



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. Facultad de Odontología

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER
VISTO BUENO DEL TUTOR
MASTER OFICIAL EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS

El profesor/a tutor

Nombre y apellidos:	CRISTINA GONZÁLEZ LOSADA
---------------------	--------------------------

del alumno/a

Nombre y apellidos	ABDULBADEA ALTUKRONI
--------------------	----------------------

encontrado en la línea de investigación

ODONTOLGÍA CONSERVADORA

DA EL VISTO BUENO

para que el Trabajo de Fin de Máster titulado

Calor generado en la dentina durante la preparación cavitaria con la excavadora ultrasónica versus fresa de carburo de tungsteno. Estudio experimental in vitro

sea admitido para su defensa ante Tribunal.

En MADRID , a 30 de junio de 2021 .

Fdo: el profesor/a

El presente Visto Bueno se debe acompañar del Trabajo de Investigación en formato electrónico y tres copias en papel



MÁSTER EN: CIENCIAS ODONTOLÓGICAS

COMPROMISO DEONTOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN, REDACCIÓN Y POSIBLE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER (TFM)

CENTRO: Facultad de Odontología

ESTUDIANTE DE MÁSTER: Abdalbadea Altukroni

TUTORA DEL TFM ES: Dra. Cristina González Losada

TÍTULO DEL TFM: Calor generado en la dentina durante la preparación cavitaria con la excavadora ultrasónica versus fresa de carburo de tungsteno. Estudio experimental in vitro

FECHA DE PRIMERA MATRÍCULA: 25 de diciembre de 2019

FECHA DE SEGUNDA MATRÍCULA: 6 de octubre de 2020

1. Objeto

El presente documento constituye un compromiso entre el estudiante matriculado en el Máster en CIENCIAS ODONTOLÓGICAS y su Tutor/es y en el que se fijan las funciones de supervisión del citado trabajo de fin de máster (TFM), los derechos y obligaciones del estudiante y de su/s profesor/es tutor/es del TFM y en donde se especifican el procedimiento de resolución de potenciales conflictos, así como los aspectos relativos a los derechos de propiedad intelectual o industrial que se puedan generar durante el desarrollo de su TFM.

2. Colaboración mutua

El/los tutor/es del TFM y el autor del mismo, en el ámbito de las funciones que a cada uno corresponden, se comprometen a establecer unas condiciones de colaboración que permitan la realización de este trabajo y, finalmente, su defensa de acuerdo con los procedimientos y los plazos que estén establecidos al respecto en la normativa vigente.

3. Normativa

Los firmantes del presente compromiso declaran conocer la normativa vigente reguladora para la realización y defensa de los TFM y aceptan las disposiciones contenidas en la misma.

4. Obligaciones del estudiante de Máster

- Elaborar, consensuado con el/los Tutor/es del TFM un cronograma detallado de trabajo que abarque el tiempo total de realización del mismo hasta su lectura.
- Informar regularmente al Tutor/es del TFM de la evolución de su trabajo, los problemas que se le planteen durante su desarrollo y los resultados obtenidos.
- Seguir las indicaciones que, sobre la realización y seguimiento de las actividades formativas y la labor de investigación, le hagan su tutor/es del TFM.
- Velar por el correcto uso de las instalaciones y materiales que se le faciliten por parte de la Universidad Complutense con el objeto de llevar a cabo su actividad de trabajo, estudio e investigación.

5. Obligaciones del tutor/es del TFM

- Supervisar las actividades formativas que desarrolle el estudiante; así como desempeñar todas las funciones que le sean propias, desde el momento de la aceptación de la tutorización hasta su defensa pública. - Facilitar al estudiante la orientación y el asesoramiento que necesite.

6. Buenas prácticas

El estudiante y el tutor/es del TFM se comprometen a seguir, en todo momento, prácticas de trabajo seguras, conforme a la legislación actual, incluida la adopción de medidas necesarias en materia de salud, seguridad y prevención de riesgos laborales.

También se comprometen a evitar la copia total o parcial no autorizada de una obra ajena presentándola como propia tanto en el TFM como en las obras o los documentos literarios, científicos o artísticos que se generen como resultado del mismo. Para tal, el estudiante firmará la Declaración de No Plagio del ANEXO I, que será incluido como primera página de su TFM.

7. Procedimiento de resolución de conflictos académicos

En el caso de producirse algún conflicto derivado del incumplimiento de alguno de los extremos a los que se extiende el presente compromiso a lo largo del desarrollo de su TFM, incluyéndose la posibilidad de modificación del nombramiento del tutor/es, la coordinación del máster buscará una solución consensuada que pueda ser aceptada por las partes en conflicto. En ningún caso el estudiante podrá cambiar de Tutor directamente sin informar a su antiguo Tutor y sin solicitarlo oficialmente a la Coordinación del Máster.

En el caso de que el conflicto persista se gestionará según lo previsto en el SGIC de la memoria verificada.

8. Confidencialidad

El estudiante que desarrolla un TFM dentro de un Grupo de Investigación de la Universidad Complutense, o en una investigación propia del Tutor, que tenga ya una trayectoria demostrada, o utilizando datos de una empresa/organismo o entidad ajenos a la Universidad Complutense de Madrid, se compromete a mantener en secreto todos los datos e informaciones de carácter confidencial que el Tutor/es del TFM o de cualquier otro miembro del equipo investigador en que esté integrado le proporcionen así como a emplear la información obtenida, exclusivamente, en la realización de su TFM.

Asimismo, el estudiante no revelará ni transferirá a terceros, ni siquiera en los casos de cambio en la tutela del TFM, información del trabajo, ni materiales producto de la investigación, propia o del grupo, en que haya participado sin haber obtenido, de forma expresa y por escrito, la autorización correspondiente del anterior Tutor del TFM.

9. Propiedad intelectual e industrial

Cuando la aportación pueda ser considerada original o sustancial el estudiante que ha elaborado el TFM será reconocido como cotitular de los derechos de propiedad intelectual o industrial que le pudieran corresponder de acuerdo con la legislación vigente.

10. Periodo de Vigencia

Este compromiso entrará en vigor en el momento de su firma y finalizará por alguno de los siguientes supuestos:

- Cuando el estudiante haya defendido su TFM.
- Cuando el estudiante sea dado de baja en el Máster en el que fue admitido.
- Cuando el estudiante haya presentado renuncia escrita a continuar su TFM.
- En caso de incumplimiento de alguna de las cláusulas previstas en el presente documento o en la normativa reguladora de los Estudios de Posgrado de la Universidad Complutense.

La superación académica por parte del estudiante no supone la pérdida de los derechos y obligaciones intelectuales que marque la Ley de Propiedad Intelectual para ambas partes, por lo que mantendrá los derechos de propiedad intelectual sobre su trabajo, pero seguirá obligado por el compromiso de confidencialidad respecto a los proyectos e información inédita del tutor.

Firmado en Madrid, a 30 de junio de 2021



ANEXO I: DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

D./Dña. **ABDULBADEA ALTUKRONI**, estudiante de Máster en la Facultad de ODONTOLOGÍA de la Universidad Complutense de Madrid en el curso 2020 – 2021 , como autor/a del trabajo de fin de máster titulado: **Calor generado en la dentina durante la preparación cavitaria con la excavadora ultrasónica versus fresa de carburo de tungsteno. Estudio experimental in vitro** y presentado para la obtención del título correspondiente, cuyo/s tutor/a es/son: **Dra. Cristina González Losada**

DECLARO QUE:

El trabajo de fin de máster que presento está elaborado por mí y es original. No copio, ni utilizo ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones de cualquier obra, artículo, memoria, o documento (en versión impresa o electrónica), sin mencionar de forma clara y estricta su origen, tanto en el cuerpo del texto como en la bibliografía. Así mismo declaro que los datos son veraces y que no he hecho uso de información no autorizada de cualquier fuente escrita de otra persona o de cualquier otra fuente.

De igual manera, soy plenamente consciente de que el hecho de no respetar estos extremos es objeto de sanciones universitarias y/o de otro orden.

En Madrid, a 30 de junio de 2021

Esta DECLARACIÓN debe ser insertada en primera página de todos los trabajos fin de máster conducentes a la obtención del Título.

Calor generado en la dentina durante la preparación cavitaria con la excavadora ultrasónica versus fresa de carburo de tungsteno. Estudio experimental in vitro



TRABAJO DE FIN DE MÁSTER
MÁSTER DE CIENCIAS ODONTOLÓGICAS
CURSO 2020/2021

PRESENTADO POR
Abdalbadea Altukroni

Directora
Cristina González Losada

Profesora Ayudante Doctora del Departamento de Odontología Conservadora y
Prótesis Bucofacial

AGRADECIMIENTOS

GRACIAS, en primer lugar a mi directora la **Dra. Cristina González Losada** por aceptar enseñarme, por apoyar este proyecto y por su consejos. Durante este estudio hemos compartido muchas dificultades y gracias a ella, el presente estudio se ha podido llevar a cabo.

GRACIAS, a **Begoña Mezquita**, por su apoyo en el estudio y en el idioma.

GRACIAS, a **Dra. Marta Romeo Rubio** por la ayuda prestada.

GRACIAS, a **Carmen Bravo** por su colaboración en el procesamiento de los datos estadísticos.

GRACIAS, Al **Departamento de Odontología Conservadora de la Universidad Complutense de Madrid**, en el cual se ha llevado a cabo este estudio.

ÍNDICE

1. Resumen	6
2. INTRODUCCIÓN	9
2.1. Herramientas de excavación de caries	9
2.2. Daño térmico de la pulpa	10
2.3. Excavadora ultrasónica	12
3. JUSTIFICACIÓN	17
4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	19
4.1. Hipótesis nula	19
4.2. Objetivo general	19
4.3. Objetivos específicos	19
5. MATERIAL Y MÉTODO	21
5.1. Diseño del estudio	21
5.2. Población del estudio	21
5.2.1. Selección de la población	21
5.3. Selección de la muestra:	21
5.3.1. Criterios de inclusión	21
5.3.2. Criterios de exclusión	22
5.4. Herramientas del estudio (variable independiente)	23
5.4.1. Excavadora ultrasónica (UE)	23
5.4.2. Contra-ángulo con fresas de carburo de tungsteno (FCT)	24
5.5. Aleatorización y Enmascaramiento	25
5.6. Grupos del estudio	25
5.6.1. UE con irrigación	25
5.6.2. UE sin irrigación	26
5.6.3. FCT con irrigación (Grupo control)	26
5.6.4. FCT sin irrigación	26
5.7. Preparación de las muestras	26
5.8. Intervención	28

5.9. Medidas de respuestas (variables dependientes)	31
5.9.1. Respuesta primaria	31
5.9.2. Respuesta secundaria.....	31
5.10. Medición del cambio térmico intrapulpar.....	31
5.11. Medición de la dentina restante.....	32
5.12. Calibración del flujo de irrigación y la carga aplicada	33
5.13. Cálculo de tamaño muestral.....	34
5.14. Análisis estadístico.....	34
6. RESULTADOS	35
6.1. RESULTADOS Sin Análisis Estadístico	36
6.1.1. Resultados de temperatura intrapulpar	37
6.1.2. Resultados de dentina residual	38
6.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	39
6.2.1. Cambio térmico intrapulpar entre T3-T0	39
6.2.1.1. Test de normalidad (Shapiro-Wilk).....	39
6.2.1.2. Test de Kruskal wallis.....	39
6.2.1.3. Test de homogeneidad de variancias (Test de Levene)	43
6.2.1.4. Descriptivos; (en Centígrado).....	43
6.2.1.5. Análisis de la variancia (ANOVA).....	44
6.2.2. Cambio de dentina residual Entre D INICIAL-D FINAL.....	46
6.2.2.1. Test de normalidad (Shapiro-Wilk).....	46
6.2.2.2. Test de homogeneidad de variancias (Test de Levene)	46
6.2.2.3. Descriptivos; (en Milímetro)	47
6.2.2.4. Análisis de la variancia (ANOVA).....	47
6.2.3. Coeficiente de correlación de Pearson entre, el cambio térmico intrapulpar entre T3-T0, y el cambio de dentina residual entre D INICIAL-D FINAL.....	49
7. DISCUSIÓN	50
7.1. DISCUSIÓN DEL MATERIAL Y MÉTODO	50
7.1.1. Dientes.....	50
7.1.2. Estandarización de muestras.....	51

7.1.2.1. Conservación de las muestras	51
7.1.2.2. Preparación de las muestras	52
7.1.3. Herramientas.....	54
7.1.3.1. Excavadora ultrasónica	54
7.1.3.2. Contra-ángulo con fresa de carburo de tungsteno	55
7.2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	56
7.2.1. Cambio térmico intrapulpar T3-T0.....	56
7.2.2. Cambio de dentina residual D final-D inicial	60
7.2.3. Excavadora Ultrasónica.....	62
8. CONCLUSIONES	64
9. BIBLIOGRAFÍA.....	65

1. Resumen

Título: Calor generado en la dentina durante la preparación cavitaria con la excavadora ultrasónica versus fresa de carburo de tungsteno. Estudio experimental in vitro

Introducción: El tejido pulpar es objeto de una amplia variedad de agresiones tanto bacterianas como térmicas, traumáticas y químicas, que en última instancia pueden provocar inflamación de la pulpa o necrosis. Las herramientas mínimamente invasivas deben preservar la vitalidad de la pulpa durante la excavación de caries, evitando provocar daños pulpares. El aumento de la temperatura durante la excavación de la dentina cariada provoca daños biológicos, de ahí que para minimizar el daño, los dentistas deben trabajar con cuidado con una generación mínima de calor. El desarrollo de tecnología e instrumentos dentales en operatoria dental, sigue avanzando para ser cada vez más biológico y conservador. En el estudio actual presentaremos la excavadora ultrasónica como una herramienta mínimamente invasiva para la remoción de caries.

Objetivo: Indicar si los cambios térmicos intrapulpares al instrumentar con contra-ángulo con fresas de carburo de tungsteno (con y sin refrigeración con agua), y con excavadoras ultrasónicas (con y sin refrigeración con agua) superan o no la temperatura crítica a partir de la cual se provoca daño pulpar (5,5°C).

Metodología: Se han realizado un estudio experimental in vitro, sobre 20 dientes anteriores inferiores, extraídos de bovinos. Se han realizado una preparación cavitaria de clase V. Ha sido estandarizado en todos los dientes (0.5 x 0.4 mm). La profundidad de la cavidad en todos los dientes ha sido de 0,1 mm. Todas las raíces de los dientes han sido amputadas 3 mm por debajo de la línea cervical, para facilitar la colocación del termo-cable dentro de la corona. En el grupo control las cavidades han sido realizadas empleando el contra-ángulo con fresas de carburo de tungsteno, con irrigación de agua. Por otro lado, en las muestras de

los grupos test las cavidades han sido realizadas con; excavadora ultrasónica con irrigación con agua, excavadora ultrasónica sin irrigación, y pieza de mano rotatoria de baja velocidad con fresas de carburo de tungsteno sin irrigación. Se ha medido la temperatura pulpar con un termómetro antes de empezar la excavación, posteriormente se han realizado otras mediciones a los 10, 20 y 30 segundos. Se ha medido la barrera de dentina residual antes de la excavación y a los 30 segundos, empleando para ello una sonda periodontal graduada (CP11, ASA Dental®) y radiografía extraoral CBCT (Carestream CS 9600). El test de Shapiro-Wilk ha sido usado para indicar la normalidad de las distribuciones, Después, el test de análisis de la variancia (ANOVA) ha sido usado para detectar las diferencias significativas de las medias de los cuatro grupos. Luego, para determinar la localización de las diferencias estadísticas, se ha empleado el test de comparaciones múltiples de Tukey ($P < 0,05$). El Test no paramétrico de Test de Kruskal Wallis y el test de la mediana han sido usados para sugerir la deferencia entre los grupos. Posteriormente, para detectar las diferencias significativas entre los grupos, se ha aplicado test de Comparaciones Múltiples a posteriori con corrección de Bonferroni ($p < 0.05$).

Resultados: Los cambios de la temperatura intrapulpar entre T3-T0 no han llegado a la temperatura critica en todos los grupos ($p < 0.05$). La media del cambio térmico intrapulpar entre T3-T0 en el grupo UE con irrigación es (0.96°C), en el grupo UE sin irrigación (1.56°C), en el grupo FCT con irrigación (0.28) y en el grupo FCT sin irrigación (1.42). Han sido diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los grupos UE sin irrigación, FCT con irrigación y FCT sin irrigación, con respecto a la herramienta UE con irrigación. También entre los grupos UE con irrigación, UE sin irrigación y FCT sin irrigación, con respecto a la herramienta FCT con irrigación, siendo los cambios térmicos intrapulpare entre T3-T0. En todos los grupos ha habido cambio en la dentina restante entre D inicial-D final ($p < 0.05$). La media del cambio de la dentina restante entre D inicial-D final en el grupo UE con irrigación es (0.01 mm), en el grupo UE sin irrigación (0.03 mm), en el grupo FCT con irrigación (0.01 mm) y en el grupo FCT sin irrigación (0.08 mm). Ha habido diferencias estadísticamente significativas

($p < 0,05$) entre los grupos UE con irrigación, UE sin irrigación y FCT con irrigación con respecto a la herramienta FCT sin irrigación, siendo los cambios de dentina residual entre D inicial-D final. Ha existido correlación lineal significativa entre el cambio térmico intrapulpar entre T3-T0, y el cambio de dentina residual entre D INICIAL-D FINAL (Coef = .441), ($P=0.05$).

Conclusiones: Ninguno de los grupos ha llegado a la temperatura crítica 5.5°C . El contra-ángulo con fresa de carburo de tungsteno con refrigeración con agua son las que generan el menor cambio térmico intrapulpar. Por otro lado, tanto la fresa de carburo de tungsteno como la excavadora ultrasónica sin refrigeración con agua, producen los mayores cambios térmicos y a un nivel muy parecido. Ambas herramientas usadas con refrigeración con agua generan el desgaste mínimo cuantificado de la estructura dentinaria y similar. A su vez, la fresa de carburo de tungsteno sin refrigeración con agua produce el mayor desgaste de la estructura dentinaria. La refrigeración con agua minimiza los cambios térmicos al igual que el desgaste de la estructura dentinaria.

Palabras clave: Caries profunda, Daño pulpar térmico, Excavación de caries, Excavadora ultrasónica, Fresa de carburo de tungsteno, Odontología mínima invasiva.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Herramientas de excavación de caries

En los primeros tiempos, la remoción de la estructura dental se realizó con recortadores y cinceles de borde afilado. Estos instrumentos de corte hechos a mano se utilizaban para eliminar el esmalte socavado y sin soporte resultante de la caries dental. Estos métodos consumían mucho tiempo y planteaban muchas dificultades (1).

Las técnicas utilizadas en la remoción de dentina cariada, se han desarrollado desde que (GV Black) en 1893, propuso inicialmente el principio de 'extensión por prevención' en el tratamiento operatorio de las lesiones cariosas (2). En el pasado el material de relleno que se utilizaba para retener la restauración era exclusivamente la amalgama dental. Hoy en día, cuando se utilizan materiales adhesivos, no se puede justificar la eliminación de tejidos duros dentales con este fin (3).

Las herramientas dentales de la eliminación de la caries, juegan un papel importante en la preservación de la estructura y la vitalidad de los dientes. Hay varias técnicas disponibles para la excavación de caries, (piezas de mano rotatorias con fresas dentales, ultrasónicas, quimio-mecánicas, láser, excavadoras manuales). El desarrollo de las tecnologías y los instrumentos odontológicos en operatoria dental ha avanzado hacia el tratamiento biológico y conservador. Mantener la vitalidad de los dientes es el objetivo principal de los dentistas, especialmente en las lesiones cariosas profundas. Todos los métodos de excavación deben cumplir con las normas de seguridad establecidas. Los instrumentos de excavación de caries deberían poder reducir los riesgos de lesión pulpar, exposición pulpar, tiempo y dolor.

En la práctica dental habitual, después de haber obtenido acceso a la dentina cariada utilizando una pieza de mano de alta velocidad con una fresa, se usa un contra-ángulo con una fresa o una excavadora manual para la remoción de la dentina cariada (2). La naturaleza del tratamiento dental convencional afecta a la estructura dental y a la vitalidad de la pulpa, lo que ha llevado a la profesión a promover estrategias de tratamiento de base biológica mínimamente invasivas.

Esto ha dado lugar a un cambio en el tratamiento de la caries profunda, al reducir el riesgo del daño pulpar traumático, exposición pulpar y excavación innecesaria de la dentina. Evitar la exposición pulpar tiene un gran impacto en el pronóstico de la vida del diente y en los costos del tratamiento a largo plazo (4, 5, 6).

Aunque la fresa rotatoria es de uso universal, todavía existen problemas asociados que deben superarse (2). Muchos dentistas utilizaron el contra-ángulo para la excavación de caries, que es más segura que la de alta velocidad.

El tipo y el material de la fresa dental influyen directamente en la eficacia del corte. Los diseños y materiales de las fresas dentales se han mejorado en un intento de minimizar los daños traumáticos, mientras aumenta la eficiencia de la excavación de caries. Recientemente, se han buscado fresas con diferentes materiales como alternativas para la eliminación de caries como (fresas de carburo de tungsteno, fresas de cerámica o fresas de polímeros).

Las fresas de carburo de tungsteno reemplazaron a las fresas de acero-carbono para la excavación de caries (7). Se convirtieron en el método de excavación de caries más utilizado (8). Bajo microscopio las partículas de carburo de tungsteno, se mantienen juntas en una matriz de cobalto o níquel en la fresa (9).

La idea de la fresa de polímero, es desarrollar una herramienta para la excavación de la dentina cariosa con una dureza de aproximadamente 50 KHN, por lo que se encuentra entre la dureza de la dentina sana y afectada por la caries. El primer intento fue realizado por (Horiguchi), desarrollaron partículas de policarbonato como medio abrasivo a partir de un dispositivo de propulsión de polvo. La última generación de instrumentos de polímero, se lanzó en 2010 (SmartBur II®; SSWhiteBurs, Lakewood, NJ, NJ, EE. UU.) y (PolyBur P1®; Komet, Gebr. Brasseler, Lemgo, Alemania) (10).

2.2. Daño térmico de la pulpa

Hay muchos motivos que provocan el daño pulpar, como lesiones de caries, cambios térmicos intrapulares, traumatismo o desgaste de los dientes (11). La generación de calor durante los procedimientos de restauración, es una fuente de traumatismo para la pulpa dental y conduce a la inflamación de la misma y podría provocar su necrosis.

El clásico estudio de Zach y Cohen (12) demostró a través de estudio en vivo, que un aumento de 5,5°C en la cámara pulpar puede causar daños considerables, comprometiendo la salud pulpar y produciendo inflamación irreversible en el 40% de las muestras analizadas. El posible efecto perjudicial del aumento de la temperatura en el tejido pulpar durante los procedimientos clínicos, ha sido motivo de preocupación en odontología. El calor transferido a la pulpa puede resultar en cambios histopatológicos y necrosis del tejido pulpar (13). Otro estudio mostró que se observaron cambios histológicos reversibles con aumento de temperatura en 3.3°C, mientras que con aumento la temperatura de 5.6°C, se produjo una pérdida de vitalidad pulpar en el 15% de los dientes (23). Un estudio en leucocitos humanos mostró que la activación de la 5-lipoxigenasa por choque térmico hasta 45°C durante 15 a 45 min condujo a la formación de LTB₄. Estos resultados mostraron claramente que los cambios térmicos leves son capaces de estimular las células pulpares y pueden inducir reacciones inflamatorias y la infiltración de células inflamatorias en los tejidos pulpares (14). El estudio de (Banerjee et al., 2000), ha demostrado que los instrumentos rotatorios de velocidades que van desde 30.000 rpm a 170.000 rpm, con una aplicación de cuatro onzas de presión, producen un aumento de temperatura dentro del diente de <15°C cuando se emplearon irrigación con agua o aire-agua. También descubrió que incluso con un refrigerante de agua, se desarrollaban temperaturas excesivas cuando se aplicaban instrumentos de gran diámetro o presión excesiva con velocidades de funcionamiento aumentadas. Esto indica que el uso de refrigerante no es suficiente para reducir el peligro del aumento de temperatura. Por otro lado, el espesor de la dentina residual tiene relación directa con la generación de calor. Varios estudios han demostrado que las temperaturas en la superficie de corte de las fresas y las piedras podrían elevarse fácilmente por encima del umbral del dolor e incluso, a pesar de la irrigación con agua aún podría producirse algún daño a la pulpa (2).

El calor generado durante los procedimientos de preparación de la cavidad, es una fuente importante de daño. Varias alteraciones pueden resultar del aumento de calor, como la sensibilidad postoperatoria, el desarrollo de tejido dentinario reparador, quema de tejido y necrosis pulpar. La extensión y el grado de daño

tisular dependen tanto de la magnitud como de la duración del calentamiento en el sustrato (75). Si llega suficiente calor a la pulpa durante los procedimientos dentales, puede provocar daños vasculares y necrosis (61, 93). Un factor importante en la preparación de los dientes, es mantener el aumento de temperatura por debajo de 5°C en la cámara pulpar. Los aumentos de temperatura superiores a 6 ° C pueden estar asociados con la destrucción completa de la pulpa (75).

Durante la eliminación de la caries, la energía que no se utiliza en el proceso de corte se transforma principalmente en calor. La cantidad de calor transmitido a la pulpa dependerá del grosor de la dentina, el instrumento empleado, la presión aplicada, el tiempo del proceso de corte, la velocidad durante el proceso de corte y la técnica de enfriamiento.

El calor generado por los instrumentos rotatorios depende de algunos factores tales como, el tamaño y tipo de fresas, la intermitencia del contacto, el torque, la abrasividad del instrumento, la carga y la cantidad de tejido extraído (75). El estudio de (23), determinó que la presión aplicada durante la preparación del diente y el tiempo de contacto de la fresa con el diente, tienen una influencia directa en la temperatura pulpar. También demostró que duplicar la velocidad o la presión aplicada de la pieza de mano rotatoria, produce un aumento de temperatura en 50% de los dientes (23). El estudio de (75), también indicó que la baja frecuencia de ataque con una ligera presión aplicada de la fresa y la baja presión de aire en la pieza de mano, da como resultado la tasa más baja de deposición de energía, pero también la tasa más baja de remoción de material.

2.3. Excavadora ultrasónica

El desarrollo de los dispositivos ultrasónicos en el campo de la odontología ha abarcado más de medio siglo (15). El instrumento ultrasónico fue introducido por primera vez en el campo dental por (Catuna et al) en 1953, como un método de preparación de cavidades combinado con abrasión, para facilitar la preparación de la estructura del diente. Aunque el desarrollo para la preparación de cavidades ultrasónicas se volvió redundante, debido a la baja potencia de corte y eficiencia,

en comparación con los instrumentos rotatorios de alta y baja velocidad, lo que llevó a la suspensión de este uso del ultrasonido (16, 61, 64).

Recientemente, los principales usos de la técnica ultrasónica en odontología han sido para el raspado, alisado radicular y tratamiento de conductos (17). Además, existen varios instrumentos ultrasónicos con diferentes dispositivos en el mercado, se aplican ampliamente en los campos de la odontología, incluidos la prostodoncia, la periodoncia, la endodoncia, la ortodoncia, la cirugía oral, el maxilofacial y el diagnóstico oral. (64).

El método piezoeléctrico aplica el interruptor de la carga eléctrica para causar la deformación dimensional de los discos piezocerámicos, produciendo así una vibración. En comparación con el método magnético, las ventajas del método piezoeléctrico incluyen una mayor eficiencia de transferencia de energía y una mayor vibración de un movimiento lineal. La alta eficiencia de la transferencia de energía reduce el consumo de la misma y el aumento de temperatura durante el proceso de transferencia. Además, la vibración lineal hacia adelante y hacia atrás puede producir un modo de vibración más preciso, en comparación con el modo de movimiento en forma de ocho creado por el método magnético (64, 93). El estudio de (15), evaluó la respuesta de la dentina pulpar después de la perforación de la cámara pulpar por ultrasonidos y dispositivos rotatorios impulsados por aire de alta velocidad, mostró que el uso de dispositivos ultrasónicos podría disminuir el daño, en casos de perforación de la cámara pulpar, en función del sangrado y otros resultados. El instrumento rotatorio de alta velocidad en la investigación histológica, bajo microscopio óptico presentó una superficie más rugosa con más odontoblasto dañado y más impactaciones de dentina que el instrumento ultrasónico. Además, la observación del microscopio electrónico de barrido mostró laceraciones obvias del tejido pulpar en el grupo del instrumento rotatorio de alta velocidad, por otro lado el grupo del ultrasónico tenía una superficie lisa. Se concluyó que los dispositivos ultrasónicos se pueden aplicar en la terapia pulpar vital, como el recubrimiento pulpar directo, pulpotomía o pulpectomía, como un enfoque seguro. Además, los dispositivos ultrasónicos causan menos daño a los tejidos de la pulpa dental en comparación con las fresas de los instrumentos rotatorios de alta velocidad impulsadas por aire (15). En el

caso clínico de (18), se utilizaban la técnica ultrasónica para la eliminación de caries en un niño de 2 años, utilizando puntas de diamante de deposición química de Vapor (CVD - Clorovale Diamantes Indústria e Comércio LTDA, São José dos Campos, Brasil), y llegan a la conclusión de que los instrumentos ultrasónicos pueden realizar una preparación conservadora de la cavidad, un procedimiento de eliminación de caries indoloro y producir un ruido mínimo.

La excavadora ultrasónica es una punta dental acoplada a micro vibraciones ultrasónicas (ondas). Tiene salida para el sistema de refrigeración (Figura 1, 2). La excavadora ultrasónica está fabricada con Ni-Ti o Acero, y es apta para soportar ciclos de esterilización. Basado en su diseño, eficiencia y nuestra experiencia (60) de la Excavadora Ultrasónica este dispositivo puede tener un amplio uso en la odontología operatoria y en los procedimientos de excavación de caries como una herramienta mínimamente invasiva (Figura 3).

El estudio de (19) analizó los aumentos de temperatura pulpar generados por un instrumento ultrasónico con puntas de deposición química en fase de vapor (CVD) durante la preparación de la cavidad, y se comparó con la preparación con una pieza de mano de alta velocidad con fresas de diamante. Demostró que el tiempo necesario para completar la preparación de la cavidad con la fresa rotatoria de alta velocidad es 3,3 minutos y en el otro lado 13,77 minutos para el dispositivo de ultrasonido.

En el mismo estudio, se colocaron termo-cables en la cámara pulpar de 20 terceros molares humanos extraídos. Los grupos fueron dos, en el primero se realizó la preparación las cavidades por instrumentos rotatorios de alta velocidad y en el segundo grupo se realizó la preparación de las cavidades con instrumento ultrasónico con puntas de deposición química (CVD). Resulta que los aumentos promedio de temperatura pulpar fueron 4.3°C para la preparación instrumentos rotatorios de alta velocidad y 3.8°C para la preparación con técnica ultrasónica.(19)

Sin embargo, existen muchas diferencias entre las puntas ultrasónicas de deposición de vapor químico (CVD) y la excavadora ultrasónica, la diferencia principal es que la excavadora ultrasónica está destinada a eliminar la caries, no a la preparación de las cavidades.

El calentamiento asociado con el uso de la excavadora ultrasónica, puede deberse al calentamiento por fricción del contacto entre la excavadora ultrasónica y el diente, la aplicación de temperatura directa por el fluido de irrigación o la absorción de energía acústica del ultrasonido transmitido al diente. Para medir el calor transmitido a la cámara pulpar, debemos estandarizar diferentes variables como, tiempo de contacto, nivel de potencia del dispositivo, punta de trabajo, temperatura/fuerza de flujo de irrigación, y carga aplicada.

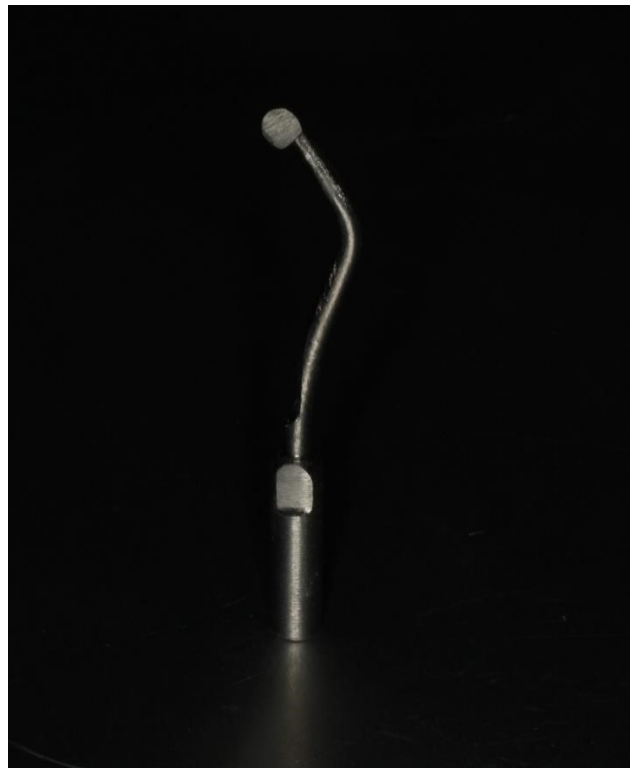


Figura. 1



Figura. 2

Figura. 3

3. JUSTIFICACIÓN

A principios del siglo pasado, cuando se establecieron las primeras guías de odontología operatoria, se definió el término “excavación de caries” como sinónimo de “preparación de la cavidad”, que a su vez consistía en “tratamiento mecánico de las lesiones de los dientes, producidos por caries dental, ya que encajaría mejor en la parte restante del diente para recibir obturación” (7).

Actualmente, la remoción del tejido cariado tiene como objetivo crear las condiciones para una restauración duradera, preservar el tejido sano y remineralizado, lograr un sellado suficiente, mantener la salud pulpar y maximizar el éxito de la restauración (3). La eliminación excesiva o inesperada de tejidos sería desfavorable para mantener la vitalidad de la pulpa (15).

Las herramientas dentales que se utilizan para la eliminación de caries desempeñan un papel importante en la preservación de la estructura y la vitalidad de los dientes. El desarrollo de herramientas dentales mejora el procedimiento de corte y minimiza los daños traumáticos. Recientemente, la caries dental se trata como una condición infecciosa y no como un producto final de la misma (20). El tratamiento mínimo invasivo de la caries, es una concepción teórica dirigido a preservar al máximo los tejidos dentales, para que los dientes tengan una mayor funcionalidad. La odontología operativa aún necesita desarrollar y crear nuevas tecnologías, dispositivos o instrumentos para resolver las desventajas de las herramientas dentales recientes.

Se deben emplear todos los medios para mantener la temperatura lo más baja posible durante la excavación de caries. Para brindar seguridad pulpar los aumentos de la temperatura deben ser inferiores a 5,5°C en la cámara pulpar. La generación de calor durante los procedimientos de preparación de los dientes puede dañar el tejido si no se controla (21).

Por lo general, los pacientes asocian la sensación de vibración, presión, ruido y aumento de temperatura, con la sensación de dolor, Por lo tanto, estos factores desencadenantes deben mantenerse en el nivel más bajo (1)

La decisión de qué herramienta dental se debe utilizar depende de muchos factores relacionados con el diente y el paciente. Para una excavación de caries eficaz, se debe mantener un equilibrio entre el tamaño de la punta, la forma de la misma, la presión, la potencia y el tiempo. Sin embargo, no hay pruebas suficientes para recomendar un método único para la excavación del tejido cariado (3).

Los instrumentos rotatorios de baja velocidad con fresas dentales y las excavadoras manuales se utilizan generalmente para la remoción de la caries. En el estudio actual, presentaremos la excavadora ultrasónica como una alternativa a estas técnicas convencionales.

La excavadora ultrasónica debería contribuir al desarrollo de una nueva modalidad de odontología mínimamente invasiva. Según nuestra experiencia (in vitro) (60), la excavadora ultrasónica tiene un potencial extremadamente alto para ser una herramienta conveniente y eficiente para la excavación de caries y merece un desarrollo futuro.

4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

4.1. Hipótesis nula

Tanto los contra-ángulos con fresas de carburo de tungsteno como las excavadoras ultrasónicas generan los mismos cambios térmicos intrapulpares, ya sea que estén refrigeradas con agua o no.

4.2. Objetivo general

Indicar si los cambios térmicos intrapulpares al instrumentar con contra-ángulo con fresas de carburo de tungsteno (con y sin refrigeración con agua), y con excavadoras ultrasónicas (con y sin refrigeración con agua) superan o no la temperatura crítica a partir de la cual se provoca daño pulpar (5,5°C).

4.3. Objetivos específicos

1. Comparar los cambios térmicos intrapulpares generados con los contraángulos con fresas de carburo de tungsteno (con refrigeración con agua) y las excavadoras ultrasónicas (con refrigeración con agua), a los treinta segundos de la excavación.
2. Comparar los cambios térmicos intrapulpares generados con los contraángulos con fresas de carburo de tungsteno (sin refrigeración con agua) y las excavadoras ultrasónicas (sin refrigeración con agua), a los treinta segundos de la excavación.
3. Comparar el desgaste de estructura dentinaria a los treinta segundos, cuando se emplea los contra-ángulos con fresas de carburo de tungsteno (con refrigeración con agua) y excavadoras ultrasónicas (con refrigeración con agua).
4. Comparar el desgaste de estructura dentinaria a los treinta segundos, cuando se emplea los contra-ángulos con fresas de carburo de tungsteno (sin refrigeración con agua) y excavadoras ultrasónicas (sin refrigeración con agua).

5. Analizar la influencia de la refrigeración con agua de las herramientas evaluadas tanto en los cambios térmicos intrapulpares como en el desgaste de la dentina.

5. MATERIAL Y MÉTODO

5.1. Diseño del estudio

El estudio se ha diseñado como un estudio experimental in vitro, se ha evaluado la hipótesis causal entre dos herramientas de excavación de caries (contraángulos con fresas de carburo de tungsteno y excavadora ultrasónica, con y sin refrigeración con agua) y la generación de calor pulpar, durante la excavación de dentina en dientes anteriores inferiores de bovinos, durante 30 segundos. También se ha evaluado la eficiencia de excavación de ambas herramientas con y sin refrigeración por agua. Este estudio es el primero que compara la excavadora ultrasónica y la fresa de carburo de tungsteno, el tamaño muestral del presente estudio (N = 5) de cada grupo. Este estudio ha sido aprobado por la Facultad de Odontología de la UCM (Código; 43220321). Como este estudio no afectó a la mortalidad ni al proceso de sacrificio del ganado bovino no se consideró un estudio animal que tuviese que pasar por ningún comité ético.

5.2. Población del estudio

5.2.1. Selección de la población

Se han empleado en este estudio siete mandíbulas de bovinos del matadero de Getafe (Madrid), con las coronas de los incisivos primarios y secundarios completamente erupcionadas (Figura 4, 5). Cuatro mandíbulas han sido recogidas el 18 de marzo y luego tres mandíbulas el 4 de abril, se ha realizado una exploración dental completa a esos dientes, a cargo del investigador principal, y se ha seleccionado los dientes intactos, sin defectos ni caries.

5.3. Selección de la muestra:

5.3.1. Criterios de inclusión

1. Los bovinos de edades entre 24 y 48 meses, ya que es cuando los incisivos primarios y secundarios están erupcionados y la cámara pulpar es de gran tamaño.
2. Dientes permanentes intactos, es decir sin ningún defecto, fractura o caries.

3. Las coronas de longitud (entre la línea incisiva hasta la línea cervical) de (1 – 1.5 mm), anchura de (0.5 -1.5 mm) en la zona alta de contorno, entre la cresta marginal mesial y distal, y altura de (0.2 – 0.7 mm) en la superficie proximal.
4. Los dientes sin cemento coronal.

5.3.2. Criterios de exclusión

1. Los dientes destruidos o con fractura en la corona durante la extracción o la excavación.
2. los dientes perforados durante la preparación.
3. Los bovinos con enfermedades que puede afectar los criterios clínicos del estudio.
4. Los dientes conservados en la solución salina equilibrada de Hank's (HBSS) más que siete días.



(Figura 4)

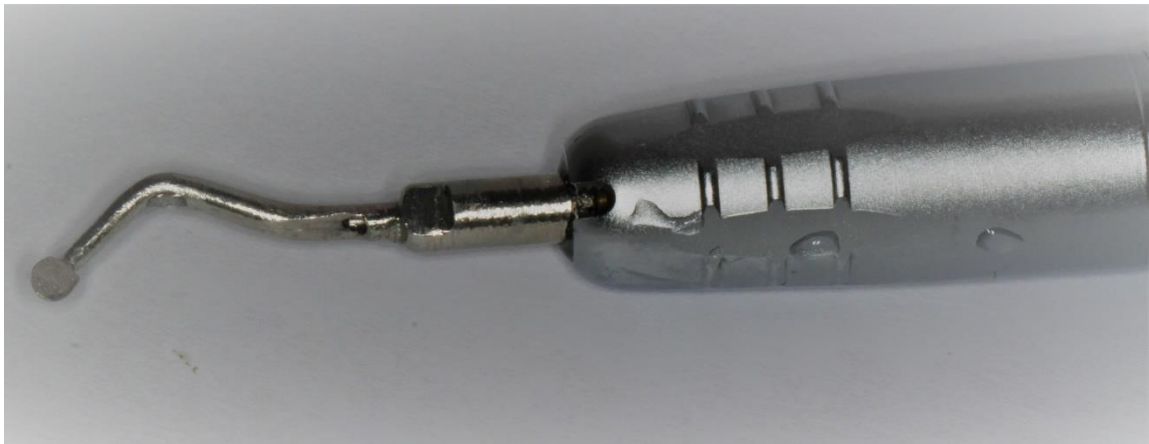


(Figura 5)

5.4. Herramientas del estudio (variable independiente)

5.4.1. Excavadora ultrasónica (UE)

Es una pieza de mano ultrasónica conectada a un compresor de aire comprimido, el cual, proporciona un flujo de aire a una presión constante de 67 libras de fuerza por pulgada cuadrada (psi). La frecuencia máxima de micro vibraciones ultrasónicas es 6 KHz (kilohercios), se produce cuando las puntas se mueven libremente. La punta de UE tiene un ángulo aproximadamente de 120 ° y otro de aproximadamente 80°. El extremo de trabajo afilado y en forma de cuchara tiene aproximadamente 90°. Tiene una salida de irrigación incorporada. Fabricado con Acero. La pieza de mano ultrasónica (BADER®, Cavitator One, Spain) y la punta han sido fabricados por un taller privado (Taller Alharthi) en Madina, Arabia Saudí (Figura 6). Presentada con el número de aplicación de modelo de utilidad (U202032187) en La Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM), por La Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de UCM.



(Figura 6)

5.4.2 Contra-ángulo con fresas de carburo de tungsteno (FCT)

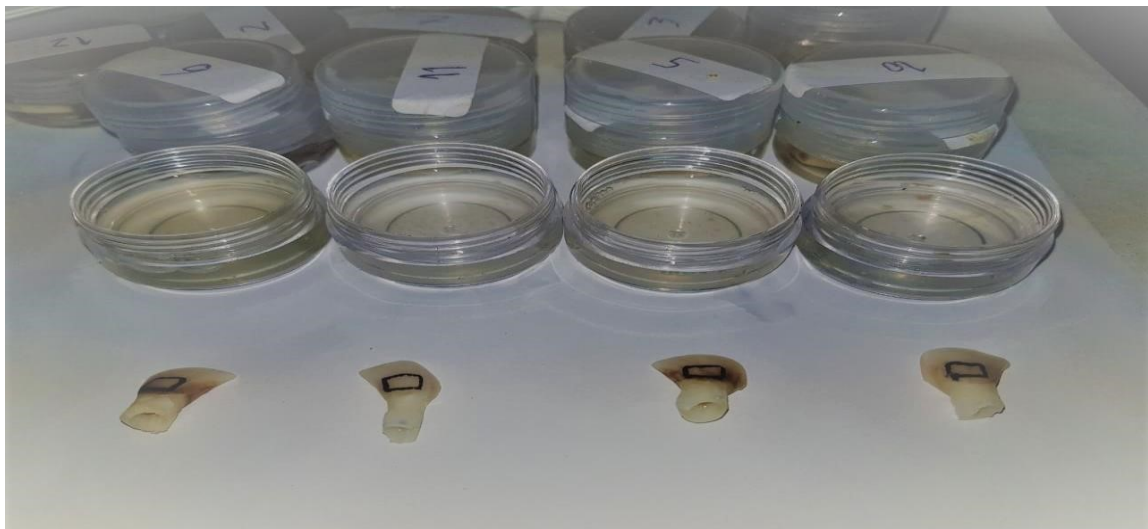
Es una pieza de mano contra-ángulo de baja velocidad con compresor de aire comprimido, proporcionando un flujo de aire a una presión constante de 45 libras de fuerza por pulgada cuadrada (psi). La velocidad máxima de rotación de la fresa, 40,000 revoluciones por minuto (rpm) se produjo cuando las fresas giraban libremente. Las fresas son redondas de carburo de tungsteno de tamaño 0.21 (Proclinic®, Belgium) (Figura 7). Las partículas de carburo de tungsteno se mantienen juntas embebidas en una matriz de cobalto o níquel en la punta.



(Figura 7)

5.5. Aleatorización y Enmascaramiento

Los números aleatorios secuenciales se han señalado en los contenedores de las muestras de cada mandíbula (Figura 8). Luego, los contenedores han sido aleatoriamente asignados a los grupos de herramientas UE (Excavadora ultrasónica) con irrigación, UE sin irrigación, FCT (Fresa de Carburo de Tungsteno) con irrigación, y FCT sin irrigación, según un sistema de distribución equilibrado a través de un generador de números aleatorios computerizado (True Random Generator, Versión 2.0.3), en base a la aleatorización de bloques, realizada por un investigador distinto al operador, inmediatamente después de la preparación de las muestras y cavidades. Los contenedores secuencialmente numerados han sido abiertos al operador en el momento de comenzar la excavación asignada. De tal forma que el operador sólo ha sabido el grupo de intervención en el mismo momento de tener que realizarla.



(Figura 8)

5.6. Grupos del estudio

5.6.1. UE con irrigación

Excavación por la excavadora ultrasónica (la descripción aparece en la aplicación de modelo de utilidad (U202032187) en La Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM), con una frecuencia de 6 KHz con irrigación de agua templada.

5.6.2. UE sin irrigación

Excavación por la excavadora ultrasónica (la descripción aparece en la aplicación del modelo de utilidad (U202032187) en La Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM), sin irrigación.

5.6.3. FCT con irrigación (Grupo control)

Excavación por el contra-ángulo con fresas de carburo de tungsteno a 40.000 Rpm, el tamaño de la fresa es (012), con irrigación de agua templada.

5.6.4. FCT sin irrigación

Excavación por el contra-ángulo con fresas de carburo de tungsteno al 40.000 Rpm, el tamaño de la fresa es (012), sin irrigación.

5.7. Preparación de las muestras

Después del sacrificio de cada bovino y dentro de las primeras 48 horas, se ha limpiado la placa dental y los tejidos blandos que rodean a los dientes anteriores primarios y secundarios inferiores, con una cureta gracey $\frac{3}{4}$ (REF. 59770, Proclinic®). Luego, se han realizado las extracciones de los dientes con fórceps (N.33, Bestdent, REF. 80230), se han lavado los dientes con agua esterilizada, y se han conservado los dientes en solución salina equilibrada de Hank's (HBSS) (Lonza, BioWhittaker®) durante una semana como máximo, para mantener la elasticidad y rugosidad de la dentina.

A continuación, todos los dientes han sido estandarizados y medidos con un calibrador digital (Mituityo®) y una regla de (1/1000). Las medidas han sido realizadas por el investigador principal y posteriormente revisadas y reconfirmadas por dos evaluadores odontólogos de la UCM.

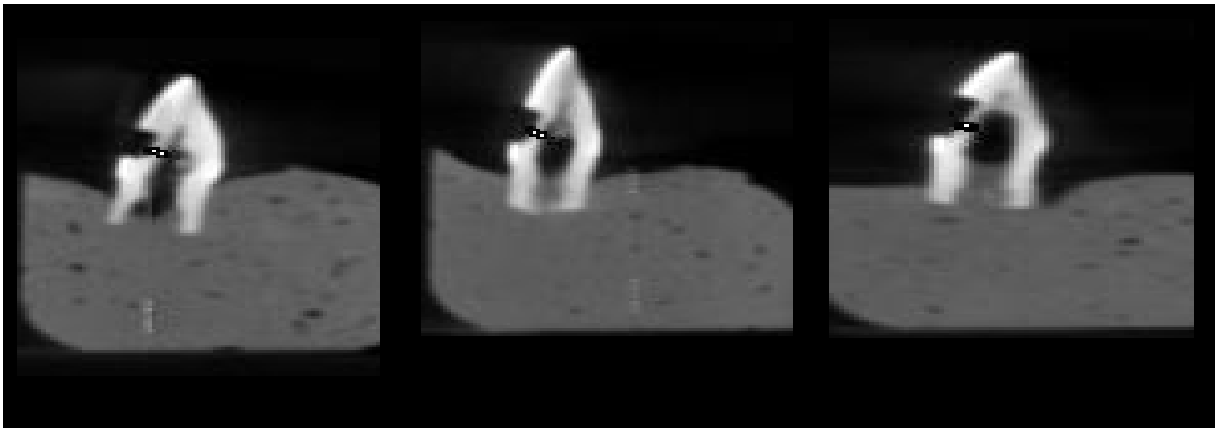
Luego, se ha realizado una preparación cavitaria de clase V, estandarizada en todos los dientes (0.5 x 0.4 mm), usando pieza de mano de alta velocidad turbina (Turbina Pana-Max2 KV Conexión Multiflex, P1212001, NSK®) con fresa de piedra de diamante (F. G. 108-009 Cilindro, REF. 5008, Horico®) medida por una sonda periodontal graduada (CP11, ASA Dental®) y una regla de (1/1000) (Figura 9). La profundidad de la cavidad en todos los dientes ha sido de 0,1 mm medida

por fresa de piedra de diamante previamente marcada con esa longitud (F. G. 108-009 Cilindro, REF. 5008, Horico®) se realiza el mismo procedimiento en la sonda periodontal (CP11, ASA Dental®) para reconfirmar la longitud. La cantidad del grosor de la dentina restante en el suelo ha sido medida por una radiografía CBCT (Carestream CS 9600) usando el programa analizador de imagen ImageJ (Instituto Nacional de Salud), se ha confirmado la medida del analizador con la medida real en algunas muestras aleatorias (Figura 10).

Las raíces de los dientes han sido amputadas 3 mm por debajo la línea cervical (Figura 9), empleando para ello pieza de mano de alta velocidad (Turbina PanaMax2 KV Conexión Multiflex, P1212001, NSK®) con fresa de piedra de diamante (F. G. 108-009 Cilindro, REF. 5008, Horico®), para facilitar la colocación del termo-cable tipo K (Proster®, China) (Figura 11). Luego, el tejido pulpar y los detritus han sido eliminados con una excavadora manual (Medicon®, Fig 35, Germany) e irrigados con suero fisiológico. Todos los pasos de las preparaciones de las muestras han sido revisados y confirmados por un odontólogo de la UCM. Cada uno de los dientes ha sido mantenido en un contenedor independiente, secuencialmente numerado, con la solución salina equilibrada de Hank's (HBSS) (Lonza, BioWhittaker®).



(Figura 9)



(Figura 10)



(Figura 11)

5.8. Intervención

Las excavaciones se han llevado a cabo con dos herramientas, La excavadora ultrasónica (UE) que es una pieza de mano ultrasónica conectada a un compresor de aire comprimido, el cual, proporciona un flujo de aire a una presión constante de 67 libras de fuerza por pulgada cuadrada (psi). La frecuencia máxima de micro vibraciones ultrasónicas es 6 KHz (kilohercios), se produce cuando las puntas se mueven libremente. La punta de UE tiene un ángulo aproximadamente de 120° y otro de aproximadamente 80°. El extremo de trabajo afilado y en forma de cuchara tiene aproximadamente 90°. Tiene una salida de irrigación incorporada (Figura 6). Fabricado con Acero. La pieza de mano ultrasónica (BADER®, Cavitator One, Spain) y la punta han sido fabricados por un taller privado (Taller Alharthi) en Madina, Arabia Saudí. Presentada con el número de aplicación de modelo de utilidad (U202032187) en La Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM), por

La Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de UCM. La otra herramienta que se ha usado es un contra-ángulo con compresor de aire comprimido, proporcionando un flujo de aire a una presión constante de 45 libras de fuerza por pulgada cuadrada (psi). La velocidad máxima de rotación de la fresa 40,000 revoluciones por minuto (rpm) se produjo cuando las fresas giraban libremente. Las fresas son redondas de carburo de tungsteno de tamaño 0.21 (Proclinic®, Belgium). Las partículas de carburo de tungsteno se mantienen juntas embebidas en una matriz de cobalto o níquel en la punta (Figura 7).

Después, la corona con el termo-cable introducido dentro, ha sido colocada encima de una esponja para estabilizarla y por debajo de la misma se ha situado una báscula (NWT-6K, JADEVER®) para medir la carga aplicada durante la excavación (Figura 12, 13).

En el grupo UE con irrigación, la excavación con la excavadora ultrasónica se ha realizado en una frecuencia de 6 KHz. Se ha excavado la dentina desde la pared mesial de la cavidad hasta la pared distal, repitiendo el proceso de excavación continuamente durante 30 segundos. Con una carga dentro 40-50 g y con irrigación de agua templada (18 °C) y de flujo 60 ml/min. Para cada muestra se usa una excavadora nueva.

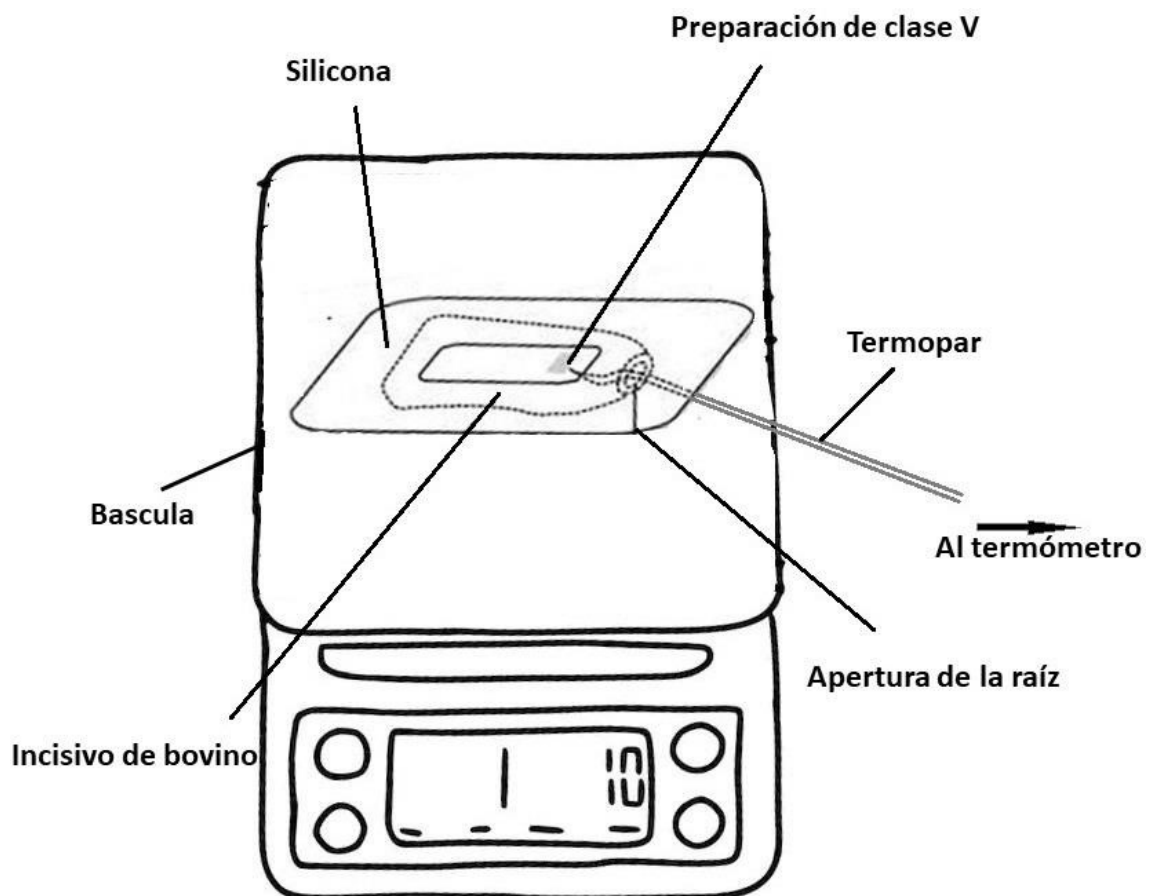
En el grupo UE sin irrigación, la excavación con la excavadora ultrasónica se ha realizado en una frecuencia de 6 KHz. Se ha excavado la dentina desde la pared mesial de la cavidad hasta la pared distal, repitiendo el proceso de excavación continuamente durante 30 segundos. Con una carga dentro de 40-50 g y sin irrigación. Para cada muestra se usa una excavadora nueva.

En el grupo FCT con irrigación, la excavación con el contra-ángulo con fresas de carburo de tungsteno ha sido a 40.000 rpm, tamaño de la fresa (012). Se ha excavado la dentina desde la pared mesial de la cavidad hasta la pared distal, repitiendo el proceso de excavación continuamente durante 30 segundos. Con

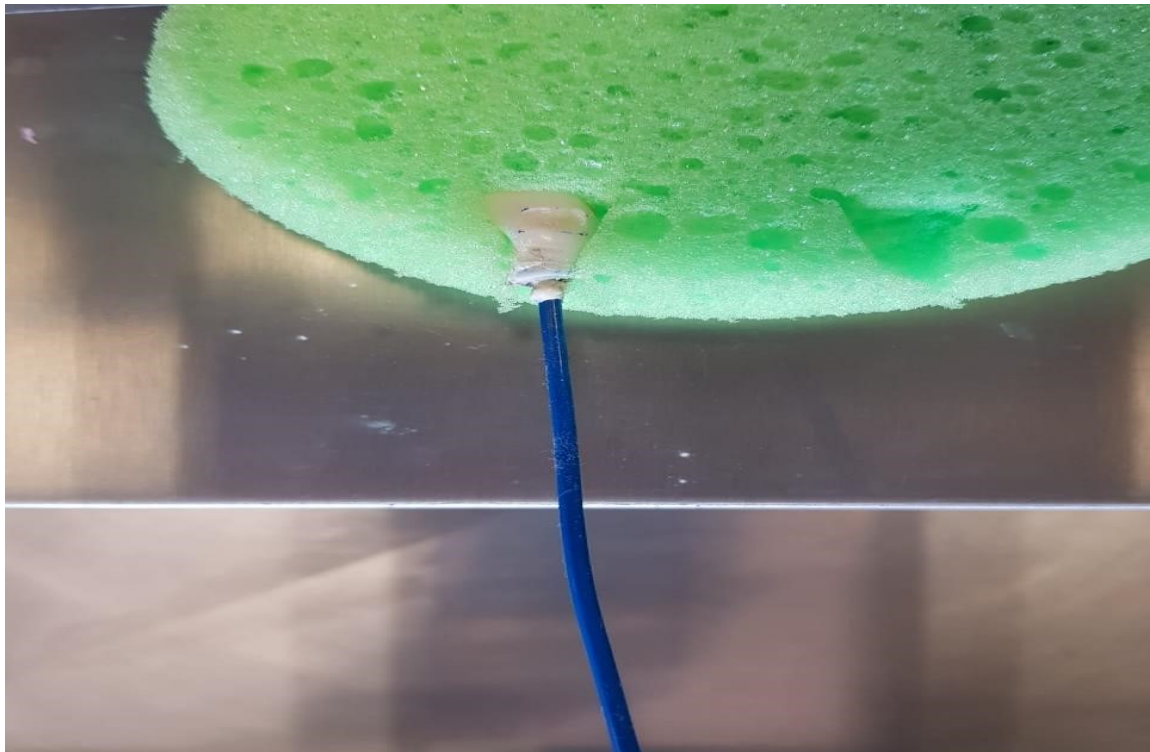
una carga dentro 40-50 g y con irrigación de agua templada (18 °C) y de flujo 60 ml/min. Para cada muestra se usa una fresa nueva.

En el grupo FCT sin irrigación, la excavación con el contra-ángulo con fresas de carburo de tungsteno ha sido a 40.000 rpm, tamaño de la fresa (012). Se ha excavado la dentina desde la pared mesial de la cavidad hasta la pared distal, repitiendo el proceso de excavación continuamente durante 30 segundos. Con una carga dentro 40-50 g y sin irrigación con agua. Para cada muestra se usa una fresa nueva.

Todas las intervenciones han sido realizadas a lo largo de una semana después de obtener las mandíbulas. Las excavaciones han sido realizadas en la Facultad de Odontología de UCM, por un operador experimentado.



(Figura 12)



(Figura 13)

5.9. Medidas de respuestas (variables dependientes)

5.9.1. Respuesta primaria

Temperatura pulpar; La temperatura generada en la cámara pulpar antes de empezar la excavación (T0), a los 10 (T1), 20 (T2) y 30 (T3) segundos

5.9.2. Respuesta secundaria

Dentina excavada; La cantidad de dentina excavada durante 30 segundos, midiendo la barrera residual antes de la excavación (D INICIAL) y a los 30 segundos (D FINAL).

5.10. Medición del cambio térmico intrapulpar

La manera de medir la temperatura en todos los sujetos ha sido parecida al estudio (21), usando termo-cable dentro de la cámara pulpar de dientes de bovinos. En este estudio, las muestras han sido extraídas de los contenedores de la solución salina equilibrada de Hank's (HBSS) (Lonza, BioWhittaker®) durante 30 minutos para que se secasen a la temperatura de la habitación (20 –

25°C). Después se ha rellenado la cámara pulpar con una pasta termoconductiva profesional (Hama®) para facilitar la transferencia de calor. Se pondrá el termocable tipo K (Proster®, China) conectado a un termómetro (Proster®, PST095, China) (Figura 14) y a su vez, a la cámara pulpar para medir el cambio de la temperatura generada. Para verificar que el termo-cable se encuentra en su posición ideal se han medido la longitud introducida del termo-cable y se ha verificado con la distancia entre la cavidad y la apertura en la raíz. Luego, la apertura de la raíz ha sido cerrada con un cemento de zinc fosfato (Faciden®, S.L, Spain) para medir la temperatura exacta de la cámara pulpar.

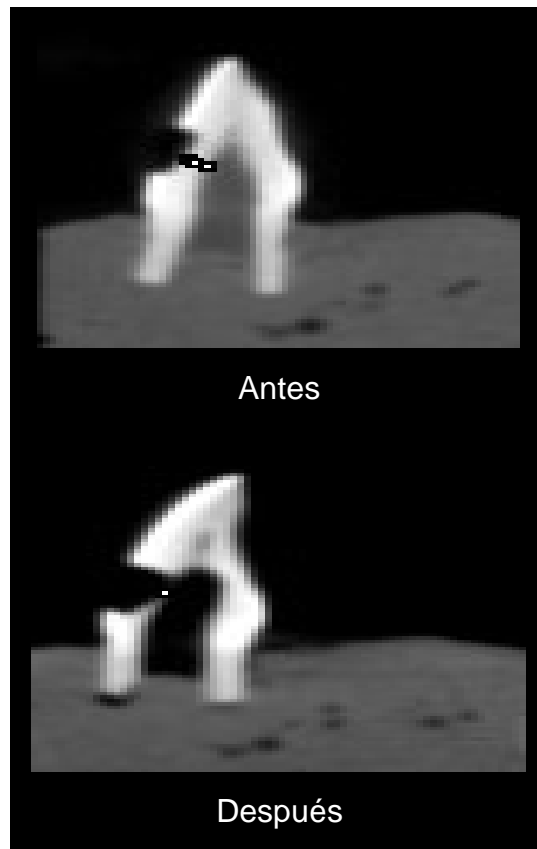


(Figura 14)

5.11. Medición de la dentina restante

Después de verificar que las profundidades de las cavidades son 0.1 mm, usando una sonda periodontal graduada (CP11, REF. 0702L-11, ASA Dental®) en el

centro axio-mesio-incisal, axio-disto-incisal, axio-mesio-gingival, y axio-distogingival del suelo pulpar, se ha medido el espesor de la barrera de dentina antes y después del proceso de excavación con una radiografía tomografía computarizada de haz cónico CBCT (Carestream® CS 9600), estandarizando anteriormente el programa analizador de imagen Image J (Instituto Nacional de Salud), tomando como medida de referencia dientes reales elegidos de manera aleatoria. Para medir el cambio en la dentina restante, se realiza en la mitad de la cavidad aproximadamente (Figura 15).



(Figura 15)

5.12. Calibración del flujo de irrigación y la carga aplicada

Las piezas de mano de ambas herramientas con las puntas acopladas, se han hecho funcionar durante 1 min, recogiendo el agua en una pipeta calibrada. El líquido refrigerante ha estado dirigido hacia la fresa de FCT y el extremo de trabajo de UE respectivamente.

Según la evaluación del operador y su preferencia clínica se determina que, el flujo utilizado será de 60 ml/min en ambas herramientas y La carga aplicada se estipula entre 50-60 g.

5.13. Cálculo de tamaño muestral

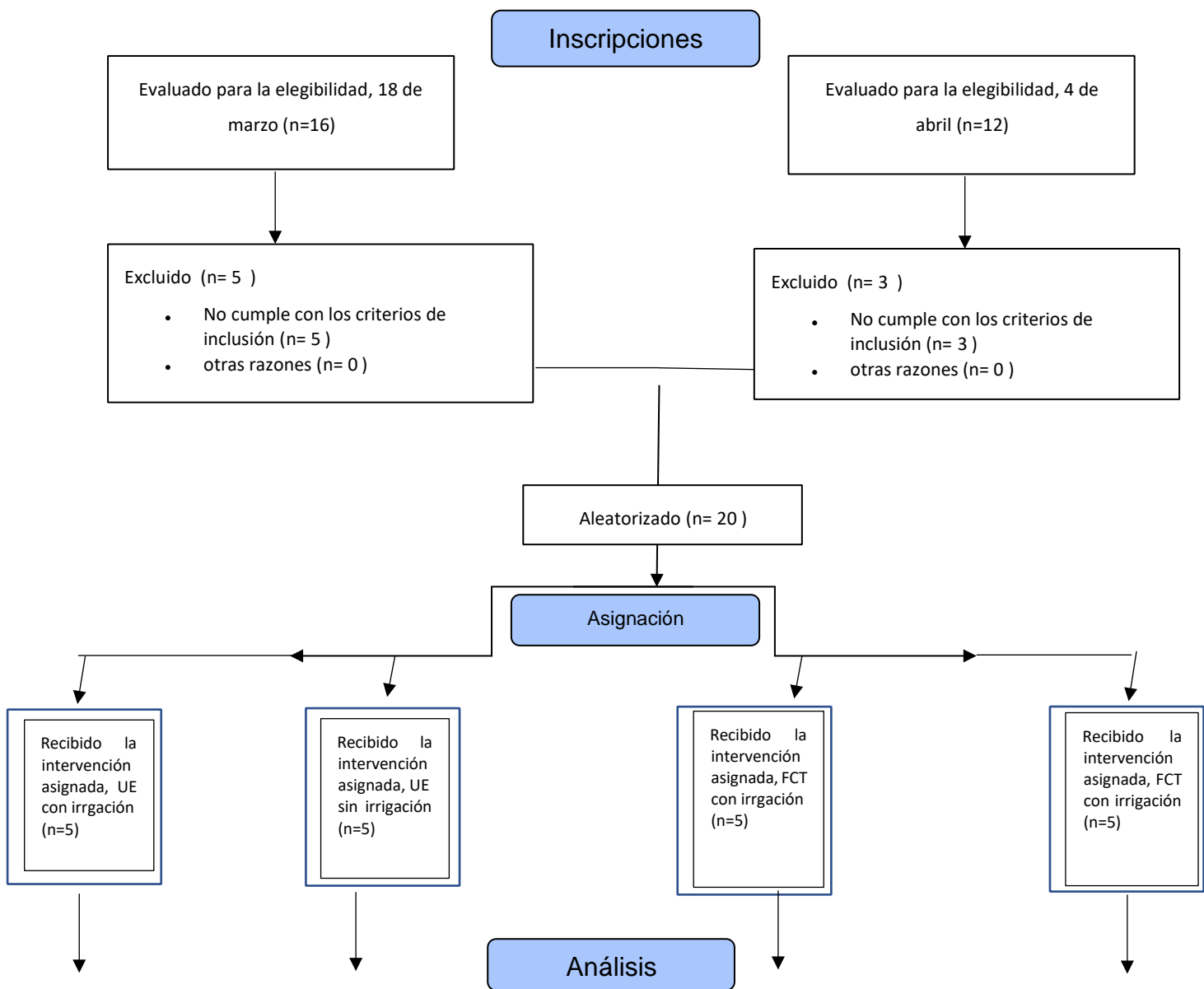
El tamaño muestral ha sido calculado usando el programa (Sas Power and Sample size 13.1) para detectar una diferencia media de 5°C en el cambio térmico intrapulpar entre T3-T0 con desviaciones típicas 0,3. Por eso necesitamos al menos 3 dientes en cada grupo para obtener 80% potencia en dos colas alpha nivel de 0,05%. Hemos ampliado el tamaño a 5 dientes en cada grupo para poder garantizar el estudio, por si ocurriese cualquier pérdida.

5.14. Análisis estadístico

Los datos descriptivos recogidos, han sido presentados como medias y desviaciones estándares, mediana, y cuartiles. El test de Shapiro-Wilk ha sido usado para indicar la normalidad de las distribuciones, y el test de Levene ha sido empleado para indicar la homogeneidad, entre los grupos. Después, el test de análisis de la variancia (ANOVA) ha sido usado para detectar las diferencias significativas de las medias de los cuatro grupos. Luego, para determinar la localización de las diferencias estadísticas en el test de comparaciones múltiples de Tukey ha sido utilizado. La significación estadística ha sido puesta al $P < 0,05$. El Test no paramétrico de Test de Kruskal Wallis y el test de la mediana han sido usados para sugerir la deferencia entre los grupos. Luego, para detectar las diferencias significativas entre los grupos, los Comparaciones Múltiples a Posteriori Corrección de Bonferroni ha sido utilizado. La significación estadística ha sido establecida en $P < 0,05$.

6. RESULTADOS

Se han obtenido en este estudio 7 mandíbulas con 28 incisivos primarios y secundarios (Figura 16), pero se han excluido 5 dientes destruidos, un diente con tamaño grande, y 2 dientes perforados durante la preparación de cavidades. Finalmente, la muestra ha consistido en 20 dientes en total, 5 dientes en cada grupo (Diagrama 1).





(Diagrama 1)



(Figura 16)

6.1. RESULTADOS Sin Análisis Estadístico

Tras llevar a cabo las intervenciones con las muestras los resultados son los que se observan en las tablas (Tabla 1, 2).

6.1.1. Resultados de temperatura intrapulpar

Nº	Grupo de Intervención	T0	T1	T2	T3	Cambio térmico intrapulpar T3-T0
1	UE con irrigación	21	21.4	21.6	21.9	0.9
2	UE con irrigación	20	20.2	20.8	21.1	1.1
3	UE con irrigación	21.5	21.7	21.9	22.2	0.7
4	UE con irrigación	22	22.7	22.7	22.8	0.8
5	UE con irrigación	19	19.3	19.9	20.3	1.3
1	UE sin irrigación	22	22.5	22.9	23.3	1.3
2	UE sin irrigación	21	21.6	22	22.6	1.6
3	UE sin irrigación	22	22.6	23	23.7	1.7
4	UE sin irrigación	19	19.6	20	20.7	1.7
5	UE sin irrigación	21.2	21.8	22.3	22.7	1.5
1	FCT con irrigación	20.5	20.5	20.5	20.6	0.1
2	FCT con irrigación	20	20.2	20.3	20.3	0.3
3	FCT con irrigación	20	20.1	20.3	20.4	0.4
4	FCT con irrigación	21	21.2	21.3	21.5	0.5
5	FCT con irrigación	19	19	19	19.1	0.1
1	FCT sin irrigación	20	20.5	20.9	21.3	1.3
2	FCT sin irrigación	19	19.3	19.8	20.4	1.4
3	FCT sin irrigación	21.2	21.6	22	22.5	1.3
4	FCT sin irrigación	19.5	19.9	20.6	21.3	1.8
5	FCT sin irrigación	21	21.4	21.8	22.3	1.3

(Tabla 1)

6.1.2. Resultados de dentina residual

Nº	Grupo de Intervención	Dentina residual medida por CBCT (D INICIAL)	Dentina residual medida por CBCT (D FINAL)	Cambio de dentina residual
1	UE con irrigación	0.092	0.069	0.023
2	UE con irrigación	0.066	0.059	0.007
3	UE con irrigación	0.085	0.063	0.022
4	UE con irrigación	0.116	0.098	0.018
5	UE con irrigación	0.062	0.049	0.013
1	UE sin irrigación	0.093	0.035	0.058
2	UE sin irrigación	0.119	0.066	0.053
3	UE sin irrigación	0.093	0.083	0.010
4	UE sin irrigación	0.102	0.074	0.028
5	UE sin irrigación	0.079	0.049	0.030
1	FCT con irrigación	0.069	0.053	0.016
2	FCT con irrigación	0.106	0.083	0.023
3	FCT con irrigación	0.084	0.073	0.011
4	FCT con irrigación	0.066	0.041	0.025
5	FCT con irrigación	0.112	0.092	0.020
1	FCT sin irrigación	0.083	0	0.083
2	FCT sin irrigación	0.114	0.074	0.040
3	FCT sin irrigación	0.133	0	0.133
4	FCT sin irrigación	0.192	0.089	0.103

5	FCT sin irrigación	0.162	0.092	0.070
---	--------------------	-------	-------	-------

(Tabla 2)

6.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

6.2.1. Cambio térmico intrapulpar entre T3-T0

6.2.1.1. Test de normalidad (Shapiro-Wilk)

Grupo	Estadístico	gl	Sig
UE con irrigación	,957	5	,787
UE sin irrigación	,881	5	,314
FCT con irrigación	,894	5	,377
FCT sin irrigación	,676	5	,005

(Tabla 3)

El test de Shapiro-Wilk indica que las distribuciones son normales en el Cambio térmico intrapulpar en todos los grupos, salvo para el grupo FCT sin irrigación. Como hay un grupo que no cumple la normalidad, se han usado un test no paramétrico para analizar los datos (Test de Kruskal Wallis) (Tabla 3).

6.2.1.2. Test de Kruskal wallis

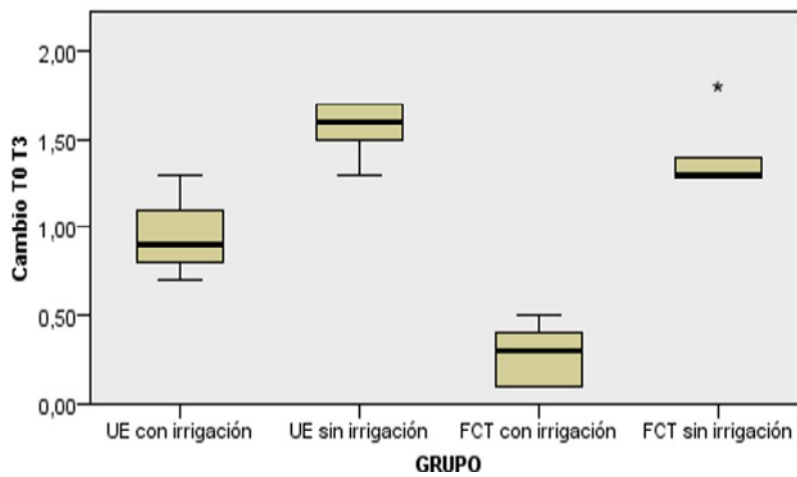
	Grupo	N	Rango promedio
--	-------	---	----------------

Cambio térmico intrapulpar entre T3/T0	UE con irrigación	5	8.40
	UE sin irrigación	5	16.40
	FCT con irrigación	5	3.00
	FCT sin irrigación	5	11.20

(Tabla 4) (Los rangos promedios de los grupos)

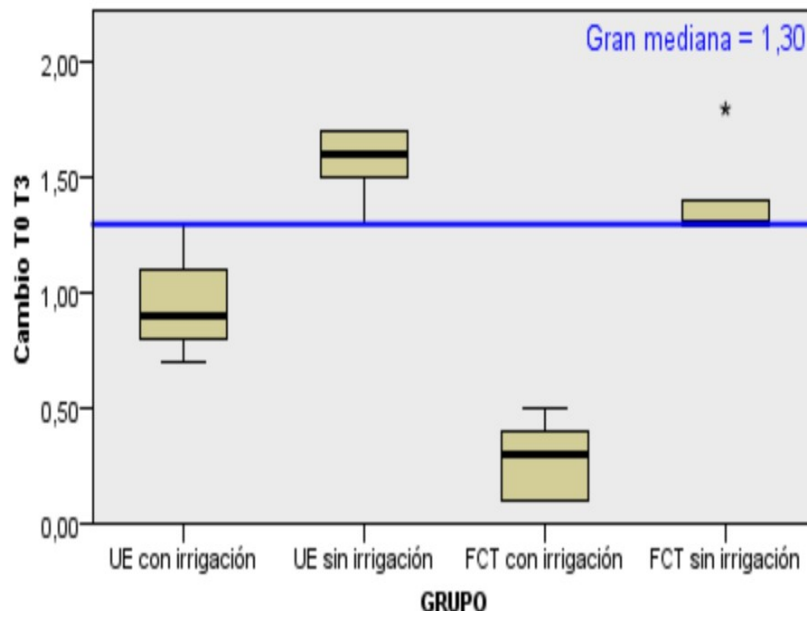
N total	20
Estadístico de contraste	15,857
Grados de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,001

(Tabla 5) (estadístico de contraste, resulta que existen diferencias significativas entre los grupos)



(Figura 17)

Para comprobar la relación entre la mediana de los grupos FCT con irrigación respecto los otros grupos, se ha usado Test de la mediana para muestras independiente (Figura 18).

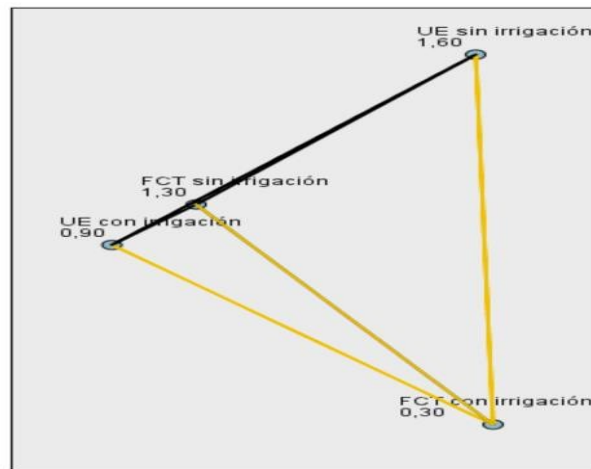


(Figura 18)

N total	20
Mediana	1,300
Estadístico de contraste	10,476
Grados de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,015

(Table 6)

El test de la mediana ha demostrado que la mediana del grupo FCT con irrigación es inferior que la mediana de los otros grupos ($P = .015$)



(Figura 19) (Comparaciones entre parejas de grupo)

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
FCT con irrigación-UE con irrigación	10,000	,002	,009
FCT con irrigación-FCT sin irrigación	10,000	,002	,009
FCT con irrigación-UE sin irrigación	10,000	,002	,009
UE con irrigación-FCT sin irrigación	2,500	,114	,683
UE con irrigación-UE sin irrigación	6,667	,010	,059
FCT sin irrigación-UE sin irrigación	3,600	,058	,347

(Tabla 7) (Comparaciones Múltiples a Posteriori con Corrección de Bonferroni)

En las Comparaciones Múltiples a Posteriori con Corrección de Bonferroni hay diferencias significativas entre los grupos FCT con irrigación y el resto de los grupos ($P = .002$), Siendo la distribución de cambios de la temperatura inferiores

en el grupo FCT con irrigación, en comparación con los otros grupos. Entre el resto de grupos no había diferencias significativas (Tabla 7).

Teniendo en cuenta que los resultados del test de Kruskal Wallis no nos aportan mucha información y tampoco había diferencias significativas entre los grupos, salvo el grupo FCT con irrigación, por eso se ha usado el test de la varianza (ANOVA) de un factor.

6.2.1.3. Test de homogeneidad de variancias (Test de Levene)

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	,340	3	16	,797

(Tabla 5)

La prueba de Levene indica que los grupos son homogéneos en el Cambio térmico intrapulpar (Tabla 5).

6.2.1.4. Descriptivos; (en Centígrado)

Grupo	Media	Error estándar de la media	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
UE con irrigación	,9600	,10770	,24083	,70	1,30
UE sin irrigación	1,5600	,07483	,16733	1,30	1,70
FCT con irrigación	,2800	,08000	,17889	,10	,50
FCT sin irrigación	1,4200	,09695	,21679	1,30	1,80

(Tabla 6)

6.2.1.5. Análisis de la variancia (ANOVA)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4,990	3	1,663	40,319	,000
Dentro de grupos	,660	16	,041		
Total	5,650	19			

(Tabla 7)

Hay diferencias estadísticamente significativas de las medias de los cuatro grupos (Tabla 7), pero no sabemos entre qué grupos exactamente, para determinar la localización de las diferencias estadísticas utilizaremos la prueba de comparaciones múltiples de Tukey (Tabla 8).

(I) GRUPO	(J) GRUPO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
UE con irrigación	UE sin irrigación	-,60000*	,12845	,001	-,9675	-,2325
	FCT con irrigación	,68000*	,12845	,000	,3125	10,475
	FCT sin irrigación	-,46000*	,12845	,012	-,8275	-,0925
UE sin irrigación	UE con irrigación	,60000*	,12845	,001	,2325	,9675
	FCT con irrigación	1,28000*	,12845	,000	,9125	16,475
	FCT sin irrigación	,14000	,12845	,700	-,2275	,5075
FCT con irrigación	UE con irrigación	-,68000*	,12845	,000	-10,475	-,3125
	UE sin irrigación	-1,28000*	,12845	,000	-16,475	-,9125
	FCT sin irrigación	-1,14000*	,12845	,000	-15,075	-,7725
FCT sin irrigación	UE con irrigación	,46000*	,12845	,012	,0925	,8275
	UE sin irrigación	-,14000	,12845	,700	-,5075	,2275
	FCT con irrigación	1,14000*	,12845	,000	,7725	15,075

(Tabla 8)

El test de ANOVA detectó diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los cuatro grupos de herramientas.

El test de comparaciones múltiples de Tukey detectó diferencias estadísticamente significativas para $p < 0,05$ entre las herramientas UE sin irrigación, FCT con irrigación y FCT sin irrigación, con respecto a la herramienta UE con irrigación.

También entre las herramientas UE con irrigación, UE sin irrigación y FCT sin irrigación, con respecto a la herramienta FCT con irrigación, siendo los cambios térmicos intrapulpal de T3-T0 superiores en este grupo. En el otro lado, el test de comparaciones múltiples de Tukey no detectó diferencias estadísticamente significativas entre las herramientas UE sin irrigación y FCT sin irrigación (Tabla 8).

6.2.2. Cambio de dentina residual Entre D INICIAL-D FINAL

6.2.2.1. Test de normalidad (Shapiro-Wilk)

Grupo	Estadístico	gl	Sig
UE con irrigación	,926	5	,566
UE sin irrigación	,929	5	,591
FCT con irrigación	,959	5	,803
FCT sin irrigación	,998	5	,999

(Tabla 9)

El test de Shapiro-Wilk indica que las distribuciones son normales en el Cambio de dentina residual en todos los grupos (Tabla 9). Por eso se ha usado el test de varianza (ANOVA) de un factor (Tabla 12).

6.2.2.2. Test de homogeneidad de variancias (Test de Levene)

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	4,188	3	16	,023

(Tabla 10)

La prueba de Levene indica que los grupos no son homogéneos en el cambio de dentina residual (el desgaste de la estructura dentinaria). (Tabla 10)

6.2.2.3. Descriptivos; (en Milímetro)

Grupo	Media	Error estándar de la media	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
UE con irrigación	,0166	,00298	,00666	,01	,02
UE sin irrigación	,0358	,00880	,01968	,01	,06
FCT con irrigación	,0190	,00251	,00561	,01	,03
FCT sin irrigación	,0858	,01562	,03492	,04	,13

(Tabla 11)

6.2.2.4. Análisis de la variancia (ANOVA)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,016	3	,005	12,289	,000
Dentro de grupos	,007	16	,000		
Total	,022	19			

(Tabla 12)

Existen diferencias estadísticamente significativas de las medias de los cuatro grupos (Tabla 12), pero no sabemos entre qué grupos exactamente. Para determinar la localización de las diferencias estadísticas utilizaremos la prueba de comparaciones múltiples de Tukey (Tabla 13).

(I) GRUPO	(J) GRUPO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
UE con irrigación	UE sin irrigación	-,01920	,01297	,471	-,0563	,0179
	FCT con irrigación	-,00240	,01297	,998	-,0395	,0347
	FCT sin irrigación	-,06920*	,01297	,000	-,1063	-,0321
UE sin irrigación	UE con irrigación	,01920	,01297	,471	-,0179	,0563
	FCT con irrigación	,01680	,01297	,579	-,0203	,0539
	FCT sin irrigación	-,05000*	,01297	,007	-,0871	-,0129
FCT con irrigación	UE con irrigación	,00240	,01297	,998	-,0347	,0395
	UE sin irrigación	-,01680	,01297	,579	-,0539	,0203
	FCT sin irrigación	-,06680*	,01297	,001	-,1039	-,0297
FCT sin irrigación	UE con irrigación	,06920*	,01297	,000	,0321	,1063
	UE sin irrigación	,05000*	,01297	,007	,0129	,0871
	FCT con irrigación	,06680*	,01297	,001	,0297	,1039

(Tabla 13)

El test de ANOVA detectó diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los cuatro grupos de herramientas.

El test de comparaciones múltiples de Tukey detecta diferencias estadísticamente significativas para $p < 0,05$ entre las herramientas UE con irrigación, UE sin irrigación y FCT con irrigación con respecto a la herramienta FCT sin irrigación, siendo los cambios de dentina residual entre D inicial-D final superiores en este grupo. En el otro lado, el test de comparaciones múltiples de Tukey no detectó diferencias estadísticamente significativas entre las herramientas UE con irrigación, UE sin irrigación y FCT con irrigación.

6.2.3. Coeficiente de correlación de Pearson entre, el cambio térmico intrapulpar entre T3-T0, y el cambio de dentina residual entre D INICIAL-D FINAL

		Cambio de dentina residual Entre D INICIAL-D FINAL
Cambio térmico intrapulpar Entre T3-T0	Correlación de Pearson	,441
	Sig. (bilateral)	,05

(Tabla 14)

Existe correlación lineal significativa entre el cambio térmico intrapulpar entre T3T0, y el cambio de dentina residual entre D INICIAL-D FINAL (Coef = .441), (P = .05) (Tabla 14).

7. DISCUSIÓN

En este estudio se ha evaluado los cambios térmicos intrapulpares cuando se elimina la dentina, con contra-ángulos con fresas de carburo de tungsteno (con y sin refrigeración con agua), y con excavadoras ultrasónicas (con y sin refrigeración con agua). Se discutirá el método y los resultados por separado para facilitar la lectura de este estudio.

7.1. DISCUSIÓN DEL MATERIAL Y MÉTODO

En esta parte se compara el método usado en este estudio con otros estudios relevantes, según tres aspectos; los dientes, estandarización de las muestras y las herramientas empleadas.

7.1.1. Dientes

La selección de los tipos de dientes tiene mayor importancia en los estudios porque pueden afectar los resultados del estudio. Los dientes usados en los estudios son de animales, porque son parecidos a los dientes humanos. También, por las limitaciones éticas aplicadas al trabajar en los dientes humanos (22), y las dificultades de colocación de los mismos. Muchos de los estudios que investigan la eficacia de corte de las herramientas dentales han sido sobre dientes humanos (10, 13, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29). También, hay otros estudios sobre dientes de bovinos (21), dientes de perros (15) y dientes de monos (12).

Sin embargo, los diámetros de los túbulos dentinarios de los dientes humanos son de aproximadamente 0,9 μm en la unión amelo dentinaria y de 2,5 μm en la superficie que mira hacia la pulpa dental, donde los túbulos dentinarios también están más juntos (22). De manera similar, los diámetros de túbulos dentinarios disminuyen hacia las capas externas de dentina (30, 31, 32), en dientes de bovinos los diámetros de los túbulos dentinarios son más estrechos en la superficie de la dentina frente a la pulpa, en comparación con los dientes

humanos (33, 34) con diámetros de túbulos dentinarios principales que miden 1.8 μm en el lado de la pulpa y 2.3 μm en DEJ (33).

En el estudio actual hemos utilizado dientes de bovinos para evaluar la temperatura intrapulpar y el desgaste de estructura dentinaria de las herramientas usadas. Hemos elegido los dientes de bovinos por el tamaño grande de la corona y porque son parecidos a los dientes humanos morfológicamente. Se utilizaron los dientes de bovinos en estudios parecidos (21, 35). Aunque hay poca diferencia entre la dentina de los dientes de bovinos y la dentina de los dientes humanos, en los diámetros de los túbulos dentinarios (34).

7.1.2. Estandarización de muestras

7.1.2.1. Conservación de las muestras

La solución usada para conservar los dientes afecta la permeabilidad dentinaria, que es el pasaje de fluidos, iones, moléculas, partículas y bacterias en y a través de la dentina. También, afecta la dureza y la elasticidad de la dentina (36). Muchos estudios compararon las soluciones de conservación de los dientes como, Agua (21, 35, 37, 38), suero psicológico(13, 23, 39, 40, 41, 42), glutaraldehído (43, 44), solución salina equilibrada de Hank's (HBSS), o Timol (36, 45, 46, 47).

La solución salina equilibrada de Hank's (HBSS) tiene un pH entre 7,2 y 8,0. Es altamente concentrada en iones Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , PO_4 y Cl^{+} , y tiene una composición comparable con las fases minerales dentales. Además, posee un bajo potencial químico para disolver las fases del calcio fosfato en los dientes, por lo que la superficie de desmineralización está protegida (36).

Hay muchos estudios que comprueban la efectividad del HBSS como medio de conservación de células del ligamento periodontal en casos de traumatismo (48, 50). En nuestro estudio, se han conservado los dientes de bovinos en solución salina equilibrada de Hank's, para mantener la permeabilidad, dureza, y elasticidad de la dentina.

7.1.2.2. Preparación de las muestras

En la literatura científica se han sugerido diferentes maneras para estandarizar y preparar las muestras antes de medir la temperatura generada o la eficacia de un instrumento., puesto que hay diferentes variables que puedan afectar la medida como, la velocidad de la herramienta, el tamaño de la punta, el desgaste de la misma, la porción aplicada, la proximidad de la cámara pulpar, la duración del contacto. En la mayoría de los estudios se introdujeron termo-cables dentro de la cámara pulpar para evaluar la temperatura (21, 41, 43, 51, 52).

Hemos utilizado en el estudio actual métodos parecidos a los que utilizaron en (21, 35) estandarizaron una cavidad clase V para luego hacer las intervenciones. En otro estudio se estandarizó una preparación (slot) (3x3x2 mm) para poder introducir la fresa y así evaluar la temperatura intrapulpar (38). En el estudio de (43), se estandarizaron cavidades clase I en todas los dientes molares. En el estudio de (53), se estandarizaron agujeros en la superficie lingual de los incisivos y caninos, para luego medir la temperatura intrapulpar.

En nuestro estudio, hemos simulado la profundidad cavitaria de la caries profunda, que es, según de la Sociedad Europea de Endodoncia (ESE), la que radiográficamente afecta al tercio o cuarto más próximo a la dentina más cercana a la pulpa (54) (Figura 10).

7.1.2.2.1. Medición de la temperatura generada

El método usado en el estudio actual para medir el cambio térmico intrapulpar, es parecido al método usado en muchos estudios, se ha introducido un termo-cable en la cámara pulpar, para medir cambio térmico, ya que este método ha demostrado su capacidad de cuantificar la temperatura intra-pulpar (12, 21, 23, 35, 37, 38, 39, 40, 43, 52).

En los estudios (21, 35), se estandarizaron cavidades clase V en la superficie labial de los dientes incisivos de bovinos, con el tamaño de 2 x 3 mm, se coloca

una silicona debajo de los dientes, luego debajo de todo ello, una báscula para medir la carga aplicada. En nuestro estudio hemos usado el mismo método, pero con algunas modificaciones, se ha modificado el tamaño de las cavidades 0.5 x 0.4 mm, por lo que este tamaño es más adecuado, teniendo en cuenta las herramientas empleadas en el estudio. También, este tamaño de las cavidades asegura que la temperatura generada y la dentina cortada está en un sitio limitado. Hemos dado estabilidad a los dientes colocándolos encima de una esponja, preparada con la silueta de cada diente, luego la esponja ha sido pegada a la báscula con unas pegatinas.

En el estudio de (55), Se prepararon cavidades de slot en la superficie bucal y lingual en los molares terceros humanos, con una anchura de 3 mm, una longitud de 3 mm, y una profundidad de 2 mm. Se colocó el termo-cable en la cámara pulpar, luego se dijo que la presión fue baja, sin explicar cuanto es y cómo se midió. En nuestro estudio hemos preparado las cavidades al estilo de las cavidades de clase V (0.5 x 0.4 mm), para que la excavadora ultrasónica tenga espacio suficiente para moverse y cortar.

7.1.2.2.2. Medición de la eficacia

Según nuestra revisión, el método usado en nuestro estudio para medir el desgaste de estructura dentinaria, es la primera vez que se utiliza para este tipo de objetivos. Hemos medido el espesor de la barrera de la dentina en el suelo de las cavidades antes y después del proceso de excavación con una radiografía CBCT, usando el programa analizador de imagen Image J para cuantificar la pérdida de estructura.

En el estudio de (56), se evaluó la eficacia de las fresas de polímero y las fresas de carburo de tungsteno, dividiendo cada diente en dos mitades, posteriormente se evaluó la eficacia de excavación, midiendo la dentina restante, el tiempo y analizando la dentina cariada con microscopio de luz. El estudio de (57) hizo lo mismo pero para evaluar el efecto de las fresas de polímero antes de usar el sistema adhesivo. En otro estudio, se midió la eficacia del contra-ángulo con

fresa y láser, en dientes primarios humanos, midiendo el tiempo utilizado para la excavación de dentina cariada (25). En el estudio de (38), se midió la eficacia de las fresas, calculando el tiempo que necesita cada fresa para llegar a una profundidad 2 mm (marcaron todas las fresas en 2mm).

En el estudio de (23) se midió la distancia entre la superficie del esmalte y la cámara pulpar en las radiografías digitales intraorales. En nuestro estudio hemos medido la dentina restante en la radiografía tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), para verificar el tamaño con más exactitud. En el estudio de (24), se midió la dentina cariada excavada, después de los procesos de excavación, emplearon para dicha medición, la radiografía micro CT.

7.1.3. Herramientas

7.1.3.1. Excavadora ultrasónica

Este es el primer estudio que habla sobre la excavadora ultrasónica en su versión actual (segunda versión). la versión actual tiene algunas modificaciones respecto a la primera versión como hemos añadido la boca de refrigeración y algunas modificaciones en el tamaño y los ángulos. La primera versión de la excavadora ultrasónica fue presentada por el investigador principal de este estudio en dos conferencias (58, 59). También, se describió la excavadora ultrasónica en un artículo (60). Hemos presentado una aplicación de modelo de utilidad (U202032187) en La Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM), y la aplicación está en proceso de validación.

Los instrumentos ultrasónicos han demostrado su eficacia en muchos usos dentales como, controlar la placa bacteriana, alisado radicular y desbridamiento de la bifurcación (2, 17, 61, 62, 63); irrigación del conducto radicular, desinfección química, limpieza de escombros y eliminación de la capa de frotis, eliminación de gutapercha, punta de plata, postes, extracción de instrumentos separados y búsqueda de canales faltantes (64, 65, 66); Se utilizaron instrumentos ultrasónicos para asentar y colocar incrustaciones compuestas, punta marginal de cerámica, inserción de incrustaciones compuestas y compuestos

empaquetables utilizados como postes (64, 67); y muchos otros usos en la cirugía maxilofacial (68, 69, 70, 71). En el presente estudio estamos usando la excavadora ultrasónica para la remoción de la dentina en cavidades de Clase V.

En el estudio de (18), se utilizó un dispositivo ultrasónico con puntas de tipo CVD, para preparar dos cavidades en los incisivos primarios de un niño de dos años, se concluyó que la herramienta fue capaz de hacer las cavidades de forma conservadora. En otro estudio (38), se concluyó que el dispositivo ultrasónico con punta tipo CVD necesitaba más tiempo que la pieza de mano de alta velocidad con fresa de diamante para las preparaciones de cavidades. En nuestro estudio, hemos introducido la excavadora ultrasónica principalmente como una herramienta para la remoción de la dentina, y hemos medido la cantidad de dentina excavada después de 30 segundos de excavación.

Algunos estudios (42, 61), concluyeron que la excavadora ultrasónica debe ser usada siempre con refrigeración para disminuir la temperatura generada. En nuestro estudio hemos evaluado el cambio térmico de la excavadora ultrasónica con y sin refrigeración.

7.1.3.2. Contra-ángulo con fresa de carburo de tungsteno

Hemos usado en nuestro estudio el contra-ángulo 40,000 revoluciones por minuto (rpm), con fresas de carburo de tungsteno porque son consideradas las más adecuadas para la remoción de la dentina cariada (73) y de tamaño (0.21) por ser el más cercano al de la excavadora ultrasónica. Todas las fresas son del mismo tamaño, y han sido acopladas en la misma pieza de mano. En la práctica dental habitual, el uso de la refrigeración con los contra-ángulos con fresas de carburo de tungsteno es opcional. Sin embargo, en muchos estudios se utilizaron sin refrigeración (7, 73, 74).

En nuestro estudio, hemos elegido evaluar el cambio de la temperatura intrapulpar de la fresa de carburo de tungsteno exactamente, porque según (75) la Fresa de carburo genera menor calor que las fresas de diamante.

En nuestro estudio, hemos evaluado la temperatura intrapulpar generada y el desgaste de estructura dentinaria del contra-ángulo con fresas de carburo de tungsteno con y sin irrigación. También, hemos controlado las variables de velocidad, carga e irrigación. Hemos usado una fresa nueva con cada muestra durante la intervención, porque según (76) la fresa gastada no solo corta mal, sino que genera un exceso de calor.

7.2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Debido a la novedad de la metodología de este estudio en la que se introduce y evalúa por primera vez la excavadora ultrasónica, es difícil comparar los resultados obtenidos respecto a los resultados de los estudios previos.

Para facilitar la lectura de esta parte, se ha dividido la discusión a tres partes; resultados de los cambios térmicos intrapulpar, cambio de dentina residual y la excavadora ultrasónica.

7.2.1. Cambio térmico intrapulpar T3-T0

La fuerza de rotación (torsión) es suministrada por la pieza de mano accionada por aire (turbina), necesaria para superar la resistencia a la fricción a lo largo de la superficie de corte. Por lo tanto, la velocidad de rotación de la pieza rotatoria disminuye a medida que encuentra una mayor resistencia. Una menor velocidad de rotación indica una mayor resistencia (mayor fuerza de resistencia) hasta el punto de parada (77). En este caso, una parte de la energía suministrada por el aire comprimido se utiliza para superar la resistencia causada por el contacto con el diente. Esta energía aparece en la interfase entre la fresa y el diente (en lugar de dentro de la pieza de mano) y, por lo tanto, está potencialmente disponible para la eliminación de material y actúa como una fuente de calor en el diente (23).

Luego, hay otros factores que afectan el cambio térmico como, tamaño y tipo de las fresas, intermitencia de contacto, abrasividad de las fresas, carga aplicada y cantidad de tejido extraído(75). La mayoría de los estudios indican que un incremento de la temperatura más que 5.5 grados °C en la cámara pulpar puede causar daño irreversible en la pulpa (12, 75). Por eso en nuestro estudio hemos considerado cualquier cambio menor de 5.5 sería ideal.

En este estudio la FCT con irrigación ha generado el menor cambio térmico intrapulpar durante 30 segundos, con una media de 0.28 °C. En el otro lado la FCT sin irrigación ha generado cambio térmico intrapulpar cinco veces mayor que la FCT con irrigación, durante 30 segundos, con una media de 1.42 °C, por lo cual este cambio térmico no llega a la temperatura que afecta el tejido pulpar que es 5.5 °C. Estos resultados son comparables con otros estudios que utilizaron instrumento rotatorio de alta velocidad con diferentes fresas y con irrigación, y se concluye que la temperatura debajo de la línea basal (23, 77). En el estudio de (21), resultó que el instrumento rotatorio de alta velocidad con fresa de diamante sin irrigación genera un cambio térmico 10 veces más que la misma herramienta con irrigación. El estudio de (76), indicó que las fresas de diamante generan más cambio térmico que las fresas de carburo. En nuestro estudio hemos evaluado el cambio térmico de las fresas de carburo de tungsteno (Tabla 15).

En el estudio de (38), se analizó el cambio pulpar de la temperatura, resultó un cambio térmico pulpar es solo un centígrado menor que la temperatura crítica, que puede afectar la pulpa 4.27 °C, esto cuando se usa instrumento rotatorio de alta velocidad con fresas de diamantes, con irrigación. Los resultados del contraángulo con fresas de carburo de tungsteno, con y sin irrigación de nuestro estudio, no suben más que 1.80 °C.

En el estudio de (52), se utilizó pieza de mano con velocidad que va desde 30.000 rpm y con una aplicación de cuatro onzas de presión en dientes humanos extruidos, y resultó que se produjo un aumento de la temperatura dentro del diente de <15 °C con irrigación. Según estos resultados, se concluye que, Incluso

empleando agua como refrigerante se produjo un incremento excesivo de temperatura, esto ocurre cuando se aplicaron instrumentos de gran diámetro o presión excesiva con velocidades de intervención aumentadas. Otro estudio menciona que duplicar la velocidad de rotación de la fresa y / o la presión aplicada en la pieza de mano produjo un aumento del 50% de temperatura en el diente (23).

Otro estudio de (2) indicó que la utilización del refrigerante con Los instrumentos rotatorios de alta velocidad, no es suficiente para hacer desaparecer el riesgo de un posible cambio de la temperatura. En nuestro estudio, ninguna herramienta con o sin irrigación ha provocado un incremento del incremento crítico de temperatura de 5.5 °C.

Autor	Diente	Pieza de mano	velocidad	Fresa	Tiempo	Refragicio n	Temperatura	Carga
Greene 2004 (23)	humanos	Pieza de mano de alta velocidad	(400,000±2,000 rpm)	Fresas de diamante Fresas convencionales	Depende del diente, hasta que la fresa llega a 0.5 mm de la cámara pulpar	25 ml/min	Premolares 2-3 C Molares 0.2- 0.9	32 (psi)
Ercoli 2007 (77)	In vitro	Pieza de mano de alta velocidad (turbina)	400,000 ±2000 rpm	Fresas de diamante Fresas de carburo	cuando la fresa alcanzó 2 mm de profundidad	SIN	Menor que 5.5 C	60 g
Cavalcant 2003 (21)	Bovinos	Pieza de mano de		Fresas de diamante	3 minutos (2	30 ml/min,	0.96 °C	50 to 80 g

		alta velocidad	---		segundos de co rte alternados con 1 segundo de descanso)	SIN	11.64°C	
Vanderlei 2008 (38)	Humanos	Pieza de mano de alta velocidad	---	Fresas d e diamante	tiempo invertido en preparar la cavidad	45 ml/min	4.27 °C	Carga baja

(Tabla 15)

Durante el uso de la técnica ultrasónica los tejidos absorben las vibraciones y eso provocará aumentos de la temperatura en los tejidos, la tasa de absorción relacionada con la frecuencia de las vibraciones ultrasónicas (16). En nuestro estudio la UE con irrigación ha generado un cambio térmico intrapulpar durante 30 segundos, con una media de 0.96 °C. Por otro lado, la UE sin irrigación ha generado un cambio térmico intrapulpar mayor que la UE con irrogación, durante 30 segundos, con una media de 1.56 °C, por lo cual este cambio térmico no llega a la temperatura critica que afecta al tejido pulpar que es 5.5 °C. Muchas revisiones indicaron que la utilización de las herramientas ultrasónicas debe ser con refrigeración (16, 61, 62, 64). El estudio de (42), resultó que el uso del escalador ultrasónico, sin irrigación genera un cambio térmico de más de 10 °C.

En el estudio de (38), se analizó la temperatura del dispositivo ultrasónico con puntas CVD, con irrigación (20 ml/min) a una frecuencia (28 KHz). En molares humanos resultó que la temperatura media fue de 3.82°C. Este resultado en comparación con nuestros resultados, nos indica que la excavadora ultrasónica con irrigación genera un cambio térmico inferior a la mitad de la generada con la punta CVD.

El estudio de (61), recomendó que el uso de la técnica ultrasónica debería ser con irrigación de 20–30 ml/min. En nuestro estudio cuando hemos usado la excavadora ultrasónica sin irrigación, se ha generado el mayor cambio térmico

medio entre los grupos, pero como hemos mencionado, todavía no ha llegado a la temperatura crítica.

Sin embargo, el cambio de la temperatura intrapulpar, es porque la energía que no se utiliza en el proceso de corte se transforma principalmente en calor. Luego, hay muchas variables que juegan un papel importante en este cambio, como, el grosor de la dentina, el instrumento, la presión aplicada, el tiempo de corte, la velocidad de corte y la técnica de enfriamiento, de ahí la importancia de haberlas estandarizado todas ellas.

Muchos estudios demostraron que hay una relación directa entre la carga aplicada (Presión) y la generación de calor, esta relación implica las piezas de mano rotatorias y los dispositivos ultrasónicos (23, 76, 81, 82). En el estudio actual hemos estandarizado la carga aplicada con ambas herramientas que es entre 50-60 g.

7.2.2. Cambio de dentina residual D final-D inicial

Hoy en día, hay varias herramientas y técnicas usadas en las prácticas dentales diarias para la excavación de la dentina, como abrasión por aire, sonoabrasión, eliminación quimio-mecánica, láseres, piezas de mano neumáticas de baja velocidad con (fresas de carburo de tungsteno, fresas de cerámica o fresas de polímero). Los tipos y materiales de las fresas rotatorias influyen directamente en el desgaste de la estructura dentinaria (57, 83). En nuestro estudio hemos utilizado las fresas de carburo de tungsteno porque son consideradas las más adecuadas para la remoción de la dentina cariada (73).

En 1953, Catuna se inventó un instrumento ultrasónico con lechada de abrasión, para la preparación de los cavidades, esta invención no está usado por su eficacia baja con comparación de los instrumentos rotatorias (16, 61, 84). En nuestro estudio, estamos presentando la excavadora ultrasónica, como un instrumento para la excavación de dentina, no para la preparación cavitaria.

El grosor de la dentina residual en el suelo de las cavidades no se puede evaluar clínicamente, pero se ha descubierto que su conservación es un factor importante para evitar el malestar pulpar (4, 85). En el estudio actual hemos evaluado la eficacia de corte de la FCT con y sin irrigación, y la UE con y sin irrigación, midiendo la cantidad de dentina antes y después la excavación, en radiografía tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) (Figura 15).

Muchos estudios recientemente, indicaron que la utilización del concepto de la excavación no selectivo de caries en casos de caries profunda, causa un riesgo alto de exposición pulpar, y se considera un tratamiento excesivo (4, 5, 10, 54, 86, 87, 88, 89, 90). Esto nos hace pensar que los instrumentos usados en la caries profunda, tendrán que ser mínimamente invasivos. Por eso en el estudio actual hemos simulado la cavidad profunda, para evaluar la eficacia de corte en esta situación.

En nuestro estudio el cambio en la dentina, cuantificado como la pérdida de estructura, cuando se han usado ambas herramientas es menor cuando se emplean con irrigación. Esto implica que la irrigación reduce el desgaste de estructura dentinaria. El desgaste de estructura dentinaria de la UE irrigación ha sido la más baja, esto implica que en caso de caries profunda sería más conservadora en la remoción de dentina que los otros grupos.

La dureza del tejido y la herramienta son indicadores importantes para evaluar la eficacia de corte. La dureza de la FCT es 1600 (KHN), que es mayor que la dureza de la dentina sana (10). En nuestro estudio, el grupo de la FCT sin irrigación ha tenido la mayor media en el desgaste de la dentina. Incluso dos dientes de ese grupo han sido perforados durante el proceso de excavación, al contrario de los otros grupos.

7.2.3. Excavadora Ultrasónica

Los instrumentos rotatorios durante la excavación de caries tienen posibilidades de extenderse a la dentina sana, por la falta de la sensación táctil, el dentista tiene que tener alta experiencia para controlar este problema (73). Según la experiencia del operador en nuestro estudio, sugerimos que La UE tiene una sensación táctil mejor que la FCT. Otros estudios tienen que analizar este aspecto de la excavadora ultrasónica.

Una de las ventajas del instrumento ultrasónico es que, no se dañan los tejidos blandos (70, 84, 91, 92), como los labios, la lengua y los dedos del operador. Esto implica también a la UE con irrigación, por el diseño del extremo de trabajo, además de por la salida de agua que está direccionada hacia el extremo de trabajo. Otros estudios tienen que investigar la temperatura generada en la punta de la UE con y sin irrigación.

Uno de los criterios diagnósticos de la caries, es evaluar la dureza de la superficie (10) La UE puede ser usada para evaluar la dureza de la dentina, sin activar las vibraciones ultrasónicas, esto especialmente si el tamaño de la cavidad permite a la UE mover libremente.

Según el estudio de (62), el raspador ultrasónico necesita una presión baja para la eliminación de cálculos. Según nuestra experiencia en el estudio actual, sugerimos que la utilización de la vibración ultrasónica en la UE minimiza la carga aplicada durante la excavación. Otros estudios tienen que evaluar la carga aplicada necesaria para remover la misma cantidad de dentina, con la punta de la UE manualmente y con vibraciones ultrasónicas.

Según un estudio de casos clínicos con el instrumento ultrasónico de punta CVD, se puede realizar una preparación conservadora de la cavidad, un procedimiento de excavación de caries indoloros y minimizar el ruido generado (18). Todos estos aspectos deberían ser investigados sobre la UE en otros estudios. Otra utilización que debería ser investigada es la eficacia de la UE en la remoción y extracción

de las restauraciones, Según el estudio de (93) las restauraciones de porcelana y composite pueden dañarse significativamente con la instrumentación ultrasónica.

Según la reunión de la Colaboración Internacional para el Consenso de Caries (ICCC), celebrada en Lovaina, Bélgica, en febrero de 2015, una de las guías principales para la excavación de tejido cariado, es mantener la salud de la pulpa, preservando la dentina residual (evitando irritación / agresión pulpar innecesaria) y previniendo la exposición pulpar (87). En nuestro estudio, la UE ha generado un cambio de la temperatura intrapulpar menor que la temperatura crítica, de media 0,96 °C, y se ha producido la menor eficacia de corte en comparación con los otros grupos, de media 0.016, esto, cuando se ha realizado la excavación durante 30 segundos de forma continuada.

El estudio actual tiene algunas limitaciones que se deberían tener en cuenta como, este estudio in vitro que ha utilizado dientes de bovino para evaluar la respuesta primaria y secundaria del estudio. La dureza de la dentina humana cariada es entre 30.7 KHN a 33.9 KHN, y es diferente a la dentina sana que es entre 51 a 65 KHN (94, 95, 96, 97, 98, 99), en nuestro estudio hemos usado dentina sana. Aunque hemos estandarizado en un rango limitado, tanto los tamaños de los dientes como las dimensiones de las cavidades. Aún así, hay poca diferencia en la D inicial (la dentina existente en el suelo de la cavidad antes de la excavación) entre las muestras. Según (100) la dentina es un mal conductor térmico y una pequeña diferencia en el grosor de la misma puede tener un gran efecto en la conducción del calor. Para transmitir nuestros resultados a la práctica clínica, se deberían tener en cuenta estas limitaciones.

8. CONCLUSIONES

1. Los cambios térmicos intrapulpares generados con los contra-ángulos con fresas de carburo de tungsteno (con refrigeración con agua), a los treinta segundos de la excavación, son menores que los cambios térmicos intrapulpares generados con las excavadoras ultrasónicas (con refrigeración con agua), estando en ambas situaciones clínicas por debajo del incremento crítico de temperatura (5.5°C).
2. Los cambios térmicos intrapulpares generados con los contra-ángulos con fresas de carburo de tungsteno (sin refrigeración con agua), a los treinta segundos de excavación y los generados con las excavadoras ultrasónicas en las mismas condiciones, son muy similares. Situándose, en ambas situaciones clínicas, por debajo del incremento crítico de temperatura (5.5°C).
3. El desgaste de estructura dentinaria, a los treinta segundos de la excavación, tanto con los contra-ángulos con fresas de carburo de tungsteno como con la excavadora ultrasónica (ambas con refrigeración con agua), es muy similar, situándose en un rango que oscila entre (0,016 - 0,019 mm).
4. El desgaste de estructura dentinaria a los treinta segundos de la excavación, con las excavadoras ultrasónicas (sin refrigeración con agua), es menor que el producido con el contra-ángulo con fresas de carburo de tungsteno (sin refrigeración con agua).
5. La refrigeración con agua disminuye los cambios térmicos intrapulpares, así como el desgaste de la estructura dentinaria cuando se emplean herramientas como la pieza de mano con fresas de carburo de tungsteno y la excavadora ultrasónica.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. America N, Number- P, Number- L. Medium speed water-driven types rationale of increased speeds gear-driven types speed variability types of high-speed instruments. *Int J Dent Med Spec.* 2018;5(1):18–21.
2. Banerjee A, Watson TF, E. A. M. Kidd. Dentine caries excavation: a review of current clinical techniques. *Br Dent J.* 2000;188(13):476–82.
3. Ricketts D, Landuyt K Van, Banerjee A, Campus G, Doméjean S. Managing carious lesions: consensus recommendations on carious tissue removal. *Adv Dent Res.* 2016;28(2):58–67.
4. Whitworth J, Myers P, Smith J, Walls A, McCabe J. Endodontic complications after plastic restorations in general practice. *Int Endod J.* 2005;38(6):409–16.
5. Fear D, Lesions WS. Treatment of deep caries lesions in adults: randomized clinical trials comparing stepwise vs. direct complete excavation, and direct pulp capping vs. partial pulpotomy. *Eur J Oral Sci.* 2010;118:290–7.
6. Schwendicke F, Meyer-Lueckel H, Dörfer C, Paris S. Attitudes and behaviour regarding deep dentin caries removal: A survey among German dentists. *Caries Res.* 2013;47(6):566–73.
7. De Almeida Neves A, Coutinhob E, Cardosoc MV, Lambrechtsd P, Van Meerbeeke B. Current concepts and techniques for caries excavation and adhesion to residual dentin. *J Adhes Dent.* 2011;13(1):7–22.
8. Toledano M, Ghinea R, Cardona JC, Cabello I, Pe M. Digital image analysis method to assess the performance of conventional and self-limiting concepts in dentine caries removal. *J Dent.* 2013;41s:31–8.
9. Yip H, Samaranayake L. Caries removal techniques and instrumentation : a review. *Clin Oral Invest.* 1998;2:148–54.
10. Lohmann J, Schäfer E, Dammaschke T. Histological determination of cariously altered collagen after dentin caries excavation with the polymer bur PolyBur P1 in comparison to a conventional bud bur. *Head Face Med.* 2019;15(19):1–7.

11. Mitchell D, Mitchell L, Mcaul L. Oxford handbook of clinical dentistry. 6th editio. 2014. 217–222 p.
12. Bender IB, Znach L. Pulp response to externally applied heat. *Am Assoc Endodont.* 1965;5:15–30.
13. Carlos J, Pereira J, Weissheimer A, Luciane MDM. Change in the pulp chamber temperature with different stripping techniques. *Prog Orthod.* 2014;15(55):1–7.
14. Eberhard J, Zahl A, Dommisch H, Winter J, Acil Y, Jepsen S. Heat shock induces the synthesis of the inflammatory mediator leukotriene B 4 in human pulp cells. *Int Endod J.* 2005;38:882–8.
15. Lee M, Chen Y, Huang P, Chiang Y, Chang H, Wu J. Effects of ultrasonic and high-speed air-driven devices on pulp e dentin reactions : An animal study. *J Dent Sci [Internet].* 2014;9(4):359–63. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jds.2013.03.009>
16. Sofia A, Felício A. *Ultrassons em endodontia.* Universidade Fernando Pessoa; 2016.
17. Mozo S, Llena C, Forner L. Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2012;17(3):512–8.
18. Antonio AG, Primo LG, Maia LC. Case report : ultrasonic cavity preparation - an alternative approach for caries removal in paediatric dentistry. *Eur J Paediatr Dent.* 2005;2:105–8.
19. Vanderlei AD, Souto L, Cavalcanti N, Rode SM, Paulo S, Paulo S. Ultrasonic versus high-speed cavity preparation : Analysis of increases in pulpal temperature and time to complete preparation. *J Prosthet Dent.* 2008;100(2):107–9.
20. Manuel A, Gil C. General information on minimal intervention in cariology - General remarks about minimal intervention dentistry. *Rev Cubana Estomatol.* 2016;53(2):1–14.
21. Cavalcanti BN, Lage-marques L. Pulpal temperature increases with Er : YAG laser and high-speed handpieces. *J Prosthet Dent.* 2003;90(5):447–50.

22. Mlakar N, Pavlica Z, Petelin M, Štrancar J, Zrimšek P, Pavlič A. Animal and human dentin microstructure and elemental composition. *Cent Eur J Med*. 2014;9(3):468–76.
23. Greene TD, Moss ME. Tooth preparation : A study on the effect of different variables and a comparison between conventional and channeled diamond burs. *J Prosthodont*. 2004;13(1):3–16.
24. Neves ADA, Coutinho E, De Munck J, Van Meerbeek B. Caries-removal effectiveness and minimal-invasiveness potential of caries-excitation techniques: A micro-CT investigation. *J Dent [Internet]*. 2011;39(2):154–62. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2010.11.006>
25. Valério RA, Borsatto MC, Serra MC, Aparecida S, Polizeli F, Nemezio MA, et al. Caries removal in deciduous teeth using an Er: YAG laser : a randomized split-mouth clinical trial. *Clin Oral Invest*. 2016;20:65–73.
26. Clinical and histological evaluation of thermal injury thresholds in human teeth : a preliminary study. *J Oral Rehabil*. 1997;24:791–801.
27. Walmsley AD, Lea SC, Felver B, King DC, Price GJ. Mapping cavitation activity around dental ultrasonic tips. *Clin Oral Invest*. 2013;17:1227–34.
28. Alkhouli MM, Al Nesser SF, Bshara NG, AlMidani AN, Comisi JC. Comparing the efficacies of two chemo-mechanical caries removal agents (2.25% sodium hypochlorite gel and brix 3000), in caries removal and patient cooperation: A randomized controlled clinical trial. *J Dent [Internet]*. 2020;93(December 2019):103280. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103280>
29. Broome JC, Chung K, Diefenderfer KE, Gonzalez-cabezas C, Katz B, Kelsey WP, et al. A scanning electron microscopic study of different caries removal techniques on human dentin. *Oper Dent*. 2002;27(4):360–6.
30. Forssell-Ahlberg K, Brannström M, Edwall L. The diameter and number of dentinal tubules in rat, cat, dog and monkey: A comparative scanning electron microscopic study. *Acta Odontol Scand*. 1975;33(5):243–50.
31. Robb L, Marx J, Steenkamp G, Van Heerden WFR, Pretorius E, Boy SC. Scanning electron microscopic study of the dentinal tubules in dog canine teeth. *J Vet Dent*. 2007;24(2):86–9.

32. Muylle S, Simoens P, Lauwers H. A study of the ultrastructure and staining characteristics of the “dental star” of equine incisors. *Equine Vet J.* 2002;34(3):230–4.
33. Dutra-Correa M, Anauate-Netto C, Arana-Chavez VE. Density and diameter of dentinal tubules in etched and non-etched bovine dentine examined by scanning electron microscopy. *Arch Oral Biol.* 2007;52(9):850–5.
34. Lopes MB, Sinhoreti MAC, Gonini Júnior A, Consani S, McCabe JF. Comparative study of tubular diameter and quantity for human and bovine dentin at different depths. *Braz Dent J.* 2009;20(4):279–83.
35. Cavalcanti BN, Otani C, Rode SM. High-speed cavity preparation techniques with different water flows. *J Prosthet Dent.* 2002;87(2):18–20.
36. Araya F, Sommariva C, Moncada G, Letelier C, Junior OO. The effect of hank ' s balanced salt solution (HBSS) storage time on transdentinal diffusion in extracted third molars. *Rev Fac Odontol Univ Antioquia.* 2013;25(1):158–75.
37. Visuri SR, Walsh JT. Erbium laser ablation of dental hard tissue : Effect of water cooling. *Lasers Surg Med.* 1996;18:294–300.
38. Vanderlei AD, Souto L, Cavalcanti N, Rode SM, Paulo S, Paulo S. Ultrasonic versus high-speed cavity preparation : Analysis of increases in pulpal temperature and time to complete preparation. *J Prosthet Dent.* 2008;100(2):107–9.
39. Hoke JA, Jr EJB, Gomes ED, Wolbarsht ML. Erbium : YAG (2 . 94 μm) laser effects on dental tissues. *J Laser Appl.* 2014;61(1990).
40. Burkes EJ, Hoke J, Gomes E, Wolbarsht M, Carolina N, Hill C. Wet versus dry enamel ablation by Er : YAG laser. *J Prosthet Dent.* 1992;67:847–51.
41. Laforgia PD, Milano V. Temperature change in the pulp chamber crown preparation during complete crown preparation. *J Prosthet Dent.* 1991;65(1):56–61.
42. Nicoll BK, Peters RJ. Heat generation during ultrasonic instrumentation of dentin as affected by different irrigation methods. *J Periodontol.* 1998;69(8):884–8.

43. Anic I, Vidovic D, Luic M, Tudja M. Laser induced molar tooth pulp chamber temperature changes. *Caries Res.* 1992;26:165–9.
44. Mccann JT, Keller DL, Labounty GL. Remaining dentin/cementum thickness after hand or ultrasonic instrumentation. *J Endod.* 1990;16(3):109–13.
45. Neev J, Pham K, Lee JP, White JM. Dentin ablation with three infrared lasers. *Lasers Surg Med.* 1996;128:121–8.
46. Sultana S, Nikaido T, Tagami J, Matin K. Storage media to preserve dentin and their effects on surface properties. *Int China J Dent.* 2006;6:123–9.
47. Aydin B, Pamir T, Baltaci A, Orman MN, Turk T. Effect of storage solutions on microhardness of crown enamel and dentin. *Eur J Dent.* 2015;9(2):262–6.
48. Talebi M, Parisay I, Afshari JT, Shajiei A, Ghadim MS. Viability and reproducibility of periodontal ligament cells on avulsed teeth stored in ham's f-10 solution. *J Clin Pediatr Dent.* 2018;42(3):203–7.
49. Sigalas E, Regan JD, Kramer PR, Witherspoon DE, Opperman LA. Survival of human periodontal ligament cells in media proposed for transport of avulsed teeth. *Dent Traumatol.* 2004;20(1):21–8.
50. Wang WJ, Zhao YM, Feng XY, Jia WQ, Ge LH. Effect of skimmed pasteurized milk and Hank's balanced salt solution on viability and osteogenic differentiation of human periodontal ligament stem cells. *Dent Traumatol.* 2013;29(5):365–71.
51. Chang JC, Wilder-smith P. Laser-induced thermal events in empty and pulpfilled dental pulp chambers. *Lasers Surg Med.* 1998;22:46–50.
52. Peyton FA. Temperature rise in teeth developed by rotating instruments. *J Am Dent Assoc [Internet].* 1955;50(6):629–32. Available from: <http://dx.doi.org/10.14219/jada.archive.1955.0117>
53. Glockner K, Rumpler J, Ebeleseder K. Intrapulpal Temperature during Preparation with the Er: YAG Laser Compared to the Conventional Burr: An in Vitro Study. 1998;16(3):153–7.
54. Duncan HF, Galler KM, Tomson PL, Simon S, Kundzina R, Krastl G, et al. European Society of Endodontology position statement: Management of deep caries and the exposed pulp. *Int Endod J.* 2019;52:923–34.

55. Carvalho C, Augusto R. The use of cvd diamond burs for ultraconservative cavity preparations : A report of two cases. *J Compil.* 2007;19(1):19–28.
56. Dammaschke T, Rodenberg TN, Schäfer E, Ott KHR. Efficiency of the polymer bur SmartPrep compared with conventional tungsten carbide bud bur in dentin caries excavation. *Oper Dent.* 2006;31(2):256–60.
57. Wohlleb T, Kaisarly D, Peter R. Self-limiting caries excavation with a polymer bur : Adhesive bonding to residual dentin. *Int J Adhes Adhes.* 2020;98:1–8.
58. Altukroni AA. Ultrasonic excavator to easily penetrate and remove caries and defective dentine which decrease traumatic injury through connecting ultrasonic wave to excavator tip. 25th Euro Congress and Expo on Dental and Oral Health in Budapest, Hungary. 2017.
59. Altukroni AA. Ultrasonic excavator to easily penetrate and remove caries and defective dentine which decrease traumatic injury through connecting ultrasonic wave to excavator tip. 28th Annual American Dentistry congress in Orlando, USA. 2017.
60. Altukroni AA, Alabduh MA, Khliaeil B. Ultrasonic excavator. *Ecronicon J.* 2017;16(6):249–54.
61. Paper R. Ultrasonic dental scaler : associated hazards. *J Clin Periodontol.* 2003;30:95–101.
62. Green Gh, Sanderson A. Ultrasonics and periodontal therapy-a review of clinical and biologic effects. *J Periodontol.* 1965;36:232–8.
63. Sugaya T, Kawanami M, Kato H. Effects of debridement with an ultrasonic furcation tip in degree II furcation involvement of mandibular molars. *J Int Acad Periodontol.* 2002;4:138–42.
64. Chen Y, Chang H, Chiang Y, Lin C. Application and development of ultrasonics in dentistry. *J Formos Med Assoc.* 2013;112(11):659–65. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfma.2013.05.007>
65. Macedo RG, Verhaagen B, Fernandez Rivas D, Gardeniers JGE, Van Der Sluis LWM, Wesselink PR, et al. Sonochemical and high-speed optical characterization of cavitation generated by an ultrasonically oscillating dental file in root canal models. *Ultrason Sonochem.* 2014;21:324–35.

66. Arukaslan G, Aydemir S. Comparison of the efficacies of two different fiber post-removal systems: A micro-computed tomography study. *Microsc Res Tech.* 2018;1–8.
67. Cehreli Z, Yazici A, Akca T, Ozgunaltay G. A morphological and microtensile bond strength evaluation of a single-bottle adhesive to cariesaffected human dentine after four different caries removal techniques. *J Dent.* 2003;31:429–35.
68. Ueki K, Nakagawa K, Marukawa K, Yamamoto E. Le Fort I osteotomy using an ultrasonic bone curette to fracture the pterygoid plates. *Eur Assoc Cranio Maxillofac Surg.* 2004;32:381–6.
69. Ueki K, Nakagawa K, Marukawa K, Shimada M, Yamamoto E. Use of the sonopet ultrasonic curettage device in intraoral vertical ramus osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2007;36:745–7.
70. Gilles R, Couvreur T, Dammous S. Ultrasonic orthognathic surgery: enhancements to established osteotomies. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2012;12(4):1–7.
71. Kocyigit ID, Atil F, Alp E, Tekin U, Tuz HH. Piezosurgery versus conventional surgery in radicular cyst enucleation. *J Craniofac Surg.* 2012;23(6):1805–8.
72. Nicoll BK, Peters RJ. Heat generation during ultrasonic instrumentation of dentin as affected by different irrigation methods. *J Periodontol.* 1998;69(8):884–8.
73. Toledano M, Ghinea R, Cardona JC, Cabello I, Pe M. Digital image analysis method to assess the performance of conventional and self-limiting concepts in dentine caries removal. *J o f dent i stry.* 2013;41s:31–8.
74. Neves ADA, Coutinho E, De Munck J, Van Meerbeek B. Caries-removal effectiveness and minimal-invasiveness potential of caries-excitation techniques: A micro-CT investigation. *J Dent.* 2011;39(2):154–62. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2010.11.006>
75. Correa-afonso AM, Palma-dibb RG. Thermal effects caused by different methods of cavity preparation. *J Oral Laser Appl.* 2007;7(2):115–21.

76. Ercoli C, Rotella M, Funkenbusch PD, Russell S, Feng C, Science A. In vitro comparison of the cutting efficiency and temperature production of 10 different rotary cutting instruments . Part I : Turbine. *J Prosthet Dent.* 2007;101(4):248–61.
77. Ercoli C, Rotella M, Funkenbusch PD, Russell S, Feng C, Science A. In vitro comparison of the cutting efficiency and temperature production of 10 different rotary cutting instruments . Part I : Turbine. *J Prosthet Dent.* 2007;101(4):248–61. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S00223913\(09\)60049-4](http://dx.doi.org/10.1016/S00223913(09)60049-4)
78. Greene TD, Moss ME. Tooth preparation : A study on the effect of different variables and a comparison between conventional and channeled diamond burs. *J Prosth.* 2004;13(1):3–16.
79. Greene TD, Moss ME. Tooth Preparation : A Study on the Effect of Different Variables and a Comparison Between Conventional and Channeled Diamond Burs. *J Prosth.* 2004;13(1):3–16.
80. Sofia A, Felício A. “Ultrassons em Endodontia.” Universidade Fernando Pessoa; 2016.
81. Needleman IG. Comparison of periodontal pocket penetration by conventional and microultrasonic inserts. *J Clin Periodontol.* 1999;26:124–30.
82. Jepsen S, Ayna M, Hedderich J, Significance EJ. Significant influence of scaler tip design on root substance loss resulting from ultrasonic scaling : a laserprofilometric in vitro study. *J Clin Periodontol.* 2004;31:1003–6.
83. Dammaschke T, Dent M. In vitro comparison of ceramic burs and conventional tungsten carbide bud In vitro comparison of ceramic burs and conventional tungsten carbide bud burs in dentin caries excavation. *Quintessence Int.* 2008;39(6):496–9.
84. Chen Y, Chang H, Chiang Y, Lin C. Application and development of ultrasonics in dentistry. *J Formos Med Assoc.* 2013;112(11):659–65.
85. Smith AJ, Murray PE, Sloan AJ, Matthews JB, Zhao S. Trans-dentinal Stimulation of Tertiary Dentinogenesis. *Adv Dent Res.* 2001;15:51–4.

86. Maltz M, Koppe B, Jardim JJ, Alves LS, Paula LM De, Yamaguti PM. Partial caries removal in deep caries lesions : a 5-year multicenter randomized controlled trial. *Clin Oral Invest.* 2018;22:1337–43.
87. Ricketts D, Landuyt K Van, Banerjee A, Campus G, Doméjean S. Managing carious lesions : Consensus recommendations on carious tissue removal. *Adv Dent Res.* 2016;28(2):58–67.
88. Larsen LBT. Changes in the cultivable flora in deep carious lesions following a stepwise excavation procedure. *Caries Res.* 2000;34:502–8.
89. Bjørndal L. Dentin and pulp reactions to caries and operative treatment : biological variables affecting. *Endod Top.* 2002;3:123–36.
90. Schwendicke F, Stolpe M, Meyer-Lueckel H, Paris S, Dörfer C. Cost-effectiveness of one- and two-step incomplete and complete excavations. *J Dent Res.* 2013;92(10):880–7.
91. Han Soo Chang Md, Masahiro Joko Md, Joon Suk Song Md, Kiyoshi Ito Md, Tatsushi Inoue Md, Hiroshi Nakagawa M. Ultrasonic bone curettage for optic canal unroofing and anterior clinoidectomy. *J Neurosurg.* 2006;104:621–4.
92. Labanca M, Azzola F, Vinci R, Rodella LF. Piezoelectric surgery: Twenty years of use. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2008;46:265–9.
93. Arabaci T. Sonic and ultrasonic scalers in periodontal treatment : a review. *Int J Dent Hyg.* 2007;5:2–12.
94. Hospital G. Measurement of the microhardness and young's modulus of human enamel and dentine using an indentation technique. *Archs oral Biol.* 1996;41(6):539–45.
95. Banerjee A, Sherriff M, Kidd EAM, Watson TF. A confocal microscopic study relating the autofluorescence of carious dentine to its microhardness. *Br Dent J.* 1999;187(4):206–10.
96. Fuentes V, Toledano M, Osorio R, Carvalho RM. Microhardness of superficial and deep sound human dentin. *J Biomed Mater Res A.* 2003;66(4):850–3.
97. Fusayama T, Okuse K, Hosoda H. Relationship between Hardness,

- Discoloration, and Microbial Invasion in Carious Dentin. *J Dent Res.* 1966;45(4):1033–46.
98. Paper O. Microbiochemical analysis of carious dentine using raman and fluorescence. *Caries Res.* 2012;46(5):432–40.
99. Yamada T, Nakamura K, Iwaku M, Fusayama T. The extent of the odontoblast process in normal and carious human dentin. *J Dent Res.* 1983;62(7):798–802.
100. Dominici JT, Clark S, Scheetz J, Eleazer PD, Blvd H. Analysis of heat generation using ultrasonic vibration for post removal. *JOE.* 2005;31(4):301–3.