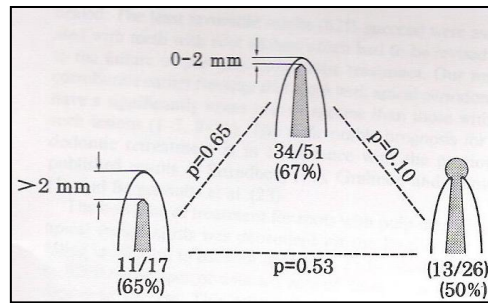


Imagen 2. Porcentaje de éxito según la distancia de la obturación al foramen radicular en retratamientos de conductos (22)

B. Diámetro apical: El diámetro y forma apicales son cuestiones fundamentales para obtener en perfecto sellado del foramen radicular.

Parece razonable pensar que cuanto menor sea el diámetro del canal radicular, más fácil será obtener éxito, puesto que será más fácil de modelar, de otorgarle una forma circular, y con ello, hacer que adapte mejor el cono al espacio apical.

Yared (51) instrumentó y obturó los ápices radiculares de dos grupos de dientes permanentes, unos acabando con una lima maestra y gutapercha del 0.40, y otro grupo igual, pero en este caso se obturó con un cono de 0.25 mm. El grupo con una preparación apical hasta el instrumento 25 mostró significativamente menos filtración que el grupo con preparación hasta la lima número 40.

Es importante para obtener un buen sellado apical, que la gutapercha adapte lo mejor posible a las paredes del conducto. Para ello, será necesario que el diámetro de la punta ajuste

con la mayor precisión posible al diámetro del conducto. No siempre existe correlación entre la última lima maestra utilizada y su correspondiente con de gutapercha, sobretodo en la punta (52). Esta situación puede ocasionar desajustes a nivel del foramen, que faciliten la recontaminación del conducto a este nivel.

Chiquillo (53), analizó la forma y el diámetro del foramen apical en dientes anteriores permanentes. Se observó que la forma redondeada del foramen apical fue la más frecuente (73.66 %) y el valor promedio para el diámetro de los dientes anteriores superiores fue de 0.403 mm. y en los dientes inferiores de 0.345 mm., arrojando un valor promedio total de la muestra de 0.380 mm.

C. Conductos ovalados: la forma ovalada del conducto es una dificultad añadida a la hora de limpiar, conformar y obturar el tercio apical.

Hay un estudio realizado por Wu (54) en el que destaca la importancia de la prevalencia y extensión de conductos ovals en el tercio apical, mediante un estudio realizado en 1.168 secciones de cortes horizontales. Concluyó que en 293 casos (25%) de las secciones observadas, se identificaron conductos ovals y que en grupos anteriores, a un nivel de 5 mm del ápice radicular, el porcentaje aumentaba a un 50%.

Es así como señalan la importancia de la identificación de este tipo de conductos, ya que la instrumentación, limpieza, conformación y obturación de los mismos se hace difícil e

incluso, imposible en muchos de los casos. Wu (54) estudio el porcentaje de conductos ovales a niveles de 1 a 5 mm del ápice radicular. (Tabla 2).

Diente	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm
Superiores					
Incisivo central	0%	10%	0%	5%	5%
Incisivo lateral	16%	35%	10%	10%	15%
Canino	0%	6%	0%	0%	5%
Premolar					
1 conducto	38%	29%	43%	57%	63%
Conducto vestibular	0%	7%	0%	8%	0%
Conducto palatino	0%	15%	7%	0%	0%
Molar					
Mesio-vestibular	33%	13%	60%	75%	60%
1er conducto mesio vestibular	0%	27%	33%	17%	33%
2do conducto mesio vestibular	0%	73%	80%	58%	60%
Disto-vestibular	11%	30%	20%	20%	25%
Palatino	24%	16%	15%	15%	10%
Inferiores					
Incisivos	10%	55%	40%	55%	56%
Caninos	11%	5%	5%	5%	5%
Premolares					
Conducto unico	13%	13%	13%	20%	27%
Conducto Vestibular	33%	0%	20%	0%	20%
Conducto lingual	0%	0%	20%	20%	40%
Molares					
Conductos mesiales	20%	45%	67%	91%	92%
Mesio-vestibular	25%	25%	30%	56%	50%
Mesio-lingual	0%	25%	10%	11%	13%
Conducto Distal	24%	25%	25%	25%	30%

Tabla 2. Porcentaje de conductos ovalados según el diente y la distancia al foramen apical (54)

Como se observa en la tabla, en los conductos mesiovestibulares de los primeros molares, tanto superiores como inferiores, existe un alto porcentaje de conductos con forma ovalada.

Puede ser relevante para estudiar la filtración apical, tener en cuenta el tipo de diente empleado para el estudio. Van der Sluis (55) observó que existen diferencias significativas

cuando los estudios se hacen en dientes con conductos ovaes o cuando se trata de conductos circulares.

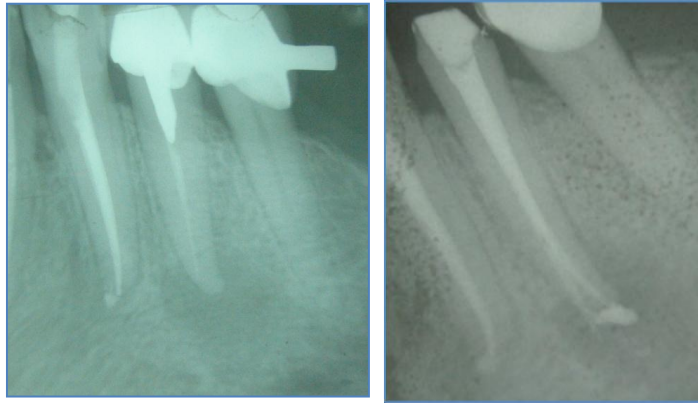
D. Curvaturas apicales: De igual manera que el conducto pueda ser ovalado, o de anatomía irregular, otra posibilidad es que los últimos milímetros del tercio radicular tengan una curvatura acentuada de radio pequeño, lo que podría ocasionar alteraciones del conducto durante la instrumentación, dando lugar a posibles modificaciones anatómicas del mismo a nivel apical, y con ello se favoreciera la filtración apical.

Cuando se estudia una radiografía previa al tratamiento y se observan conductos que tienen un tercio apical curvo, de pequeño radio de curvatura, aumenta la dificultad tanto para instrumentar como para obturar. Los enderezamientos de conductos, transportaciones, zips, acodamientos, escalones, pérdida de longitud de trabajo entre otros van a ocasionar la aparición de espacios intraconductos y deformaciones apicales difíciles de obturar, disminuyendo la probabilidad de éxito del tratamiento, mayor aun cuando el paciente acudiera a consulta con una lesión periapical previa.

Tsai (56) publica en un estudio sobre el MTA, que la perforación de los dientes en la curva apical es uno de los principales factores de los fracasos endodónticos.

En conductos con el tercio apical curvo existe mayor riesgo de que durante la instrumentación se cree una perforación en el tercio apical. En algunos casos estas perforaciones apicales pueden ser retratadas y selladas adecuadamente, mejorando el

pronóstico del diente (imágenes 3 y 4, de un caso tratado por el autor de esta tesis). Leonardo (57) realizó un esquema de esta complicación en uno de sus libros (imagen 5).



Imagenes 3 y 4: radiografías de diagnóstico y final de un caso con una perforación apical (realizado por el autor de esta tesis, 2.009).



Imagen 5: Perforación apical esquematizada por Leonardo (57)

E. Conductos laterales: son vías de acceso secundarias de agentes patógenos a la cavidad y conductos pulpaes, que muchas veces pasan desapercibidas, difíciles de sellar y pueden ser la causa de posibles recontaminaciones en dientes ya tratados.

De Deus (58) publica un estudio con 1.140 dientes permanentes humanos extraídos, y

en ellos analiza los conductos laterales, secundarios o accesorios. Este trabajo, concluyó que más de la cuarta parte de las raíces tenían algún tipo de ramificación, y, la mayoría de ellas, se ubicaban en el tercio apical.

Seltzer (59) ya demostró también hace más de tres décadas, que la existencia de conductos laterales en el tercio apical, en dientes necróticos, permite un intercambio de productos inflamatorios entre el espacio pulpar y los tejidos perirradiculares, que puede llegar a comprometer tanto la recuperación del ligamento periodontal como el éxito del tratamiento de conductos

Nicholls (60) analizó 228 tratamientos de conductos, durante un periodo de 4 años. Del número de conductos estudiados, con evidencia radiográfica de destrucción alveolar obvia, debida a la enfermedad pulpar, 10 de estos (4,4%) estaban asociados a la presencia de conductos laterales. Podemos observar los conductos laterales tomados de una foto de un estudio piloto que realizamos (imagen 6).



Imagen 6: Ápice con los conductos laterales apicales y principales filtrados (foto de un estudio piloto realizado en esta tesis).

Los dientes que más probabilidad de tener conductos laterales a nivel apical, son los molares superiores, en sus raíces mesiovestibulares. Lo expuso Hess (61) en uno de sus trabajos con el microscopio electrónico, visualizó 48 conductos laterales en 50 dientes seccionados. En nuestro estudio piloto podemos observar un molar superior, donde se aprecia el gran número de ramificaciones que pueden encontrarse en un solo diente, sobre todo en la raíz mesiovestibular del mismo (imagen 5)



Imagen 5: Molar superior, donde se aprecia el gran número de ramificaciones que pueden encontrarse en un solo diente, sobre todo en la raíz mesiovestibular del mismo (estudio piloto).

Altman (62), hizo un estudio, radiológico e histológico, donde buscó descubrir conductos laterales mediante radiografías, y luego, mediante cortes longitudinales de las muestras. En el primer caso, sospechó de la existencia de algún conducto secundario en 6 especímenes, pero luego confirmó que de los 20, 14 presentaban conductos accesorios a nivel apical. En 14 dientes se visualizó entre 1 y 4 conductos accesorios y en un diente detectaron más de 20 forámenes apicales separados. El autor afirmó que el estudio radiográfico para diagnosticar la presencia de los conductos accesorios no es fiable.

Ingle (17) analizó las diversas ramificaciones de la anatomía del espacio pulpar apical. Obtuvo unos modelos superponiendo dibujos de pulpas en cortes histológicos seriados. Muchas regiones son evidentemente inaccesibles a los métodos ordinarios de desbridamiento (imagen 8).

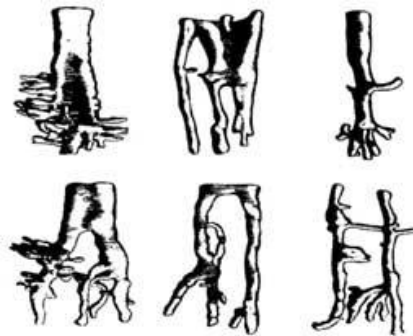


Imagen 8: forma de la pulpa hallada por Ingle en cortes histológicos (17)

Los conductos laterales son complejos de obturar, y esto sin técnicas termoplásticas es casi imposible. Para estudiarlo, González (63) realizó un trabajo comparativo de la capacidad de fluir entre distintos materiales de obturación en conductos laterales artificiales mediante la técnica System B.

El autor observó que no se producía reblandecimiento de gutapercha a más de 2mm. de la punta del plugger, lo que significaba ausencia de material en los conductos laterales del tercio apical. Siendo la distancia del condensador al ápice de 3.5 mm, los 2 últimos mm. de obturación apical se hacen en frío, y, lo único que es capaz de penetrar en los conductos laterales es el cemento sellador.

Cuando se habla de conductos laterales, están incluidos los deltas apicales, los cuales tienen formas variadas y son complejos de ver radiográficamente.

En nuestro estudio piloto obtuvimos tres imágenes diferentes del mismo molar, en las cuales se observa con claridad la existencia de un delta apical con numerosos forámenes apicales (imágenes 9,10 y 11).



Imágenes 9,10 y 11: tres imágenes diferentes del mismo molar, en las cuales se observa con claridad la existencia de un delta apical con numerosos forámenes apicales (estudio piloto).

Ricucci (27) expone que es posible una contaminación bacteriana hacia la pulpa radicular a través de conductos laterales en pacientes con afectación periodontal.

La existencia de conductos accesorios en el tercio apical es la causa de que se opte por tratamientos quirúrgicos en aquellos casos donde el procedimiento convencional fracasa o existen tratamientos rehabilitadores que impiden el acceso a esta área (14). Solo estará indicada la cirugía cuando se considere que el fracaso del caso se deba a un sellado deficiente del tercio apical.

Gartner (64), publica que el tratamiento no quirúrgico puede ser llevado a cabo exitosamente en la mayoría de los dientes; sin embargo cuando el diente no responde al tratamiento convencional, se requiere la intervención quirúrgica, con el objetivo de remover el tejido perirradicular afectado y lograr el sellado entre el conducto radicular y el tejido periapical, de esta manera evitar la percolación bacteriana.

Para Caviedes (65) las causas del fracaso del tratamiento endodóntico son casi siempre las mismas: falta de esterilización del sistema de conductos radiculares, quedando en el área apical remanentes de tejido necrótico y sellado hermético incompleto del ápice radicular, favoreciendo la filtración apical.

Las manifestaciones clínicas de los fracasos endodónticos son numerosas y diversas, en ocasiones el paciente puede presentar dolor con o sin inflamación, encontrándose radiográficamente el hueso periapical normal y el tratamiento endodóntico bien realizado.

Para demostrarlo, expone un caso suyo Caviedes (65), en el que una cirugía periapical,

soluciona un problema de una endodoncia aparentemente bien realizada, pero que a pesar de ello presentaba un gran defecto óseo (imágenes 12,13 y 15).



Imágenes 12,13 y 14: Caso del Dr. Caviedes, con tratamientos de conductos en 11 y 21, solucionadas con cirugía (65).

Las cirugías, no solo tienen como finalidad eliminar la lesión ósea producida por un determinado diente, que ya ha sido tratado y retratado, sino que entre sus objetivos se encuentra la eliminación de la causa por la que el proceso patológico no desaparece. Para lo cual, como norma general, se debe eliminar el tercio apical y obturar la entrada del conducto a retro. Esto es así porque en el área apical es la zona más conflictiva del sistema de conductos radicular, ya que, en los 3 últimos mm. se encuentran la gran mayoría de conductos laterales, posibles causantes de la cronicidad de la lesión (61).

F.- Aislamiento: desde un punto de vista terapéutico convencional, es decir, por vía ortógrada, el especialista siempre aísla la cavidad pulpar de la cavidad oral, y con las puntas de papel busca conseguir un secado óptimo del conducto radicular antes de la obturación del

conducto. Con los sistemas que se utilizan en la actualidad, no debería ser problemático lograr una adecuada estanqueidad del tercio coronal hasta que se termina el tratamiento, mientras que el tercio apical, el contacto con los líquidos perirradiculares es contante, por lo que la recontaminación radicular es mucho más probable a este nivel.

Nada más terminar la obturación del conducto, la cámara pulpar se rellena con un material, primero provisional, y después definitivo. Una vez finalizada la obturación del conducto, la porción apical del conducto siempre está sometida a la influencia de los líquidos orgánicos periféricos, condición que favorece la inmediata filtración de las sustancias (toxinas bacterianas, irritantes,...) y microorganismos circundantes.

Situación agravada si el sellado apical no fuere el apropiado, ya sea por motivos anatómicos (deltas, itsmos, conductos en "c",...) o técnicos (infraobturación radicular, enderezamientos de conductos, perforaciones,...) mientras, en la porción coronal, además del mejor acceso y mejor visualización, una vez terminada la obturación, se cubre el espacio cameral nada mas eliminar el materia sobrante de gutapercha, con lo que la probabilidad de contaminación por esta vía es menos improbable a corto plazo.

G.- Situación preoperativa: cuando se comienza un tratamiento de conductos es frecuente que la corona clínica este contaminada, y si la pulpa ya se ha necrosado, el tercio apical y la zona perirradicular estarán también ampliamente contaminados; después del tratamiento, la corona ya se ha limpiado, el conducto radicular también, pero siempre existe el riesgo de que los líquidos gingivales puedan volver a reinfectar al ápice.

Friedman, (10) realizó un estudio en la población de Toronto, en que comparaba el éxito de los tratamientos entre 4 y 6 años después de haber sido realizados, y, entre otros factores, analizaba la evolución según la situación previa. Pues bien, su estudio, arrojó unos resultados que mostraban un éxito del 92 % de los casos cuando no existía lesión periapical, y un 74 % de éxito en los casos donde si había imagen apical. Estos porcentajes explicarían la relevancia que tienen las circunstancias periapicales previas en el pronóstico del tratamiento

H.- Dificultad técnica: el tratamiento del ápice radicular requiere una gran precisión, milimétrica, tanto en la conformación, como en la obturación del mismo.

Independientemente de la compleja anatomía apical, el área apical radicular es, para Halse (66), una de las zonas más problemáticas y conflictivas de tratar en endodoncia. Existe riesgo de infra/sobreinstrumentación y de infra/sobreobturación. Además pueden extruirse irrigantes tóxicos y/o cemento sellador.

I. Dirección de trabajo. No solo tenemos mejor acceso al tercio coronal del conducto, donde el limado y la acción de los irrigantes será más eficaz, sino que además, el paso de los instrumentos transcurre desde coronal hacia apical, arrastrando hacia la zona periapical el contenido de la pulpa la dentina limada durante la instrumentación del conducto.

2.1.1.2. Causas originadas a nivel coronal

En 1961 Marshall y Massler (67) fueron los pioneros en estudiar el paso de bacterias desde la parte oclusal hacia el ápice, y su relevancia en el éxito de los tratamientos de conductos. En su estudio, introdujeron muestras obturadas en un marcador radioactivo, y detectaron el radioisótopo en el interior del tramo coronal del conducto.

Afirmaron que, aun con una obturación del conducto adecuada, si los microorganismos tienen un acceso por alguna vía coronal, el éxito del tratamiento estará en peligro. También fueron los primeros en comentar que el pronóstico de un diente pobremente obturado con una correcta rehabilitación coronal será bueno.

Allison (68) estudió la microfiltración apical y coronal mediante radioisótopos, y publicó que, una de las posibles causas de un fracaso endodóntico, es la realización de una pobre restauración coronal.

Swanson (69) publicó un trabajo sobre filtración coronal, en el que comunicó que dientes con las raíces obturadas, pero sin sellar la parte coronal, mostró una penetración de colorante del 85 % del conducto en tan solo 3 días.

Madison (70) realizó un estudio “*in vivo*” donde comprobó que conductos expuestos al medio oral no solo mostraban contaminación coronal, sino que además, en algunos casos la

filtración afectaba a la totalidad del conducto.

El concepto de filtración coronal va adquiriendo cada vez más relevancia en el ámbito odontológico, sobre todo a partir de los noventa. Torabinejad (71), afirmó que el 50 % de un grupo de muestras unirradiculares, obturadas con gutapercha, condensación lateral y cemento sellador, en las que se expuso el tercio coronal, resultaron contaminadas en la totalidad del conducto, en un periodo de tiempo que variaba entre los 19 y 42 días, dependiendo del tipo de organismo inoculado.

Magura (72) realizó un experimento, en el que se obturaron dientes con gutapercha y sellador, empleando las técnicas de condensación lateral y vertical, y se expusieron por la parte coronal a saliva sin ningún tipo de restauración coronal. Los resultados mostraron que las bacterias habían alcanzado el ápice en menos de 90 días. Por ello, recomendó retratar cualquier diente que hubiera estado expuesto al medio oral durante 3 meses o más al incluso en ausencia de sintomatología.

Khayat (73) publicó un trabajo según el cual la saliva tiene en su composición elementos capaces de acceder a través de conductos instrumentados y obturados; el autor recomendaba retratar todos los casos en los que la parte coronal de un diente con tratamiento de conductos hubiera estado en contacto con la saliva, incluso en aquellos en los que hubiera una ausencia total de signos clínicos o radiográficos. A la misma conclusión llegó Friedman (10)

Saunders (74) mostró que un conducto expuesto al medio oral indefinidamente, terminaría por recontaminarse. El autor señala que los dientes tratados endodónticamente podrían ser recontaminados de diferentes formas por la vía coronal: obturaciones defectuosas, preparación de postes, etc.

Heling (75) realizó una revisión sobre los fracasos endodónticos causados por un proceso restaurador inadecuado. En su estudio describe las principales vías de recontaminación bacteriana por vía coronal:

- Filtración de la obturación provisional: puede darse un retaso en la colocación de la restauración coronal. Aunque materiales como Cavit G® o el IRM® proporcionan un sellado aceptable durante un corto periodo de tiempo, con el tiempo se deforman, y se disuelven lenta y progresivamente en presencia de saliva, perdiéndose con ello su función de sellado. Deben colocarse con una técnica y profundidad adecuada, para mejorar su eficacia.

- Filtración de la obturación definitiva

- Filtración durante las impresiones para la realización de un perno- muñón colado: el riesgo de que las bacterias invadan el canal será mayor si se trabaja sin aislamiento.

- Filtración durante el proceso de cementado de pernos

- Filtración desde coronal por una deficiente limpieza y desinfección del conducto o de la cámara pulpar.

Ray (76) publicó un estudio en el que se analiza la relación entre la salud periodontal en función del tratamiento de conductos y de la rehabilitación coronal. Su estudio concluye que

la calidad técnica de la restauración coronal es el factor más decisivo para el éxito del tratamiento. El autor no se explican que los estudios en los que se analiza filtración, sobre todo en los casos realizados “*in vitro*”, arrojen pésimos resultados sobre el sellado de nuestras obturaciones de conductos, y, sin embargo los dientes tratados a nivel clínico, ofrezcan una alta tasa de éxito.

Por ello, sugieren que debe existir una primera barrera, que impidiera el acceso de fluidos y bacterias a través del conducto, y, tal vez esta pudiera ser la reconstrucción coronaria. Explica Ray que el orificio cameral de la raíz es el mayor punto de vulnerabilidad del tratamiento de conductos, ya que da por demostrado que, una exposición radicular al medio oral, terminaría produciendo una contaminación periapical, ya sea por las bacterias o por sus micro endotoxinas.

Añaden que si los tratamientos de conductos son efectivos a nivel clínico, se debe, en su mayoría, a la existencia de un adecuado sellado de la cámara, restando importancia a la obturación radicular. Además, los autores explican que gran parte del fracaso de los tratamientos de conductos se debían a la recolonización apical, puesto que el sellado obtenido con la reconstrucción del diente es muy fiable.

Riccuci (77), publica un estudio histobacteriológico realizado en dientes extraídos que estuvieran endodonciados, y, que llevaran un mínimo de tres meses sin la restauración coronal, o estuvieran cariados o fracturados.

Sus resultados revelan que en ninguna de las 39 muestras contaminadas en el orificio coronal los microorganismos consiguieron alcanzar el tercio apical, ya que ninguna muestra presentaba filtración a lo largo del conducto (tabla 3). Se detectaron 2 especímenes con infección en el ápice.

Conducto totalmente contaminado	0
Solo tercio coronal contaminado	37
Solo tercio apical contaminado	2
Total	39

Tabla 3: resultados del estudio sobre filtración apical de Riccuci (77)

El autor explica que cinco de las raíces extraídas mostraban una lesión osteolítica detectada radiográficamente, previa a la exodoncia, es decir, que la colonización se pudo haber dado por el foramen apical. O que las bacterias hubieran sobrevivido allí desde que se realizó la pulpectomía.

Con estos resultados, Ricucci concluye que los conductos bien obturados resisten perfectamente la penetración bacteriana, incluso cuando las raíces llevan un largo periodo de tiempo expuestos al medio oral. Por ello, publica que “la calidad de la restauración coronal es insignificante en el pronóstico de los dientes tratamientos de conductos bien obturados”, rebatiendo las conclusiones a las que llegó Ray en su publicación de 1.995.

El grupo de Oliveira (78) publicó un trabajo donde se examinaba la filtración coronal en dientes con tratamiento de conductos, en los que habían dos grupos, uno con postes y otro

sin ellos, y ningún grupo llevaba corona protésica. Los expuso a saliva durante 40 días. Observo filtración en el 100 % de las raíces sin poste, y 70 % de casos filtrados en raíces con postes.

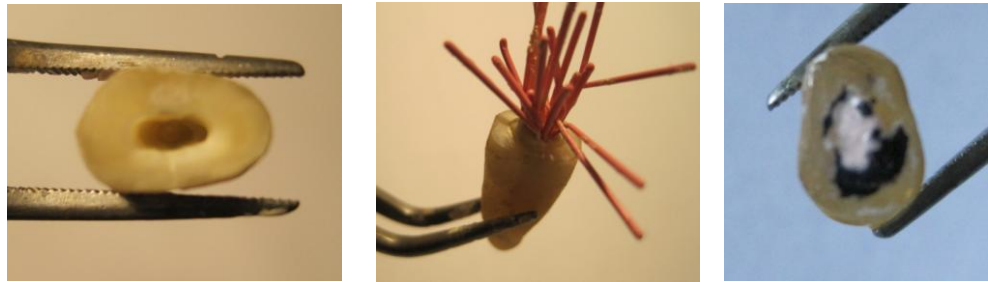
No cabe duda de que el sellado coronal radicular es imprescindible para la evolución favorable del tratamiento de conductos, ya que, con el tiempo, la mayoría de los materiales de restauración permiten un cierto grado de microfiltración marginal, ocasionando que tanto la saliva, sus componentes, y las bacterias que en ella se encuentran, pueden llegar al material de obturación radicular e iniciar un proceso de filtración que desemboque en una lesión periapical con el paso del tiempo.

Analizaremos las razones por las que el tercio coronal del conducto es susceptible a la contaminación:

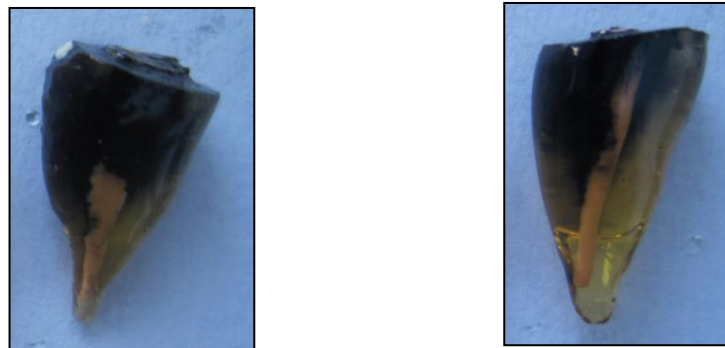
A.- Diámetros del conducto radicular: todas las raíces dentarias, en mayor o menor medida, tienen forma conoide, por lo cual, el diámetro del orificio coronal siempre será mayor que el apical, exceptuando aquellos dientes cuyo ápice sea inmaduro.

Cohen, en su octava edición de “Vías de la pulpa” (16), escribe que cuanto más ancha sea la raíz dental, más probabilidad existe de que el conducto no sea circular, sino ovalado o irregular; en incisivos centrales, caninos y premolares es común encontrarse una cámara ovalada e irregular de grandes dimensiones. Esta característica conlleva la necesidad de mayor

número de puntas de gutapercha y se generan más vías de posible filtración entre los intersticios (imágenes 15,16,17,18 y 19 tomadas durante la realización de la presente tesis doctoral)



Imágenes 15, 16 y 17: se observa la necesidad de obturar con numerosas puntas de gutapercha una raíz de gran anchura.



Imágenes 18 y 19; gran filtración observada en algunas de las muestras de esta tesis donde se aprecian raíces de gran magnitud.

Para reducir el porcentaje de fracasos derivados de la filtración coronal, sobretodo en raíces de grandes diámetros, Zmener (79) recomienda la confección de una barrera adicional de sellado a nivel del acceso de los conductos radiculares y piso de la cámara pulpar. Ya

advirtió Saunders (74) que solo con compactar la gutapercha en el orificio coronal no era suficiente. Para ello, también recomendó el uso de materiales como las resinas, cementos de vidrio o incluso el MTA, introducidos en los 2 primeros mm. de la parte coronal del conducto.

B.- Apertura cameral: si observamos la tabla de las causas de fracaso en endodoncia publicada por el Ingle (tabla 2), encontramos que un 15 % aproximado de estos fracasos se debe a errores en la técnica, y, muchos de estos se cometen durante la apertura cameral. Se pueden ocasionar las perforaciones a nivel del tercio coronal cuando los conductos presentan distintos grados de calcificaciones, pernos (máxime si se trata de fibra de vidrio adherida a las paredes dentinarias), o se realizan retratamientos. Estos accidentes comprometen el sellado coronal.

C.- Contaminación durante la realización de las rehabilitaciones coronales: no siempre que se restaura un diente tratado endodónticamente se aísla la parte coronal de diente tratado durante el proceso. Esto compromete el sellado radicular del conducto en la parte coronal. Este hecho, será más acusado cuando se trata de la toma de impresiones o cementado de pernos, donde una recontaminación del conducto, podría alcanzar el tercio apical durante la manipulación. Durante esta fase, también se corren serios riesgos de producir perforaciones o fisuras en el conducto dentario, que, con el tiempo, darán lugar a lesiones óseas y periodontales.

D.- Contracción del material de obturación: en el tercio coronal son más efectivas las técnicas dedicadas al reblandecimiento de la gutapercha, por la mejor transmisión del calor.

Pero, consecuentemente, la contracción durante el enfriamiento, también será mayor, produciéndose un desajuste entre el material de obturación y la dentina radicular.

De igual manera, en los nuevos materiales de obturación radicular que emplean adhesivos, existe el riesgo de que la contracción tras la polimerización pudiera dar lugar a espacios entre el monoblock de la obturación y el conducto radicular.

E.- Defectos en los tratamientos restauradores coronales: un tratamiento de conductos, puede quedar perfectamente realizado, consiguiendo un sellado óptimo del espacio radicular, pero si la rehabilitación coronal, ya sea mediante materiales de reconstrucción conservadores o protésicos, no está bien ajustada, es predecible una futura colonización bacteriana espacio entre diente y material obturador que concluirá con el fracaso de la endodoncia.

F.- Fisuras oclusales: aunque también se pueden dar a nivel apical (80), las fisuras radiculares son más frecuentes a nivel coronal, sobretodo en molares inferiores y premolares superiores (81). Suelen ser defectos lineales y parciales en la raíz, creados accidentalmente, que suponen una vía más de recontaminación pulpar, tanto en dientes vitales como en dientes con tratamiento de conductos realizado.

Una vez restablecida la salud en la pieza tratada, la sobreinfección por vía sistémica es bastante inusual, mientras que la porción coronal estará permanentemente rodeada por un medio contaminado como es la saliva bucal.

2.1.2. Nivel de fracaso del tratamiento de conductos

En un estudio epidemiológico realizado por Segura Egea en la Facultad de Odontología de Sevilla (82), se examinaron mediante 14 radiografías periapicales la dentición de cada paciente, 180 pacientes en total, y observaron que 110 padecían periodontitis apical, y 73 habían recibido por lo menos un tratamiento de conductos.

Un 64.5 % de los tratamientos mencionados eran los responsables de esa periodontitis. En otra publicación similar del mismo departamento, los resultados obtenidos fueron algo mayores, un 65.8 % (83).

Si se analizan estudios similares realizados a nivel internacional, los porcentajes de fracaso son parecidos, o aun mayores que los obtenidos por Segura Egea o Jiménez Pinzón: en Grecia, Georgopoulou (84) obtuvo unos resultados en los que la periodontitis apical aparecía en un 60.0 % de los dientes endodonciados.

En los países como Noruega (85), Alemania (86), Reino Unido (87) o Suecia (88) tienen unas tasas de fracaso de 57%, 61.0 %, 58.1 % o 52.0 % respectivamente.

EEUU (89) o Japón (90), también tienen un índice de patología periapical elevado: 37.5 % el primero, y un 70 % el segundo.

En mejor situación, se encuentra Portugal (91), en el que “solo” un 27.0 % de los conductos tratados presenta lesiones apicales (ver tabla 4).

Pais	Periodontitis apica (%)	Año	Autor
España	64,5	2004	Seguro-Egea (82)
España	65,8	2004	Jiménez-Pinzón(83)
Japón	70	2005	Tsuneishi(90)
Brasil	51,3	2005	Siqueira (92)
Bielorrusia	45	2005	Kabak (93)
Grecia	60	2005	Georgopoulou (82)
Reino Unido	58,1	1997	Sounders (87)
Alemania	61	1997	Weiger (86)
Suecia	52	2006	Ridell (88)
Portugal	27	1998	Marques (91)
EEUU	37,5	2007	Chen (89)
Noruega	57	1991	Eriksen (85)

Tabla 4: porcentajes de periodontitis apical analizada por los autores de diferentes países en tratamientos de conductos.

2.1. Medición de la filtración

Para estudiar la filtración en endodoncia, existen diferentes métodos (94,95); cada uno de ellos presenta ventajas e inconvenientes.

2.2.1. Marcadores para medir la filtración

En muchos estudios (67, 96) se separa la parte radicular de la coronal, se limpia y obtura la raíz de forma similar a como se realiza a nivel clínico, y se someten las muestras a los marcadores (colorantes, bacterias, isótopos, etc.) que serán los que muestren los lugares ubicados en el interior del conducto que se han quedado sin sellar.

Los distintos tipos de marcadores son una de las variables que sirven para establecer una clasificación de los diferentes métodos que estudian la microfiltración; tenemos los siguientes marcadores:

- Tintes
- Electroquímicos
- Con radioisótopos
- Con bacterias y/o sus metabolitos

Estos últimos sistemas son más representativos de lo que ocurre en la realidad, por ello tienen mayor relevancia clínica. Pero en contra, son más complejos de realizar. En aquellos donde se emplean isótopos requieren aparatología muy específica, e incluso pueden resultar peligrosos (95). Esto además conlleva que sea difícil extrapolar y comparar los resultados de estos estudios al resto de la bibliografía.

Por ello, la gran mayoría de los estudios se realizan con fluidos que filtran a través del conducto y el marcador más utilizado suele ser un colorante (95,96). Estos estudios son los más empleados e investigación para comparar las distintas técnicas de obturación, los diferentes selladores, obturaciones provisionales o definitivas, etc.

Estudios de filtración con tintes

Existen diferentes tipos de tintes; las más frecuentes son: azul de metileno, tinta china negra, azul brillante, verde brillante, fucsia básico, hematoxilina, eosina, rodamina B. Los más empleados habitualmente son los dos primeros (99). Otros fluidos empleados son la glucosa (100) o el nitrato de plata (101), pero son menos frecuentes.

Los factores que determinan la efectividad del marcado son su tamaño molecular, el pH, la reactividad química, la tensión superficial, el efecto y la afinidad con los tejidos dentarios (99)

Si el diámetro de las moléculas es muy grande no accederán a lugares de posible colonización bacteriana, pero si es demasiado pequeño pueden llevarnos a resultados lejos de la realidad clínica (102).

Deben tener un pH neutro o básico, si es muy ácido puede producir un efecto

desmineralizador sobre las paredes dentinarias (103).

La tinta china negra se emplea mucho porque es muy estable, tiene un pH neutro y una alta tensión superficial. Este pigmento se obtiene en la naturaleza, a partir del carbón vegetal, se detecta sin dificultad, es económico y se adquiere fácilmente.

Sus desventajas, son su tamaño molecular (10 micras) que es relativamente grande, y la confusión que puede crear si aparecen restos necróticos previos en el interior de la muestra, debido a una incompleta preparación del conducto; además, también podemos incurrir en falsos resultados cuando se decide seccionar las muestras, ya que el calentamiento durante el proceso puede llegar a quemar algunas zonas quedando color negro.

Su empleo generalizado permite hacer comparaciones en diferentes investigaciones en las que se emplee el mismo sistema de medición y similar protocolo (tiempos, aislantes, materiales,...).

El azul de metileno es otro marcador muy común en la bibliografía, y, aunque éste tiene un tamaño molecular pequeño (0.37 micras), su molécula es muy volátil, se evapora a las 72 horas, tiene una tensión superficial muy baja, y un pH de 4,7, o lo que confiere al colorante cierta capacidad desmineralizante; dicha característica ha de tenerse en cuenta, cuando se comparan estudios donde se han empleado colorantes ácidos, con otros donde se hayan utilizado colorantes neutros o básicos, ya que puede alterar la realidad de los resultados (99).

Estudios de filtración con radioisótopos

Una vez realizado el tratamiento de conductos las muestras se introducen en un depósito con material radioactivo. Es necesario que el isótopo radioactivo sea hidrosoluble, como por ejemplo el I^{131} (104)

Aunque dan mucha información, son trabajos complejos y peligrosos, requieren unas instalaciones y materiales muy específicos, no siempre fácil de obtener. Se distinguen por el tipo de isótopo, la distancia entre la fuente de radiación y la emulsión, y los diferentes tipos de exposición. Además no existe correlación fiable entre la filtración clínica y la radiológica, ya que los radioisótopos son más pequeños que las bacterias (105).

Estudios de filtración de fluidos

La forma habitual de que el tinte filtre a través del conducto, es depositar la muestra en un recipiente con el colorante seleccionado, es decir, una filtración pasiva.

Pommel (2) recomienda que se emplee algún tipo de presión para favorecer la introducción del tinte; estos sistemas miden la resistencia de los materiales de obturación al paso de fluidos a través de los conductos y además favorecen que el líquido penetre a zonas donde los métodos pasivos no llegarían. La variedad de presiones supone un inconveniente para el autor, que concluye en su trabajo la necesidad de estandarizar presiones y tiempos cuando se utilicen estas metodologías.

Estudios de filtración bacterianos

En estos trabajos el marcador es uno o varios microorganismo, frecuentemente E. Faecalis, el S. salivarius, o S. sanguis. La saliva como agente filtrador también forma parte de este grupo de estudios (106).

Este tipo de experimentos obtienen unos resultados que son los que más se pueden extrapolar a la realidad (107). Su principal desventaja es la complejidad de su metodología.

Estudios electroquímicos

En estos estudios se emplean fluidos, como por ejemplo el cloruro de sodio al 1%, que filtran a través de las muestras. Posteriormente, se introducen un cátodo y con un ánodo y se una corriente eléctrica (108). Son complejos y poco frecuentes.

2.2.2. Sistemas para medir la filtración

Existen diversas técnicas para poder calcular la cantidad de colorante filtrado:

- Sección longitudinal
- Sección transversal
- Clarificación o diafanización
- Disolución

Los dos primeros sistemas son fáciles y sencillos de realizar y nos proporcionan datos en cuanto a la cantidad de tinte que ha penetrado en el conducto, aunque la visión de las muestras es bidimensional y esto conlleva pérdida de información (95). Además, el proceso de la sección puede eliminar parte del tejido dentario filtrado.

En 1927, Okamura (109) habla por primera vez de un sistema en el que se transparentan los dientes, y desde entonces, se ha introducido en la metodología de los estudios de filtración.

Se consigue descalcificar y deshidratar raíces, pudiéndose ver el interior del diente sin alterar su anatomía, obteniendo mediante este sistema una visión tridimensional de toda la muestra (110).

Esta técnica no requiere equipos especializados y es un método reproducible. Su principal inconveniente es el mantenimiento del estado cristalino mientras las muestras están inmersas en los líquidos, ya que cuando se sacan de estos, se vuelven opacos de nuevo (109).

Sobre la disolución no existen muchos estudios; en este sistema, tras filtrar el colorante a través de la muestra, esta es disuelta en ácidos que desintegran el diente y queda el colorante, el cual es medido para analizar los valores de filtración (95).

2.2.3. Estudios “*in vitro*”

Los estudios sobre filtración, se pueden realizar “*in vitro*” o “*in vivo*”. Ambos, tienen ventajas e inconvenientes.

Los primeros son fiables, reproducibles, sencillos, baratos y hay mucha bibliografía sobre ellos.

Gimenez Oddoni (112) no solo recomienda los estudios “*in vitro*” por su sencillez en el uso, añade su facilidad de reproducción, y que es un sistema ampliamente difundido por muchos autores, lo que favorece la posibilidad de realizar comparaciones.

Duggan (113), menciona las ventajas de los estudios “*in vitro*”, como la sencillez y el mayor control de las variables.

Dentro de los estudios “*in vitro*”, los que emplean colorantes son los más frecuentes en la literatura sobre filtración en endodoncia, debido a que son económicos y sencillos (97, 98) y se llevan utilizando desde principios del siglo pasado (9).

La manera de utilizar colorantes varía según los autores. Bodrumlu, (114) emplea colorantes y centrifugadoras, asegurando que los estudios de este tipo, “*in vitro*”, son

perfectamente válidos cuando se busca detectar los espacios que pudieran servir de acceso a microorganismos, recalcando su sencillez y adecuada sensibilidad.

Los estudios “*in vitro*” con colorantes presentan dos inconvenientes fundamentales: la gran variabilidad de las metodologías que dificulta la comparativa entre estudios y la existencia de una enorme complejidad a la hora de comparar resultados entre ellos (95, 105, 115)

Por esta razón, el Journal of Endodontics, realizó en el año 2.007 (116) una advertencia sobre la falta de uniformidad y validez que se asocia a los estudios sobre microfiltración con colorantes; los editores, animan a que la comunidad científica busque caminos por los que se demuestre que la investigación “*in vitro*” puede ser útil a la hora de aplicar sus conclusiones a nivel clínico.

En el año 2.008 se solicitó la estandarización de la investigación preclínica (117), para poder validar los numerosos estudios sobre filtración con colorantes.

Según Gencoglu (118), debido al amplio número de variaciones empleadas en los estudios sobre filtración con tintas, se encuentran comentarios contradictorios e imposibles de comparar, y además cuestiona el atrapamiento de aire y la reproducibilidad del experimento.

Gimenez Oddoni (112) advierte de la gran discrepancia que existe entre los resultados de los diferentes estudios que se publican cuando se quieren comparar los nuevos materiales,

debido a las numerosas diferencias que existen entre las diversas metodologías. Por su parte, recomienda la utilización de colorantes.

Durante la realización de esta tesis, se realizó un trabajo sobre los diferentes colorantes (119) donde se concluyó que la tinta china es el mejor colorante si la diafanización forma parte de la metodología.

Otra dificultad de los estudios de filtración con colorantes es la dificultad de extrapolar los resultados a nivel clínico.

La utilidad de los estudios “*in vitro*” sobre filtración, sobre todo cuando se emplean colorantes, puede generar serias dudas sobre su validación clínica, pero casi ningún estudio es transposable directamente debido a la gran cantidad de variables clínicas que podemos encontrar.

Oliver (96) cuestiona la correspondencia entre el éxito clínico en el tratamiento de conductos y la filtración del colorante por apical. En su estudio, el autor examina los tratamientos realizados en 116 dientes que estaba programado extraer, mediante radiografías, clasificando los tratamientos como exitosos o no exitosos. Cuando estos dientes fueron posteriormente exodonciados, se les aplicó azul de metileno, y se observó que el 99.5 % de las muestras presentaban filtración apical. Pero el autor no dice por qué los extrae, ni si extrae solo los considerados no exitosos.

Además, hay que tener en cuenta que con las radiografías hay lesiones que no se aprecian. La calidad de la radiografía es un factor limitante, ya que no siempre se pueden observar con nitidez los contornos de las imágenes. Según Ray (76), aparte de las desventajas mencionadas, expone otras como que son estudios bidimensionales, donde puedan existir defectos de adaptación en partes del diente no visibles en esa proyección radiográfica y aunque se intente minimizar con dos examinadores, no dejan de ser estudios basados en observaciones subjetivas.

La aparición de nuevas técnicas diagnósticas empleadas cada vez con más frecuencia, como es el caso de la CBCT (Cone-beam Computed Tomography), demuestran ser más fiables en la detección de patología periapical por imagen (120). En la CBCT se puede analizar en los tres planos del espacio (sagital axial y coronal), lo cual permite ver lesiones que no se observan en las radiografías convencionales.

Susini (121) examina la relación de colorantes en la zona apical y la presencia de radiolucideces apicales. Sus resultados concluyeron que no existe correlación entre los estudios “*in vitro*” y la realidad clínica. Hay que tener en cuenta que utilizó radiografías convencionales.

Es lógico que se creen reticencias cuando en varios estudios se avala la teoría de que en la gran mayoría de las raíces expuestas a algún colorante, en poco tiempo son contaminadas por

pequeñas moléculas (122,123,124), y, sin embargo, clínica y radiológicamente el porcentaje de éxito de los tratamientos de conductos es muy alto. (1,22, 125).

Esto pudiera ser debido a que el colorante empleado tuviera un peso molecular menor que la bacteria y donde filtra el colorante no necesariamente pueden filtrar las bacterias. Entendemos que esto no invalida este tipo de estudios. Al ser comparativos, aquel que permita el menor paso de colorantes, tendrá una adaptación mejor y si hubiera alguno que impidiera por completo el paso de colorante, las bacterias serían incapaces de colonizar el conducto.

Ricucci (77) analiza la validez de los estudios realizados fuera de boca. Afirma que ni siquiera los estudios realizados con microorganismos en laboratorio serían fiables al cien por cien, ya que es imposible imitar las condiciones biológicas propias de un conducto dentario influenciado por las condiciones de la cavidad bucal.

Duggan (113) en su estudio “*in vivo*”, opta por comprobar la filtración de dos materiales en dientes de perros, con su consiguiente análisis histológico. Añade que la valoración clínica de los trabajos “*in vitro*” siempre será menos trascendente que los estudios donde se hacen test biológicos.

Según Bodrumlu (114), aunque se debate si los estudios “*in vitro*” se pueden o no correlacionar directamente con el éxito clínico, su uso estaría justificado cuando se quisiera comparar la capacidad de adaptación que tienen los diferentes sistemas de obturación en endodoncia.

La alternativa a los estudios “*in vitro*”, son los estudios “*in vivo*”. Pero estos, también tienen inconvenientes.

Los estudios “*in vivo*” son más complejos de realizar, hay muchas variables clínicas difícilmente controlables y pueden requerir la supervisión de un comité ético.

Muchos estudios “*in vivo*” se refieren a casos concretos donde por alguna circunstancia se han extraído y analizado dientes humanos. Pueden aportar información interesante, aunque también tiene limitaciones.

Ricucci (126) estudió la percolación bacteriana que se produjo en un conducto tratado endodónticamente de un paciente, en el cual, se consiguió la curación apical, pero posteriormente, una fractura en su corona obligó a extraerlo. Se extrajo y se analizó microbiológicamente.

En este caso, según Ricucci, las conclusiones sobre la filtración del conducto, podrían tener un alto valor a nivel clínico, pero también menciona las desventajas de este tipo de trabajos como la investigación no debe ceñirse solo a casos accidentales y puntuales; habitualmente no se ha seguido un control previo de las circunstancias y en muchos casos hay una muestra única.

Creemos que las investigaciones sobre filtración “*in vitro*” son una herramienta necesaria para poder analizar y comparar la adaptación del material al diente y por tanto su capacidad de sellado.

2.2.4. Análisis de los métodos de filtración

Se han utilizado diferentes sistemas para valorar la capacidad de sellado de los materiales de obturación en el conducto radicular. Los resultados que se obtienen son difícilmente comparables, debido a la diversidad de materiales y técnicas empleadas.

Durante la realización de la presente tesis se realizó un trabajo para determinar si el proceso de la diafanización es capaz de eliminar el colorante utilizado para analizar la filtración, y si los resultados obtenidos por los métodos de diafanización y sección longitudinal son equiparables (119).

Para ello, se prepararon 125 raíces de un solo conducto de dientes extraídos, de los cuales se hicieron 5 grupos de 20 muestras; cada grupo fue introducido en un colorante diferente, que fueron la rhodamina, la eosina, la hematoxilina, la tinta china y el azul de metileno.

Una mitad de cada uno de los grupos fue diafanizada y en la otra mitad los especímenes fueron seccionados longitudinalmente. Se fotografiaron las muestras y se estudiaron con un programa digital analizador de imágenes. Las raíces restantes se utilizaron como controles positivos y negativos.

Se obtuvieron los siguientes resultados: en el método diafanizado, existen diferencias significativas entre el azul de metileno y la tinta china y los demás tintes. Entre la eosina, la rhodamina y la hematoxilina no se detectaron diferencias significativas.

En el método seccionado existen diferencias entre el azul de metileno y la eosina, la hematoxilina y la rhodamina. Entre los demás tintes no hay diferencias significativas.

Solo en la tinta china no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos entre la diafanización y la sección longitudinal.

De los resultados de nuestro estudio se desprende la necesidad de unificar la técnica y el material para poder comparar resultados. Se concluyó que el proceso de la diafanización afecta a los resultados en función del colorante empleado. La filtración obtenida tras la diafanización y la sección longitudinal no es equiparables, salvo en el caso de la tinta china.

2.3. Materiales de obturación radicular

Bodrumlu (114) explica que la obturación del conducto, es una parte esencial en el tratamiento endodóntico, que debe ser realizado con mucho esmero, añadiendo que el tipo de material elegido para la obturación, puede ser un factor decisivo para el éxito o fracaso del tratamiento de conductos. Para Soares y Goldberg (127), “la obturación es el retrato de la endodoncia”

Los materiales que se han utilizado para obturar las raíces dentales han sido muy diversos, habiéndose empleado incluso plumas de aves (17). Grossman describió cuales debían ser las características ideales de un material de obturación, desde la radiopacidad, biocompatibilidad, impedir el crecimiento bacteriano, etc....pero el principal requisito que se le debe exigir a un material de obturación, es la capacidad de sellar.

2.3.1. Gutapercha

En la actualidad, es el más empleado, por ser el que más ventajas tiene, y porque además cumple la mayoría de los principios de Grossman, es la gutapercha (127).

Se conoce este material desde el siglo XVII, pero nadie encontró utilidad hasta que 200 años después se empezó a trabajar con ella en la fabricación de pipas, pelotas de golf, instrumentos quirúrgicos, asientos de trenes y hasta en la construcción de barcos.

En el campo de la odontología, antes de 1.800, se pretendía rellenar el interior de las raíces dentarias con el único material que podía tener cierto grado de adaptación a la anatomía radicular, que era el oro. A partir de entonces, se empezaron a probar nuevos materiales como el oxiclورو de cinc, la parafina o la amalgama, obteniendo cierta mejoría en el éxito de los tratamientos.

En 1.847, Hill probó y desarrolló la gutapercha como posible material de relleno radicular, y lo dió a conocer como el “condensador de Hill” (16). Este nuevo material de relleno estaba preparado con gutapercha como elemento principal, y carbonato cálcico blanqueado y cuarzo como complementos. Fue patentado e introducido en la práctica odontológica a partir de 1848.

Finalmente, Bowmann, en 1.867, reivindicó ante la St Louis Dental Society la gutapercha como material de obturación de conductos, mostrándolo en molares extraídos (16).

Hasta principios del siglo XX las referencias en las que se pudiera haber empleado esta resina eran escasas y poco fiables.

Perry comunicó en 1.883 (128) que él había empleado un filamento de oro puntiagudo recubierto de gutapercha reblandecida (posible predecesor de la actual técnica de condensación con transportador) para rellenar raíces de dientes. Además, intentó empaquetar tiras de gutapercha, para tratar de conformar unos tubos e introducirla así en el interior del conducto. Utilizó laca calentada en una placa sobre la cual situaba la gutapercha, que era enrollada con una forma, longitud y tamaño similar al del conducto trabajado.

En 1.887 la S. S. White Company empezó a fabricar puntas de gutapercha para su utilización intraconducto (16).

Cuando las imágenes radiográficas empezaron a emplearse en endodoncia, los profesionales comenzaron a darse cuenta de que, desgraciadamente, los conos de gutapercha no se adaptaban a la morfología radicular, cuyas raíces rara vez eran tubulares, lo que les llevó a plantearse la posibilidad de acompañar el material de obturación con algún tipo de cemento que tuviera la capacidad de rellenar esos intersticios que se creaban entre las puntas y las paredes.

Los primeros selladores, cementos de uso habitual para colocar diversos tipos de prótesis, resultaban ineficaces, inactivos frente a los gérmenes, y de difícil manipulación y remoción.

En la actualidad, se siguen investigando y comercializando nuevos cementos, con unas mejoras u otras, con el fin de solventar el principal problema de la gutapercha, su no unión con las paredes dentinarias del conducto, y es a través de esa vía por la que se producen la mayoría de las filtraciones.

Aunque la gutapercha en varillas sólidas con forma cónica fue un gran avance respecto a las puntas de plata, debido a su plasticidad, que permitía la compactación del material contra las paredes, la existencia de conductos laterales, istmos, barrillo dentario, conductos dentinarios y otras irregularidades del conducto hacen que las bacterias encuentren caminos o recovecos por donde avanzar y alcanzar el área perirradicular.

Esta desventaja, se intentó compensar mediante el calentamiento de la gutapercha convencional. En su fase cristalina “beta”, es rígida, estable, maleable y al calentarla, pasa a su forma “alfa”, que en realidad es la forma en la que se extrae del árbol, más viscosa y fluida, lo que permite un mejor relleno de las irregularidades que puedan existir dentro del complejo sistema de conductos radiculares.

Se observó que esta gutapercha “alfa” es inestable hasta que se enfría, produciéndose una contracción volumétrica que provocaba un aumento del espacio entre la interfase gutapercha-pared radicular, dejando un nuevo camino para los microorganismos.

Hoy en día, se pueden emplear diferentes técnicas para obturar un conducto, y se suelen clasificar basándose en dos parámetros: la dirección de la condensación (lateral o vertical) y la temperatura con la que se trabaje la gutapercha (fría o caliente); podemos clasificar las técnicas de obturación como:

1) Técnicas en frío:

- * Condensación lateral de la gutapercha.
- * Gutapercha reblandecida con solventes

2) Técnicas en caliente:

- * Condensación vertical (Shilder).

- * Ola continua de calor. System B, Calamus, Beefill

- * Compactación termo-mecánica: Microseal System.

- * Gutapercha inyectada con jeringa: Obtura II, Ultrafil.

- * Vástago revestido de gutapercha: Thermafil, Softcore, GuttaCore.

Todas ellas, a día de hoy, son buenas para lograr un buen sellado radicular siempre que se conozcan y se domine la técnica. La más empleada es la condensación lateral en frío, debido a su sencillez, ausencia de aparatología específica y la fiabilidad de su pronóstico (127)

2.3.1.1. Técnica de la condensación lateral en frío

Es la técnica que se suele emplear como referencia cuando se quieren comparar nuevos materiales o métodos de relleno y sigue considerándose el estándar de referencia de todas las técnicas de obturación, y es la más frecuentemente utilizada en la práctica cotidiana (130).

Básicamente, esta técnica consiste en introducir un cono de gutapercha bañado en cemento hasta la longitud de trabajo que adapte al diámetro apical del conducto y consiga un buen sellado a este nivel. Después se irán introduciendo puntas de gutaperchas accesorias en el espacio conformado por un espaciador frío hasta que quede todo el conducto completamente obturado.

Suele acompañarse de diversos tipos de selladores, siendo las resinas epoxi unas de las más comunes, debido a su gran capacidad de sellar, baja solubilidad, ligera expansión, adhesión a la dentina, buena estabilidad con el tiempo, y gran capacidad de fluir, lo que confiere un meticuloso recubrimiento de las paredes dentinarias, pudiendo penetrar en sus microirregularidades (128).

2.3.1.2. Técnica de la condensación vertical

La condensación vertical caliente fue propuesta por Schilder en 1.967 (18), buscando conseguir una masa de gutapercha compacta dentro del conducto. Consiste en ejercer una presión vertical, con calor, sobre el cono de gutapercha, para que se reblandezca y adapte mejor al conducto (imágenes 20 y 21).

Requiere una preparación cónica que permita introducir el atacador hasta el tercio medio radicular. Esta técnica mejora el relleno tridimensional, minimiza el riesgo de fractura de la raíz, sella conductos accesorios, laterales, itsmos, etc

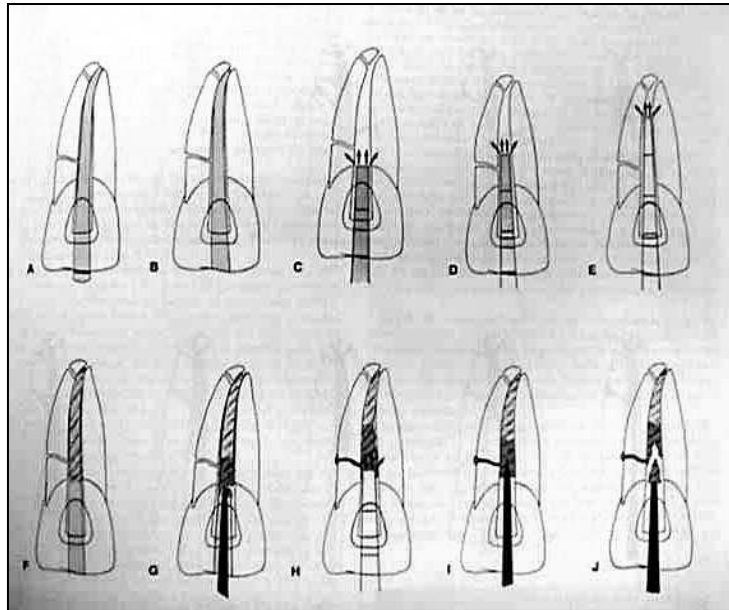


Imagen 20: pasos de la condensación vertical esquematizada (16), primera parte.

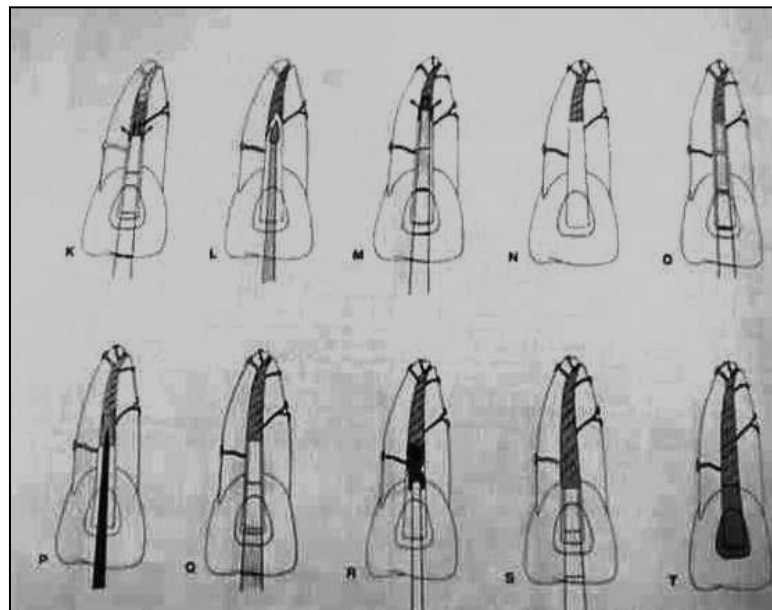


Imagen 21: pasos de la condensación vertical esquematizado (16), segunda parte.

Buchanan desarrolló en 1.987 una modificación de esta técnica, que bautizó como condensación central mediante una onda continua, aunque también se puede encontrar como “técnica de onda descendente de calor”, más eficaz y simple, basado en una mejora de la sistemática (16).

Para ello, ideó un aparato que manejaba con precisión la temperatura en la punta del atacador y estableció unos protocolos de actuación combinando tiempo y temperatura controlados; de esta manera “suministra una cantidad precisa de calor por un tiempo definido”.

Otra ventaja de esta nueva herramienta, es que el mismo instrumento que aporta el calor tiene una forma cónica con base plana que sirve como atacador de la gutapercha en el interior del conducto, y con ello, se puede compensar la contracción de la gutapercha al enfriarse.

Conjuntamente diseñó unos pluggers y espaciadores manuales adecuados a la nueva metodología para reducir así en la medida de lo posible la contracción de la gutapercha. Esta combinación permite la compactación del material de obturación en el mismo momento en el que se está derritiendo, originándose una ola descendente de calor y compactación.

Existen muchos dispositivos para calentar la gutapercha en el interior del conducto, pero el aparato original que diseñó y utilizó el precursor de esta técnica es el System B de Analytic Technology (Imagen 22, obtenida de la página web de SybronEndo).



Imagen 22: System B (SybronEndo)

Reúne las ventajas asociadas a la gutapercha derretida por calor, como son la mejor adaptación del material a las paredes y la menor presión sobre estas, pero además es un sistema con el que se tiene un muy buen control de la temperatura del plugger en el interior del conducto.

Debe calentarse a 200 °C para derretir la gutapercha, algo más en el caso del Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos), mediante un termostato que permite cuantificar de forma precisa y estable la temperatura en la punta de condensador, favoreciendo el calentamiento constante durante la fase del calentamiento apical. Esta característica confiere una gran ventaja clínica al operador, ya que se emplea la temperatura necesaria para que se consiga un buen reblandecimiento de la gutapercha, sin ser este excesivo.

La casa Sybron Endo, creó la Unidad de Obturación Elements, que tiene un cuerpo con dos ramas, una de las cuales es muy similar en función y uso al System B (imagen 23, obtenida de la página web de SybronEndo).



Imagen 23: Unidad de obturación (SybronEndo)

2.3.1.3 Técnica con transporte en vástago

Otra técnica con la que se están familiarizando cada vez más profesionales debido a su rapidez y comodidad es la obturación del conducto mediante un transportador con gutapercha caliente.

Johnson (131) publicó en 1.978 por primera vez esta técnica, en la cual, empleaba un vástago metálico de acero inoxidable recubierto de gutapercha termoplastificada. Años más tarde se comercializó con el nombre de Thermafill (Tulsa Dental, Tulsa, OK).

Lo que en su día se consideró un procedimiento curioso para rellenar conductos, es hoy en día un sistema de obturación muy difundido.

Dos años después el transportador metálico fue sustituido por otro compuesto por un polímero de resina. En la actualidad la gutapercha empleada es alfa.

A finales del siglo XX, se crearon dos aparatos similares: el Soft-Core (SybronEndo), y su versión europea, Three Dee GP (Deproco Ltd).

Mediante una nueva tecnología de gutapercha entrelazada, Dentsply Tulsa Dental Specialities ha creado en el año 2.013 el Guttacore, un sistema muy similar al Thermafil donde el vástago plástico es sustituido por otro de gutapercha, más resistente al calor, eliminando los problemas que plantea el vástago de plástico.

En el sistema Thermafil, se introduce dentro del conducto instrumentado un vástago flexible rodeado de gutapercha que se reblandece mediante un horno específico.

El tamaño se determina previamente mediante unos verificadores de idéntico tamaño al de los vástagos con gutapercha. Gracias a ellos, seleccionamos con mayor precisión la punta de Thermafil correcta.

El transportador está fabricado de plástico radiopaco, y varios surcos cada 60° de su circunferencia, siendo uno de esos surcos de mayor tamaño a los otros. La punta tiene un diámetro y una conicidad parecida a la forma de los sistemas de instrumentación, que puede ser del 4% o 6%. Está pensado para adaptarse mejor a los sistemas de instrumentación mecánica, que dan una forma cónica al conducto.

Originariamente, la gutapercha que envolvía el vástago se calentaba mediante una llama, pero en la actualidad, el sistema calienta los vástagos mediante un hornillo, el cual produce un calentamiento de la gutapercha controlada bajo unos parámetros específicos para cada diámetro de punta.

2.3.2. Gutapercha sintética: Resilón

A principios del siglo XXI, se creó un nuevo material como alternativa a la gutapercha, junto a su sellador específico, de la misma composición. Fue en el año 2003, por el Dr. Martin Trope, que introdujo en el mercado el Resilón (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT), comercializado también como Real Seal (SybronEndo) (10). Es un polímero sintético, unido a un cemento de polimerización dual; en su composición encontramos dimetacrilato de uretano, dimetacrilato etoxilado, dimetacrilatos hidrofílicos y distintos rellenos.

El sistema se presenta de la siguiente forma:

- 1 "Primer" autograbante: contiene ácido sulfónico, hidroxietilmetacrilato, agua, y un iniciador de la polimerización.
- 2 Sellador (Resilon sealer (Sybron Endo, California, Estados Unidos)) de curado dual: basado en resinas compuestas, auto y fotopolimerizable. La matriz de la resina está compuesta por BisGMA, dimetacrilato de uretano, y metacrilato hidrofílico. El sellador contiene también partículas que actúan como relleno de la matriz, y que son de hidróxido de Calcio, sulfato de Bario, cristales de Bario, oxiclورو de Bismuto, y sílice. En total, el relleno es del orden del 70% en peso, aproximadamente.
- 3 Diluyente o "thinning resin": para hacer más fluida la mezcla del sellador, de manera que penetre mejor en los túbulos dentinarios y en los conductos accesorios.
- 4 Conos o puntas, fabricadas también con Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos): material sintético termoplástico basado en polímeros del poliéster. Este material constituye el núcleo de la obturación, y contiene oxycoloruro de bismuto y sulfato de bario. El relleno constituye aproximadamente el 65 % en peso.
- 5 Además existen también "pellets" de Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos), para ser utilizados con la pistola de termoinyección Obtura II y cartucho

de Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) para utilizarlos con la unidad de obturación de Sybron Endo.

Se buscaba como objetivo primordial crear un efecto “monoblock”, ya que el cemento se uniría a la dentina y a los conos al ser de la misma composición.

Con este material, el último irrigante debe ser siempre un quelante, elemento capaz de eliminar completamente el barrillo dentinario y exponer la entrada de los tubulillos, y a continuación utilizar un primer autograbante.

El efecto monoblock, según el fabricante, resiste la contracción de polimerización, refuerza la raíz, y, lo que es más importante, eliminaría los intersticios que se suelen producir entre los conos de obturación y el cemento.

La polimerización del Resilón (Sybron Endo, California, Estados Unidos), es dual: por un lado, una lámpara led activa la polimerización de los 2 mm. coronales del material, aplicada durante 40 segundos, y por otro, el resto del relleno. Previamente, para el grabado de las paredes dentinarias, es necesario un primer, de composición similar autograbante y autopolimerizable.

Además de biocompatible, no citotóxico ni mutagénico, presenta propiedades que le confieren la capacidad de producir una inhibición microbacteriana, debido a las propiedades del hidróxido de calcio (5).

Es soluble en cloroformo, para casos de retratamientos.

Es un material termoplástico, con lo cual, también se puede derretir mediante las técnicas habituales para ello. Se presente en forma de puntas estandarizadas de conicidad 2%, 4% y 6 %, puntas accesorias, puntas de conicidad del 4,6,8,10 y 12 %, puntas para el Back-fill y cartuchos para Obtura II, para la Unidad de obturación.

En el mercado aparece con distintos nombres, según la casa que lo comercialice; Sybron Endo lo llama Real Seal (Sybron Dental Specialities, Orango, CA, EEUU.); Epiphany es el nombre que otorga Pentron (Pentron Clinical Technologies, CT, EEUU.); la casa Hareus-Kulzer como Innoendo y Next (Heraeus Kulzer, NY, EEUU.); la casa Obtura como Resinate (Obtura Spartan, MS, EEUU.); y para finalizar , la casa Lightspeed habla de él como Simplifill (LigthSpeed Technology, TX, EEUU.).

En todas ellas, el material base de la obturación es el mismo: el Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos). La diferencia entre los diferentes productos comerciales estriba en el tipo de cemento que lleve asociado, siempre, de polimerización dual, imprescindible para la correcta obturación.

Según Sybron Endo, casa que comercializaba el Resilón, este sistema de obturación endodóntico es un material que destaca por su gran capacidad de sellar mediante la adhesión de material a las paredes dentinarias, tanto a nivel coronal como apical, que es una de las cualidades más estudiadas de este material, y por la poca tensión que sufren las raíces durante el proceso del relleno respecto a otros materiales.

La característica que más controversia genera este nuevo material, respecto a la capacidad de sellar, es su reacción de fraguado. El Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) al polimerizarse se contrae, debido a su composición a base de metacrilato y policaprolactone. Esto provoca un estrés intraconducto, ya que el material está adherido a la superficie dentinaria. La fuerza que provoca dicho estrés es mayor que la fuerza de adhesión del material a la dentina, produciéndose por tanto una falta de adhesión del material para aliviar dicho estrés, dando lugar a gaps (8).

Se ha comprobado que desde que se inicia la reacción química, la duración del proceso hasta que el material se ha endurecido es de 25 minutos, tiempo que se puede reducir mediante la fotopolimerización. (132).

Estos tiempos se cumplen rigurosamente en un ambiente anaeróbico, pero se han detectado problemas en la reacción de fraguado cuando el sellador se pone en contacto con el oxígeno, en cuya situación se forma una capa superficial que nunca llegará a fraguar completamente, y supondría una vía de filtración.

En su composición lleva hidróxido de calcio, lo cual, podría llevar a preguntarse si no se reabsorberá con el tiempo. Según la casa comercial, tiene un pH básico, que se vuelve neutro al polimerizar, pero que en presencia de fluidos se vuelve a basicar, que le otorga ciertas ventajas frente a la recontaminación bacteriana.

Tampoco hay muchos estudios que estudien si es posible conseguir una correcta desinfección en casos de retratamientos, donde el material, teóricamente, se ha introducido en los tubulillos dentinarios.

Tay (133), estudió el comportamiento de la policaprolactona, poliéster que confiere la capacidad de reblandecer el Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos), para biodegradarse por acción de las enzimas salivares y bacterianas, entre ellas las lipasas, y que es afectado por la hidrólisis alcalina; demostró una pérdida de volumen y peso en unas muestras de Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) incubadas en soluciones con enzimas hidrolíticas presentes en la saliva. Cuando comparó la biodegradabilidad del Resilón con la gutapercha, se determinó que era mucho mayor en el primer caso.

Otro aspecto de este material y su sellador relacionado con la filtración, es su alto grado de solubilidad (133,134). Esto se debe a la absorción de agua de varias partículas hidrofílicas incorporadas en su matriz de resina. Tanto la biodegradabilidad como la solubilidad suponen una desventaja de este material, porque podría conllevar una disminución o pérdida del sellado en el tratamiento endodóntico.

El Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos), ofrece propiedades diferentes que la gutapercha convencional; necesita más calor que la gutapercha para aumentar en un grado su unidad de masa, y la cantidad de calor transferido a este material a un milímetro del plagger del System B es la mitad que en el caso de la gutapercha (135). Este hándicap supondría una menor adaptación del Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) en el tercio medio y apical, con la consiguiente microfiltración, unido a la discutible polimerización del material en la parte más extrema de la raíz.

Texeira (135), no entiende que el fabricante recomiende disminuir las temperaturas del aparato que proporciona el calor (incluso, hay un valor de 180 C° programado en la unidad de obturación de Sybron Endo, en el caso de utilizar este material sintético) cuando se emplean técnicas de fluidificación de la gutapercha, concluyendo que para lograr el mismo grado de reblandecimiento, habría que elevar la temperatura del plugger por encima de los 200 C°; aplicando este aumento de temperatura, desconocemos cómo afectara esta subida a las propiedades químicas y físicas del material, e incrementaríamos el riesgo de lesión periodontal.

3. HIPOTESIS DE TRABAJO

3. HIPOTESIS DE TRABAJO

Nuestra hipótesis de trabajo se basa en tres supuestos:

- La filtración a nivel apical es mayor que a nivel coronal en conductos instrumentados y obturados en condiciones similares a las efectuadas en la clínica.
- Hay diferencias en cuanto a sellado se refiere entre técnicas de gutapercha caliente y técnicas con gutapercha en frío.
- La gutapercha sintética adherida es más susceptible a la filtración que la gutapercha natural.

4. OBJETIVOS

4. OBJETIVOS.

Para verificar nuestra hipótesis de trabajo, nos plantearemos los siguientes objetivos:

- 1- Determinar si la filtración producida a nivel coronal es de similar magnitud a la producida a nivel apical.

- 2- Comprobar si hay diferencias en cuanto a filtración se refiere entre las técnicas de gutapercha caliente y técnicas con gutapercha en frío.

- 3- Determinar si hay diferencias entre la capacidad de sellar de la gutapercha natural y la sintética.

5. MATERIAL Y METODO

5. MATERIAL Y MÉTODO

5.1. Material

- 1- 220 Dientes naturales extraídos por causas patológicas.
- 2- Limas tipo K de los números 8, 10, 12, 15,17, y 20 (Dentsply-*Maillefer*, Suiza)
- 3- Limas del sistema Protaper de SX, S1, S2, F1, F2 y F3 (Dentsply-*Maillefer*, Suiza).
- 4- Motor para endodoncia X-Smart (Dentsply-*Maillefer*, Suiza)
- 5- Espaciador NiTi digital nº 25. (Dentsply-*Maillefer*, Suiza)
- 6- Puntas papel número 25,30 y 35 (Dentsply-*Maillefer*, Suiza)
- 7- Puntas gutapercha accesorias XF y F (Dentsply-*Maillefer*, Suiza)
- 8- Puntas gutapercha número 25, 30 y 35 de conicidad 2% (Dentsply-*Maillefer*, Suiza)
- 9- Cemento AH Plus (Dentsply-*Maillefer*, Suiza)
- 10- Cianoacrilato (Loctite corp. Estados Unidos)
- 11- Regla milimetrada. (Dentsply-*Maillefer*, Suiza)
- 12- Acido Etilen Diamino Tetra Acético en crema (Denta Flux, Madrid , España)
- 13- Lejía Conejo (Henkel Ibérica, S.A., Tarragona, España)
- 14- Suero fisiológico de 500 ml. Ecolav (B. Braun Medical, S.A., Barcelona, España)
- 15- Recortadora de tejidos duros Exakt 400 C (Exakt, Frankfurt, Alemania)
- 16- Gasas 5 x5 cm. (Henry Schein, Madrid, España)
- 17- Pinceles desechables de plástico (Smarty, Beijín, China)
- 18- Discos de corte para metal EZ-Lock™ EZ456 1-1/2" (38.1mm) (Dremel Europa, Madrid España)
- 19- Cureta 16-17 (ASA Dental, Lucca, Italia)
- 20- Plastelina (Jovi, Barcelona, España)
- 21- Jeringas desechables de 3 ml. Monoject (Henry Schein, Madrid, España)
- 22- Espátula para cemento #5 hoja flexible (Henry Schein, Madrid, España)

- 23- Pinzas Collage #317 (Henry Schein, Madrid, España)
- 24- Cámara fotográfica digital Canon IXUS i5 (Canon, Tokio, Japón)
- 25- Servilletas de papel Tork (Henry Schein, Madrid, España)
- 26- Regleta de 0.1 mm (Leica, Múnich, Alemania)
- 27- Programa de análisis de imágenes Tool i5 (Intel, Washington, EEUU)
- 28- Cera de articular Moyco (Henry Schein, Madrid, España)
- 29- Formol 40% (Productos Químicos Manuel Riesgo S.A. Madrid, España)
- 30- Acido Nítrico 60% (Productos Químicos Manuel Riesgo S.A. Madrid, España)
- 31- Metil Salicilato (Productos Químicos Manuel Riesgo S.A. Madrid, España)
- 32- Tallador Hollenback #35 (Henry Schein, Madrid, España)
- 33- Alcohol 100% (Productos Químicos Manuel Riesgo S.A. Madrid, España)
- 34- Tinta china de color negro Pelikan (Carlin, Madrid, España)
- 35- Loseta de vidrio (Henry Schein, Madrid, España)
- 36- System B Analytic Technology (Sybron Endo, California, Estados Unidos)
- 37- Pluggers de Buchanan manuales tipos 1 (rojo) y 2 (azul) (Sybron Endo, California, Estados Unidos)
- 38- Pluggers para System B de conicidad .06, .08, .10 y .12 (Sybron Endo, California, Estados Unidos)
- 39- Verificadores para el Thermafil 25,30 y 35 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza)
- 40- Vástagos con gutapercha de Thermafil del 25,30 y 35 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza)
- 41- Thermaprep Plus (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza)
- 42- Thermacut (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza)
- 43- Puntas de Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) del 25, 30 y 40 (Sybron Endo, California, Estados Unidos)

- 44- Primer de Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) (Sybron Endo, California, Estados Unidos)
- 45- Cemento de Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) (Sybron Endo, California, EE. UU)
- 46- Puntas accesorias de Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) (Sybron Endo, California, Estados Unidos)
- 47- Radiografías periapicales (Kodak, Nueva York, Estados Unidos)
- 48- Líquido revelador (Kodak, Nueva York, Estados Unidos)
- 49- Líquido fijador (Kodak, Nueva York, Estados Unidos)
- 50- Equipo para hacer radiografías (Satelec, Nueva Jersey, EEUU)
- 51- Tubos de ensayo de plástico (Jiangyin Hongmeng Rubber Plastic Product Co, China)
- 52- Centrifugadora modelo PRGF (Bti, Philadelphia, EEUU)
- 53- Lámpara polimerizar LED Easylight (DVD, Barcelona, España)
- 54- Programa estadístico SPSS 20.0 (IBM, Nueva York, Estados Unidos)

5.2. Método

5.2.1. Selección de las muestras

Se utilizaron un total de 220 dientes que han permanecido en una solución de formol al 10 % desde su extracción hasta el momento de su utilización.

Se limpiaron las superficies radiculares con una cureta, eliminando cualquier resto de tejido que pudiera quedar sobre la dicha superficie y después se aclararon con agua.

Se seccionaron los dientes, separando la corona de la raíz con la recortadora de tejidos duros Exakt 400 C (Exakt, Frankfurt, Alemania) (imagen 23).

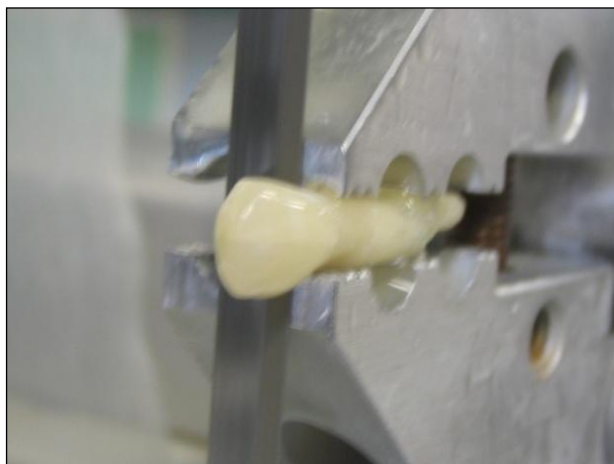


Imagen 23: Recortadora separando corona de raíz.

Una vez separadas las raíces, se aplican los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión:

- Raíces de un solo conducto.
- Ápice permeable, que permite pasar una lima del 10 por el foramen (imagen 24).



Imagen 24: muestra con ápice permeable.

Criterios de exclusión:

- Presencia de caries
- Presencia de fracturas o fisuras
- Presencia de deformaciones apicales
- Presencia de reabsorciones radiculares

5.2.2. Preparación de las muestras

El esquema que seguimos para preparar las muestras fue el siguiente:

- 1.- Preparación biomecánica
2. – Obturación
- 3.- Barnizado
- 4.- Centrifugación
- 5.- Diafanización

Detallamos a continuación estos procesos.

5.2.2.1. Preparación biomecánica

Para determinar la longitud de trabajo, se introdujo una lima del 10, hasta que fue visualizada en el foramen, se midió, y a esa longitud se le restó 1 mm.

Se instrumentaron los conductos con limas manuales K desde la n° 8 hasta llegar al n° 20, pasando todas las limas estándar y limpiándolas con una gasa estéril. Entre lima y lima, se irrigaron con hipoclorito sódico al 2.5 %, y el EDTA al 17%, alternándolos después de haber pasado cada lima. También, se confirmó la permeabilidad apical entre cada lima.

Se empleó el sistema de instrumentación rotatoria Protaper (Dentsply-Maillefer, Suiza), trabajando a una velocidad de 300 rpm y el torque recomendado por el fabricante para cada instrumento.

La secuencia que seguimos fue la siguiente:

1. Se ensanchó el 1/3 coronario y medio con Sx
2. Se verificó la longitud de trabajo manualmente con la lima del 10
3. Se instrumentó hasta la longitud de trabajo :
 - 3.1. Lima S1
 - 3.2. Lima S2
 - 3.3. Lima F1

A partir de este momento, se separaron las muestras en diferentes grupos (Tabla 5).

Grupo	Técnica de obturación	Lugar de filtración	Tipo de gutapercha	Nº muestras
1a	C. Lateral	Apical	Natural	25
1b	C. Lateral	Coronal	Natural	25
2a	C. vertical	Apical	Natural	25
2b	C. vertical	Coronal	Natural	25
3a	Con transportador	Apical	Natural	25
3b	Con transportador	Coronal	Natural	25
4a	C. Vertical	Apical	Sintética	25
4b	C. vertical	Coronal	Sintética	25
5	Controles positivos			10
6	Controles negativos			10

Tabla 5: división de los grupos de las muestras.

En los grupos 1, 2, 3, 5 y 6, se continuó con las limas rotatorias F2 y F3. A continuación

se comprobó con la lima k nº 10 la permeabilidad del foramen apical entre ambas y volvió a comprobarse al final del proceso.

La penúltima irrigación se hizo con EDTA, y la última con el hipoclorito sódico. En el grupo 4, también se emplearon F2 y F3, pero se cambió la secuencia, la penúltima irrigación la realizamos con EDTA, y la última con suero fisiológico.

Se secaron todos los conductos con las correspondientes puntas de papel hasta que la última punta salió completamente seca.

5.2.2.2. Obturación de las muestras

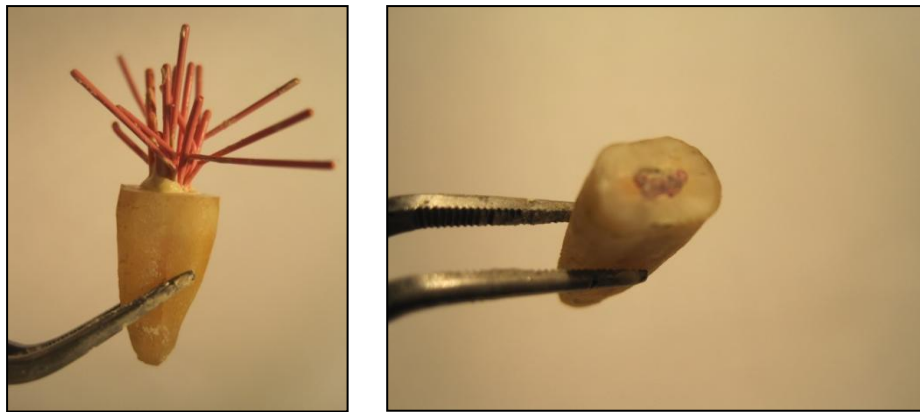
En los grupos 1 (condensación lateral), 2 (condensación vertical) y 3 (transporte con vástago) se utilizó gutapercha, mientras que en el grupo 4 se utilizó Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) con condensación vertical.

Grupo 1: Condensación lateral

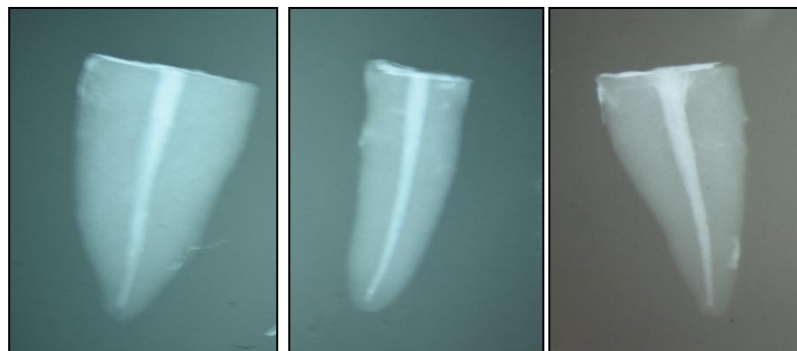
Se obturaron cada uno de los 50 conductos con una gutapercha del 25,30 o 35 como cono maestro, recubierto de cemento AH Plus (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza). Se utilizó la técnica de condensación lateral. Inicialmente el espaciador digital se llevó hasta 1mm. de la longitud de trabajo.

Se concluyó esta fase cuando no se pudo introducir ninguna punta accesoria más. Cada punta secundaria se impregnó con cemento sellador antes de ser introducida (imagen 25).

Se eliminó la gutapercha sobrante mediante un Hollenback caliente de metal (imagen 26). Una vez terminada la obturación, se realizó una radiografía de cada raíz (imágenes 27,28 y 29)



Imágenes 25 y 26: conducto obturado mediante condensación lateral antes y después de eliminar las puntas de gutapercha sobrante.



Imágenes 27,28 y 29: algunas de las radiografías de las muestras ya obturadas.

Grupo 2: Condensación vertical

Se probó para cada muestra el plugger y el atacador manual de Buchanan, para que fueran capaces de llegar a 3.5 mm de la longitud de trabajo, colocando el tope de goma a esa longitud.

Se barnizaron los tercios medio y coronal con una punta de papel recubierta de cemento AH Plus (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza). Se introdujeron los conos de gutapercha hasta la longitud de trabajo, y se cortaron las puntas a nivel de la superficie coronal de la raíz con el Hollenback caliente.

Activando el plugger, se introdujo la punta del atacador del System B (Sybron Endo, California, Estados Unidos), para que ésta penetrara a una temperatura de 200 °C hasta la longitud señalada con el tope (imagen 30). Se mantuvo a esa longitud durante 10 seg. y a continuación se activó nuevamente el calor durante un segundo y se retiró.



Imagen 30: Plugger introducido en el conducto hasta la longitud marcada

con el tope de goma.

Inmediatamente, se atacó la gutapercha con los condensadores de acero durante 15 segundos. Se sacó el atacador y se obturó el tercio medio y coronal con una gutapercha del mismo diámetro y conicidad del plugger. Se volvió a derretir, y repetimos la sistemática hasta que se quedó obturado completamente todo el conducto.

Se confirmó la condensación mediante una radiografía periapical.

Grupo 3: Condensación mediante transportador rígido

Se empleó el sistema Thermafill (Dentsply-*Maillefer*, Ballaigues, Suiza) como método de obturación con transporte rígido. Después de la preparación biomecánica, se secó el conducto y se probaron los verificadores hasta encontrar uno que llegara a la longitud de trabajo y se adaptara a las paredes radiculares de cada muestra. Se seleccionó un obturador del mismo calibre que el verificador seleccionado (imagen 31), se lleva al horno Thermaprep Plus (Dentsply-*Maillefer*, Ballaigues, Suiza) con el tope en la longitud de trabajo (imagen 32).



Imagen 31: caja con los obturadores de Thermafil (Dentsply-*Maillefer*, Ballaigues, Suiza)

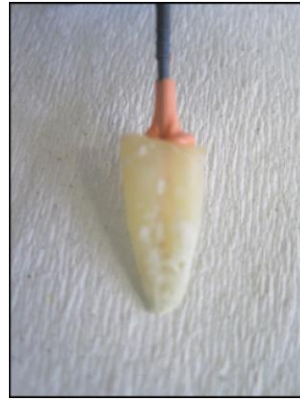


Imagen 32: Horno Thermanprep Plus (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) donde se calentaron los obturadores.

Se marcó en el horno el calibre del obturador que íbamos a emplear en cada muestra. Durante el tiempo de calentamiento, se colocó el sellador AH Plus en el interior del conducto con una punta de papel, asegurando que esta sale integra.

Cuando la gutapercha esta reblandecida, el horno emite una señal acústica y en ese momento se retiró el portador del horno y se introdujo lentamente en el conducto, para evitar burbujas, hasta la longitud de trabajo (imágenes 33 y 34).

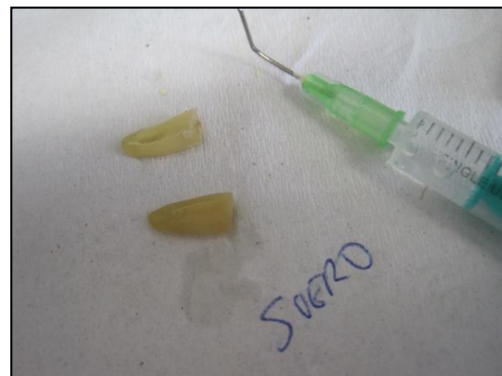
Se presionó en esa posición el portador durante 10 segundos para minimizar la contracción. Después de 90 segundos, se cortó el vástago externo con la fresa Thermancut (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza), y se realizó la pertinente radiografía.



Imágenes 33 y 34: muestras donde se introdujo Thermafil (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza), y se está enfriando la gutapercha del vástago.

Grupo 4: Gutapercha sintética

El material seleccionado para obturación con resina sintética adhesiva, fue el Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) (Sybron Endo, California, EE. UU). Antes de obturar, se habían irrigado por última vez con EDTA (imagen 35), y suero fisiológico (imagen 36) las muestras.



Imágenes 35 y 36: penúltima irrigación con EDTA y última con suero fisiológico en las muestras que se obturarán con Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos).

Después de secar el conducto, se confirmó que la punta de Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) llegase hasta la longitud de trabajo (imagen 37), y posteriormente se llevó el primer de Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) (Sybron Endo, California, Estados Unidos) al interior del mismo, bien empleando los aplicadores que vienen en el sistema para tal efecto o bien empapando una punta de papel absorbente (imagen 38) y llevándola hasta la longitud de trabajo.

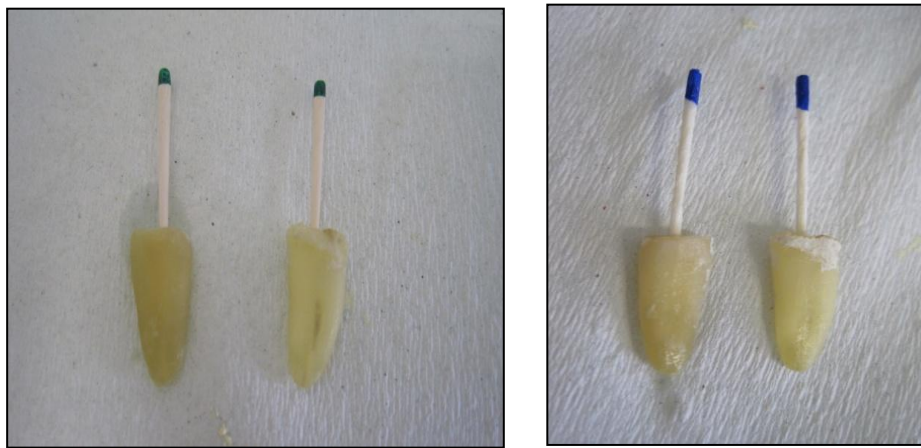
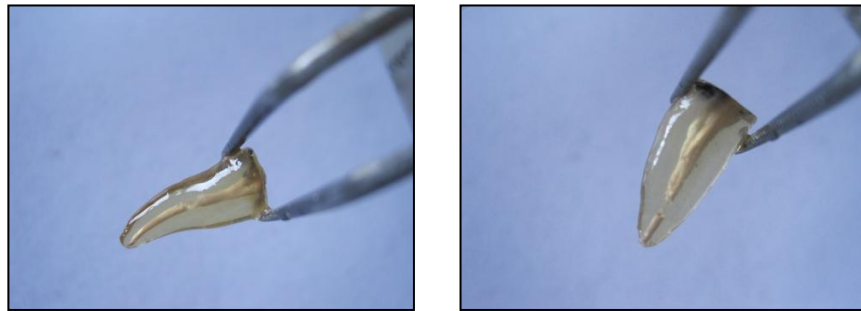


Imagen 37y 38: Conos de Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos)

y puntas de papel.

Se preparó el sellador en un bloc de mezcla, utilizando la jeringa dosificadora automezclante, y se llevó al interior del conducto radicular untando el cono maestro. Se introdujo el cono principal y a continuación las puntas accesorias calibre XF.

Se derritieron los tercios medios y coronal mediante al calor del plugger del System B (Sybron Endo, California, Estados Unidos). Posteriormente se volvió a obturar y condensar el espacio dejado por el plugger con puntas accesorias y cemento de Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) (imagen 39 y 40).



Imágenes 39 y 40: muestra obturada con Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) mediante condensación vertical. Se puede observar una interfase sin obturar tras la rellenar el tercio medio y coronal.

La fotopolimerización coronal se consiguió después de eliminar los excesos de la cámara pulpar, con una lámpara de polimerizar LED Easylight (DVD, Barcelona, España) actuando 40 segundos sobre cada muestra. Al tratarse de un material de fraguado dual, además polimerizará por sí solo en unos 25 minutos.

En este punto, ya hay 200 muestras obturadas, repartidas en 4 grupos, y restarán 20 que se dejarán sin rellenar, las cuales emplearemos para los controles positivos y negativos.

5.2.2.3. Barnizado de las muestras

Cada grupo de 50 muestras obturadas con un sistema distinto, se reparten en dos subgrupos de 25 especímenes: en uno se barniza pincelando toda la superficie con cera de articular derretida excepto el orificio coronal y 1 mm. de diámetro alrededor, y en el otro grupo se hace lo mismo, pero en este caso se deja sin pincelar el foramen apical de las raíces y su mm. periférico. Para ello, derretimos cera de articular en una cazuelilla (imagen 41), bajo una vela, hasta que su consistencia sea tan líquida que nos permita el pincelado de las raíces (imagen 42).

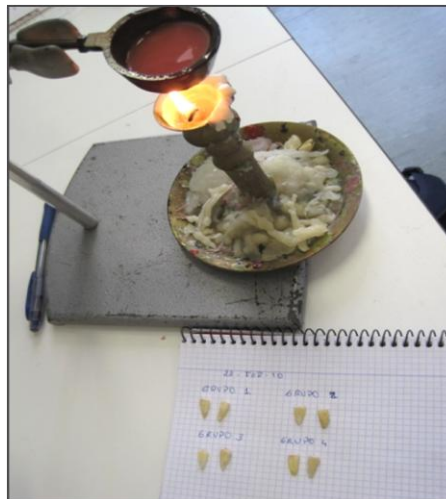


Imagen 41: Cazuelilla donde se derritió la cera.

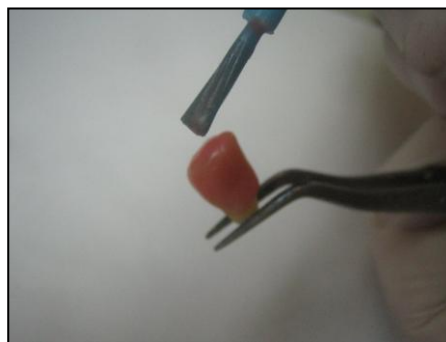


Imagen 42: Barnizado de las muestras con cera derretida.

Restan 20 raíces instrumentadas sin obturar, de las cuales 10 se cubrieron completamente de cera como controles negativos (imagen 43). Otras 10 no se obturan y se recubre su superficie, salvo los orificios de los extremos, servirán de control positivo.



Imagen 43: Controles negativos.

Cada grupo de muestras obturadas tendrá una mitad con el foramen apical expuesto, y la otra mitad con el orificio coronal (imagen 44)



Imagen 44: Muestras barnizadas con los orificios apical y coronal sin sellar.

5.2.3 Exposición al colorante y centrifugación de las muestras

Cada muestra se introdujo en un tubo de ensayo, que sirvió de recipiente para el colorante, la tinta china, y se colocó de tal manera que el orificio sin barnizar siempre mirara hacia el tapón del tubo (imagen 45 y 46), y en la parte más alejada del tapón (imagen 47).



Imagen 45: Parte apical sin barnizar mirando hacia el tapón del tubo de ensayo.



Imagen 46: Parte coronal sin barnizar mirando hacia el tapón del tubo de ensayo.



Imagen 47: Muestra situada al final del tubo de ensayo.

Se introdujo el colorante en cada tubo de ensayo mediante una jeringa calibrada, rellenando con tinta 3 centilitros cada uno de ellos (imagen 48). Se numeraron los tubos con dígitos del 1 al 6, con el correspondiente grupo de muestras que albergaban.



Imagen 48: Tubos de ensayo con las muestras y el colorante en su interior.

Cada tubo, se situó en un soporte específico dentro de la centrifugadora modelo PRGF (Bti, Philadelphia, EEUU) la cual se activó durante 5 min. a 3000 rpm (imágenes 49 y 50).



Imágenes 49 y 50: Centrifugadora con los tubos de ensayo en su receptáculo.

Transcurrido este tiempo, se sacaron los especímenes, se pasó una gasita por la superficie recubierta de cera, y se dejó secar durante 5 minutos (imagen 51). Se eliminó la cera de la superficie radicular con una cureta (imagen 52).



Imagen 51: Muestras secándose después de aplicar el colorante.



Imagen 52: Muestras sin el barniz de cera.

5.2.4. Diafanización de las muestras

Se empleó la técnica del Dr. Robertson (110), mediante la cual se descalcificaron las muestras y se deshidrataron utilizando la siguiente secuencia:

1. ACIDO NITRICO AL 5 %: produce la descalcificación. Se sumergieron los especímenes durante 3 días, a temperatura ambiente, renovando el ácido cada 24 horas, y agitándolo 3 veces al día.

2. AGUA: se dejan sumergidos en agua los dientes durante 4 horas.

3. ALCOHOL ETILICO: se realizaron siguiendo la siguiente pauta:
 - 3.1. Alcohol etílico al 80% durante 8 horas
 - 3.2. Alcohol etílico al 90 % durante 1 hora
 - 3.3. Alcohol etílico al 100 % durante 1 hora, 3 veces.

4. METIL SALICILATO: se introdujeron los dientes en este tipo de aceite hasta que las muestras estuvieran transparentes, lo que sucedía a las 2 horas aproximadamente.

Tras este proceso, las muestras se mantuvieron sumergidas en recipientes con metil salicilato hasta su medición (imagen 53).

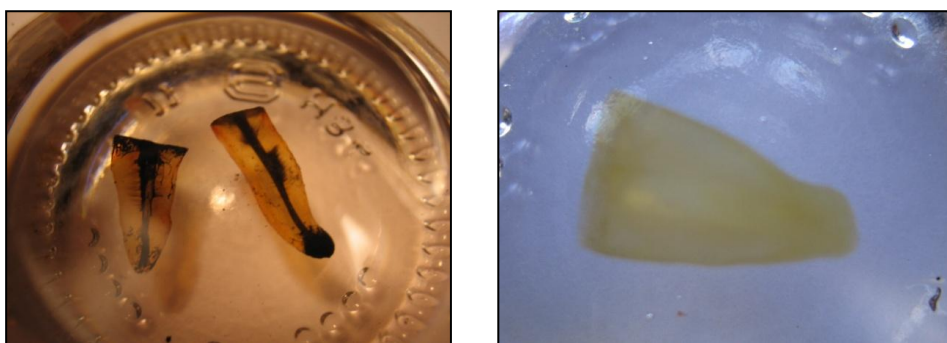


Imagen 53: Muestra disfanizada.

5.2.5. Verificación de los controles positivos y negativos

Se verificaron las imágenes del grupo control positivo, en el que se instrumentaron las raíces, pero no se obturaron. Se comprobó la capacidad de penetración del tinte (imagen 54).

En la imagen siguiente (imagen 55), uno de los casos del grupo de control negativo, donde se pudo observar la eficacia del aislante, pues el tinte no logró penetrar.

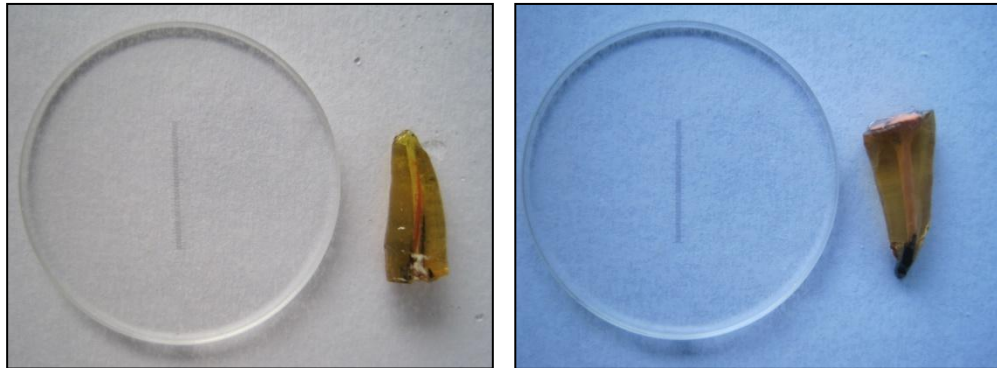


Imágenes 54 y 55: Control positivo y control negativo.

5.2.6. Medición de las muestras

Cada grupo de 25 raíces se fotografió al lado de la regleta de 0,1 mm de precisión de Leica Reglet (Leica, Múnich, Alemania), que sirvió de referencia para cuantificar los resultados (imágenes 56 y 57).

Las fotos se llevan a al analizador de imágenes Tool i5, versión 3.0 (Intel, Washington, EEUU).



55- Imágenes 56 y 57: Muestras fotografiadas junto a la regleta de 0.1 mm (Leica, Múnich, Alemania)

5.2.7. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron en el servicio Centro de Apoyo a la Investigación (CAI) de Estadística de la Universidad Complutense de Madrid, los cuales emplearon el programa estadístico SPSS 20.0 (IBM, Nueva York, Estados Unidos).

Los datos fueron recolectados, organizados y presentados mediante la estadística descriptiva, que nos mostró los valores medios con sus desviaciones típicas, máximos y mínimos.

Respecto a la estadística analítica se determinó la normalidad de la distribución de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk, y como resultó no normal, empleamos los test de

Kruskal-Wallis y de la U de Mann-Whitney.

6. *RESULTADOS*

6. RESULTADOS

Expondremos los datos obtenidos, la estadística descriptiva y la estadística analítica.

6.1. Exposición de datos

Grupo 1a: Filtración apical con condensación lateral:

Nº Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Filtración (mm.)	0.8	2.6	0.2	0.3	2.5	0.3	0.0	0.1	0.2	0.0

Nº Muestra	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Filtración (mm.)	2.1	0.7	0.4	5.6	2.3	2.0	9.5	0.0	0.5	0.0

Nº Muestra	21	22	23	24	25
Filtración (mm.)	3.6	2.0	1.6	0.1	1.8

Grupo 1b: Filtración coronal con condensación lateral:

Nº Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Filtración (mm.)	6.7	0.6	5.6	5.9	9.9	9.5	15.8	8.8	1.9	1.24

Nº Muestra	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Filtración (mm.)	7.0	12.9	13.8	9.5	7.6	3.5	9.1	7.3	8.0	9.5

Nº Muestra	21	22	23	24	25
Filtración (mm.)	10.0	14.1	11.6	5.7	6.6

Grupo 2a: Filtración apical con condensación vertical:

Nº Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Filtración (mm.)	0.1	0.1	0.0	4.1	0.3	1.3	0.0	0.0	0.0	1.6

Nº Muestra	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Filtración (mm.)	0.8	0.2	0.1	0.0	1.0	0.5	0.1	9.3	0.0	5.0

Nº Muestra	21	22	23	24	25
Filtración (mm.)	5.5	2.2	2.5	1.1	2.1

Grupo 2b: Filtración coronal con condensación vertical:

Nº Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Filtración (mm.)	5.0	2.8	0.8	2.5	0.0	6.6	0.0	3.3	1.6	5.1

Nº Muestra	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Filtración (mm.)	8.8	2.6	0.0	2.5	2.0	13.8	0.0	1.5	10.2	7.8

Nº Muestra	21	22	23	24	25
Filtración (mm.)	9.1	7.5	8.8	10.5	0.0

Grupo 3a: Filtración apical con vástago:

Nº Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Filtración (mm.)	0.0	3.5	0.1	5.2	1.2	0.2	1.3	4.3	2.0	3.5

Nº Muestra	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Filtración (mm.)	0.5	0.0	0.0	0.3	1.4	0.5	2.6	0.6	0.6	1.1

Nº Muestra	21	22	23	24	25
Filtración (mm.)	4.7	4.9	11.4	10.5	12.2

Grupo 3b: Filtración coronal con vástago:

Nº Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Filtración (mm.)	0.0	5.1	3.1	7.5	9.1	4.1	8.3	8.5*	0.5	7.1

Nº Muestra	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Filtración (mm.)	0.0	0.1	1.6	0.5	0.0	0.0	0.0	5.7	0.7	1.0

Nº Muestra	21	22	23	24	25
Filtración (mm.)	6.3	5.9	12.5	7.1	0.0

Grupo 4a: Filtración apical con gutapercha sintética:

Nº Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Filtración (mm.)	8.3	1.6	0.1	3.3	3.5	0.1	1.1	1.6	1.4	3.8

Nº Muestra	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Filtración (mm.)	13.3	0.1	0.3	0.4	2.8	0.2	0.9	0.3	7.5	1.2

Nº Muestra	21	22	23	24	25
Filtración (mm.)	0.8	0.2	1.0	0.2	2.3

Grupo 4b: Filtración coronal con gutaperchas sintética:

Nº Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Filtración (mm.)	8.7	5.7	5.9	2.9	5.1	2.1	4.7	2.4	2.6	13.5

Nº Muestra	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Filtración (mm.)	0.7	0.2	2.5	0.2	3.5	3.1	0.1	1.7	2.9	0.3

Nº Muestra	21	22	23	24	25
Filtración (mm.)	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0

Grupo 9: controles positivos:

N° Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Filtración (mm.)	13.8	13.6	14.0	11.6	14.1	15.0	12.0	11.0	12.5	10.1

Grupo 10: controles negativos:

N° Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Filtración (mm.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

6.2. Estadística descriptiva

Grupo 1a: Filtración apical con condensación lateral:

Estadísticos

N	Válido	25
	Perdidos	0
Media		,1568
Desviación estándar		,21548
Mínimo		,00
Máximo		,95
Percentiles	25	,0150
	50	,0700
	75	,2200

Grupo 1b: Filtración coronal con condensación lateral:

Estadísticos

N	Válido	25
	Perdidos	0
Media		,8532
Desviación estándar		,37089
Mínimo		,06
Máximo		1,58
Percentiles	25	,6250
	50	,8800
	75	1,0800

Grupo 2a: Filtración apical con condensación vertical:

Estadísticos

N	Válido	25
	Perdidos	0
Media		,1516
Desviación estándar		,22741
Mínimo		,00
Máximo		,93
Percentiles	25	,0050
	50	,0500
	75	,2150

Grupo 2b: Filtración coronal con condensación vertical:

Estadísticos

N	Válido	25
	Perdidos	0
Media		,4512
Desviación estándar		,40444
Mínimo		,00
Máximo		1,38
Percentiles	25	,1150
	50	,2800
	75	,8300

Grupo 3a: Filtración apical con vástago

Estadísticos

N	Válido	25
	Perdidos	0
Media		,2904
Desviación estándar		,36100
Mínimo		,00
Máximo		1,22
Percentiles	25	,0400
	50	,1300
	75	,4500

Grupo 3b: Filtración coronal con vástago

Estadísticos

N	Válido	25
	Perdidos	0
Media		,3788
Desviación estándar		,37778
Mínimo		,00
Máximo		1,25
Percentiles	25	,0050
	50	,3100
	75	,7100

Grupo 4a: Filtración apical con gutapercha sintética

Estadísticos

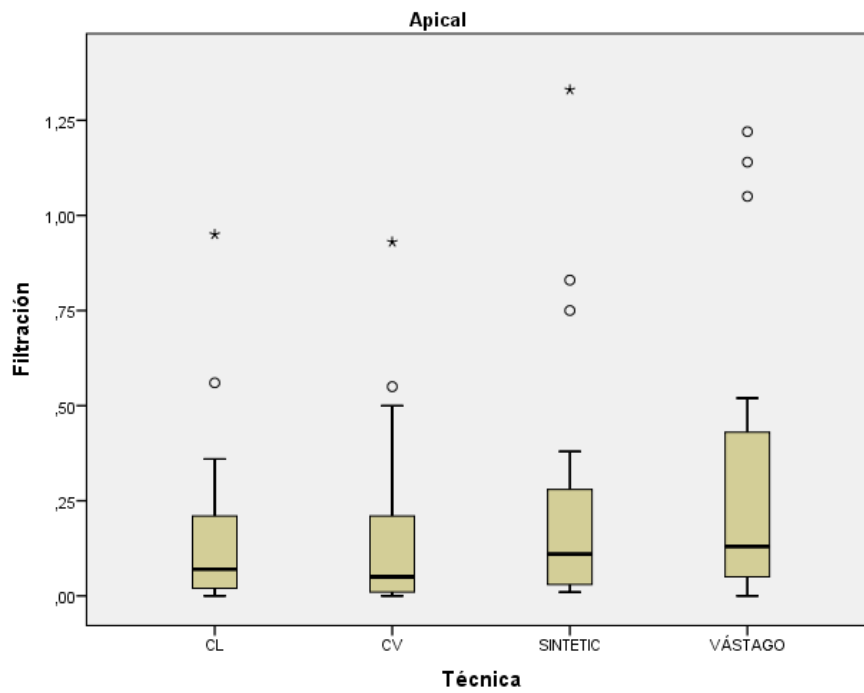
N	Válido	25
	Perdidos	0
Media		,2252
Desviación estándar		,31532
Mínimo		,01
Máximo		1,33
Percentiles	25	,0250
	50	,1100
	75	,3050

Grupo 4b: Filtración coronal con gutaperchas sintética

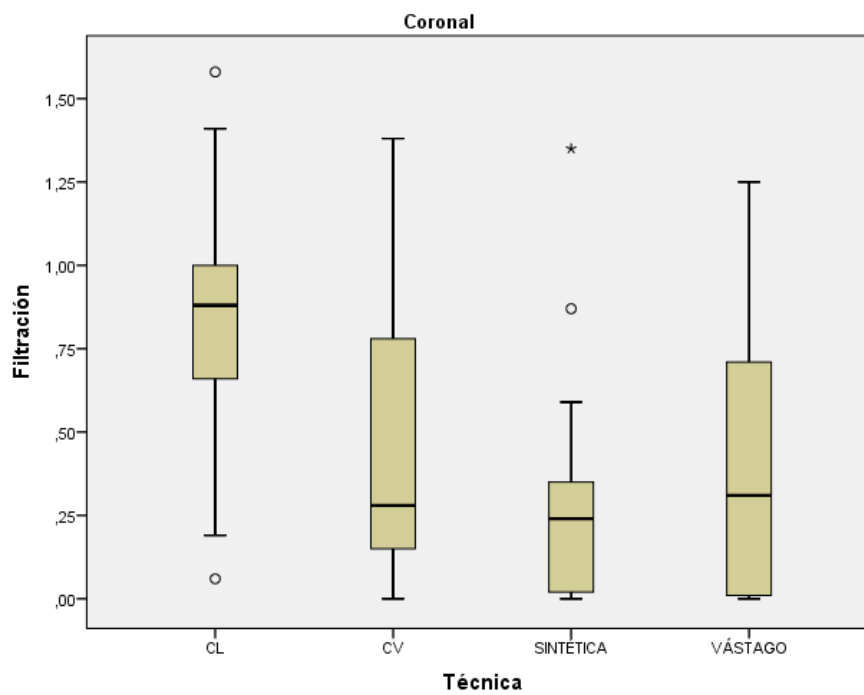
Estadísticos

N	Válido	25
	Perdidos	0
Media		,2776
Desviación estándar		,32046
Mínimo		,00
Máximo		1,35
Percentiles	25	,0200
	50	,2400
	75	,4100

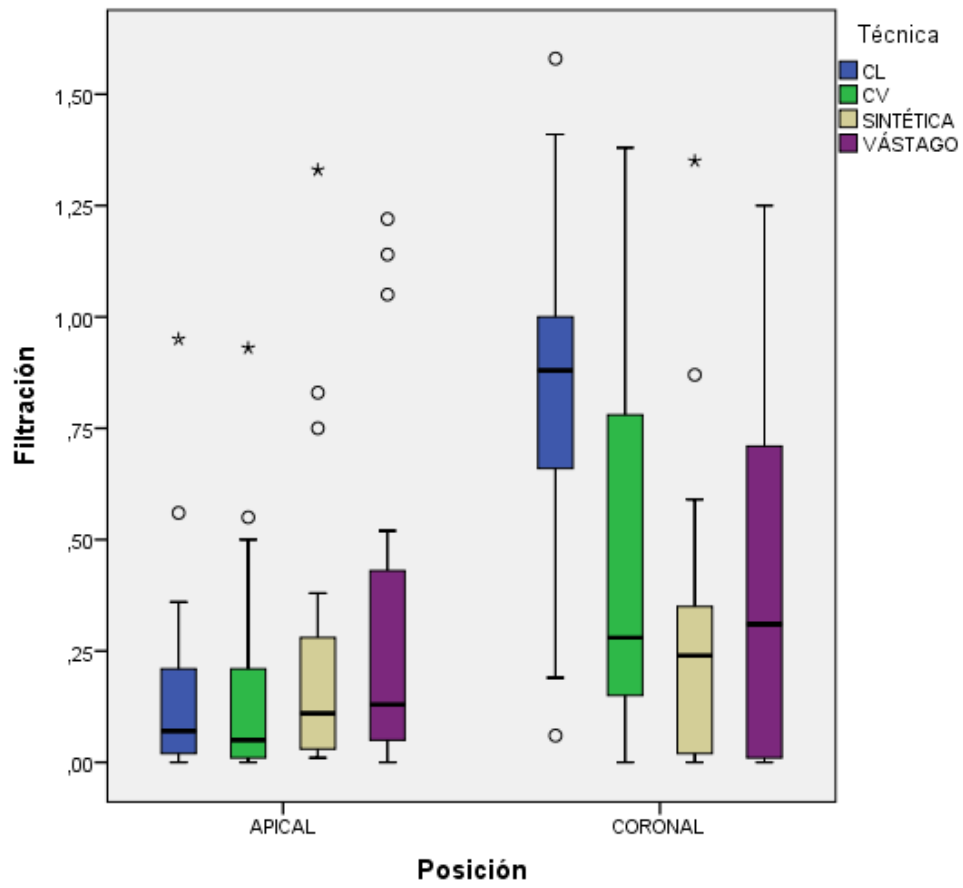
Representación de los datos en apical por cotizaciones



Representación de los datos en coronal por cotizaciones



Representación de todos datos por cotizaciones



6.3. Estadística analítica

Empleamos el Test de Shapiro–Wilk para contratar la normalidad en la distribución de los datos. Resultó ser una distribución no normal en casi todos los valores ($P < 0,05$ exceptuando la condensación lateral por coronal)

Filtración apical:

	Grupo	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Filtración	CL	,712	25	<,0001
	CV	,710	25	<,0001
	SINETICA	,689	25	<,0001
	VÁSTAGO	,763	25	<,0001

Filtración coronal:

	Grupo	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Filtración	CL	,983	25	,934
	CV	,904	25	,022
	SINETICA	,805	25	<,0001
	VÁSTAGO	,867	25	,004

Por lo tanto empleamos los test no paramétricos como prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de U de Mann-Whitney para analizar las diferencias entre los grupos.

6.3.1. Respecto a la vía de entrada del conducto:

6.3.1.1. APICAL

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos^a

	Técnica	N	Rango promedio
Filtración	CL	25	47,26
	CV	25	42,50
	SINETICA	25	54,48
	VÁSTAGO	25	57,76
	Total	100	

Hipótesis nula	Prueba	Sig.
La filtración apical es igual en todas las técnicas	Prueba de Kruskal-Wallis para las muestras independientes	,234

Se conservó la hipótesis nula ($P > 0,05$) lo que nos indica que no hay diferencias significativas entre las diferente técnicas de obturación cuando se mide a nivel apical.

6.3.1.2. CORONAL

Realizamos la prueba de Kruskal-Wallis:

Rangos^a

	Grupo	N	Rango promedio
Filtración	CL	25	74,80
	CV	25	48,14
	SINETICA	25	36,60
	VÁSTAGO	25	42,46
	Total	100	

Hipótesis nula	Prueba	Sig.
La filtración coronal es igual en todas las técnicas	Prueba de Kruskal-Wallis para las muestras independientes	<,0001

Se rechazó la hipótesis nula ($P < 0,05$): la filtración coronal es diferente según la técnica.

Por ello, se realizaron las comparaciones múltiples ‘a posteriori’ no paramétrico con el ajuste de Bonferroni:

Técnica 1	Técnica 2	Sig.	Sig. ajustada
CL	CV	,001	,007
CL	VASTAGO	<,0001	<,0001
CL	SINETICA	<,0001	<,0001
CV	VASTAGO	,488	1,000
CV	SINETICA	,159	,953
VASTAGO	SINETICA	,474	1,000

Para cada fila la hipótesis nula es que no hay diferencias entre las técnicas.

Existen diferencias significativas ($P < 0,05$) entre la técnica de la condensación lateral y el resto de las técnicas cuando la filtración se realizó por la vía coronal.

6.3.2. Respecto a la técnica de obturación empleada:

Emplearemos para ellos la prueba U de Mann-Whitney

6.3.2.1. CL

Rangos^a

Conducto		N	Rango promedio	Suma de rangos
Filtración	CORONAL	25	36,48	912,00
	APICAL	25	14,52	363,00
	Total	50		

	U de Mann-Whitney	Sig. asintót. (bilateral)
Filtración	38,000	<,0001

Existen diferencias significativas ($P < 0,05$) entre la filtración apical y coronal cuando se ha obturado el conducto con condensación lateral.

6.3.2.2. CV

Rangos^a

Conducto		N	Rango promedio	Suma de rangos
Filtración	CORONAL	25	30,98	774,50
	APICAL	25	20,02	500,50
	Total	50		

	U de Mann-Whitney	Sig. asintót. (bilateral)
Filtración	175,500	,008

Existen diferencias significativas ($P < 0,05$) entre la filtración apical y coronal cuando se ha obturado el conducto con condensación vertical con gutapercha.

6.3.2.3. SINTETICA

Rangos^a

Conducto		N	Rango promedio	Suma de rangos
Filtración	CORONAL	25	26,52	663,00
	APICAL	25	24,48	612,00
	Total	50		

	U de Mann-Whitney	Sig. asintót. (bilateral)
Filtración	287,000	,620

No existen diferencias significativas ($P>0,05$) entre la filtración apical y coronal cuando se ha obturado el conducto con condensación vertical con Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos).

6.3.2.4. VÁSTAGO

Rangos^a

Conducto		N	Rango promedio	Suma de rangos
Filtración	CORONAL	25	26,54	663,50
	APICAL	25	24,46	611,50
	Total	50		

	U de Mann-Whitney	Sig. asintót. (bilateral)
Filtración	286,500	,613

No existen diferencias significativas ($P>0,05$) entre la filtración apical y coronal cuando se ha obturado el conducto con transportador de gutapercha termoplastificada con vástago.

6.3.3. Comparación de la gutapercha normal y la sintética

Se realizó la prueba U de Mann-Whitney en apical y coronal para determinar las diferencias entre la gutapercha sintética (Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos)) y la natural cuando ambas se realizaban mediante la condensación vertical.

6.3.3.1. Apical

Hipótesis nula	Prueba	Sig.
La filtración apical es igual en las dos técnicas	U de Mann-Whitney para las muestras independientes	,117

No se observan diferencias significativas ($P > 0,05$) entre las dos gutaperchas a nivel apical.

6.3.3.2. Coronal

Hipótesis nula	Prueba	Sig.
La filtración coronal es igual en las dos técnicas	U de Mann-Whitney para las muestras independientes	,189

No se observan diferencias significativas ($P > 0,05$) entre las dos gutaperchas a nivel coronal.

7. DISCUSSION

7. DISCUSION

Haremos la discusión en dos partes. En primer lugar analizaremos la metodología y a continuación discutiremos los resultados.

7.1. ANALISIS DE LA METODOLOGIA:

La discusión de la metodología empleada se centrará en cuatro aspectos: el uso de los colorantes, de la centrifugadora, del recubrimiento de las muestras y de la diafanización.

7.1.1. Filtración mediante colorantes

La variabilidad de colorantes es un factor determinante a la hora de comparar resultados. Existen muchos colorantes con diferente capacidad de penetración. La tinta china ofrece ventajas sobre otros colorantes porque es una molécula muy estable, con un ph neutro y un tamaño de partícula aceptable para ser comparado con la microfiltración bacteriana, y es muy utilizado en muchos estudios de filtración (99,115). Además es necesaria su utilización cuando se emplea la diafanización como sistema para cuantificar los resultados (119,136).

Scott (137) empleó el azul en muestras diafanizadas, y concluyó que resultaba complicado determinar el punto final de penetración del tinte, recomendando para futuros estudios el uso de tinta china como agente marcador.

Wu (105), encontró que se obtenían diferentes resultados en experimentos realizados con los mismos materiales y métodos. Dentro de un mismo colorante, como es el caso del azul de metileno, cada autor puede emplear una concentración diferente de pigmento, y solo esta modificación puede dar lugar a posibles variaciones en los resultados (46).

Pathomvanich (138) publicó un estudio sobre la diafanización en trabajos sobre filtración de dientes con tratamiento de conductos. Empleó la tinta china como detector de filtración ya que para diafanizar necesitaban ácido nítrico al 10 %, mencionando que el uso de azul de metileno cuando se emplea dicho ácido podría producir imprecisión en los resultados de la filtración.

Tamse (115) realizó un estudio en el que comparaba la capacidad de penetración de distintos colorantes, y también el efecto que producía la diafanización en el azul de metileno y tinta china. Podemos ver sus datos en la tabla 6:

	<u>Sección Transversal</u>	<u>Diafanización</u>
Eosina	2.13	
A. Brillante	1.88	
T. China	2.29	1.33
A. Metileno	2.93	1.25

Tabla 6: Resultados del estudio de Tamse (115)

Los datos obtenidos muestran que el azul de metileno es el colorante con mayor capacidad de filtración, pero cuando se comparó los resultados de muestras diafanizadas con las seccionadas, halló que las cifras de filtración eran significativamente menores en las muestras diafanizadas, siendo mayores las diferencias entre los grupos donde se empleó el azul de metileno. Estas conclusiones son muy similares a las obtenidas por Tabares (119), salvo en el caso de la tinta china, donde no se encontraron diferencias significativas.

Schafer (139) realizó un trabajo sobre selladores endodónticos, en el que argumentó que la disolución de algunos tintes durante el proceso de clarificación puede hacer difícil examinar el punto máximo de penetración de los colorantes.

Veríssimo (95) revisó metodologías empleadas en el estudio sobre filtración, y afirmó que "la inmersión de las muestras durante largos periodos de tiempo en ácidos o alcohol pueden causar la disolución del tinte".

En un trabajo publicado por el autor de la presente tesis y su director (119), se estudió cómo afectaban los líquidos necesarios para diafanizar a los diferentes colorantes, y para ello comparó la filtración con datos obtenidos en muestras seccionadas por un lado y transparentadas por otro.

Se apreciaron diferencias significativas entre el azul de metileno, la eosina, rhodamina y hematoxilina, pero no con la tinta china; es decir, los líquidos empleados para diafanizar dientes, eliminan parcialmente las partículas de todos colorantes, pero solo en el caso de la tinta

china negra la disolución del colorante no es significativa.

En dicha publicación se pueden observar dos fotos en las que se aprecia la disolución del azul de metileno durante la diafanización de las muestras (imágenes 58 y 59)



Imagen 58: muestras secándose, sacadas de los recipientes con colorantes.



Imagen 59: frascos donde se encuentran muestras en ácido nítrico 5% (necesario para la diafanización).

Mente (99) comparó la capacidad de penetración de varios tintes en raíces dentales, que serán endodonciadas, filtradas, y posteriormente seccionadas. Sus resultados son bastante similares con los mencionados anteriormente, salvo que, en sus trabajos, la eosina da los mayores valores en cuanto a longitud de la muestra coloreada. Le siguen el azul de metileno, y la tinta china.

Así pues, tanto Tamse (115), como Mente (99), como Tabares (119), coinciden en que, tratándose de la sección de raíces, el azul de metileno ofrece la mayor capacidad de penetración (exceptuando la eosina en el caso de Mente), seguido con de la tinta china negra,

considerándose los dos colorantes perfectamente válidos si se quiere calibrar el grado de microfiltración en trabajos donde se empleen muestras seccionadas.

Como se adelantó en la introducción, las partículas de los colorantes, tienen tamaños moleculares diferentes, y es conveniente conocer el tamaño de esas partículas y compararlo con el tamaño molecular de los microorganismos.

Para analizar esta cuestión, será importante fijarnos en el peso molecular de cada colorante, que juega un papel determinante su capacidad de filtración. En el estudio de Oliver (113), se explica que el azul de metileno es el colorante con mayor capacidad de penetración, debido, entre otros factores, al pequeño tamaño de sus partículas, lo que conllevaría cuestionarse los datos obtenidos en las muestras filtradas, es decir, que accedería por lugares donde no llegarían gran parte de microorganismos.

El tamaño molecular de la tinta china es de 10 micras, mientras que el del azul de metileno corresponde a 0.37; está claro que este segundo es significativamente menor. Esta característica le confiere la capacidad de introducirse por espacios donde otros colorantes, incluida la tinte china, no podría acceder, como por ejemplo los túbulos dentinarios.

Estos, que tiene un tamaño que varía entre 1 y 4 micras, serían el camino por donde podrían acceder la gran mayoría de bacterias, cuyo tamaño, en su mayoría, no supera el micrómetro de diámetro.

La bacteria más frecuentemente hallada en los conductos radiculares contaminados, es el *fusobacterium nucleatum*, que se ha encontrado en un 48 % de los dientes infectados (17); su tamaño ronda de las 0.5 a los 0.8 micras. Esto significa que solo el azul de metileno podría introducirse en los túbulos dentinarios y en lugares donde pudiera encontrarse este tipo de bacteria.

Los *estreptococcus*, que son el segundo grupo más hallado en una infección endodóntica (Ingle, 2.004), y el principal en tratamientos por segunda ocasión (*E. Faecalis*), tienen un tamaño de 0.6 a 1 micra; en este caso sucede lo mismo, solo el azul de metileno sería capaz de llegar a espacios donde pudieran encontrarse estos gérmenes.

Sería interesante encontrar una tinta cuyo tamaño molecular fuese lo más parecido al de las bacterias más frecuentemente detectadas en la recontaminación de conductos, y, si no es posible obtenerla, discernir si es mejor un colorante que no llegue hasta donde si puedan hacerlo los microorganismos porque podría concluir que, si ha llegado el colorante, las bacterias también habrían llegado, como es la tinta china, o trabajar con un colorante que sea capaz de penetrar mas allá de donde entrarían los gérmenes, así se podría concluir que, si no ha llegado el colorante, sería es menos probable que lo hicieran los gérmenes, como es el caso del azul de metileno.

Algunos autores señalan que un colorante con excesiva capacidad de penetrar puede dar lugar a malinterpretaciones a la hora de evaluar los resultados (137,140).

Kersten (141) sugiere que hay ciertos colorantes que, por su tamaño, podrían compararse con determinados tipos de bacterias. Dichos autores experimentaron con partículas de látex teñidas, cuyo tamaño se establece en 0.945 micras, muy similar al de un amplio espectro de bacterias encontradas en conductos infectados. Habría que comprobar si son compatibles con la metodología habitualmente empleada en los estudios de filtración.

Por otro lado, Malooley (142) concluyó que si el tamaño molecular del agente patógeno no es suficientemente grande, es poco probable que dé lugar a desórdenes periapicales. En un experimento con monos, creó intencionadamente lesiones perirradiculares, exponiendo sus dientes al medio oral, y trató los conductos. Observó que curaban peor aquellas lesiones donde se detectaron bacterias y microorganismos de alto peso molecular cerca del ápice.

El autor se apoya en el estudio de Kersten (143), donde muestra que, en un conducto tratado endodónticamente, siempre se encuentra una alta incidencia de pequeñas partículas filtradas repartidas uniformemente por todo el conducto. En un estudio posterior, el mismo autor (Kersten 89) emplea como marcador una toxina bacteriana de menor diámetro molecular (ácido butírico), cuyo tamaño es de 0.2 micras (similar al de azul de metileno), y concluye que, con la gutapercha condensada lateralmente, todas las muestras presentaban filtración, y que dicho colorante tenía la misma capacidad de filtrar que la endotoxina.

Barthel (144) dictamina en su estudio, que no existen diferencias significativas entre los estudios realizados con bacterias y con colorantes, cuando se compararon sus tamaños moleculares.

Mente (99) revisó los diferentes colorantes que se suelen emplear en los estudios de microfiltración y acepta también la idea de que, prácticamente todas las muestras examinadas en los diferentes estudios, son susceptibles de ser contaminadas cuando las partículas empleadas son pequeño diámetro.

Aparte del peso molecular, es requisito importante a la hora de comparar estudios, conocer otros datos como el ph del colorante empleado, la inmersión inmediata o tardía de las muestras en los colorantes, el tiempo de permanencia de las muestras en el tinte, etc.

Técnicamente, el azul de metileno es un tinte, con afinidad por ciertos sustratos, mediante fuerzas electrostáticas y fuerzas de van der Waals. Es por tanto un pigmento activo. La tinta china es un pigmento pasivo; cuando el disolvente se evapora, las partículas de carbón permanecen unidas por la resina del material. Las partículas de carbón, son depositadas pasivamente en cualquier espacio cuyo tamaño le permita difundir, pero esta difusión se ve reducida por el material resinoso, que incrementa su viscosidad a medida que el solvente se va evaporando.

Si se desea estudiar la resistencia de dos materiales diferentes de obturación a ser filtrados con azul de metileno, siendo este el colorante con mayor potencial de filtración, y empleando los mismos materiales y métodos, pero medidos mediante sección longitudinal o diafanización, los resultados pueden llevarnos a conclusiones diferentes. Por eso Tamse (115)

propone la combinación de azul de metileno y sección longitudinal como la más apropiada para la realización de los estudios de filtración.

Algunos autores como M. Magura (72), Kersten (141) o M. K. Wu (105) advierten que la filtración del tinte y el tiempo de exposición de las muestras es directamente proporcional. El tiempo empleado entre diferentes autores, oscila entre 24 horas y 3 meses, en casos de filtración pasiva. Se aconseja buscar un protocolo estandarizado para poder analizar y comparar los estudios de filtración.

A pesar de su mayor peso molecular, la tinta china es un colorante apto para medir filtración, siempre que se realice con un sistema de medición adecuado; es fundamental para poder comparar conclusiones entre los diferentes estudios, que los datos obtenidos se hayan tomado con los mismos sistemas de medición.

7.1.2. Uso de la centrifugadora

Hemos decidido emplear la centrifugadora porque nos permite controlar la presión que ejerce la tinta china sobre cada muestra, además es un sistema fácil y sencillo de utilizar.

Otros autores, han utilizado diferentes sistemas de presión para sus estudios.

Oliver (96) analizó la influencia de las burbujas de aire atrapadas en los estudios sobre filtración; para ello, comparó la capacidad de penetración que tiene el colorante, en su caso utilizó azul de metileno al 2%, sobre unos tubos de tamaño capilar. Sometió los especímenes a filtración con diferentes sistemas: en una cámara bajo una presión controlada (26 mm. de Hg.), por centrifugación (3000 rpm) y pasiva (durante 7 días).

Sus análisis arrojaron unos resultados donde se observaba que todas las muestras de la cámara a presión estaban completamente filtradas, existía un alto grado de filtración en el caso de la centrifugación, y la penetración del azul de metileno era mínima cuando los tubos se dejaban filtrar de forma pasiva.

Por ello, el autor concluyó que el método de penetración pasiva no debía ser válido para los estudios de filtración en endodoncia, desaconsejando por ello su utilización, ya que no es un sistema capaz de superar las burbujas alojadas en el interior del conducto. Por esta razón, cuestiona la validez de los trabajos donde no se ha empleado ningún sistema que ejerza presión a los marcadores.

Bodrumlu (114), en el 2.007, coincide con el estudio de Oliver en que la existencia de aire atrapado en poros y gaps podría impedir el paso del colorante. Por ello recomienda el uso de sistemas que presionen el colorante hacia el interior del conducto, y, la centrifugadora es un aparato aceptado para conseguir dicho fin.

Según Gencoglu (118), “uno de los mayores problemas de los estudios con colorantes, es que el aire atrapado en el interior de los conductos en un sistema tubular cerrado puede conllevar una menor penetración del colorante”, por lo que recomienda emplear sistemas que introduzcan los marcadores en las muestras con una presión conocida y controlada.

Su sistema, emplea un fluido, en el que por un lado se aplica la presión, y en el otro extremo se sitúa el ápice radicular. La cantidad de solución que penetra en las muestras, se mide mediante una burbuja que se haya en el interior de una pipeta, y un láser conectado a un ordenador mide el desplazamiento de esa burbuja.

Pathomvanich (145) realiza un estudio muy similar en el que se comparan cuatro técnicas diferentes de medir la filtración: 1) penetración pasiva de tinta, 2) centrifugación, 3) pasiva más aspiración y 4) pasiva más presión progresiva. En este trabajo, el autor expone las muestras en la centrifugadora a 1.658 g, que si lo convertimos, obtenemos 237.7 rad/s, que son 2.222 rpm., durante 10 min (nuestro trabajo se realizó durante 5 minutos a 1.000 rpm).

A esta presión, Pathomvanich (138) obtiene unos valores de filtración media de 11.0 mm., donde el valor máximo de penetración fue de 12 mm., que en la mayoría de los casos el espécimen quedaba prácticamente contaminado.

Con estos valores de presión, el autor conseguía verificar que, la centrifugación es un método válido para cuantificar filtración, ya que es capaz de permeabilizar por completo los

conductos que atraviesa si la presión es suficiente. En el caso de la presión por aspiración, la filtración media fue de 1.38 mm, la presión progresiva de 0.63 y, en las muestras de la filtración pasiva en la mayoría del grupo era nula.

Los resultados muestran que la centrifugación es el sistema que permite mayor filtración de colorante, mientras que se invalida la filtración pasiva como medio para cuantificar la penetración de los marcadores.

El mismo autor más adelante (145) comparaba la filtración apical de la condensación vertical y el Thermafil; sometían las muestras a filtración pasiva, centrifugación, aspiración y presión progresiva, analizando las diferencias entre los diferentes medios de aplicar el colorante. Obtuvo valores máximos de filtración, cuando utilizaban la centrifugadora, en ambas técnicas.

Karagoz-kucukay (136), estudió la filtración en dientes tratados endodónticamente en el laboratorio, por un lado cuando éstos eran sumergidos de forma pasiva en el colorante inmediatamente después de ser obturados, por otro cuando estos eran sumergidos 72 horas de forma continua, y por otro, cuando el colorante era introducido mediante una centrifugadora. Contrapuestamente a lo que observó Pathomvanich, no encontró diferencias significativas entre las tres metodologías, incluso cuando las muestras eran centrifugadas a 3.000rpm. durante 20 min.

Tras un estudio piloto previo, se decidió estandarizar el funcionamiento de la centrifugadora a 1.000 rpm. durante 5 minutos (imagen 60). El estudio mostró que aumentando esos parámetros las muestras quedaban completamente filtradas, y si se disminuían, no se detectaba filtración del colorante. Somos conscientes de que esta sistemática limita el campo de las comparaciones, pero con ella se obtuvieron un rango de valores adecuados para la realización del estudio.

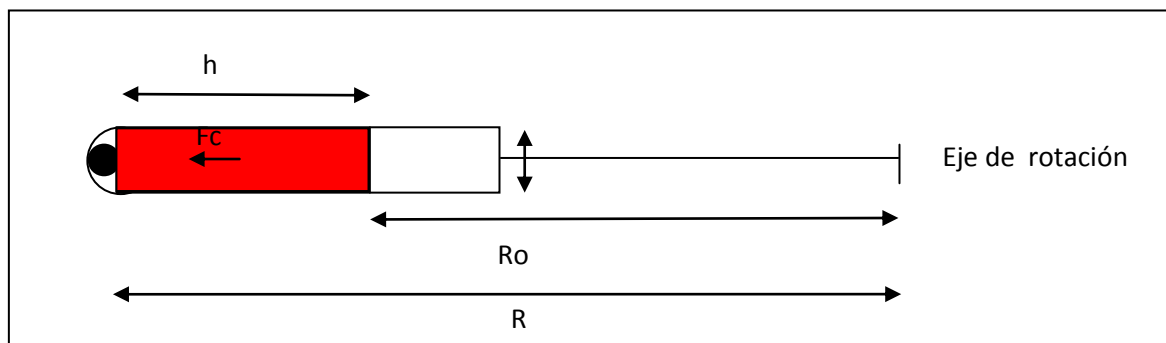


Imagen 60: variables que intervienen en el cálculo de la presión que actúa sobre una muestra sometida a una centrifugadora.

Aplicando una velocidad angular de 1000 rpm. y un volumen de colorante de 30 ml por tubo, sabemos que la fuerza ejercida sobre cada muestra es de 2.7 Kg/cm^2 . La presión capilar arterial humana es de 30 mm. de Hg, (144) que convertido a Kg/cm^2 , da un valor de 0.04. Esto significa que nuestro estudio emplea una fuerza muy superior a la que ejercen los líquidos perirradiculares. Esta presión nos ayuda a llevar más al límite la capacidad de sellar que utilizamos en nuestro estudio, y comprobar, que si bajo estas condiciones la filtración no existe, en el organismo será menos probable.

7.1.3. Material empleado para el recubrimiento de las muestras

Existen diferentes materiales que se pueden utilizar para recubrir las superficies. Su función es evitar que el colorante se introduzca en el conducto radicular por algún orificio que no deseemos.

Nuestro trabajo se asemeja mucho al realizado por Portmann (147), que también utilizan tinta china y diafanización. Para resistir 7 días a la presión del colorante, el autor emplea cera reblandecida, la cual recubre toda la superficie radicular exceptuando los 2 mm. que rodean al ápice.

Un estudio piloto, en el que se comparaba la cera de articular, la laca de uñas y el cianoacrilato. Optamos por utilizar el primero en nuestro trabajo ya que es un material:

- Fiable
- Sencillo de aplicar y eliminar
- Se distingue claramente la superficie donde se ha aplicado de la que no
- Endurece antes que la laca

Otros autores prefirieron emplear laca de uñas (130,102), laca de uñas y cera simultáneamente (148) o el cianoacrilato (149).

7.1.4. Filtración mediante la diafanización

Elegimos realizar el estudio diafanizando las muestras porque existe una valoración tridimensional de cada muestra, pudiendo anotar el punto máximo de penetración del colorante.

Además tiene otras ventajas:

- las muestras empleadas se almacenan y pueden ser revisadas todas las veces que sea necesario, ya que el proceso de la diafanización, no las afecta ni las deteriora.
- es un método relativamente sencillo
- económico
- no requiere aparatología específica
- menos riesgos que el empleo de bacterias o isótopos

El principal inconveniente de este sistema, es la posible eliminación de parte del colorante durante la introducción de las muestras en los líquidos empleados durante la transparentización, sobretodo, el ácido nítrico (95 y 115).

Veruti (150) emplea técnicas que requieren 19 días para lograr la diafanización. Nosotros hemos seleccionado el método de Robertson (110) porque solo requiere 4 días para lograr el efecto necesario.

Como se comentó en la introducción, hemos descartado las técnicas que cuantifican la

penetración del colorante sin diafanizar, por presentar varios inconvenientes. Citaremos los principales:

- sección longitudinal: la única visión del perfil de la raíz dentaria es bidimensional, dejando gran parte del conducto sin observar. Además es irreversible, al cortar el ápice se puede perder información, Debe realizarse sin agua, porque podría diluir el tinte, lo que puede quemar la dentina y dificultar la observación.
- sección transversal: poco preciso, irreversible y además se pierde información.
- disolución de la muestra: es método muy inusual, complejo de realizar y de medir (la muestra se deshace en ácidos y se pesa la cantidad de colorante).

Lucena (151), en un estudio sobre selladores endodónticos, manifiesta que la diafanización es más precisa que la sección transversal a la hora de medir la filtración apical, ya que permite visualizar en décimas de milímetros la filtración del colorante, mientras que en la sección transversal solo se podía ver si el colorante había o no pigmentado cada capa.

7.2. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

7.2.1. Filtración apical “versus” filtración coronal.

Se han detectado mayores niveles de filtración en la entrada del conducto por el tercio coronal en dos técnicas de obturación: en el de la técnica de la condensación lateral y en la condensación vertical. A nivel apical no se observaron diferencias entre ninguna técnica ni tipo de relleno. Podemos encontrar diferentes razones que justifiquen este hecho.

Según De-Deus (152) y Ozawua (154) el área coronal es difícil de obturar debido al tamaño y forma del orificio radicular.

En nuestro estudio hemos trabajado exclusivamente con dientes unirradiculares, cuyo conducto suele ser bastante ancho y además a nivel coronal es bastante mayor y más irregular que a nivel apical. Por ello, habrá mayor filtración donde exista mayor área de exposición al agente contaminante. Cuanto mayor sea la superficie a obturar, mayor será la posibilidad de filtración.

Además este tipo de dientes suelen ser bastante rectos, lo que facilita el acceso y sellado del tercio apical.

Nuestros resultados muestran que la técnica de la condensación lateral, es la que ha obtenido mayores niveles de filtración de forma significativa en el tercio coronal. Las tres técnicas termoplásticas, no han presentado diferencias significativas entre ellas en la parte coronal.

Una de las razones que justificaría por qué la condensación lateral en frío es la que más filtra, se podría deber a que el colorante encuentra camino en los espacios existentes entre cada cono de gutapercha, incluso cuando se ha empleado sellador, cosa que se reduce claramente en las técnicas donde se ha derretido la gutapercha.

La condensación vertical con Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) y la obturación con vástago, han mostrado los mejores resultados. Esto puede ser debido a la adhesión del material a las paredes dentinarias o al efecto monobloque (los conos y el cemento tienen la misma composición) en el primer caso, y algo parecido sucede en el segundo: toda la gutapercha que rodea al vástago forma un mismo relleno y es indivisible.

Podemos ver una buena adaptación de la resina sintética a las irregularidades del orificio coronal, no solo en el conducto principal, sino también en los laterales que pudieran aparecer (imagen 61).



Imagen 61: conducto lateral sellado con Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos).

El Thermafil tiene la gran ventaja de que al ser una única masa caliente de gutapercha se adapta muy bien a las paredes dentinarias (imagen 62), y se minimiza la aparición de intersticios, más frecuente en las técnicas donde se compactan todos los conos que sean posibles.

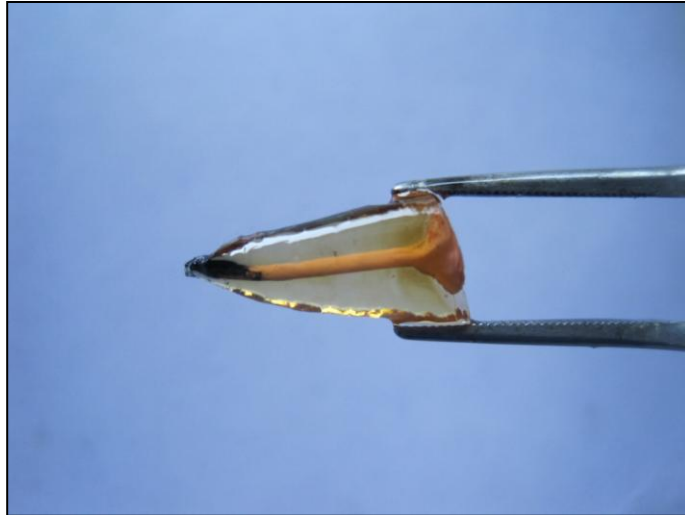


Imagen 62: Visión de un diente obturado con Thermafil.

La técnica de System B ha demostrado también ser bastante resistente a la filtración del colorante por la vía coronal, sin encontrar diferencias significativas respecto a las demás técnicas termoplásticas.

Sin embargo, esta técnica, con gutapercha, sí que presenta diferencias cuando se comparan los niveles de filtración apical respecto a coronal. Parece que cuando la técnica de obturación consta de la colocación de varios conos de gutapercha entre sus fases, aunque se derritan, crea pequeños intersticios por donde pudiera pasar colorantes u otro también bacterias, metabolitos, etc.

Existen algunas publicaciones en las que los autores, al igual que nuestro estudio, comparan la filtración en los tercios apical y coronal.

Oliver (103) estudió la eficacia de dos cementos en el sellado coronal y apical empleando condensación lateral. Independientemente de las comparativas entre los cementos, donde no se hallaron diferencias significativas, los resultados obtenidos son muy parecidos a los de nuestro estudio (tabla 7).

Técnica	Cemento	F. Coronal (mm.)	F. Apical (mm.)
Lateral(1)	Ketac-Endo	6.29	1.08
Lateral(1)	AH-26	6.67	0.75
Lateral (2)	AH-Plus	8.53	1.51

Tabla 7: 1- Oliver (103). 2- Nuestro trabajo.

Oliver coincide con los resultados de esta investigación, habiendo empleado un material y método similar al nuestro, aunque, a diferencia de nuestro estudio, el colorante fue el azul de metileno, y, sus muestras fueron sometidas al colorante primero bajo presión, 5 min., y después 48 horas de forma pasiva.

Zmener (154) comparó la adaptación de diferentes materiales de obturación endodónticos a las paredes dentinarias del tercio coronal, medio y apical. Utilizó la condensación vertical mixta, la lateral y el Thermafill. Obtuvo resultados similares a los nuestros, a pesar de las diferencias de la metodología (realizó cortes axiales).

Al igual que en nuestro trabajo, encontró diferencias significativas entre la condensación lateral y las dos técnicas que reblandecen la gutapercha, pero no entre estas. En este aspecto, nuestro estudio coincide con el de Zmener, ya que en su artículo, estos resultados

se detectan tanto a nivel coronal, como a nivel apical; en nuestro trabajo, las diferencias halladas sólo son significativas cuando analizamos el tercio coronal.

Cobankara (155) comparó el AH 26 y el Roeko Seal, en muestras con y sin barrillo dentinario, a nivel coronal y apical. En su estudio emplea la técnica de la condensación lateral. Las conclusiones de esta investigación se resumen en que se obtienen mayores niveles de filtración en los grupos donde no se eliminó el barrillo, y que no hay diferencias entre los dos cementos.

En la comparación del lugar de filtración, en los conjuntos donde se ha retirado el smear layer, al igual que se ha realizado en nuestra metodología, observamos los valores más altos de filtración cuando el líquido se introducía por el foramen apical (tabla 8).

Material	F. Apical (mm.)	F. Coronal (mm.)
AH 268(1)	5,1	1,9
RoekoSeal(1)	3,7	1,7
AH Plus(2)	1,5	8,5

Tabla 8: 1. Cobankara (155) 2. Nuestro trabajo

Existen diferencias entre los resultados de ambos trabajos. Las metodologías no fueron exactamente las mismas: Cobankara introduce el cemento mediante léntulos en el interior del conducto por coronal, cosa que no se ha realizado en el presente trabajo.

También el tipo de muestra puede resultar un factor que afecte a los resultados: nosotros hemos trabajado con incisivos, caninos y premolares, todos unirradiculares, de formas más irregulares que los empleados por Cobankara, únicamente incisivos maxilares.

Por último, la centrifugadora empleada en nuestro trabajo es un sistema que podría impulsar con mayor potencia el marcador hacia el conducto, y este será más vulnerable si posee un área de filtración mayor. Cobankara empleó la técnica de filtración de fluidos.

Giménez Oddoni (112) comparó el Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) respecto a la gutapercha, a nivel coronal y apical con colorante introducido con presión. Su estudio, es muy similar al nuestro en cuanto a objetivos, pero diferente respecto a la metodología. Sus resultados son distintos: no encuentran diferencias significativas entre los dos materiales de obturación cuando se analiza el tercio coronal, mientras que si las encuentran a nivel apical.

Las diferencias en la metodología que podrían justificar la contradicción de los resultados son que ellos trabajan con otro colorante, azul de metileno, de baja concentración, 0.5 %, y este actúa sobre cada muestra de forma pasiva. Además, los resultados se miden mediante la sección de las muestras.

Los resultados obtenidos en nuestro trabajo coinciden con los de los González, en el año 2.008; en su caso, se comparó la adaptación de diferentes tipos de materiales de obturación

(varias casas comerciales de gutapercha y Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos)) al tercio coronal y apical, derritiendo todas las muestras con el System B.

Aunque las metodologías fueron muy diferentes (siendo la principal diferencia que en este estudio trabajaron con bloques de metacrilato y nosotros con dientes humanos extraídos), concluyeron que, como en el presente trabajo, el Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) sella el tercio coronal mejor que la gutapercha cuando se emplea ola continua de calor. Además, en su estudio, observaron que a nivel apical, con la técnica de condensación vertical, no se llegaron a sellar los conductos laterales, cosa que si sucedió a nivel coronal.

Ozawa (153) observó la adaptación de las técnicas de obturación endodóntica de cono único, condensación lateral y obturación con vástago, con la particularidad de que todas las muestras tenían que tener un conducto con forma ovalada. Realizó las mediciones en los tres tercios radiculares, mediante secciones axiales.

Sus resultados concuerdan bastante con los nuestros. El autor expone que el Thermafill es la técnica que más se adapta a la forma del conducto en cualquier parte del mismo. Además, encuentra diferencias entre esta técnica y las otras dos en el tercio medio, y sólo con la de cono único en el tercio coronal. A este nivel, no observa diferencias estadísticas entre la condensación lateral y el Thermafil, a diferencia de nuestro trabajo.

No aprecia diferencias significativas entre ninguna técnica a nivel apical. Aunque las metodologías de su trabajo y el nuestro son muy diferentes, ya que Ozawa solo cuantifica

mediante un programa informático de imagen la adaptación de cada técnica al conducto radicular, sus conclusiones son muy similares a las nuestras.

De Almeida-Gomes (130) comparó la filtración a nivel coronal y a nivel apical, al mismo tiempo que la condensación lateral y vertical. Los materiales, eran la gutapercha convencional y la sintética.

Sus resultados, coinciden en distintos aspectos con los de nuestro trabajo, ya que sus conclusiones reflejan que no existen diferencias ni entre las dos técnicas, ni entre los dos materiales ni entre el mayor o menor lugar de filtración. En nuestro trabajo, no encontramos diferencias a nivel apical ni entre las técnicas, ni entre el tipo de material de obturación. A nivel coronal, nuestro estudio solo encontró diferencias cuando comparamos la condensación lateral con gutapercha y el resto de técnicas y con la gutapercha sintética.

Es posible que esta diferencia tenga su explicación por la metodología: en nuestro trabajo introdujimos un colorante mediante una centrifugadora, y Almeida-Gomes utilizó bacterias que penetraban por la raíz mediante la fuerza de la gravedad.

7.2.2. Filtración con diferentes técnicas de obturación radicular.

A la hora de comparar los estudios “*in vitro*” sobre la capacidad de sellar de los distintas técnicas de obturación, es importante fijarse si las mediciones se hacen en la parte

coronal o apical de la raíz. En función de ello, podemos comparar los resultados obtenidos según la técnica y el tipo de material con otros estudios.

7.2.2.1. A nivel coronal

Pommel (2) comparó la filtración coronal con diferentes técnicas de obturación: condensación lateral y vertical, cono único y transporte mediante vástago. Realizó mediciones a las 24 horas y al mes. En la primera medición la obturación con cono único, resultó ser la que mayores niveles de filtración presentaba respecto al resto. Pasado un mes, se observó que la obturación mediante cono único y la condensación lateral en frío, eran las técnicas donde se cuantificaron diferencias significativas respecto a la condensación vertical y el Thermafil.

Los resultados de este trabajo coinciden plenamente con los de nuestra tesis, a pesar de que el sistema de mediciones es diferente (introdujo un fosfato salino a 15 mm. de Hg).

Shipper (5) realizó un estudio con perros, donde comparó la filtración coronal en dientes obturados con Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) y con gutapercha, y en cada grupo, una mitad se hacía mediante la técnica de la condensación vertical, y la otra mitad con lateral.

Sus resultados son muy similares a los nuestros, con alguna salvedad. El autor concluye que, a nivel coronal, el Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) previene la filtración mejor que la gutapercha. Esto es así en ambas técnicas, mientras que en nuestro experimento es cierto que, en muestras obturadas con condensación vertical, observamos un

menor nivel de filtración con el Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos), pero no son estadísticamente significativas, cosa que no nos ocurre cuando la técnica empleada es la condensación lateral, en la que si hayamos diferencias significativas.

Esta diferencia de resultados podría ser explicada en la diferencia de métodos, ya que un estudio es “*in vitro*” y el otro “*in vivo*”, y, además, Shipper mantiene las muestras expuestas al medio oral 14 semanas.

Pitout (156) comparó la condensación lateral y la vertical por un lado, y, el Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) respecto a la gutapercha convencional por otro, en un trabajo similar al de Shipper. El estudio también medía la filtración únicamente a nivel coronal. Sin embargo, Pitout, a pesar de emplear distintas técnicas y materiales de obturación, no encontró diferencias significativas en ninguna de las comparativas. Los niveles de filtración eran similares en todos los casos.

Sus resultados, son muy similares a los de nuestro trabajo, exceptuando la condensación lateral con gutapercha, donde se da mayor nivel de filtración. La justificación se puede encontrar en varias razones: su método empleaba bacterias, lo que significa distinto tamaño molecular y actuación intraconducto, y, además, eran introducidas pasivamente.

De-Deus (58) analizó la adaptación de la gutapercha y el Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) en dientes con conductos irregulares; derritió en un grupo de

gutapercha y otro de Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos), y no lo hizo en otro grupo con gutapercha. Los datos se recogieron midiendo la filtración desde el tercio coronal.

Los resultados que obtuvo coinciden completamente con los nuestros a pesar de emplear dos métodos diferentes: cuando el agente que va a filtrar (bacteriano) se introduce por vía coronal, la técnica de la condensación vertical con el System B ofrece menor filtración, ya sea con gutapercha o Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos), que la técnica de condensación lateral en frío, y respecto a los dos materiales de obturación, derretidos, no se encontraron diferencias significativas.

Las conclusiones coinciden, a pesar de que nuestro trabajo se realizó mediante colorantes y centrifugadora, y el de De-Deus se realizó con bacterias, y de que nosotros empleamos dientes unirradiculares que incluyen incisivos, caninos y premolares, y De-Deus sólo trabajó con incisivos inferiores.

Bodrumlu (114) comparó la capacidad de sellar que tienen distintos cementos, tanto de materiales de obturación sintéticos como naturales, observando el grado de filtración en el tercio coronal. Para ello utilizó conos de Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) y de gutapercha, empleando la misma técnica de obturación: condensación lateral en frío.

Los resultados que obtuvo son los siguientes:

Material	Filtración media (mm.)
Gutapercha con AH 26	2.5
Gutapercha con AH Plus	1.9
Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) con Epiphany	1.4

Para Bodrumlu, el Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) obtiene una mayor capacidad de sellado a nivel coronal cuando se obtura sin derretir. En nuestro trabajo no hay diferencias cuando se emplea la misma técnica, en la que si se derrite.

En sus resultados se observa menor cantidad de colorante filtrado. En su trabajo emplean azul de metileno, seccionan las muestras, y utilizan centrifugadora, aunque en su caso, esta giraba a menor velocidad, con el mismo tiempo (5 minutos). Pero Bodrumlu no derrite ninguno de los dos materiales de obturación. Concluye que los tres materiales son susceptibles a la filtración, pero el Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) es el más resistente.

Xu (100) compara la filtración coronal de gutapercha con varias técnicas diferentes: Thermafil, condensación vertical y condensación lateral. A pesar de utilizar un método diferente al nuestro obtiene las mismas conclusiones que nosotros: hay diferencias entre la condensación lateral y el resto de técnicas (termoplásticas). Xu utilizó la glucosa como sustancia filtradora. Además en su trabajo realizó varios grupos, midiendo desde 24 horas hasta 12 semanas.

Williamson (157) realizó un experimento donde comparó dos materiales de obturación (Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) y gutapercha) y dos técnicas (condensación lateral y condensación vertical) en raíces donde la filtración se producía por la vía coronal. El autor no encontró diferencias significativas entre ningún grupo. En nuestro caso sí que se detectó mayor filtración cuando se trataba de gutapercha y condensación lateral. Esta diferencia puede ser debida a varios factores: Williamson empleó bacterias en vez de colorantes, observó las muestras durante 40 días, y otra diferencia importante es que la filtración era pasiva. Estas diferencias quizá sean las causas de esa diferencia de un resultado.

Aminsobhani (106) estudió la filtración coronal en raíces obturadas mediante condensación lateral en frío, condensación vertical y el sistema Gutta-flow. El autor no encontró diferencias significativas entre ningún grupo. En su metodología, expone la parte coronal a la saliva, pero no especifica si ésta se introduce de forma pasiva, o mediante algún tipo de presión. Este dato sería relevante, ya que puede ser la justificación entre la diferencia de resultados con nuestro trabajo, donde el colorante sí que fue introducido bajo presión.

Shashidhar (158) comparó el Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) y la gutapercha, obturados mediante condensación lateral y vertical. Utilizó filtración bacteriana en la parte coronal. Sus resultados no concuerdan con los nuestros. El autor observó siempre menor filtración en las muestras de Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos). Nuestro experimento mostró mayores niveles de filtración de gutapercha por coronal cuando se obturó mediante condensación lateral, pero cuando se empleó la misma técnica con los dos materiales, no se hallaron diferencias significativas.

Nuestro trabajo concluye que a nivel coronal la técnica es un factor determinante a la hora de prevenir la filtración, mientras que Shashidhar concluye que la naturaleza del material de obturación es más decisiva.

Las diferencias en la metodología pueden explicar esto. En nuestro trabajo introducimos el marcador mediante centrifugadora y Shashidhar coloca las bacterias sobre el orificio coronal de las muestras, y estas penetran mediante la fuerza de la gravedad. Nosotros empleamos un colorante que luego mediremos mediante la diafanización de las muestras, mientras que Shashidhar emplea microorganismos que luego detecta mediante la observación microscópica de las muestras seccionadas.

Ozcan (159) analizó la filtración coronal utilizando diferentes técnicas y cementos selladores. Los cementos eran el AH Plus y el Gutta-flow, y el autor no encontró diferencias significativas. Respecto a las diferentes técnicas de obturación, el trabajo reveló que la condensación vertical obtenía mejores resultados que la técnica de cono único, la de condensación lateral y la de transporte con vástago.

En nuestro trabajo, comparando los datos medidos a nivel coronal, no hemos encontrado diferencias significativas entre la condensación vertical y el Thermafil. Ozcan realiza su trabajo con microorganismos, y además, las muestras están en contacto con las bacterias durante 100 días.

7.2.2.2. A nivel apical

Gencoglu (118) analizó la calidad del sellado a nivel del foramen, de distintas técnicas de obturación, entre las que se incluyen, la condensación lateral, la condensación vertical mediante el System B y el Thermafil. Según el autor, a nivel apical, la gutapercha reblandecida sella mejor que la fría.

Esta diferencia de resultados pudiera deberse a que Gencoglu utiliza un sistema de filtración de fluido computerizado. Como marcador utiliza el agua, que con mayor capacidad de filtrar que la tinta china, y además esta penetra a la mitad de presión: 1.2 atm. cuando nuestra centrifugadora introduce el colorante a 2.6 atm.

Paque (160) realizó un estudio donde comparaba la adaptación de la gutapercha y del Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) a nivel apical, realizando mediciones inmediatamente después de finalizar la obturación del conducto, y 16 meses después de esta.

Coinciden sus resultados con los nuestros a corto plazo, ya que inicialmente no se hallaron diferencias entre ambos materiales, pero el análisis pasados los 16 meses mostró mayor filtración en las muestras obturadas con Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos). El autor midió la filtración mediante el sistema de filtración del fluido con burbuja.

Melih (161) midió la filtración apical en muestras obturadas mediante la condensación vertical de Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) y gutapercha, con dos selladores diferentes. Para su estudio empleó filtración pasiva con azul de metileno, y sección longitudinal de las muestras. Exactamente igual que nuestro trabajo, no detecta diferencias significativas en ninguno de los grupos a pesar de las diferencias en las metodologías.

Metkari (162) comparó apicalmente la eficacia del Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) y la gutapercha con diferentes selladores (AH Plus y Tubli-seal). A este nivel, y, empleando la técnica de la condensación lateral en frío, no encontró diferencias estadísticamente significativas entre ambos materiales, exceptuando las muestras en las que se había empleado el cemento Tubli-seal.

Los resultados obtenidos por la penetración del colorante, fueron mayores a los nuestros (2.35 mm. en el caso del Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos), y 2.85 mm. en el de la gutapercha ambos con AH Plus). Estas diferencias se pueden deber al prolongado tiempo de inmersión (7 días), y al colorante empleado, que fue el azul de metileno. Pero a pesar de ello, las conclusiones son las mismas: la filtración es la misma en los dos materiales de obturación cuando se comparan empleando la misma técnica de obturación.

Punia (163) estudió la adaptación del Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos), el Gutta-flow, el Thermafil y la gutapercha condensada lateralmente a nivel apical. Encontró que el material que menos sellaba era el Gutta-flow, y el que más el Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos). Nuestro trabajo no detectó diferencias entre los materiales a

nivel apical. Esto puede ser debido a que Punia empleó el azul de metileno y la filtración pasiva.

Además Punia pudo perder información con la sección de las muestras, aunque bien es cierto, que el proceso de diafanización es capaz de eliminar parte del colorante, aunque no sea de forma significativa.

Fathia (164) comparó la capacidad de filtrar del Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) y la gutapercha a nivel apical. Empleó con ambos materiales la técnica de la condensación lateral, y observó mayor filtración en las muestras obturadas con gutapercha.

Nosotros no encontramos diferencias significativas entre estos dos materiales. La diferencia entre los resultados posiblemente se deba a que el grupo de Fathia empleó azul de metileno como marcador y luego seccionó las muestras.

Otro aspecto importante a valorar es si el sellado apical del Thermafill lo produce el vástago o la gutapercha. Samadi (165) comparó el sellado en el tercio apical del Thermafil, la condensación lateral y la vertical. Sus resultados arrojaron mayor filtración en las muestras obturadas con Thermafill.

Nuestro trabajo no encontró ninguna diferencia significativa. Existen dos diferencias relevantes respecto a nuestro método: Samadi observó la filtración mediante cortes seccionales y además no empleó selladores en ninguna de las tres técnicas.

Keles (166) compara la adaptación del material de obturación mediante la condensación lateral o la vertical al conducto. En su estudio, emplea raíces con anatomía ovalada para estudiar el comportamiento de la gutapercha en conductos no circulares. Nuestro trabajo, al emplear incisivos, caninos y premolares también cuenta con bastantes raíces ovaladas.

Al igual que Keles, encontramos mayor desajuste en muestras donde no se había derretido la gutapercha. Coinciden las conclusiones incluso cuando las metodologías miden de forma diferente, ya que el autor analiza la adaptación a las paredes radiculares mediante microtomografía computerizada. Concluye que ninguna muestra estaba libre de burbujas, pero estas eran menores en aquellas raíces donde se había derretido la gutapercha.

8. *CONCLUSIONES*

8. CONCLUSIONES

En las condiciones de nuestro estudio, las conclusiones son:

1. La filtración a nivel coronal es mayor que a nivel apical en dos de las técnicas empleadas: condensación lateral y condensación vertical.
2. La técnica empleada influye solo en la filtración coronal. Las técnicas que emplean gutapercha termoplastificada sellan mejor que la técnica de condensación lateral en frío.
3. Cuando se obtura con la misma técnica, no hay diferencias significativas entre la gutapercha natural y la sintética en cuanto a la capacidad de sellar se refiere.

9. *ABSTRACT*

9. ABSTRACT

JUSTIFICATION

Recontamination of the root canal is the main cause of failure in endodontics. Such recontamination may occur by two main filtration routes – the coronal and the apical orifices.

Owing to its complex anatomy, the apical third seems the most difficult area to be fully sealed. Additionally, the fact that an adequate apical sealing can be performed in the furthest area from the operator but not in the nearest and most accessible one is difficult to stand by.

Currently, there is controversy among various authors as to which route is more important – the apical route (Orstavik 1996, Pommel 2001) or the coronal route (Ray 1995, Tronstad 2000).

The clinician may choose from the various obturation techniques available according to each specific case. Knowing whether a given technique performs equally at the apical and the coronal level is important to determine which technique is most effective, since the orifice at the coronal level is more easily accessible and looks easier to treat, but its greater perimeter as compared to the diameter of the apical foramen and the absence of a stop to facilitate material condensation against it can offset this easier access.

Gutta-percha has been used for a long time (Bowmann, 1867), but nowadays, other materials with better behavior are being investigated. An example of these new materials is Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) a synthetic polymer connected to a dual polymerization cement. It is a biocompatible and thermoplastic material that many authors (Shipper 2004, Nielsen 2006) consider to be better than natural gutta-percha owing to the monoblock effect it can provide, as cement and points are made of the same material and it can penetrate into the dentinal tubules.

However, the fact it shrinks at polymerization challenges its sealing capacity and even the monoblock effect many authors advocate (Hiraishi 2005, Lisa 2006). Furthermore, it may polymerize differently at the apical and coronal level.

Consequently, we think it is very interesting to analyze the behavior of this material regarding filtration at the coronal and apical level, and also to compare its results with natural gutta-percha.

WORKING HYPOTHESIS

Our working hypothesis is based on three premises:

- Filtration at the apical level is greater than at the coronal level in instrumented and obturated canals in conditions similar to clinic conditions.
- There are no differences regarding sealing between warm gutta-percha techniques and cold

gutta-percha techniques.

- Adhered synthetic gutta-percha is more prone to filtration than natural gutta-percha.

OBJECTIVES

To verify our working hypothesis, we set the following objectives:

- 1- Determining whether filtration at the coronal level is similar in magnitude to filtration at the apical level.
- 2- Determining whether the technique used has an impact on the filtration level.
- 3- Determining whether there are any differences between natural gutta-percha's and synthetic gutta-percha's sealing capacity.

MATERIAL AND METHOD

Material:

We used 220 natural teeth removed due to pathological causes, number 8, 10, 12, 15, 17, and 20 K-files (Dentsply-*Maillefer*, Switzerland), SX, S1, S2, F1, F2, and F3 Protaper files (Dentsply-*Maillefer*, Switzerland), X-Smart endodontic motor (Dentsply-*Maillefer*, Switzerland), no. 25 NiTI digital spacer (Dentsply-*Maillefer*, Switzerland), no. 25, 30, and 35 paper points (Dentsply-*Maillefer*, Switzerland), XF and F gutta-

percha accessory points (Dentsply-*Maillefer*, Switzerland), no. 25, 30, and 35 2% conicity gutta-percha points (Dentsply-*Maillefer*, Switzerland), AH Plus cement (Dentsply-*Maillefer*, Switzerland), cyanoacrylate (Loctite Corp. Cleveland, OH), millimeter ruler (Dentsply-*Maillefer*, Switzerland), ethylenediamine tetraacetic acid cream (Denta Flux, Madrid, Spain), Conejo bleach (Henkel Ibérica, S.A., Tarragona, Spain), 500ml Ecolav saline solution (B. Braun Medical, S.A., Barcelona, Spain), Exakt 400 C hard tissue trimmer (Exakt, Frankfurt, Germany), 5x5cm gauze pads (Henry Schein, Madrid, Spain), disposable plastic brush pens (Smarty, China), EZ-Lock™ EZ456 1-1/2" (38.1mm) metal cutting wheels (Dremel Europa, Madrid Spain), 16-17 scaler (ASA Dental, Italy), modeling clay (Jovi, Barcelona, Spain), 3ml Monoject disposable syringes (Henry Schein, Madrid, Spain), #5 flexible blade cement spatula (Henry Schein, Madrid, Spain), #317 College pliers (Henry Schein, Madrid, Spain), Canon IXUS i5 digital camera (Canon, Japan), Tork paper napkins (Madrid, Spain), 0.1mm Leica level (Madrid, Spain), Tool i5 image analysis software (Intel, USA), Moyco articulating wax (Henry Schein, Madrid, Spain), 40% formaldehyde (Productos Químicos Manuel Riesgo S.A. Madrid, Spain), 60% nitric acid (Productos Químicos Manuel Riesgo S.A. Madrid, Spain), methyl salicylate (Productos Químicos Manuel Riesgo S.A. Madrid, Spain), Hollenback #35 carver (Henry Schein, Madrid, Spain), 100% alcohol (Productos Químicos Manuel Riesgo S.A. Madrid, Spain), Pelikan back ink (Carlin, Madrid, Spain), glass slab (Henry Schein, Madrid, Spain), System B Analytic Technology (Sybron Endo, USA), type 1 (red) and 2 (blue) Buchanan manual pluggers (Sybron Endo, USA), .06, .08, .10, and .12 conicity pluggers for System B (Sybron Endo, USA), 25, 30, and 35 Thermafil verifiers (Dentsply-*Maillefer*, Switzerland), 25, 30, and 35 Thermafil gutta-percha stems (Dentsply-*Maillefer*, Switzerland), oven to heat up Thermafil points (Dentsply-*Maillefer*, Switzerland),

thermacut (Dentsply-*Maillefer*, Switzerland), 25, 30, and 40 Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) points (Sybron Endo, USA), Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) primer (Sybron Endo, USA), Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) cement (Sybron Endo, USA), Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) accessory points (Sybron Endo, USA), periapical X-ray imaging (Kodak, USA), liquid developer (Kodak, USA), liquid fixer (Kodak, USA), X-ray equipment (Satelec, USA), plastic test tubes (Jiangyin Hongmeng Rubber Plastic Product Co, China), PRGF spinner (Bti, USA), and Máxima RU1200 polymerization lamp (Henry Schein, Madrid, Spain).

Method:

A total of 220 teeth, preserved in a 10% formaldehyde solution since removal were used. The teeth were cleaned and sectioned, separating the crown from the root using the Exakt 400 C hard tissue trimmer (Exakt, Frankfurt, Germany). The biomechanical preparation of the samples was carried out similarly to how it is performed clinically. The Protaper rotary instrumentation system was used at 300 rpm. The manufacturer's recommended torque was used for each instrument.

Samples were obturated using the following techniques: lateral condensation (50 samples), vertical condensation (50 samples), and stem transport (50 samples), all of them with gutta-percha. Another group with Resilon (Sybron Endo, California, Estados Unidos) was obturated using vertical condensation (50 samples). 20 samples were kept for positive and negative controls.

Each 50-sample group obturated with a different system was divided into two 25-specimen subgroups: in the first group, each sample was varnished by spreading melted articulating wax over the whole surface, except for the coronal orifice and over a 1mm diameter around; in the second group, the same procedure was carried out, but the wax was not spread over the apical foramen of the roots and their 1mm periphery. To do so, articulating wax was melted until it reached the necessary liquid consistency to be spread over the roots.

20 instrumented roots remained unobturated, 10 of which were fully covered with wax as negative controls. The surface of the remaining 10 was covered –except for the orifices on the sides– to be used as positive controls. The apical foramen was exposed in half of the obturated samples from each group, and the coronal orifice was exposed in the other half.

Each sample was introduced in a test tube where the colorant –the ink– was kept. It was placed so that the unvarnished orifice always pointed at the cap of the tube and as far as possible from the cap.

The colorant was introduced in each test tube using a calibrated syringe, filling each of them with 3 cl. of ink. The tubes were numerated from 1 to 6, hosting their corresponding sample group.

Each tube was placed in a specific stand inside the PRGF (Bti) spinner, which was

activated at 3000 rpm for 5 minutes.

Subsequently, Dr. Robertson's technique (1980) was used. It allowed samples to be decalcified and dehydrated until they were transparent.

Each 25-root group was pictured next to the 0.1 mm millimeter Leica level, which was used as a reference to quantify results.

The following statistic tests were used: Shapiro-Wilk to determine normality, and Kruskal-Wallis and Mann-Whitney to study differences among groups.

RESULTS

There were only significant differences ($P < 0.05$) between apical and coronal filtration when the canal was obturated using lateral and vertical condensation.

The null hypothesis was maintained ($P < 0.05$), meaning there were no differences among obturation techniques when measured at the apical level. The null hypothesis was refused ($P < 0.05$): coronal filtration differed according to the technique used. Therefore, multiple comparisons were carried out subsequently: there were significant differences ($P < 0.05$) between lateral condensation and the other techniques when filtration was carried out through the coronal route.

No significant differences ($P < 0.05$) were seen between synthetic and natural gutta-percha when using the same obturation technique, neither at the apical level, nor at the coronal level.

CONCLUSIONS

Following our study, our conclusions are:

4. Filtration at the coronal level is greater than at the apical level both in lateral and vertical condensation.
5. The technique used only has an impact on coronal filtration. Thermoplastified gutta-percha techniques have increased sealing capacity over cold lateral condensation.
6. There are no significant differences between natural and synthetic gutta-percha regarding their sealing capacity.

10. RESUMEN

10. RESUMEN

JUSTIFICACION.

La filtración del conducto radicular es la principal causa de los fracasos en endodoncia (19). Esta recontaminación puede producirse a través de dos vías principales de filtración que son los orificios coronal y apical. En la actualidad hay controversia entre diferentes autores sobre cuál es la vía de filtración más importante, si la apical (9, 167) o la coronal (4, 76).

Existen diversas técnicas de obturación y materiales de obturación, entre las que puede elegir el clínico en función de cada caso en particular. Un factor importante a la hora de decidir cuál puede ser más eficaz es saber si el comportamiento de una técnica en concreto es igual a nivel apical que coronal.

HIPOTESIS DE TRABAJO

Nuestra hipótesis de trabajo se basa en tres supuestos:

- La filtración a nivel apical es mayor que a nivel coronal en conductos instrumentados y obturados en condiciones similares a las efectuadas en la clínica.
- No hay diferencias en cuanto a sellado se refiere entre técnicas de gutapercha caliente y técnicas con gutapercha en frío.
- La gutapercha sintética adherida es más susceptible a la filtración que la gutapercha natural.

OBJETIVOS.

Para verificar nuestra hipótesis de trabajo, nos plantearemos los siguientes objetivos:

- 1- Determinar si la filtración producida a nivel coronal es de similar magnitud a la producida a nivel apical.
- 2- Determinar si la técnica empleada influye en el nivel de filtración.
- 3- Determinar si hay diferencias entre la capacidad de sellar de la gutapercha natural y la sintética.

MÉTODO

Se limpiaron, seccionaron, instrumentaron y obturaron 220 dientes, mediante las siguientes técnicas: condensación lateral, condensación vertical y transporte mediante vástago, con gutapercha, todas ellas, y otro grupo con Resilon fue obturado mediante la condensación vertical. 20 fueron para los controles positivos y negativos.

Cada grupo se repartió en dos subgrupos de 25 especímenes: uno con el orificio coronal expuesto, y otro el apical.

Cada muestra se metió en un tubo con tinta china, situado en un soporte específico dentro de la centrifugadora modelo PRGF (Bti), la cual se activó durante 5 min. a 3000 rpm.

Posteriormente se empleó la técnica del Dr. Robertson (110), mediante la cual se descalcificaron las muestras y se deshidrataron hasta quedar transparentes.

Cada grupo de 25 raíces se fotografió al lado de la regleta de 0,1 mm de precisión de Leica, que sirvió de referencia para cuantificar los resultados.

Se emplearon los siguientes test estadísticos: Shapiro-Wilk para determinar la normalidad y Kruskal-Wallis y Mann-Whitney para las diferencias entre los grupos.

RESULTADOS

Solo existen diferencias significativas ($P < 0,05$) entre la filtración apical y coronal

cuando se obturó el conducto con condensación lateral y la condensación vertical.

Se conservó la hipótesis nula ($P > 0,05$) lo que significa que no hay diferencias entre las técnicas de obturación cuando se midió a nivel apical. Se rechazó la hipótesis nula ($P < 0,05$): la filtración coronal es diferente según la técnica. Por ello, se realizaron las comparaciones múltiples 'a posteriori': existen diferencias significativas ($P < 0,05$) entre la técnica de la condensación lateral y el resto de las técnicas cuando la filtración se realizó por la vía coronal.

No se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre la gutapercha sintética y la natural cuando se emplean la misma técnica de obturación ni a nivel apical ni a nivel coronal.

CONCLUSIONES

En las condiciones de nuestro estudio, las son:

7. La filtración a nivel coronal es mayor que a nivel apical en la condensación lateral y la condensación vertical.
8. La técnica empleada influye solo en la filtración coronal. Las técnicas que emplean gutapercha termoplastificada sellan mejor que la técnica de condensación lateral en frío.
9. No hay diferencias significativas entre la gutapercha natural y la sintética en cuanto a la capacidad de sellar se refiere.

11. BIBLIOGRAFIA

11. BIBLIOGRAFÍA

1. ORSTAVIK D.: "Time-course and risk analyses of the development and healing of chronic apical periodontitis in man" *Int Endod J* 1.996; 29:150-155
2. POMMEL L., CAMPS J.: "In vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques" *J Endod* 2.001; Jul 27: 449-451.
3. URANGA A., BLUM J. Y., ESVER S., PARAHY E., PRADO C.: "A comparative study of four coronal obturation materials in endodontic treatment" *J Endod* 1.999 25:178-80.
4. TRONSTAD L., ASBJORNSEN K, DOVING L., PEDERSEN I., ERIKSEN H. M.: "Influence of coronal restorations on the periapical health of endodontically treated teeth" *Endod Dent Traumatol* 2.000; 16: 218-221.
5. SHIPPER G, ORSTAVIC D, BATISTA TEIXEIRA F, TROPE M. "An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon)". *J Endod* 2004;30:342-7.
6. NIELSEN B., BEELER W., BAUMGARTNER C.: "Setting times of Resilon and other sealers in aerobic and anaerobic environments" *J ENDOD* 2.006; 32:130-2.
7. HIRAISHI N., PAPACCHINI F., LOUSHINE R. J., WELLER R. N., FERRARI M., PASHLEY D. H., TAY F. R.: "Shear bond strength of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer". *Int Endod J*. 2005 Oct;38(10):753-63.
8. LISA CATALAN E., MIRAGLIA J, ARANGUREN J.: "Resilón, ¿es el fin de la Gutapercha? *Cient Dent* 2006;3;3:183-191.
9. ORSTAVIK D., PITT FORD T.R.: "Apical periodontitis: microbial infection and host

- responses” Essential Endodontology. 1.998. Oxford: Blackwell Science, pp 1-8.
10. FRIEDMAN S.:”Considerations and concepts of case selection in the management of post-treatment endodontic disease” Endodontic Topics 2.002; 1, 54-78.
 11. TROPE M.:”The vital tooth-its importance in the study and practice of endodontics” Endodontic Topics 2003, 5,1-11.
 12. WALTON, TORABINEJAD.:”Endodoncia: principios y práctica”. McGraw Hill interamericana. 2ª edición.
 13. BRYNOLF I.: “A histological and roentgenological study of the periapical region of upper incisors” Odont Revy 1967, 18:1.
 14. PATEL S, DURACK C., ABELLA F., ROIG M., SHEMESH H.,LAMBRECHTS P., LEMBERG K.:”European Society of Endodontology position statement: the use of CBCT en endodontics” Int Endod J 2.014, Jun 47 (6):502-504.
 15. HAGHANIFAR S., MOUDI E., MESGARANI A., BIJANI A., ABBASZADEH N.:” A comparative study of cone-beam computed tomography and digital periapical radiography in detecting mandibular molars root perforations.” Imaging Sci Dent 2.014 Jun 44 (2):109-115.
 16. COHEN S., BURNS R. C.:” Vías de la pulpa” 8ª Edición. 2.002.
 17. INGLE J. I.:”Endodoncia” 2.004 Ed Mc Graw Hill-Interamericana 5ª Edicion.
 18. SCHILDER, H. “Filling root canals in three dimentions”. Dent. Clin. North. Am. 1967; 11: 723.
 19. INGLE J. I., BEVERIDGE E. E., GLIKK D. H., WEICHMAN J. A., ABOURASS M.:”The Washington Study “ Int Endodontics, Philadelphia : LES & FEBIGER, 1.985; 27-49.
 20. PRINZ, H "Paper delivered before the St Louis Missouri dental Society" September 2,1912.

21. DAVIS S. R., BRAYTON S. M., GOLDMAN M.: "The morphology of the prepared root canal: a study utilizing injectable silicone" *Oral Surg Oral Med Oral Path*, 34, 642-648.
22. SJOGREN U. et al.: "Factors affecting the long-term results of endodontic treatment" *JOE* 1990;16: 498.
23. HOVALAND E. J., DUMSHA T. C.: "Leakage evaluation in vitro of the root canal sealer cement Sealapex" 1.985 *Int Endod J* 18; 179-182.
24. SAKAMOTO F., SIQUEIRA J.F., ROCAS I. N., BENNO Y.: "Bacterial reduction and persistence after endodontic treatment procedures" *Oral Microbiology Immunology* 2.007;22: 19-23.
25. MILLER W.: "An introduction in the study of the bacteriopathology of the dental pulp" *Dent Cosmos* 1.894. 36:505.
26. GOMES B. P., PINHEIRO E. T., GADE-NETO C. R., SOUSA E. L., FERRAZ C. C., ZAIA A. A., TEIXEIRA F. B., SOUZA-FILHO F. J.: "Microbiological examination of infected dental root canal" *Oral Microbiol Immunol* 2.004. Apr 19:71-6.
27. RICUCCI D, SIQUEIRA JF Jr.: "Recurrent apical periodontitis and late endodontic treatment failure related to coronal leakage: a case report". *J Endod* 2.011, 37, 1171-5.
28. DOW PR, INGLE JI.: "Isotope determination of root canal failure" *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1955 Oct;8(10):1100-4.
29. STRINDBERG L. Z.: "The dependence of the results of pulp therapy on certain factors" *Acta Odontol Scand* 1.956; 141-125.
30. HARTY F. J. , PARKINS B. J.: "Success rate in root canal therapy. A retrospective study of conventional cases". *Br Dent J*. 1970 Jan 20; 128(2):65-70.
31. ADENUBI J. O., RULE D. C.: "Success rate for root fillings in young patients. A retrospective analysis of treated cases. *Br Dent J*. 1976 Oct 19;141(8):237-41.

32. NAIR P.N.R.: "Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures" *Crit Rev Oral Biol Med* 2004,1,348-81.
33. RICUCCI D., LOGHIN S., SIQUEIRA F. J. JR.: "Exuberante biofilm infection in a lateral canal as the cause of short-term endodontic treatment failure: report of a case" *J Endod* " 2013. May 39:712-8.
34. COSTERTON J.W., STEWART P.S., GREENBERG E.P.: "Bacterial biofilms: a common cause of persistent infections" *Science* 1999, 248, 1318-22.
35. SVENSATER G., BERGENHOLTZ G.: "Biofilm in endodontic infections" *Endodontic Topics* 2004,9,27-36.
36. WU M.K., DUMMER P., M., H., WESSELINK P.R.: "Consequences of and strategies to deal with residual post-treatment root canal infection" *Int Endod J* 2006, 39, 343-356.
37. CANALDA SAHLI C., BRAU AGUDÉ E.: "Endodoncia: técnicas clínicas y bases científicas" Ed Masson, 2ª edición 2006.
38. LEONARDO M. R., ALMEIDA W. A., ITO I. D., DA SILVA L.A.B.: "Radiographic and microbiologic evaluation of posttreatment apical and periodontal repair of root canal of dogs' teeth with experimentally induced chronic lesion" *Oral Surg Oral Med Oral Path* 1994, 78, 232-8.
39. RICICCI D., LANGELAND K., "Apical limit of root canal instrumentation and obturation: part 2: a histological study" *Int Endod J* 1998. 31,394-409.
40. NAIR P.N.R., HENRY S., CANO V., VERA J.: "Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one visit" endodontic treatment" *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Rad and Endod* 2005, 99, 231-52.
41. CHEUNG G. S. "Endodontic failures--changing the approach" *Int Dental J* 1996, 46(3):131-138.

42. HOLLAND G. S.: "Periapical innervation of the ferret canine one year after pulpectomy" *J Dental Research* 1.992, 71, 470-4.
43. RUBISTEIN R.A., KIM S.: "Short-term observation of the results of endodontic surgery with the use of a surgical operation microscope and Super-EBA as root-end filling material" *J of Endod* 1.999, 25, 43-8.
44. TRONSTAD L., ASBJORNSEN K, DOVING L., PEDERSEN I., ERIKSEN H. M.: "Influence of coronal restorations on the periapical health of endodontially treated teeth" *Endod Dent Traumatol* 2.000; 16: 218-221.
45. HAAPASALO M., DUNAES T., ENDAL U.: "Persisten, recurrent and adquired infection of the rrot canal system post-treatment" *Endod Topics* 2.003, 6, 29-56.
46. BERGENHOLTZ G., SPANGBERG L.: "Controversies in endodontics" *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*, 2.004, 15, 99-114.
47. GROOVE, C. "Why root canals should be filled to the dentino-cemental junction". *J. Am. Dent. Assoc.* 1930; 16: 293.
48. WEINE, F. "Tratamiento endodóntico". Madrid; Hartcourt Brace, 1997: 395- 422.
49. COOLIDGE E. "Anatomy of the root apex in relation to treatment problems". *J. Am. Dent. Assoc.* 1929; 16: 1456.
50. KUTTLER , Y. "Microscopic investigation on root apexes". *J. Am. Dent. Assoc.* 1955; 50: 544.
51. YARED G, BOU DAGER F." Apical enlargement: Influence on the sealing ability of the vertical compactation technique". *J of Endod.* 1994; 20: 313-314.
52. MOULE A. J., KELLAWAY R., CLARCKSON R., ROWELL J., MACFARLANE R., LEWIS D., CAMERON T., ATKINS D.: " Variability of master gutta-percha cones" 2.002, *Aust Endod J*, Apr 28 (1): 38-43.
53. CHIQUITO PEREZ, M., HERRERA RODRIGUEZ J C; DONADO MANOTAS, J E.: "

- Determination of the shape and diameter of the apical foramen in anterior permanent teeth” Univ. odontol;14(27):41-5, ene.-jun. 1995. tab, ilustr.
54. WU M-K, R'ORIS A, BARKIS D, WESSELINK PR.” Prevalence and extent of long oval canals in the apical third” Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology 2000; 89 (6):739-743.
 55. VAN DER SLUIS L. W., WU M. K., WESSELINK P. R.: ”An evaluation of the quality of root filling in mandibular incisors and maxillary and mandibular canines using different methodologies” J Dent 2.005 33; 683-8.
 56. TSAI, Y. I.: “Treatment of pulp floor and stripping perforation by mineral trioxide aggregate” Formos Med Assoc 2006, Vol 105, No 6.
 57. LEONARDO, M.R. “Endodoncia. Tratamiento de conductos radiculares. Principios Técnicos y Biológicos” Vol 1. 2005, Editora Artes Médicas Ltda. Sao Paulo.
 58. DE DEUS Q.:” Frecuency, location and direction of the lateral, secondary and accessory canals” J of Endod 2.007; 1: 361-366.
 59. SELTZER S.:” Consideraciones biológicas en los procedimientos endodónticos” Nueva york , Edit Mundi Saic y F; 1.979, 1-27.
 60. NICHOLLS E.:” Lateral radicular disease due to lateral branching of the root canal”. Oral Surg, Oral med and Oral path 1963; 16:839-845.
 61. HESS J. C., CULIERAS M. J., LAMBIABLE N.:”A scanning electron microscopic investigation of principal and accessory foramina on the root surfaces of human teeth: thoughts about endodontic pathology and therapeutics” J Endod 1.983 Jul 9:275-81.
 62. ALTMAN M, GUTUSSO J, SEIDBERG B, LANGELAND K.:”Apical root canal anatomy of human maxillary central incisors”. Oral Surg, Oral Med and Oral Path 1970; 30:694-69.
 63. GONZALEZ, A., CARRO, M.Á., BASCONES, J., GARCIA, E.:” Estudio comparativo

- de la capacidad de fluir entre distintos materiales de obturación en conductos laterales artificiales mediante la técnica System B”. *Cient Dent* 2008;6;1:29-33.
64. GARTNER A. H., DORN S. O.:” Advances in endodontic surgery”. *Dent Clin North Am.* 1992; 36: 357-79.
65. CAVIEDES J. “Endodoncia: ápice Radicular” 2.012. www.scribd.com/doc/114317361/Endodoncia-Apice-Radicular.
66. HALSE A., MOLVEN O.:”Increase width of the apical periodontal membrane space in endodontically treated teeth may represent favorable healing” *Int endod j* 2.004, 37, 552.60.
67. MARSHALL F. J., MASSLER M.:”The sealing of pulpless teeth evaluated with radioisotopes” *J Dent Med* 1.961; 16:172-184.
68. ALLISON D., WEBER C., WALTON R.:”The influence of the method of canal preparation on the quality of apical and coronal obturation” *J ENDOD* 1.979; 5: 28-304
69. SWANSON K., MADISON S.: “An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part 1 . Time periods.” *JOE* 1.987 Feb; 13(2):56-9.
70. MADISON S., WILCOX L. R.,:”An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part 3.*In vivo* study”. *J ENDODO* 1.988; 14: 455-458.
71. TORABINEJAD M., UNG B., KETTERING J.D.:”*In vitro* bacterial penetration on coronally unseal endodontically treated teeth” *J ENDOD* 1.990; 16; 566-569.
72. MAGURA M. E., KAFRAWY A. H., BROWN C. E., NEWTON C. W.:”Human saliva coronal microleakage in obtured root canals: an in vitro study” *J ENDODO* 1.991 ;17: 324-331.
73. KHAYAT A., LEE SJ., TORABINEJAD M.:”Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals” *JOE* 1.993;19:458.
74. SAUNDERS WP, SAUNDERS EM “Coronal leakage as a cause of failure in root-canal

- therapy: a review". *Endod Dent Traumatol* 1.994; 10:105
75. HELING I., GORFIL C., SLUTZKY H., KOPOLOVOC K., ZALKIND M., SLUTZKY-GOLDBERG I. "Endodontic failure caused by inadequate restorative producers: Review and treatment recommendations" *J of Prost Dent* 2.002 June; 87 (6): 574-578.
76. RAY HA., TROPE M.: "Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration" *Int Endod J* 1.995; 28:12.
77. RICUCCI D., BERGENHOLTZ G. "Bacterial status in root-filled teeth exposed to the oral environment by loss of restoration and fracture or caries: a histobacteriological study of treated cases." *Int Endod J*. 2003 Nov;36(11):787-802.
78. OLIVEIRA S. G., GOMES D. J., COSTA M. H., SOUSA E. R., LUND G. G.: "Coronal microleakage of endodontically treated teeth with intracanal post exposed to fresh human saliva" *J Appl Oral Sci*. 2013 Sep-Oct; 21(5): 403-408.
79. ZMENER O.: "Mejorando el sellado coronario en Endodoncia" *Endodoncia* 2.009; 27:201-209.
80. HILU R., BALANDRANO PINAL F.: "El éxito en endodoncia" *ENDODONCIA*. Volumen 27. Número 3. Julio-Septiembre 2.009.
81. KAHLER W.: "The cracked tooth conundrum: terminology, classification, diagnosis, and management." *Am J Dent*. 2008 Oct;21(5):275-82.
82. SEGURA-EGEA JJ, JIMENEZ PINZÓN, A, POYATO FERRERE M, VELASCO ORTEGA E, RIOS SANTOS JV: "Periapical status and quality of root-filling and coronal restoration in an adult Spanish population" *Int Endod J* 2.004 Aug; 37(8):525-30.
83. JIMENEZ PINZON A., SEGURA EGEA J. J., POYATO FERRERA M., VELASCO ORTEGA E., RIOS SANTOS J. V.: "Prevalence of apical periodontitis and frequency

- of root-filled teeth in an adult Spanish population.” Department of Stomatology, School of Dentistry, University of Seville, Seville, Spain. *Int Endod J.* 2004 Mar;37(3):167-73.
84. GEORGOPOULOU M. K., SPANAKI-VOREADI A.P., PANTAZIS N., KONTAKIOTIS E.G.:”Frequency and distribution of root filled teeth and apical periodontitis in a Greek population” *Int Endod J.* 2005 Feb;38(2):105-1.
85. ERIKSEN H.M., BJERTNESS E.:”Prevalence of apical periodontitis and results of endodontic treatment in middle-aged adults in Norway.” *Endod Dent Traumatol.* 1991 Feb;7 (1):1-4.
86. WEIGER R., HITZLER S., HERMLE G., LOST C.:” Periapical status, quality of root canal fillings and estimated endodontic treatment needs in an urban German population.” *Endod Dent Traumatol.* 1997 Apr;13(2):69-74.
87. SAUNDERS W. P., SAUNDERS E.M., SADIQ J., CRUICKHANK E.:” Technical standard of root canal treatment in an adult Scottish sub-population.” *Br Dent J.* 1997 May 24;182(10):382-6.
88. RIDELL K., PETERSSON A., MATSSON L., MEJARE I.:” Periapical status and technical quality of root-filled teeth in Swedish adolescents and young adults. A retrospective study.” *Acta Odontol Scand.* 2006 Apr;64(2):104-10.
89. CHEN C.Y., HASSELGREN G., SERMAN N., ELKIND M.S., DESVARIEUX M., ENGBREXTON S.P.:” Prevalence and quality of endodontic treatment in the Northern Manhattan elderly.” *JOE* 2007 Mar;33(3):230-4. Comment in: *J Endod.* 2007 Aug;33(8):907.
90. TSUNEISHI M., YAMAMOTA T., YAMANAKA R., TAMAKI N., SAKAMOTO T., TSUJI K., WATANAVE T.:” Radiographic evaluation of periapical status and prevalence of endodontic treatment in an adult Japanese population.” *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005 Nov;100(5):631-5.

91. MARQUES M.D., MOREIRA B., ERIKSEN H.M.:” Prevalence of apical periodontitis and results of endodontic treatment in an adult, Portuguese population. *Int Endod J*. 1998 May;31(3):161-5.
92. SIQUEIRA J.F., ROCAS I. N., ALVES F.R., CAMPOS L. C.:”Periradicular status related to the quality of coronal restorations and root canal fillings in a Brazilian population. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2005 Sep;100(3):369-74.
93. KABAK Y., ABBOTT P. V.: “Prevalence of apical periodontitis and the quality of endodontic treatment in an adult Belarusian population.” *Int Endod J*. 2005 Apr; 38(4):238-45.
94. WU M. K., VAN DER SLUIS L. W., ARDILA C. N., WESSELINK P. R.:” Fluid movement along the coronal two-thirds of root filling placed by three different gutta-percha techniques” *Int Endod J* 2003, 36, 533-40.
95. VERISSIMO D. L., DO VALE M. S.:”Methodologies of assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review” *J Oral Sci* 2006 Sep: 93-8.
96. OLIVER C. M., ABBOTT P. V.:”An in vitro study of apical and coronal microleakage of laterally condensed gutta percha with Ketac-Endo and AH-26” *Aust Dent J* 1998, 43, 262-8.
97. BOHSALI K, PERTOT W. J., HOSSEINI B, CAMPS J.: “Sealing ability of super EVA and Dyract as root-end fillings: a study in vitro” *Int Endod J* 1998. 31. 338-342.
98. POMMEL L., CAMPS J.:” In vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques” *J Endod* 2001; Jul 27: 449-451.

99. MENTE J., FERK S., DREYHAUPT J., DECKERT A., LENGGER M., STAEHEL H. J.: "Assessment of different dyes used in leakage studies" *Clin Oral Invest* 2.010; 14: 331-338
100. XU F., FAN M. W., FAN B., CHEUNG G. S., HU H. L.: "A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage" *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2.005 Jan; 99: 107-11.
101. CALLUM C., GLYN JONES J., FOX K., SMITH I., WOOD D., GALE M.: "A fluid filtration and clearing technique to assess microleakage associated with three dentine bonding systems" *J BIOMED MATER RES* 1.999. Jan 17; 37-43.
102. SOUZA E. M., PAPPEN F. G., SHEMESH H., BONANANTO-ESTRELA C., BONETI-FILHO L.: "Reliability of assessing dye penetration along root canal fillings using methylene blue" *Aust Endod J* 2.009, 35: 158-63.
103. OLIVER C. M., ABBOTT P. V.: "Entrapped air and its effects on dye penetration of voids" *Endod and dental trauma* 1.991; 7, 135-8.
104. DOW PR, INGLE JL.: "Isotope determination of root canal failure" *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1955 Oct;8(10):1100-4.
105. WU M. K., WESSELINK P. R.: "Endodontic leakage studies reconsidered. Part 1: Methodology, application and relevance" *Int Endod J* 1.993, Jan 37-43.
106. AMINSOBHANI M., GHORBANZADEH A, BOLHARI B., SHOKOUINEJAD N., GHABRAEI S., ASSADIN H., ALIGHOLI M.: "Coronal Microleakage in Root Canals Obturated with Lateral Compaction, Warm Vertical Compaction and Guttaflow System" *Iran Endod J*. 2010 Spring; 5(2): 83–87.
107. TIMPAWAT S., AMORNCHAT C., TRISUWUAN W. R.: "Bacterial coronal leakage after obturation with three root canal sealers." *J Endod*. 2001 Jan;27(1):36-9.
108. MATTISON G. D. VON FRAUNHOFER J. A.: "Electrochemical microleakage

- study of endodontic sealer/cements.” Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1983 Apr;55(4):402-7.
109. OKUMURA, T. “Anatomy of the root canals”. J. A. D. A., 14(4):632-6, 1927.
 110. ROBERTSON D., LEEB I.J., MCKEE M., BREWER E.” A clearing technique for the study of root canal system” J Endod 1.980 ;6:421-4.
 111. GRECO MACHADO Y., GARCIA MOLINA J.A., BUENO MARTINEZ R., MANZANARES CESPEDES M. C., LOZANO DE LUACES V.”Técnicas de diafanización: estudio comparativo” Endodoncia 2.008,vol 26,2: abril-junio.
 112. GIMENEZ ODDONI P., MELLO I., MARTIN COIL J., ANTONIAZZI H.”Coronal and apical leakage analysis of two different root canal obturation systems” Braz Oral Res 2.008 July/Sept. 22, 3.
 113. DUGGAN D., ARNOLD R., TEXEIRA F., CAPLAN D., TAWIL P.”Periapical inflammation and bacterial penetration after coronal inoculation of dog roots filled with Real Seal ! or Thermafill” Journal of endod 2.009 june, vol 35;6:852-857.
 114. BODRUMLU E., TUNGA U.”Coronal sealing ability of a new root canal filling material” J Conserv Dent 2.007, Sept, 73, 623-629.
 115. TAMSE A., KATZ A., KABLAN F.: Comparison of apical leakage shown by four different dyes with two evaluating methods. Int Endod J. 1998 Sep;31(5):333-7.
 116. Editorial JOE 2.007. “Wanted: a base of evidence” J Endod 33; 1401-1402.
 117. WU M. K.”Letter to the editor” Inter Endod J 2.008; 41: 721-722.
 118. GENCOGLU N., OROCOGLU H, HELVACIOGLU D.”Apical leakage of different gutta-percha techniques: Thermafil, Js Quick-Fill; Soft core, Microseal, System B and lateral condensation with computerized fluid filtration meter” Eur J Dent, 2.007, 1, 97-103.
 119. TABARES MARTINEZ P., GARCIA BARBERO E.: “Análisis de los métodos

- de filtración” Científica Dental 2.009, 6,1;21-28.
120. POPE O., SATHORN C., PARASHOES P.:”A Comparative Investigation of Cone-beam Computed Tomography and Periapical Radiography in the Diagnosis of a Healthy Periapex.” J Endod. 2014 Mar;40(3):360-5.
 121. SUSINI G., POMMEL L., ABOUT I., CAMPS J.: “Lack of correlation between ex vivo apical dye penetration and presence of apical radiolucideces” Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2.006 102; 19-23.
 122. JOHNSON W. T., ZAKARIASEN K. L., “Spectrophotometric analysis of microleakage in the fine curved canals found in the mesial roots of mandibular molars” Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1.983; 56: 305-309.
 123. KENNEDY W. A., WALKER W. A., GOUGH R. W.:”Smear layer removal effects on apical leakage” J Endodo 1.986; 12:21-27.
 124. GOLDMAN M., SIMMONDS S., RUSH R., “The usefulness of dye-penetration studies reexamined” Oral Surg Oral Med Oral Pathol 2.001; 67:327-332.
 125. GESI A., HAKEBERG M., WARFVINGE J., BERGENHOLTZ G.:”Incidence of periapical lesions and clinical symptoms after pupectomy- clinical and radiographic evaluation of 1 versus 2 sessions treatment” Oral Surg Oral Med Oral Pathol 2.006; Oral Radiol Endod 101:379-388.
 126. RICUCCI D, SIQUEIRA JF Jr. “Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. J Endod. 2010 Jan;36(1):1-15
 127. SOARES, GOLDBERG :”Endodoncia: principios y fundamentos”. Ed Panamericana. 2.002.
 128. PERRY S. G.:”Preparing and filling de roots of teeth” Dent Cosmos 1.883; 25: 185

129. SLAUS G., BOTTENBERG P.:” A survey of endodontic practice amongst Flemish dentist” *Int Endodo J* 2002 Sep; 35;9:759-67.
130. DE ALMEIDA W. A., LEONARDO M. R., TONOMARU F. S.:” Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers” *Int End J* 2.000, 33: 25-27.
131. JOHNSON W. B.:”A new gutta-percha technique”. *JOE* 1.978; 4:184-188
132. NIELSEN B., BEELER W., BAUMGARTNER C.:”Setting times of Resilon and other sealers in aerobic and anaerobic environments” *J ENDOD* 2.006; 32:130-2.
133. TAY F., PASHLEY D., WILLIAMS C., RAINA R., LOUSHINE R, WELLER N., KIMBROUGHT F., KING N.”Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation.I. Alkaline hidrolisys” *J ENDOD* 2.005; 31: 593-8.
134. KEY J., RAHEMTULLA F., ELEZER P.: Cytotoxicity of a new root canal filling material on human gingival fibroflasts” *J ENDOD* 2.006 ; 32:756-8.
135. TEXEIRA F., TEXEIRA E., THOMPSON J, TROPE M.;”Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin based filling material” *J Am Dent Assoc* 2.004; 135: 646-52.
136. KARAGOZ-KUCUKAY L., KUCUKAY S., BAYIRLI G.:”Factors affecting apical leakage assessment” *J Endod* 1.993 Jul 362-5.
137. SCOTT A- C., VIRE D. E., SWANSON R.:”An evaluation of the thermafil endodontic obturation technique” *J Endodo* 1.992. 18:340343.
138. PATHOMVANICH S., EDMUNDS D. H.: “Variation in the microleakage produced by four different techniques in root fillings in a simulated root canal model” *Int Endodo J* 1.996 29; 156-162.
139. SCHAFFER E., OLTHOFF G.:”Effect of three different sealers on the sealing ability of both thermafil obturators and cold laterally compacted Gutta-Percha.” *J Endod.* 2002 Sep; 28(9):638-42.

140. GALE M. S., DARVELL B. W. "Dentine permeability and tracer test" J Dent 1.999; 27: 1-11.
141. KERSTEN H. W., MOORER W. R.:"Particles and molecules in endodontic leakage" Int Endod J 1.989, 22, 118-124.
142. MALOOLEY J., PATTERSON S. S., KAFRAWY A.:"Response of periapical pathosis to endodontic treatment in monkeys" 1.979 Oral surg Oral med oral path, 47, 545-554.
143. KERSTEN H. W., TEN CATE J. M., EXTERKATE R. A. M., MOORER W. R., THODEN VAN VELZEN S. K.:"A standardized leakage test with curved root canals in artificial dentine" 1.988 Int Endod J 19; 134-140.
144. BARTHEL C.R., MOSHONOV J., SHUPING G., ORSTRAVIK D.:"Bacterial leakage versus dye leakage in obtured root canals" Int Endod J 1.999, 32, 370-5.
145. PATHOMVANICH S., EDMUNDS D. H.:"The sealing ability of Thermafil obturators assessed by four different microleakage techniques" Int endodo J 1.996; 29: 327-334.
146. THIBODEAU G, PATTON K.:"Anatomía y fisiología" 6ª Ed. Elsevier España 2.007.
147. PORTMANN P., LISSI A.:"A comparision between a new vacuum obturation technique and lateral condensation: an in vitro study" JOE 1.994 vol 20, nº 6, June 292.
148. ZMENER O., PAMEIJER C. H., SERRANO S. A., VIDUEIRA M., MACCHI R. L.:"Significance of moist root canal dentin of the use of methacrylate-based endodontic sealers: an in vitro coronal dye leakage study" J Endod 2.008, Jan, 34:76-79.
149. VIVACQUA-GOMES N., FERRAZ C. C. R., GOMES B. P. F. A., ZAIA A. A., TEXEIRA F. B., SOUZA-FILHO F. J.: "Influence of irrigation the coronal microleakage of laterally condensed gutta-percha root fillings" IEJ 2.002 ,35, 791-95.

150. VENTURI M., PRATI C., CAPELLI G., FALCONI M., BRESCHI L.: "A preliminary analysis of morphology of lateral canals after root canal filling using a tooth-clearing technique" *Int Endod J* 2.003,36: 54-63.
151. LUCENA MARTIN C., FERRER LUQUE C. M., GONZALEZ RODRIGUEZ M. P., ROBLES GIJON V., NAVAJAS RODRIGUEZ DE MONDELO J. M.: "A comparative study of apical leakage of Endomethasone, Top Seal and Roeko Seal sealer cements" *J Endod*, 28: 423-426.
152. DE-DEUS G, AUDI C., MURAT C., FIDEL R., FIDEL r. A.: "Sealing ability of over-shaped canals filled using the System B heat source with either gutta-percha or Resilon: an ex vivo study using a polymicrobial leakage model." *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2.007 104:e114-119.
153. OZAWA T, TAHA N., MESSER H. H.: "A comparison of techniques for obturation oval-shaped root canals" *Dent Material J* 2.009,28: 290-294.
154. ZMENER O., PERRUCHINO R., ZACARIAS M.: "Análisis de la calidad de la obturación obtenida por medio de dos técnicas de gutapercha termoplastificada" *Endodoncia* 2.000. 18, 1,:16-21.
155. COBANKARA F. K., ADABAR N., BELLI S.: "Evaluation of the influence of smear layer on the apical and coronal sealing ability of two sealers" *J Endod* 2.004, Jun 30: 406-9.
156. PITOUT E., OBERHOLZER T. G., BLIGNAUT E., MOLEPO J.: "Coronal leakage of teeth root-filled with gutta-percha or resilon root canal filling material" *J Endod* 2.006, Sept, 9: 879-881.
157. WILLIAMSON A. E., MARKER K. L., DRAKE D. R., DAWSON D. V., WALTON R. E.: "Resin-based versus gutta-percha-based root canal obturation: influence on bacterial in an in vitro model system" *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral*

- Rad Endod 2.009, August 108: 292-296.
158. SHASHIDHAR C., VASUNDHARA S., SHIBAMURTHY G. B., SHASHIDHAR J. : "The comparison of microbial leakage in roots filled with resilon and gutta-percha: an in vitro study" J Conserv Dent 2.011. Jan –Mar:21-27.
 159. OZCAN E., ELDENIZ A. U., ADINBELGE H. A.:"Assessment of the sealing ability of several root canal sealers and filling methods" Acta Odont Scand 2.013 feb.
 160. PAQUE F., SIRTES G.:" Apical sealing ability of Resilon/Epiphany versus gutta-percha/AH Plus: immediate and 16-months leakage". Int Endod J. 2007 Sep; 40(9):722-9. Epub 2007 Jul 23.
 161. MELIH I., JAKOVLJEVIC A., POPOVIC., PESIC D.:" Comparative evaluation of sealing ability of different obturation materials". Srp Arh Celok Lek. 2010 May-Jun;138(5-6):287-91.
 162. METKARI S. S., KAMRA A. I., BANGA K. S.:"Evaluation of quality of apical seal in resilon/Epiphany SE, gutapercha/AH Plus, gutapercha/tubliseal EWT filled by dye leakage approach - An in vitro study" Indian Endodontic Society, 2.001 Jun,23, 61-67.
 163. PUNIA S. K., NADIG P, PUNIA V.:"An in vitro assessment of apical microleakage in root Canals obturated with gutta-flow, resilon, Thermafil and lateral condensation: a estereomicroscopic study"J Conserv Dent 2.011, 14: 173-177.
 164. FATHIA E., ABU-BAKR N. H., YAHIA I.:"A comparative study of the microleakage of resilon/epiphany and gutta-percha/AH Plus obturating systems" Iran Endod J 2.012 Summer 7:139-143.
 165. SAMADI F., JAISWAL J., SAHA S., GARG N., CHOUDHARY S., SAMADI F., TRIPATHI V. P.:" A Comparative Evaluation of Efficacy of Different Obturation Techniques used in Root Canal Treatment of Anterior Teeth: An in vitro Study." Int J

Clin Pediatr Dent. 2014 Jan;7(1):1-5. doi: 10.5005/jp-journals-10005-1224. Epub 2014 Apr 26.

166. KELES A., ALCIN H., KAMALAK A., VERSIANI M. A.:" Micro-CT evaluation of root filling quality in oval-shaped canals." Int Endod J. 2014 Dec; 47(12):1177-84. doi: 10.1111/iej.12269. Epub 2014 Mar 20.
167. POMMEL L., CAMPS J.:" In vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques" J Endod 2001; 27: 449-451.