



**Universidad  
Europea** VALENCIA

## **Grado en ODONTOLOGÍA**

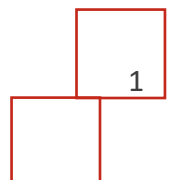
### **Trabajo Fin de Grado**

**Comparación de diferentes métodos de irrigación en la desinfección y  
remoción del barrillo dentinario en endodoncia: revisión sistemática**

**Presentado por: Lucas Palou**

**Tutor/es: Germán Sánchez Herrera**

Campus de Valencia  
Paseo de la Alameda, 7  
46010 Valencia  
universidadeuropea.com





## Índice

1. Resumen.....	4
2. Introducción.....	6
2.1. <u>Historia de la endodoncia</u> .....	6
2.2. <u>Generalidades en endodoncia</u> .....	6
2.3. <u>Requisitos de un irrigante ideal</u> .....	7
2.4. <u>Irrigantes</u> .....	8
2.4.1. <u>Hipoclorito de sodio</u> .....	8
2.4.2. <u>Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)</u> .....	10
2.4.3. <u>MTAD</u> .....	11
2.4.4. <u>La Clorhexidina</u> .....	13
2.4.5. <u>QMix 2in 1</u> .....	15
2.5. <u>Técnicas de irrigación</u> .....	16
2.5.1. <u>Irrigación pasiva</u> .....	16
2.5.2. <u>Irrigación activa</u> .....	17
2.5.2.1. <u>Método convencional con cono de gutapercha</u> .....	17
2.5.2.2. <u>Sistema de presión positiva</u> .....	17
2.5.2.3. <u>Sistema de presión negativa</u> .....	18
2.5.2.4. <u>Sistema sónico</u> .....	18
2.5.2.5. <u>Sistema ultrasónico</u> .....	18
2.5.2.6. <u>Activación fotónica: el láser</u> .....	19
3. Justificación.....	20
4. Hipótesis.....	20
5. Objetivos.....	21
5.1. <u>Objetivo general</u> .....	21
5.2. <u>Objetivos específicos</u> .....	21
6. Materiales y métodos.....	22
6.1. <u>Identificación de la pregunta PICO</u> .....	22
6.2. <u>Criterios de elegibilidad</u> .....	22
6.3. <u>Estrategia de búsqueda</u> .....	23



6.4.	<u>Selección de los estudios</u> .....	25
6.5.	<u>Extracción de datos</u> .....	25
6.6.	<u>Evaluación de riesgo de sesgo</u> .....	26
7.	Resultados.....	27
7.1.	<u>Selección de los estudios</u> .....	27
7.2.	<u>Características de los estudios</u> .....	29
7.3.	<u>Riesgo de sesgo</u> .....	37
7.4.	<u>Síntesis de resultados</u> .....	39
7.4.1.	<u>Comparación del efecto en la eliminación del barrillo dentinario de la técnica de irrigación convencional con respecto a la irrigación activada</u> .....	39
7.4.2.	<u>Comparación del efecto antibacteriano de la técnica de irrigación convencional con respecto a la irrigación activada</u> .....	43
7.4.3.	<u>Comparación del sistema de irrigación Ultrasonico y sistema Eddy®</u> .....	46
8.	Discusión.....	48
9.	Conclusión.....	52
10.	Bibliografía.....	53
11.	Anexos.....	62

## 1. Resumen

La reducción de la carga bacteriana de los conductos radiculares es un requisito previo para la curación de las lesiones de origen endodóntico. Además, los restos de barrillo dentinario acumulados en los conductos radiculares pueden afectar negativamente a la desinfección adecuada del mismo. Dicha reducción bacteriana y la eliminación del barrillo dentinario están directamente relacionadas con la desinfección del sistema de conductos radiculares. El objetivo general de esta revisión sistemática fue evaluar la eficacia del sistema de irrigación sónica o ultrasónico respecto a la irrigación convencional para la desinfección del sistema de conductos radiculares. Los objetivos secundarios fueron comparar el efecto en la eliminación de barrillo dentinario de la técnica de irrigación convencional con respecto a la irrigación activada, comparar el efecto antibacteriano de la técnica de irrigación convencional con respecto a la irrigación activada, comparar los sistemas de irrigación Ultrasónico y sistema Eddy®. La pregunta de investigación se creó en base a la estrategia PICO. Dos revisores realizaron de forma independiente una búsqueda bibliográfica exhaustiva en bases de datos electrónicas. Tras la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión a los artículos seleccionados, se construyó una hoja de extracción sistemática de datos. Los artículos seleccionados se evaluaron mediante un protocolo de puntuación de la calidad metodológica. El riesgo de sesgo en los estudios seleccionados fue evaluado críticamente por dos revisores. Se incluyeron un total de 15 artículos para la revisión sistemática. El riesgo general de sesgo para los estudios seleccionados fue moderado y bajo. En general, la irrigación ultrasónica mostró una elevada eliminación de barrillo dentinario y un dominante efecto antibacteriano, lo que resultó en una mejor desinfección en comparación con otros sistemas de irrigación elegidos para la comparación en esta revisión. Ningún artículo enseñó una diferencia significativa entre el sistema de irrigación Eddy® y ultrasónico. Existía variaciones metodológicas entre varios estudios con una falta de estandarización en el volumen y las concentraciones de la solución, en el tiempo de activación, en el ajuste de potencia. Teniendo en cuenta



las limitaciones de los estudios seleccionados y de la propia revisión, esta revisión sistemática muestra que el sistema de irrigación convencional fue menos eficaz respecto a la irrigación activada de forma sónica o ultrasónica. Los datos eran demasiado heterogéneos para comparar y recomendar los sistemas de irrigación activados Ultrasónicos y Eddy®.

## 2. Introducción

### 2.1. Historia de la endodoncia

En los primeros siglos de la sociedad occidental se citan tratamiento para aliviar el dolor de origen pulpar. En el siglo XVII, Fauchard, publica su obra “El cirujano dentista”, el cual se contempla el inicio de odontología moderna y donde se detallan tratamientos para la patología pulpar y periapical, como el empleo del eugenol (1).

En 1910, Hunter, médico británico, fue el primero en diseminar el peligro de los dientes sin pulpa como focos de bacteriemia, iniciando la etapa denominada infección focal, que detuvo el desarrollo de la endodoncia y desdentó innecesariamente a muchas personas. A pesar de todo, siguieron las investigaciones en torno a la morfología interna dental, la bacteriología de los conductos radiculares y la histopatología pulpar y periapical. Con la introducción del hidróxido cálcico por Hermann en 1920, para obturar los conductos radiculares, se enseñó una concepción más biológica de la endodoncia (1).

Clínicos e investigadores como Hess, Grove, Callahan, Coolidge, Fish y muchos otros, pusieron importancia a la necesidad de limpiar y conformar los conductos radiculares como etapa básica del tratamiento endodóncico. Rickert ofreció, en 1925, emplear un cemento junto con las puntas de gutapercha para obturar los conductos. Grossman, uno de los pilares de la endodoncia moderna, extendió a finales de la década de los treinta, el uso de hipoclorito sódico como solución irrigadora y la necesidad de estandarizar los instrumentos endodóncicos (1).

### 2.2. Generalidades en endodoncia

El objetivo de la endodoncia es preservar los dientes con patologías pulpares y periapicales en la arcada, erradicando la infección mediante la eliminación del tejido pulpar, los residuos, las toxinas y los productos inflamatorios. Para ello, la instrumentación y la irrigación son esenciales para permitir la reducción de las bacterias y evitar la reinfección de los conductos tratados. A pesar de la llegada de la rotación continua y de los modernos instrumentos de

endodoncia, hasta el 35% de la superficie del conducto radicular permanece sin instrumentar durante el tratamiento mecánico. Además, se dice que estas zonas no instrumentadas contienen numerosas bacterias (2,3). La irrigación es la única forma de influir en las zonas de la pared del conducto radicular que no se instrumenta. La microflora bacteriana del conducto radicular está dominada inicialmente por aerobios y anaerobios facultativos (4). A medida que la enfermedad progresa, los microorganismos dentro del sistema de conductos radiculares se modifican. Estos cambios pueden estar relacionados con la tensión de oxígeno cuando se abren los conductos radiculares durante el tratamiento, el uso de agentes de irrigación del conducto radicular y los cambios en el pH del conducto debido a los diversos materiales introducidos en el conducto radicular (5). En el ámbito de la endodoncia, los cambios experimentales en los últimos años ponen de relieve la necesidad de una actualización perpetua. Las evoluciones tecnológicas son beneficiosas, pero no deben encandilarnos; hay que someterlas a los resultados de las investigaciones científicas (1).

### **2.3. Requisitos de un irrigante ideal**

El irrigante ideal debe cumplir unas características mecánicas y biológicas específicas. Debe tener las siguientes propiedades:

- a) Actividad antibacteriana de amplio espectro contra microorganismos aerobios, anaerobios y formadores de biopelículas.
- b) Disolver la pulpa necrótica y el tejido restante.
- c) Inactivar las endotoxinas.
- d) Prevenir la formación de la capa de barrillo dentinario durante la instrumentación.
- e) Tener una fácil penetración en el sistema de conductos radiculares.
- f) Tener una acción antibacteriana a largo plazo.
- g) No tener toxicidad y ser biocompatible.
- h) El irrigante también debe ser fácil de manejar para el profesional y no ser significativamente caro (6,7).

## 2.4. Irrigantes:

### 2.4.1. Hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio (NaOCl) tiene una larga historia en la medicina y la odontología, sigue siendo muy popular hoy en día. A medida que se consume por el efecto oxidante en los tejidos, la cantidad de agentes activos disminuye y la actividad de la solución disminuye. Sólo la renovación continua de la solución en el conducto permite tener una solución permanentemente activa y optimizar la desinfección (7).

#### 2.4.5.1. Beneficios

- El hipoclorito de sodio se utiliza principalmente por su acción antiséptica. Tiene un amplio espectro antibacteriano y es eficaz contra virus, esporas, levaduras y bacteriófagos.

Los iones OCl<sup>-</sup> inhiben las enzimas bacterianas y provocan la oxidación de los grupos sulfhidrilos que componen la mayor parte de las membranas bacterianas, lo que conduce a su destrucción (7).

Esta solución es la más eficaz para la eliminación de los gérmenes responsables de las patologías endodóncicas, como el *Enterococcus Faecalis* (8).

- Además de su acción antiséptica, el hipoclorito de sodio es la única solución de irrigación con efecto disolvente sobre los tejidos orgánicos. El ácido hipocloroso (HOCl) en contacto con estos tejidos orgánicos actúa como disolvente y libera iones cloruro. El cloro liberado disuelve el tejido de la pulpa y todas las sustancias orgánicas. Esta acción del disolvente se ve incrementada con la concentración, el tiempo de contacto y la renovación regular de la solución (6,7).
- El hipoclorito de sodio tiene otras ventajas como la lubricación de los instrumentos con el objetivo de minimizar el riesgo de fractura del



instrumento. También es una gran ventaja la facilidad que tiene para utilizarse y lo económico que resulta para el profesional (9).

#### 2.4.5.2. Límites

- El hipoclorito de sodio es una solución que reacciona rápidamente con los tejidos y, por tanto, se vuelve inactiva. Por este motivo, es necesario renovarlo regularmente durante el tratamiento endodóncico para optimizar su eficacia.
- El hipoclorito de sodio es el irrigante más eficaz contra las bacterias debido a su amplio espectro antibacteriano. Sin embargo, su toxicidad, puede tener consecuencias adversas en los tejidos vivos: hemólisis, ulceración y necrosis.
- Se puede producir decoloración en la ropa: este es probablemente el daño más común. El hipoclorito de sodio es un agente blanqueador que puede causar graves daños a la ropa. Es necesario estar atento a su manipulación y colocar equipos de protección (paños quirúrgicos, tapones de jeringa) (10).
- Daños en los ojos: el contacto del hipoclorito de sodio con los ojos del paciente o del profesional provoca dolor, ardor y enrojecimiento inmediatos. Es fundamental realizar un lavado salino exhaustivo y remitir al paciente a un oftalmólogo si esto ocurre en el sillón dental (10).
- Extravasación de hipoclorito de sodio más allá del foramen apical: El hipoclorito de sodio proyectado más allá del ápice libera oxígeno al degradarse. Esto puede provocar un hematoma y un enfisema subcutáneo, que suele ir acompañado de un fuerte dolor. En este caso, es necesario tranquilizar al paciente y enjuagar bien el conducto con suero fisiológico. El dentista aconsejará al paciente que se aplique hielo

durante los primeros días para reducir el hematoma y le recetará analgésicos y antibióticos (10).

#### **2.4.2. Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)**

Durante el tratamiento endodóntico, los instrumentos utilizados generan desechos dentinarios compuestos por un 70% de fase mineral (hidroxiapatita). Estos desechos generalmente se compactan en las paredes laterales del conducto debido al movimiento de los instrumentos formando lo que se conoce como capa de barrillo dentinario. El hipoclorito de sodio tiene una acción disolvente sobre la fase orgánica de este barrillo dentinario, pero es inactivo sobre los componentes minerales. Esta es la función de las soluciones quelantes. La solución más conocida es el EDTA (11).

##### **2.4.5.1. Beneficios**

- El EDTA se utiliza principalmente en endodoncia por su acción quelante sobre los componentes inorgánicos de la capa de barrillo dentinario, es decir, los restos dentinarios. Como el hipoclorito de sodio es ineficaz contra la parte mineral del barrillo dentinario, el EDTA permitirá la disolución de esta parte inorgánica. Sin embargo, después de utilizar el EDTA, los residuos orgánicos e inorgánicos pueden quedar suspendidos en el conducto. Por ello, los autores recomiendan una irrigación con hipoclorito de sodio para garantizar la eliminación completa de la capa de barrillo dentinario (12).
- En forma de gel, el EDTA se combina con peróxido de carbamida en algunos envases. En contacto con el hipoclorito de sodio, esta asociación da lugar a una acción efervescente que facilita la eliminación de los restos dentinarios creados por la instrumentación. Esto reduce la formación de la capa de barrillo. Debido a las interacciones existentes entre el EDTA y el hipoclorito de sodio, esta acción efervescente sigue siendo objeto de debate (13).

2.4.5.2. Límites

- El EDTA tiene una acción antibacteriana muy limitada, pero su uso en combinación con el hipoclorito de sodio tiene una acción antibacteriana mayor que el uso del hipoclorito de sodio solo. Algunos estudios informan de una acción antifúngica del EDTA (3,14).
- Uno de los criterios para la solución de irrigación ideal en endodoncia es disolver los sustratos orgánicos. El EDTA no tiene acción disolvente sobre los componentes orgánicos (12).
- Algunos estudios informan de que las soluciones quelantes, en particular el EDTA, pueden provocar una reducción de la dureza de la dentina, especialmente en las paredes del conducto radicular. Esta reducción de la dureza de la dentina depende del tiempo de contacto entre las paredes del conducto radicular y el EDTA y también de la concentración de la solución de irrigación. Por lo tanto, el EDTA debe utilizarse después de la fase instrumental y durante un tiempo reducido (6,15).
- El principal inconveniente del EDTA es su interacción con el hipoclorito de sodio (NaOCl). En efecto, el EDTA mezclado con el NaOCl provocará una disminución de la concentración de cloro y, por tanto, una disminución de la acción antiséptica de la solución de hipoclorito de sodio. Por lo tanto, es aconsejable no mezclar las dos soluciones en el conducto, sino utilizarlas alternativamente (16,17).

**2.4.3. MTAD**

La solución MTAD es una alternativa al uso de EDTA para eliminar la capa de barrillo dentinario. Este irrigante fue propuesto por primera vez en 2003 por Torabinejad y Johnson en la Universidad de Loma Linda como solución de irrigación final (18). El MTAD es una mezcla de tetraciclinas (doxiciclina 3%), un agente desmineralizador (ácido cítrico 4,25%) y un detergente

(polisorbato 80 0,5%) (6). La acción antibacteriana del MTAD está relacionada con las propiedades bactericidas de la doxiciclina. Para que la doxiciclina penetre en la dentina infectada, el agente desmineralizador (ácido cítrico) elimina la capa de barrillo que recubre las paredes dentinarias (6).

#### 2.4.5.1. Beneficios

- La doxiciclina, un componente del MTAD, es un antibiótico eficaz contra la flora bacteriana endodóntica y, en particular, contra *E. faecalis*. Un estudio muestra que el uso de NaOCl concentrado al 1,3% en combinación con MTAD en la irrigación final es más eficaz para suprimir esta bacteria que el NaOCl solo (18).
- Las tetraciclinas presentes en el MTAD tienen un PH relativamente bajo que puede inducir una acción quelante sobre el calcio y, por tanto, desmineralizar las superficies dentinarias. Esta acción desmineralizadora se ve reforzada por la presencia de ácido cítrico (6). Un estudio que compara la eficacia del MTAD y del EDTA a diferentes concentraciones muestra que el MTAD en la irrigación final permite eliminar mejor la capa de barrillo dentinario que el EDTA, especialmente en el tercio apical. Además, parece que el MTAD es menos erosivo para las paredes dentinarias que el EDTA (15,18).
- El MTAD es un irrigante biocompatible con una vida útil estable pero limitada.  
Se ha demostrado que es menos citotóxico y más biocompatible que algunos irrigantes. Un estudio in vivo realizado por Singla et al. en 2011, demostró que el uso de la irrigación con NaOCl al 1,3% y MTAD no dio lugar a una mayor incidencia de dolor postoperatorio en comparación con el uso de NaOCl al 5,25% y EDTA (18).

#### 2.4.5.2. Limites

- El uso del MTAD como irrigante endodóntico puede ser la causa del desarrollo de resistencia a los antibióticos debido a la presencia de doxiciclina en el MTAD. Sin embargo, no se ha publicado ningún estudio in vivo que demuestre esta hipótesis (6).
- El MTAD se introdujo como alternativa al uso de hipoclorito de sodio. Sin embargo, su uso no puede sustituir al NaOCl. En efecto, un estudio muestra que la irrigación previa con hipoclorito de sodio da mejores resultados en la eliminación de la capa de barrillo dentinario y una acción antibacteriana más importante que el uso del MTAD solo. Por ello, el MTAD se considera actualmente una alternativa al uso del EDTA (18).

#### 2.4.4. La Clorhexidina

La clorhexidina o digluconato de clorhexidina se desarrolló a finales de los años 40 en los laboratorios de Imperial Chemical Industries Ltd en Inglaterra. Entre una serie de polibisguanidas sintetizadas para obtener agentes antibacterianos, la clorhexidina resultó ser la más potente y estable de las bisguanidas (6).

#### 2.4.5.1. Beneficios

- La clorhexidina tiene un amplio espectro antimicrobiano. Es activo contra las bacterias Gram+ y Gram-. La clorhexidina es bactericida en concentraciones altas (2%) y bacteriostática en concentraciones más bajas (0,2%)(19) .
- La dentina tratada con clorhexidina adquiere persistencia antibacteriana. Los iones positivos liberados por la clorhexidina pueden ser absorbidos por la dentina y evitar la colonización bacteriana durante algún tiempo más allá del tiempo de aplicación. Cuanto mayor sea la concentración de la solución, mayor será la persistencia (19).

- Debido a su elevada acción antimicrobiana y a su actividad persistente, la clorhexidina puede utilizarse en forma líquida o de gel (Bisco Cavity Cleanser) como medicación intraconducto cuando el tratamiento endodóntico no puede realizarse en una sola sesión.
- La clorhexidina es eficaz contra el biofilm, pero no puede destruirlo completamente por sí sola. Debe utilizarse en combinación con antibióticos para descomponerlo (19).
- Ribeiro et al, evaluaron la genotoxicidad de la clorhexidina en ovocitos de rata. El resultado fue la no toxicidad y la biocompatibilidad de la clorhexidina en las concentraciones utilizadas clínicamente (7).

#### 2.4.5.2. Límites

- La clorhexidina al 2% puede utilizarse como solución de irrigación final para complementar la irrigación con NaOCl. Sin embargo, hay que tener cuidado y asegurarse de que el conducto se limpia de todo rastro de hipoclorito de sodio debido a que las dos soluciones interactúan y forman precipitados de color marrón amarillento muy difíciles de eliminar. Este producto se descompone a su vez en una sustancia reconocida como cancerígena y mutante (19).
- La clorhexidina se recomienda como solución de irrigación del conducto radicular porque tiene un amplio espectro antimicrobiano y una baja toxicidad. Sin embargo, su incapacidad para disolver el tejido orgánico, a diferencia del hipoclorito de sodio, es un inconveniente importante. En forma de gel o solución, la clorhexidina al 2% no tiene ni propiedades disolventes ni quelantes (19).

- En las concentraciones utilizadas clínicamente, la clorhexidina presenta una buena biocompatibilidad y una baja toxicidad. Sin embargo, puede tener una serie de efectos secundarios poco frecuentes, como gingivitis descamativa, decoloración de los dientes y la lengua o disgeusia (7).

#### **2.4.5. QMix 2in 1**

QMIX es un nuevo irrigante, comercializado desde 2011, que se utiliza en la irrigación final para mejorar la limpieza y desinfección del conducto. Está compuesto por un agente quelante: ácido poliaminocarboxílico (17% EDTA) y un agente antimicrobiano: bis-biguanida (2% CHX) (20).

##### **2.4.5.1. Beneficios**

- QMIX combina las propiedades de la clorexhidina (antimicrobiana y persistente) y del EDTA (eliminación del barrillo dentinario). También contiene un detergente que disminuye su tensión superficial y aumenta su humectabilidad en la solución. Además, estudios recientes han demostrado su eficacia contra E.faecalis.

Para que sea plenamente eficaz, la solución debe utilizarse durante al menos un minuto por conducto.

- El QMIX ha demostrado ser más eficaz en la eliminación de LPS del conducto (endotoxinas que componen la superficie exterior de las membranas bacterianas Gram negativas, responsables de la respuesta inflamatoria periapical y de la reabsorción ósea), en contraste con el hipoclorito, la clorexhidina y el EDTA (21).

##### **2.4.5.2. Límites**

- El QMIX es citotóxico para las células óseas humanas, pero menos que el hipoclorito de sodio. También es menos tóxico para el tejido subcutáneo que el hipoclorito de sodio al 3% y el EDTA al 17% (20).

- Además, el QMIX es ineficaz con los compuestos orgánicos del barrillo dentinario, por lo que debe combinarse con hipoclorito de sodio para eliminar todo el componente orgánico (22).

## **2.5. Técnicas de irrigación**

Los métodos de irrigación pueden dividirse en dos categorías: la irrigación pasiva convencional con jeringa y la irrigación activa. A diferencia de la irrigación pasiva, la irrigación activa utiliza diferentes dispositivos para optimizar la eficacia de las soluciones utilizadas, mejorando la difusión de los irrigantes en el sistema de conductos radiculares. La irrigación activa puede dividirse en tres subcategorías:

- Dispositivos de irrigación asistida por presión positiva o negativa
- Medios mecánicos de activación: manual, sónica, ultrasónica
- Activación fotónica: láser (23,24).

### **2.5.2. Irrigación pasiva**

En este método de irrigación, el irrigante se deposita en el fondo del conducto a través de una aguja y luego fluye hacia la abertura del conducto radicular y se evacua por succión. Este es el sistema más utilizado por los dentistas en la actualidad. Requiere una manipulación sencilla para controlar la profundidad de la aguja y el volumen de irrigante utilizado.

La penetración del irrigante depende directamente de la preparación del conducto radicular y del diámetro de la aguja utilizada. En efecto, la solución no va más allá de la punta de la aguja, lo que plantea un verdadero problema para la desinfección de los últimos milímetros apicales y constituye la principal limitación de este sistema. Por lo tanto, la irrigación es más eficaz al final de la conformación del conducto radicular cuando hay suficiente espacio entre la aguja y las paredes del conducto para crear una corriente hidráulica y permitir así el intercambio del irrigante (25–27).



### **2.5.2. Irrigación activa**

#### **2.5.2.1. Método convencional con cono de gutapercha**

En la irrigación final, se adapta un cono de gutapercha al diámetro del foramen apical en la longitud de trabajo (LT). Este cono maestro puede utilizarse como agitador de la solución irrigante. Una vez que el conducto está lleno del irrigante, se introduce el cono de gutapercha a LT -1mm y se le da un movimiento de bombeo vertical de 2mm de amplitud con una frecuencia de dos vueltas por segundo durante unos 30 segundos. La adaptación del cono a las paredes del conducto permitirá:

- Una sobrepresión durante los movimientos de ida y vuelta, lo que resulta en una mejor distribución de la solución irrigadora en las zonas no instrumentadas.
- Un desplazamiento y una renovación corono-apical del irrigante.

Es necesario renovar la solución de irrigación y repetir el proceso durante aproximadamente 1 minuto por conducto (28,29).

#### **2.5.2.2. Sistema de presión positiva**

RinsEndo®, es una pieza de mano que se conecta al cable de la turbina del equipo. Se suministra la solución en forma de flujo y reflujo de 65 microlitros produciendo pulsos a una frecuencia de 1,6 Hz. Hauser et al, han demostrado su superioridad en la penetración de la solución de irrigación en los canalículos dentinarios en comparación con la irrigación convencional realizada manualmente con una jeringa y una aguja adaptada (30). Para otros autores, la eficacia del RinsEndo®, en la eliminación de residuos o biofilm es inferior a la agitación manual de la solución con un cono de gutapercha (31,32). Parece que el riesgo de extrusión periapical de la solución es mayor con este dispositivo (30,33).

#### 2.5.2.3. Sistema de presión negativa

El EndoVac® es un dispositivo de irrigación de presión negativa. Es único que invierte el flujo de irrigación. La solución se suministra en la cavidad de acceso y luego es arrastrada hacia el ápice por una microcánula introducida en el conducto y conectada a la succión. La literatura sugiere que la capacidad de la jeringa y el ultrasonido para limpiar las paredes y los istmos es equivalente (34) o superior a la jeringa (35). Además, hay menos riesgo de extrusión apical que con el sistema RinsEndo® y se ha informado de que la sensibilidad postoperatoria es menor (33,36).

#### 2.5.2.4. Sistema sónico

Recientemente se ha presentado el Eddy® (VDW, Múnich, Alemania), un sistema de activación de irrigación accionado de forma sónica y fabricado en poliamida flexible, a diferencia del metal rígido de las agujas de irrigación y las puntas de ultrasonidos. Según el fabricante, el instrumento crea un movimiento tridimensional que desencadena la cavitación y el flujo acústico, dos efectos físicos que hasta ahora sólo han sido causados por la irrigación ultrasónica pasiva (PUI) y a los que se ha atribuido la mejora de la eficacia de la limpieza de la PUI (37). Por otro lado, el EndoActivator®, es una pieza de mano sónica inalámbrica que activa puntas de polímero altamente flexibles que funciona con pilas y tiene 3 velocidades. El EndoActivator® provoca una turbulencia hidrodinámica que elimina la capa de barrillo y disgrega la biopelícula bacteriana (38). Parece que el Endoactivator® no causa una extrusión significativa de la solución a nivel periapical según un estudio de Desai y Himel (33).

#### 2.5.2.5. Sistema ultrasónico

Irrisafe® y EndoUltra® están destinados exclusivamente a la activación de la solución de irrigación durante la fase de irrigación final. Debe utilizarse alternativamente con la renovación de la solución de irrigación. El Endo Soft Instrument® combina la activación con un suministro continuo de solución.

Puede utilizarse durante todo el curso del tratamiento, combinando así la renovación y la activación de la solución de irrigación.

Estos sistemas de activación por ultrasonidos son más eficaces cuando se utilizan con ciclos alternos de activación y renovación de la solución en lugar de un único ciclo de activación (39).

#### 2.5.2.6. Activación fotónica: el láser

En endodoncia, el láser se utiliza para mejorar la preparación y desinfección del conducto, especialmente en el tercio apical, que se considera el más difícil de limpiar.

Ventajas del uso del láser (después de la conformación mecánica del conducto radicular):

- Mejora de la actividad antibacteriana del irrigante (especialmente el hipoclorito de sodio) al aumentar la temperatura de la solución y la eliminación de los residuos, lo que permite una limpieza más eficaz.
- Elimina el *E. faecalis*.
- La eliminación del barrillo dentinario es eficaz si se irriga durante 3-5 minutos, de lo contrario, es ineficaz para el tercio apical del conducto (40).

La principal desventaja del láser es su acción en línea recta, por lo que será ineficaz para los conductos laterales, así como para los conductos con curvaturas.

En los últimos años se ha dado mucha importancia a la irrigación final del conducto radicular, tras haberlo preparado con instrumental manual o rotatorio. La irrigación activada incrementa la eliminación de residuos, de la capa residual y de las bacterias aún presentes.

### **3. Justificación**

La irrigación es un elemento clave para el éxito del tratamiento del conducto radicular, ya que cumple varias funciones mecánicas, químicas y biológicas importantes. Como ya se ha visto, la persistencia de microorganismos dentro del sistema de conductos radiculares después del tratamiento es la principal causa de fracaso de este. Cada uno de los actuales irrigantes utilizados en endodoncia tiene su propio mecanismo de acción, ventajas, inconvenientes e interés como irrigante endodóntico. Hoy en día es importante optimizar los irrigantes y existen diferentes técnicas que nos permiten potenciar su acción. Se busca la técnica de irrigación más eficaz para aumentar el éxito de la endodoncia.

En la actualidad existen varias revisiones sobre el tema de irrigación con activación en endodoncia; algunas evalúan el efecto sobre la eliminación del barrillo dentinario (41,42), mientras que en otras, se evalúa la relación con el efecto bacteriano (43–45). Sin embargo, en las revisiones publicadas hasta el momento no existe ninguna en la que se evalúen estas dos variables de manera conjunta. Debido a que la evaluación de estas dos variables aporta una visión más global del efecto de limpieza del irrigante; se consideró interesante realizar la presente revisión sistemática evaluando la eliminación del barrillo dentinario y el efecto antibacteriano en el mismo estudio.

### **4. Hipótesis**

La hipótesis del presente trabajo de investigación considera que la técnica de irrigación con activación ultrasónica es más eficaz en la eliminación del barrillo dentinario y su efecto antibacteriano.

## 5. Objetivos

### 5.1. Objetivo general

- Evaluar la eficacia del sistema de irrigación sónica o ultrasónico respecto a la irrigación convencional para la desinfección del sistema de conductos radiculares.

### 5.2. Objetivos específicos

- Comparar el efecto en la eliminación de barrillo dentinario de la técnica de irrigación convencional con respecto a la irrigación activada.
- Comparar el efecto antibacteriano de la técnica de irrigación convencional con respecto a la irrigación activada.
- Comparar los sistemas de irrigación Ultrasónico y sistema Eddy®.

## 6. Materiales y métodos

### 6.1. Identificación de la pregunta PICO

Esta revisión sistemática se realizó de acuerdo con los criterios de la Guía PRISMA (46); siguiendo la estrategia PICO:

¿Con el sistema de irrigación activado de forma sónica o ultrasónica se consigue un efecto antibacteriano y/o eliminación del barrillo dentinario mayor que el sistema de irrigación convencional?

P: población experimental: dientes extraídos permanentes humanos sometidos a un tratamiento endodóntico (dientes in vitro).

I: irrigación con sistema de irrigación activado sónica o ultrasónica.

C: sistema de irrigación convencional.

O: efecto antibacteriano o eliminación barrillo dentinario (sistema electrónico microscópico).

### 6.2. Criterios de elegibilidad

Criterios de inclusión:

- Estudios experimentales in vitro sobre dientes permanentes con ápice cerrado.
- Estudios que comparen el sistema de irrigación activado sónica o ultrasónica o sistema de irrigación convencional.
- Estudios que evalúen el efecto antibacteriano de la UFC (unidades formadoras de colonias).
- Estudios que evalúen la eliminación del barrillo dentinario.
- Artículos publicados en inglés o español y francés.
- Estudios publicados desde el año 2016 hasta la actualidad.

Criterios de exclusión:

- Estudios de revisiones sistemáticas, meta-análisis y a propósito de un caso.
- Dientes de resina.

### **6.3. Estrategia de búsqueda**

Se llevo a cabo una búsqueda automatizada en las bases de datos uMedline-Pubmed y Scopus para realizar las búsquedas de los artículos sobre estudios in vitro con dientes extraídos permanentes humanos sometidos a un tratamiento endodóntico, publicados desde 2016 hasta la actualidad.

La estrategia de búsqueda se desarrolló combinando términos del Medical Subject Heading (MeSH). Se aplicaron los operadores booleanos "AND" y "OR" para combinar los términos y crear la estrategia de búsqueda. La estrategia de búsqueda de cada base de datos electrónica se detalla a continuación.

La búsqueda se completó con una revisión de las referencias de los artículos seleccionados (búsqueda cruzada) con el objetivo de encontrar estudios adicionales.

El martes 23 de noviembre 2021, en la base de datos Pubmed, se obtuvo 50 resultados con la aplicación del filtro “menos de 5 años”. La estrategia de búsqueda era:

- (("dental pulp cavity"[MeSH Terms] OR ("dental"[All Fields] AND "pulp"[All Fields] AND "cavity"[All Fields]) OR "dental pulp cavity"[All Fields] OR ("root"[All Fields] AND "canal"[All Fields]) OR "root canal"[All Fields]) AND ("irrigant"[All Fields] OR "irrigants"[All Fields] OR "irrigate"[All Fields] OR "irrigated"[All Fields] OR "irrigates"[All Fields] OR "irrigating"[All Fields] OR "irrigational"[All Fields] OR "irrigator"[All Fields] OR "irrigators"[All Fields] OR "therapeutic irrigation"[MeSH Terms] OR ("therapeutic"[All Fields] AND "irrigation"[All Fields]) OR "therapeutic irrigation"[All Fields] OR "irrigation"[All Fields] OR "irrigations"[All Fields]) AND ("sonic"[All Fields] OR "sonically"[All Fields] OR "sonicate"[All Fields] OR "sonicated"[All Fields] OR "sonicates"[All Fields] OR "sonicating"[All Fields] OR "sonication"[MeSH Terms] OR "sonication"[All Fields] OR



"sonications"[All Fields] OR "sonicator"[All Fields] OR "sonicators"[All Fields] OR "sonics"[All Fields]) AND ("activable"[All Fields] OR "activate"[All Fields] OR "activated"[All Fields] OR "activates"[All Fields] OR "activating"[All Fields] OR "activation"[All Fields] OR "activations"[All Fields] OR "activator"[All Fields] OR "activator s"[All Fields] OR "activators"[All Fields] OR "active"[All Fields] OR "activated"[All Fields] OR "actively"[All Fields] OR "actives"[All Fields] OR "activities"[All Fields] OR "activity s"[All Fields] OR "activitys"[All Fields] OR "motor activity"[MeSH Terms] OR ("motor"[All Fields] AND "activity"[All Fields]) OR "motor activity"[All Fields] OR "activity"[All Fields]) AND ("ultrasonically"[All Fields] OR "ultrasonicated"[All Fields] OR "ultrasonication"[All Fields] OR "ultrasonicator"[All Fields] OR "ultrasonics"[MeSH Terms] OR "ultrasonics"[All Fields] OR "ultrasonic"[All Fields]) AND ("activable"[All Fields] OR "activate"[All Fields] OR "activated"[All Fields] OR "activates"[All Fields] OR "activating"[All Fields] OR "activation"[All Fields] OR "activations"[All Fields] OR "activator"[All Fields] OR "activator s"[All Fields] OR "activators"[All Fields] OR "active"[All Fields] OR "activated"[All Fields] OR "actively"[All Fields] OR "actives"[All Fields] OR "activities"[All Fields] OR "activity s"[All Fields] OR "activitys"[All Fields] OR "motor activity"[MeSH Terms] OR ("motor"[All Fields] AND "activity"[All Fields]) OR "motor activity"[All Fields] OR "activity"[All Fields]) AND ("disinfect"[All Fields] OR "disinfectable"[All Fields] OR "disinfectants"[Pharmacological Action] OR "disinfectants"[MeSH Terms] OR "disinfectants"[All Fields] OR "disinfectant"[All Fields] OR "disinfected"[All Fields] OR "disinfecting"[All Fields] OR "disinfection"[MeSH Terms] OR "disinfection"[All Fields] OR "disinfections"[All Fields] OR "disinfective"[All Fields] OR "disinfects"[All Fields])) AND (2016:2021[pdat])

En la base de datos Scopus se consiguió 150 resultados el día 26/11/2021 aplicando un filtro “menos de 5 años”. La estrategia de búsqueda era:

- root AND canal AND irrigation AND sonic AND activation AND ultrasonic AND activation AND disinfection AND ( LIMIT-TO



( PUBYEAR , 2021 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2020 ) OR LIMIT-TO  
( PUBYEAR , 2019 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2018 ) OR LIMIT-TO  
( PUBYEAR , 2017 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2016 ) ) AND  
( EXCLUDE ( DOCTYPE , "re" ) ) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA ,  
"DENT" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) )

#### **6.4. Selección de los estudios**

La selección de los estudios fue realizada por dos revisores, G.S.H y L.P, los cuales, examinaron cada registro y cada informe. Se llevó a cabo un proceso de selección en cuatro etapas. En la primera etapa se eliminaron los artículos duplicados entre las bases de datos; en la segunda etapa se eliminaron en función de la idoneidad del título; en la tercera etapa se eliminaron artículos por los resúmenes; y en la cuarta etapa se realizó una lectura completa de cada artículo para confirmar la elegibilidad de los estudios. Cuando un estudio cumplía todos los criterios de inclusión, se incluía.

#### **6.5. Extracción de datos**

Dos autores (G.S.H y L.P) extrajeron de forma independiente los datos de los estudios incluidos. Se extrajo y se registró la siguiente información de cada estudio incluido: intervenciones (Endoactivor®, Eddy®, Irri K®, Irrisonic®, EndoUltra®, IrriSafe®, EndoVac®, M3 MAx®, Laser Er:Yag, Endo irrigator plus®, XP Endo Finisher®, irrigación convencional, grupo control, solución salina, hipoclorito de sodio (NaOCl), clorexidina, sodium thiosulfate, EDTA, agua destilada, agua estéril), tamaño de la muestra, tipo de dientes, volumen (ml) y concentración del irrigante (%), especies inoculado (E. faecalis), métodos utilizados para recoger bacterias (punta papel,Lima H), tiempo de irrigación (segundos), ajuste de potencia de la activación (Hz, KHz, %, W, rpm), grupo favorecido por el protocolo y magnificación del microscopio (x).

Variables principales:

- El efecto antibacteriano se evalúa mediante una técnica de cultivo microbiológico en unidades formadas por colonias.

- La eliminación del barrillo dentinario se evalúa mediante un microscopio electrónico con una determinada magnificación.

### **6.6. Evaluación de riesgo de sesgo**

Se utilizó la lista de comprobación de valoración clínica para estudios in vitro de las directrices ARRIVE y CONSORT modificadas. La evaluación del riesgo de sesgo se basó en un estudio anterior (47), y verificó si las propiedades mecánicas se analizaron de acuerdo con los siguientes parámetros: (a) muestras obtenidas mediante un proceso estandarizado, (b) un solo operador de la máquina, (c) descripción del cálculo del tamaño de la muestra, (d) cegamiento del operador de la máquina de ensayo, y (e) calibración del tamaño de la muestra antes de aplicar el ensayo, diseño del ensayo.

Si el artículo informaba específicamente sobre el parámetro recibía una puntuación de 0 para ese parámetro específico, si se informaba de un parámetro concreto, pero de forma insuficiente o poco clara la puntuación era de 1, y si no era posible encontrar esta información la puntuación era de 2.

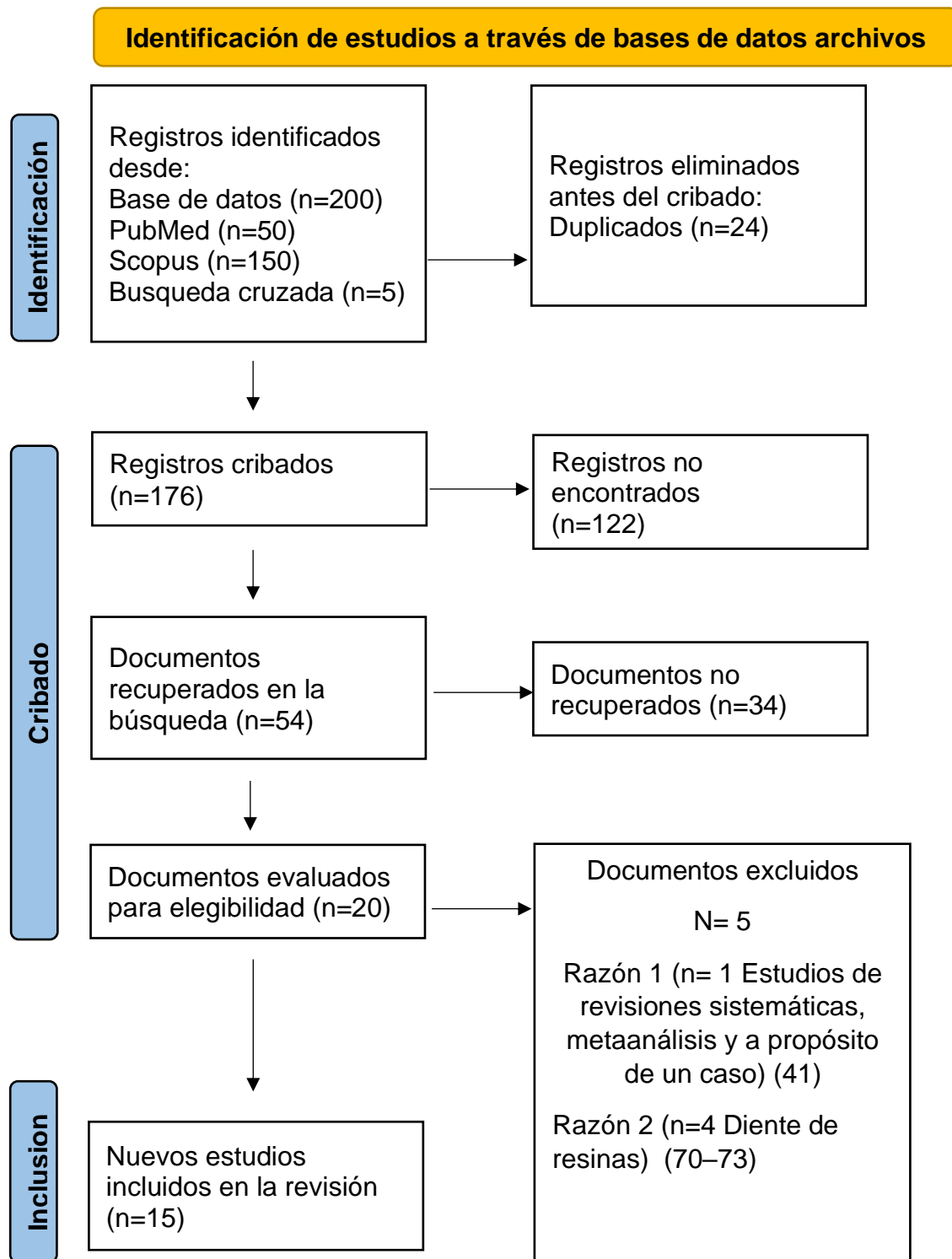
Los artículos que obtuvieron una puntuación entre 0 y 3 se clasificaron como de bajo riesgo de sesgo, los que obtuvieron una puntuación de 4 a 7 como de riesgo moderado y los de 8 a 10 como de alto riesgo.

## 7. Resultados

### 7.1. Selección de los estudios

El diagrama de flujo de la declaración PRISMA que resume el proceso de selección se muestra en la figura 1. La búsqueda arrojó 200 estudios. De ellos, se excluyeron 24 duplicados. Otros 122 estudios fueron excluidos porque no cumplían los criterios de elegibilidad. Los 54 estudios restantes se seleccionaron para examinar el texto completo, lo que permitió excluir 34 artículos que no cumplían los criterios de inclusión. Posteriormente, se excluyeron 5 de los 20 artículos restantes por dos razones, primero artículos que estudian sobre dientes de resina y por segundo, estudios de revisiones sistemáticas, meta-análisis y a propósito de un caso. De los 15 estudios restantes incluidos en la revisión sistemática, 10 estudiaron la eliminación del barrillo dentinario, 5 el efecto antibacteriano.

(Figura 1) Diagrama de flujo de PRISMA.



## 7.2. Características de los estudios

Las características generales de estos estudios se muestran en las tablas 1 y 2. En los estudios incluidos, se observaron diferencias en los siguientes aspectos; parámetros de la IAU: duración, ajuste de potencia; irrigación: agente químico (solución salina, hipoclorito de sodio (NaOCl), clorexidina, sodium thiosulfate, EDTA, agua destilada, agua estéril), concentración y volumen de la solución de irrigación; (c) metodología: recogida de muestras para el cultivo bacteriano. El tamaño de la muestra varió entre 5 (48) y 25 dientes (49). El tiempo de activación varió entre 30s (50) - 210s (51) . Se utilizaron varios métodos para la recogida de muestras de los conductos radiculares para el cultivo bacteriano. Entre ellos estaban la nano brush (52), la lima H (53) o las puntas de papel (49,50,54). La magnificación de las unidades microscópica varía entre 1000 (48,51,55,56) y 2000 (57).

Tabla 1. Características de los estudios incluidos

Artículos	Intervenciones (grupos)	N muestra (dientes)	Volumen y concentración del irrigante	Especies inoculado	Métodos utilizados para recoger bacterias	Tiempo irrigación (seg)	Ajuste de potencia de la activación	Grupo favorecido por protocolo
<b>Ghoddusi et al. (50)</b>  <b>2018 /Iran</b>	1) irrigación convencional	1)20	1) 5 mL NaOCl (5,25%) + 5 mL de solución salina	<i>E. faecalis</i> incubado 7 días a 37°C.	Punta de papel	1) 60 seg	NM	Endoactivator con NaOCl
	2) NaOCl con Endoactivator	2)20	2) 5 mL NaOCl (5,25%)			2) 30 seg + 30seg activacion		
	3) control	3)10	3)control + 5 mL de solución salina					
		Incisivo central						
<b>Zeng et al. (53)</b>  <b>2018/ China</b>	1) grupo control negativo	1)2		<i>E. faecalis</i> incubado 24 horas a 37°C.	Lima H			EDDY con NaOcl
	2) grupo control positivo	2)6						
	3) irrigación convencional	3)15	3) 1,5 ml NaOcl (3%)			3) 30 seg NaOcl + 30 seg reposo. Se repite 2 veces		
	4) Naocl + EDDY	4)15	4) 1,5 ml NaOcl (3%)			4)30 seg activacion NaOcl + 30 seg reposo.		
		Premolares (1 conducto)				4) 6000Hz		

						Se repite dos veces			
<b>Eneide et al. (52)</b>  <b>2019/ Italia</b>	1) irrigación convencional  2) NaOcl +ultrasonica (irri K) + EDTA + NaOcl  3) NaOcl + EDDY + EDTA + NaOcl  4)grupo control positivo	1)12  2)12  3)12  4)4  Diente con un conducto	1) 6 ml EDTA (17%) + 6 ml NaOcl (5,25%)  2) 6 ml NaOcl (5,25%) + 6 ml EDTA (17%) + 2 ml NaOcl (5,25%)  3) 6 ml NaOcl (5,25%) + 6 ml EDTA (17%) + 2 ml NaOcl (5,25%)	E. faecalis incubado 28 dias a 37°C	Nano brush		2) 20 seg activacion NaOcl + 20 seg activacion EDTA + 20 seg NaOcl  3) 0 seg activacion NaOcl + 20 seg activacion EDTA + 20 seg NaOcl	2) 20%  3) 600 Hz	NaOcl con activacion ultrasonica
<b>Hage et al. (54)</b>  <b>2019/ Austria</b>	1) NaOcl + laser PIPS (Er:YAG) + agua destilada  2) NaOcl + EDDY  3) NaOcl + ultrasonica (EndoUltra)	1)10  2)10  3)10	1) 3 ml NaOcl (5,25%) + 3 ml agua destilada  2) 3 ml NaOcl (5,25%)  3) 3 ml NaOcl (5,25%)	E. faecalis incubado 7 dias a 37°C	Punta de papel	1) 0.05 mL/seg activacion NaOcl 3 veces  2) 0.05 mL/seg activacion NaOcl 3 veces  3) 0.05 mL/seg activacion NaOcl 3 veces	1) 15Hz  2) 600 Hz  3) 40 KHz	NaOcl con activacion fononica	

	4) irrigación convencional	4)10 Mandibular premolar (1 conducto)	4) 3 ml NaOcl (5,25%)			4) 0.05 mL/seg activacion NaOcl 3 veces		
<b>Kohli et al. (49)</b> <b>2021 / India</b>	1) irrigación convencional  2) NaOcl + laser + suero + EDTA  3) NaOcl + Endoactivator + suero + EDTA	1)25  2)25  3)25 Diente con un conducto	1) 20ml NaOcl (3%) + 2 ml EDTA (17%)  2) 20ml NaOcl (3%) + 2 ml EDTA (17%)  3) 20ml NaOcl (3%) + 2 ml EDTA (17%)	E. faecalis incubado 24 horas a 37°C.	Puntas de papel	1) 180 seg NaOcl + 180 seg EDTA  2) NaOcl activado 3x5 seg intervalo de 10 seg + EDTA activado 60 seg  3) NaOcl activado 3x5 seg intervalo de 10 seg + EDTA activado 60 seg	2) 1.5 W	Laser = EndoActivator

NM: no mencionado; seg: segundos; Hz: Hertz; cpm: ciclos por minutos; W: watts; NaOCl: hipoclorito de sodio; EDTA: Ácido etilendiaminotetraacético; mL: mililitros; %: porcentaje.

Tabla 2. Características de los estudios incluidos

Articulos	Intervenciones (grupos)	N muestra (dientes)	Volumen y concentración del irrigante	Tiempo irrigacion (seg)	Ajuste de potencia de la activación	Magnificacion	Grupo favorecido por protocolo
<b>Conde et al. (58)</b>  <b>2016/Australia</b>	1) grupo control	1) 3	1) 7 ml agua destilada	1) 150 seg		NM	EDDY
	2) irrigación convencional	2) 20	2) 3 mL NaOCl (2,5%) + 1 ml EDTA (17%) + 3 ml NaOCl (2,5%)	2) 30 seg NaOCl + 30 seg reposo NaOCl + 30 seg EDTA + 30 seg reposo EDTA + 30 seg NaOCl			
	3) EndoActivator	3) 20	3) 3 mL NaOCl (2,5%) + 1 ml EDTA (17%) + 3 ml NaOCl (2,5%)	3) 30 seg NaOCl + 30 seg activacion NaOCl + 30 seg EDTA + 30 seg activacion EDTA + 30 seg NaOCl	3) 10000 cpm		
	4) Ultrasonico (irri safe)	4) 20	4) 3 mL NaOCl (2,5%) + 1 ml EDTA (17%) + 3 ml NaOCl (2,5%)	4) 30 seg NaOCl + 30 seg activacion NaOCl + 30 seg EDTA + 30 seg activacion EDTA + 30 seg NaOCl	4) energía 4		
	5) EDDY	5) 20 Insicivo maxilar	5) 3 mL NaOCl (2,5%) + 1 ml EDTA (17%) + 3 ml NaOCl (2,5%)	5) 30 seg NaOCl + 30 seg activacion NaOCl + 30 seg EDTA + 30 seg activacion EDTA + 30 seg NaOCl	5) energía maxima		



<p><b>Schiavotelo et al. (55)</b></p> <p><b>2017/ Brazil</b></p>	<p>1) irrigación convencional</p> <p>2) EDTA + ultrasonido (irrisafe tip) + NaOCl + ultrasonido (irrisafe tip)</p> <p>3) EDTA + EndoActivator + NaOCl + EndoActivator</p>	<p>1) 18</p> <p>2) 18</p> <p>3) 18</p> <p>Conducto mesiovestibular molar maxilar</p>	<p>1) 3ml EDTA (17%) + 6ml NaOCl (2,5%)</p> <p>2) 3ml EDTA (17%) + 6ml NaOCl (2,5%)</p> <p>3) 3ml EDTA (17%) + 6ml NaOCl (2,5%)</p>	<p>1) 60 seg activación EDTA + 60 seg activación NaOCl</p> <p>2) 60 seg activación EDTA + 60 seg activación NaOCl</p> <p>3) 60 seg activación EDTA + 60 seg activación NaOCl</p>	<p>2) potencia de 10</p> <p>3) 10,000 cpm</p>	<p>X 1000</p>	<p>EndoActivator</p>
<p><b>Suman et al. (57)</b></p> <p><b>2017/India</b></p>	<p>1) irrigación convencional</p> <p>2) EDTA + EndoActivator + NaOCl</p> <p>3) NaOCl + Endo Vac + EDTA</p> <p>4) EDTA + laser ER:YAG + NaOCl</p>	<p>1) 10</p> <p>2) 10</p> <p>3) 10</p> <p>4) 10</p> <p>Mandibular premolar (1 conducto)</p>	<p>1) 10 ml EDTA (17%) + 10 ml NaOCl (5,25%)</p> <p>2) 10 ml EDTA (17%) + 10 ml NaOCl (5,25%)</p> <p>3) 2,5ml NaOCl (5,25%) + 2,5ml NaOCl (5,25%) + 10 ml EDTA (17%) + 5 ml NaOCl (5,25%)</p> <p>4) 10 ml EDTA (17%) + 10 ml NaOCl (5,25%)</p>	<p>1) 60 seg por canales EDTA + 60 seg por canales NaOCl</p> <p>2) 60 seg activación EDTA + 60 seg activación NaOCl</p> <p>3) 30 seg NaOCl microcanula + 30 seg NaOCl + 60 seg EDTA + 60 seg NaOCl</p> <p>4) 3X15 seg activación 5 seg intervalo EDTA + 3X15 seg activación 5 seg intervalo NaOCl</p>	<p>2) 10 KHz</p> <p>4) 10 Hz, 0,5W</p>	<p>X 2000</p>	<p>Endo Vac</p>

<p><b>Neelakantan et al. (51)</b></p> <p><b>2018/Japan</b></p>	<p>1) irrigación convencional</p> <p>2) EndoActivator</p> <p>3) Endolrrigator Plus</p> <p>4) Ultrasonico (Irrisafe)</p>	<p>1) 10</p> <p>2) 10</p> <p>3) 10</p> <p>4) 10</p> <p>Mandibular premolar (1 conducto)</p>	<p>1) 10 ml NaOCl (3%) + 3 ml EDTA (17%) + 2 ml agua destilada</p> <p>2) 10 ml NaOCl (3%) + 3 ml EDTA (17%) + 2 ml agua destilada</p> <p>3) 10 ml NaOCl (3%) + 3 ml EDTA (17%) + 2 ml agua destilada</p> <p>4) 10 ml NaOCl (3%) + 3 ml EDTA (17%) + 2 ml agua destilada</p>	<p>1) 90 seg NaOCl + 120 seg EDTA + 60 seg agua destilada</p> <p>2) 90 seg activación NaOCl + 60 seg activación EDTA + 60 seg reposo EDTA + 60 seg activación agua destilada</p> <p>3) 90 seg activación NaOCl + 60 seg activación EDTA + 60 seg reposo EDTA + 60 seg activación agua destilada</p> <p>4) 90 seg activación NaOCl + 60 seg activación EDTA + 60 seg reposo EDTA + 60 seg activación agua destilada</p>	<p>2) 10000 cpm</p> <p>3) modo warmer para actiacion NaOCl y modo warmer off para EDTA y agua destilada</p> <p>4) energia 3</p>	<p>X 1000</p>	<p>Endolrrigator Plus</p>
<p><b>Kowsky et al. (59)</b></p> <p><b>2018/India</b></p>	<p>1) irrigación convencional</p> <p>2) EDTA + EndoActivator+ NaOCl + EndoActivator</p> <p>3)NaOCl + Endo Vac + EDTA + Endo Vac + NaOCl + Endo Vac</p>	<p>60</p> <p>Molar mandibular</p>	<p>1) 5 ml EDTA (17%) + 3 ml NaOCl (2,5%)</p> <p>2) 5 ml EDTA (17%) + 3 ml NaOCl (2,5%)</p> <p>3) 5ml NaOCl (2,5%) + 5 ml EDTA (17%) + 5ml NaOCl (2,5%)</p>	<p>2) 60 seg activación EDTA + 30 seg activación NaOCl</p> <p>3) 30 seg NaOCl con Endo Vac + 60 seg reposo NaOCl + 30 seg EDTA con Endo Vac + 60 seg reposo EDTA + 30 seg NaOCl con Endo Vac + 60 seg reposo NOCl</p>	<p>2) 10,000cpm</p>	<p>X 1500</p>	<p>Endo Vac</p>

<b>Rödiger et al.</b> (60)  <b>2019/Alemania</b>	1) NaOCl + EndoActivator + EDTA	1)10	1) 1 ml NaOCl (1%) + 2 ml NaOCl (1%) + 2 ml NaOCl (1%) + 2 ml EDTA (15%) + 3 ml EDTA (15%)	1) 20 seg activación NaOCl + 20 seg activación NaOCl + 20 seg activación NaOCl + 20 seg activación EDTA + irrigación final EDTA	1) 166 Hz	NM	Ultrasonic (irrigación)
	2) NaOCl + EDDY EDTA	2)10	2) 1 ml NaOCl (1%) + 2 ml NaOCl (1%) + 2 ml NaOCl (1%) + 2 ml EDTA (15%) + 3 ml EDTA (15%)	2) 20 seg activación NaOCl + 20 seg activación NaOCl + 20 seg activación NaOCl + 20 seg activación EDTA + irrigación final EDTA	2) 6000 Hz		
	3) NaOCl + ultrasonic (irrigación safe) EDTA	3)10	3) 1 ml NaOCl (1%) + 2 ml NaOCl (1%) + 2 ml NaOCl (1%) + 2 ml EDTA (15%) + 3 ml EDTA (15%)	3) 20 seg activación NaOCl + 20 seg activación NaOCl + 20 seg activación NaOCl + 20 seg activación EDTA + irrigación final EDTA	3) 30%		
	4) irrigación convencional	4)10 Conducto mesial molar mandibular	4) 1 ml NaOCl (1%) + 2 ml NaOCl (1%) + 2 ml NaOCl (1%) + 2 ml EDTA (15%) + 3 ml EDTA (15%)	4) 20 seg NaOCl + 20 seg NaOCl + 20 seg NaOCl + 20 seg EDTA + irrigación final EDTA			
<b>Mandhotra et al.</b> (61)  <b>2020/India</b>	1) NaOCl + Endo-Irrigator Plus	1)15	1) 3 ml NaOCl (5,25%)	NM	NM	NM	Endo-Irrigator plus
	2) NaOCl + EndoActivator	2)15	2) 3 ml NaOCl (5,25%)				
	3) NaOCl + ultrasónica	3)15	3) 3 ml NaOCl (5,25%)				
	4) irrigación convencional	4)15 Mandibular molar	4) 3 ml NaOCl (5,25%)				

<p><b>Alakshar et al.</b> (62)</p> <p><b>2020/Emiratos arabes unidos</b></p>	<p>1) irrigación convencional</p> <p>2) EDTA + NaOCl + EndoActivator + NaOCl + Max-I-Probe + agua esteril</p> <p>3) EDTA + NaOCl + XP-Endo Finisher+ NaOCl + Max-I-Probe + agua esteril</p>	<p>1) 9</p> <p>2) 9</p> <p>3) 9</p> <p>Mandibular premolar (1 conducto)</p>	<p>1) 5 mL EDTA (17%)+ 5 ml NaOCl (2,5%)</p> <p>2) 5 mL EDTA (17%)+ 2,5 ml NaOCl (2,5%) + 2,5 ml NaOCl (2,5%)</p> <p>3) 5 mL EDTA (17%)+ 2,5 ml NaOCl (2,5%) + 2,5 ml NaOCl (2,5%)</p>	<p>1) 60 seg EDTA + 60 seg NaOCl con max-1-probe</p> <p>2) 60 seg EDTA + 60 seg activación NaOCl EndoActivator + NaOCl max-I-Probe</p> <p>3) 60 seg EDTA + 60 seg activación NaOCl XP Endo + NaOCl max-I-Probe</p>	<p>2) 10,000 ciclos/min</p> <p>3) 800 cpm</p>	<p>X 1500</p>	<p>EndoActivator</p>
<p><b>Li et al.</b> (48)</p> <p><b>2020/China</b></p>	<p>1) irrigación convencional</p> <p>2) NaOCl + EndoActivator + EDTA + EndoActivator+ agua esteril</p> <p>3) NaOCl + ultrasónico + EDTA + ultrasónico + agua esteril</p> <p>4) NaOCl + 3M Max + EDTA + 3M Max + agua esteril</p>	<p>1) 5</p> <p>2) 5</p> <p>3) 5</p> <p>4) 5</p> <p>Premolar (1 conducto)</p>	<p>1) 2 mL NaOCl (5,25%) + 2 ml EDTA (17%) + 2 ml agua esteril</p> <p>2) 2 mL NaOCl (5,25%) + 2 ml EDTA (17%) + 2 ml agua esteril</p> <p>3) 2 mL NaOCl (5,25%) + 2 ml EDTA (17%) + 2 ml agua esteril</p> <p>4) 2 mL NaOCl (5,25%) + 2 ml EDTA (17%) + 2 ml agua esteril</p>	<p>1) 60 seg NaOCl + 60 seg EDTA + agua esteril</p> <p>2) 60 seg activación NaOCl + 60 seg activación EDTA + agua esteril</p> <p>3) 60 seg activación NaOCl + 60 seg activación EDTA + agua esteril</p> <p>4) 60 seg activación NaOCl + 60 seg activación EDTA + agua esteril</p>	<p>2) 10,000 ciclos/min</p> <p>3) energia a 6</p> <p>4) 600 r·min<sup>-1</sup> y 1N-cm</p>	<p>X 1000</p>	<p>M3 MAX</p>
<p><b>Plotino et al.</b> (56)</p> <p><b>2020/Italia</b></p>	<p>1) irrigación convencional</p> <p>2) Ultrasonico (Irrisafe)</p>	<p>1) 10</p> <p>2) 10</p>	<p>1) 4 mL NaOCl (5%) + 5 mL EDTA (17%) + 5 mL agua destilada</p> <p>2) 3X1 mL NaOCl (5%) + 1ml NaOCl (5%) + 5 mL</p>	<p>1) 80 seg NaOCl + 120 seg EDTA + 120 seg agua destilada</p> <p>2) 3X20 seg activación NaOCl + 20 seg NaOCl + 120 seg EDTA +</p>	<p>2) 25.000-40.000 Hz</p>	<p>X 1000</p>	<p>EDDY</p>

	<p>3) EndoActivator</p>	<p>3) 10</p>	<p>EDTA (17%) + 5 mL agua distilada</p> <p>3) 3X1 mL NaOCl (5%) + 1ml NaOCl (5%) + 5 mL EDTA (17%) + 5 mL agua distilada</p>	<p>120 seg agua distilada</p> <p>3) 3X20 seg activación NaOCl + 20 seg NaOCl + 120 seg EDTA + 2 min agua distilada</p>	<p>3) NM</p>		
	<p>4) EDDY</p>	<p>4) 10</p> <p>Diente con un conducto</p>	<p>4) 3X1 mL NaOCl (5%) + 1ml NaOCl (5%) + 5 mL EDTA (17%) + 5 mL agua distilada</p>	<p>4) 3X20 seg activación NaOCl + 20 seg NaOCl + 120 seg EDTA + 120 seg agua distilada</p>	<p>4) energia 1</p>		

### 7.3. Riesgo de sesgo

Los 15 estudios incluidos en la revisión sistemática presentaron un riesgo de sesgo moderado y bajo. No se encontró riesgo de sesgo alto en ninguno de los artículos incluidos. (Tabla 3).

Tabla 3. Riesgos de sesgo de los estudios.

Artículos	Muestra obtenida proceso estandarizado	Operador único	Cálculo del tamaño de la muestra	Cegamiento del operador de la máquina de ensayo	Muestras, pruebas y fórmulas según las especificaciones estándar	Riesgo de sesgo
Conde et al. (58) 2016/Australia	0	2	0	2	0	Riesgo moderado
Schiavotelo et al. (55) 2017/ Brazil	0	1	1	1	1	Riesgo moderado
Suman et al. (57) 2017/India	0	2	1	0	0	Bajo riesgo
Kowsky et al. (58) 2018/India	0	1	1	1	0	Bajo riesgo
Neelakantan et al. (51) 2018/Japan	0	1	1	1	0	Bajo riesgo
Ghoddusi et al. (50) 2018 /Iran	0	2	0	2	0	Riesgo moderado
Zeng et al. (53) 2018/ China	0	1	1	0	1	Bajo riesgo
Rödíg et al. (60) 2019/Alemania	0	1	0	2	2	Riesgo moderado
Eneide et al. (52) 2019/ Italia	0	2	1	0	0	Bajo riesgo
Hage et al. (54) 2019/ Austria	0	2	1	0	0	Bajo riesgo
Mandhotra et al. (61) 2020/India	0	2	1	2	1	Riesgo moderado

Alakshar et al. (62) 2020/Emiratos arabes unidos	0	1	0	0	1	Bajo riesgo
Li et al. (48) 2020/China	0	1	0	1	0	Bajo riesgo
Plotino et al. (56) 2020/Italia	0	1	1	1	0	Bajo riesgo
Kohli et al. (49) 2021 / India	0	2	0	1	2	Riesgo moderado

#### **7.4. Síntesis de resultados**

##### **7.4.1. Comparación el efecto en la eliminación de barrillo dentinario de la técnica de irrigación convencional con respecto a la irrigación activada.**

Diez estudios aportaron datos sobre la eliminación del barrillo dentinario en 3 diferentes regiones, apical (A), medio (M) y cervical (C). Nueve de ellos informaron que la irrigación activada era más eficaz que la irrigación convencional (48,51,55–61). Mientras que un estudio afirmara una menor eliminación del barrillo dentinario en la irrigación activada; el XP Endo Finisher reveló más restos con una diferencia significativa en el tercio medio y apical (62).

Tabla 4. Valor medio de las puntuaciones en las 3 regiones diferentes según el sistema de activación utilizado después irrigación final.

**VALOR MEDIO eliminación barrillo dentinario**

	EDDY			EndoActivator			Ultrasónico			M3 MAX			Endovac			Laser Er: YAG			Irrigación convencional			Endo Irrigator Plus			XP-Endo Finisher		
	A	M	C	A	M	C	A	M	C	A	M	C	A	M	C	A	M	C	A	M	C	A	M	CI	A	M	C
Conde et al. (58) 2016/Australia	1.92			2.43			2.16												3.68								
Schiavote et al. (55) 2017/ Brazil				3.00	1.61	1.50	3.83	2.78	2.67										3.89	3.50	3.39						
Suman et al. (57) 2017/India				4.01	3.63	2.21							3.49	3.40	2.03	4.47	3.72	2.22	5.0	4.31	2.68						
Kowsky et al. (59) 2018/India				3.35	2.20	1.90							2.35	1.80	1.65				3.55	2.45	2.30						
Neelakantan et al. (51) 2018/Japan				3.2	3.6	NM	2.8	2.4	NM										4.1	3.9	NM	1.4	1.2	NM			



Rödíg et al. (60) 2019/Alemania	3.3			3.7			2.1						4.4							
Mandhotra et al. (61) 2020/India				3.8			3.9						4.2			2.6				
Alakshar et al. (62) 2020/Emiratos arabes unidos				1.67	1.67	1.44							1.56	1.56	1.67			2.78	2.33	2.33
Li et al. (48) 2020/China				3.40	3.33	3.02	3.53	2.80	2.67	3.60	2.87	2.40			4	3.67	3.47			
Plotino et al. (56) 2020/Italia	2.38	1.88	1.50	3.50	2.38	1.88	2.50	1.88	1.75						3.88	3.25	3.13			

A: apical, M: medio; C: cervical



De forma detallada se exponen los resultados de cada uno de los estudios de la tabla 4:

Conde et al. (58) La activación del irrigante producía mayor eliminación de barrillo dentinario en comparación con el grupo de irrigación convencional. No se encontró diferencias significativas entre los diferentes sistemas de activación probados (Eddy®, EndoActivator®, ultrasónico).

Schiavotelo et al. (55) observara que las muestras de EndoActivator® obtenía los porcentajes más bajos en los tercios cervical y medio. Estos porcentajes eran significativamente más bajas que las atribuidas a los especímenes con irrigación ultrasónico y convencional.

En el estudio de Suman et al. (57) en el tercio apical, la puntuación media era la más alta para la irrigación convencional (5,0), seguida por el láser (4,47) y el EndoActivator® (4,01) y la más baja para el Endo-Vac (3,49).

En el estudio de Kowsky et al. (59) el grupo Endo-Vac registrara una puntuación media de la capa de barrillo inferior a la de los otros dos grupos (EndoActivator® e irrigación convencional).

Neelakantan et al. (63) Los especímenes irrigados con el grupo Endo Irrigator plus no mostraron ninguna capa de barrillo dentinario en el tercio medio en la mayoría de las muestras, mientras que el tercio apical tenía una puntuación de barrillo dentinario significativamente menor que todos los demás grupos.

Rödig et al. (60) Examinaron que el porcentaje de restos de barrillo dentinario tras la preparación se reducía significativamente después de la irrigación final en todos los grupos con la irrigación ultrasónico en primera posición seguida de la irrigación sónico Eddy®, EndoActivator® e irrigación convencional.

Mandhotra et al. (61) Existía una diferencia significativa entre la irrigación convencional y activada. El Endo-Irrigator Plus® mostró una mejor eficacia de limpieza, seguido de EndoActivator® y ultrasónico.

Alakshar et al. (62) El grupo de irrigación convencional mostró menos capa de barrillo que el grupo EndoActivator® en el tercio medio y apical, sin

diferencias significativas. La comparación del grupo convencional con el grupo XP Endo Finisher® revelara menos restos con una diferencia significativa en el tercio medio. Además, tenía menos capa de barrillo con una diferencia significativa en comparación con el tercio apical. El grupo EndoActivator® tenía menos capa de barrillo dentinario en comparación con el grupo XP Endo Fisher® en todas las localizaciones con una diferencia significativa en el tercio apical.

En el estudio de Li et al. (48) la puntuación media de la región apical era la más baja en el grupo EndoActivator® (3,40); era de (4) en el grupo irrigación convencional, de (3,53) en el grupo ultrasónico y de (3,60) en el grupo M3 Max. Las comparaciones por pares revelaron una diferencia significativa sólo entre los grupos EndoActivator® y la irrigación convencional.

En el estudio de Kowsky et al. (59) el grupo Endo-Vac® registró una puntuación media de la capa de barrillo inferior a la de los otros dos grupos (EndoActivator® e irrigación convencional).

Plotino et al. (56) La irrigación activada garantizó una mejor eliminación de la capa de barrillo dentinario que el grupo de irrigación convencional en todos los niveles radiculares, excepto en la irrigación activada EndoActivator® en el tercio apical. En cuanto a las diferencias entre las técnicas de activación en el tercio apical, el grupo Eddy® y Ultrasónico obtenía mejores resultados que el grupo EndoActivator®.

#### **7.4.2. Comparación el efecto antibacteriano de la técnica de irrigación convencional con respecto a la irrigación activada.**

Cinco estudios aportaron datos sobre el efecto antibacteriano. Tres de ellos informaron que la irrigación activada era más eficaz en todos los subgrupos/áreas probadas (49,52,54). Mientras que en 2 estudios no se encontraron diferencias significativas en el efecto antibacteriano entre la irrigación activada y convencional (50,53).

Tabla 5. Valor medio según el sistema de activación utilizado después irrigación final.

	VALOR MEDIO efecto antibacteriano					
	Irrigación convencional	EndoActivator	EDDY	Ultrasónico	Control	Laser Er :YAG
Ghoddusi et al. (50) 2018 /Iran	6 (11.4)	3 (7.3)			1987.9 (3512.7)	
Eneide et al. (52) 2019/ Italia	1.42×10 <sup>8</sup> (1.1×10 <sup>8</sup> )		0 (0)	1.06×10 <sup>5</sup> (1.2×10 <sup>5</sup> )		
Hage et al. (54) 2019/ Austria	2110 ± 1015.93		81.30 ± 85.68	44.40 ± 67.12		27.40 ± 30.15
Kohli et al. (49) 2021/ India	6.64E+06	3.50E+06				3.32E+06

De forma detallada se exponen los resultados de cada uno de los estudios de la tabla 5:

Ghoddusi et al. (50) Existía una diferencia significativa en el recuento de UFC entre los grupos. No tenía diferencias significativas entre los grupos de irrigación convencional y EndoActivator®.

Eneide et al. (52) Se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos. Existía una mayor reducción de UFC en los grupos activados sónico o ultrasónico que en el grupo de irrigación convencional. Se consiguió una diferencia significativa entre los grupos de irrigación convencional y ultrasónico y entre irrigación convencional y Eddy®. Sin embargo, no se destacó ninguna diferencia entre los grupos de irrigación ultrasónico y Eddy®.

Hage et al. (54) La disminución de UFC era significativamente menor después de la irrigación convencional. El efecto era más pronunciado con la irrigación activada por láser, pero los cambios en las mediciones entre los grupos siguen la misma tendencia, sin diferencias estadísticas entre laser, Eddy® y EndoUltra®.

Kohli et al. (49) Al comparar los valores medios entre los grupos, la reducción del número de UFC tras el protocolo de tratamiento era altamente significativa para todos los grupos. El Grupo de irrigación fotónico y el EndoActivator® mostraron una diferencia media significativa con respecto al grupo de irrigación convencional con una desinfección superior al 99%.

Tabla 6. Porcentaje según el sistema de activación utilizado después irrigación final.

	Porcentaje efecto bacteriano (%)				
	Irrigación convencional	EndoActivator	EDDY	Ultrasónico	Laser Er :YAG
Zeng et al. (53) 2018/ China	87,8 ± 4,4		91,2 ± 3,9		
Hage et al. (54) 2019/ Austria	99.889 ± 0.053		99.994 ± 0.006	99.997 ± 0.004	99.998 ± 0.002
Kohli et al. (49) 2021/ India	96.9785	98.3659			98.4592

En la Tabla 6, Zeng et al. (53) compararon con el control positivo no irrigado, tanto la irrigación convencional como Eddy® que eran capaces de reducir la carga bacteriana intraconducto global en un 87,8 ± 4,4% y un 91,2 ± 3,9%, respectivamente. No existía diferencias en el grado general de reducción de la carga bacteriana intraconducto entre la irrigación convencional y Eddy®.

**7.4.3. Comparación del sistema de irrigación Ultrasónico y sistema Eddy®.**

Cinco estudios afirmaron que la irrigación activada Ultrasónica y Eddy® no tenían diferencias significativas ni en la eliminación del barrillo dentinario ni el efecto antibacteriano (52,54,56,58,60).

Tabla 7. Valor medio de las puntuaciones en las 3 regiones diferentes según el sistema Ultrasónico y el sistema Eddy® después irrigación final.

	VALOR MEDIO eliminación barrillo dentinario					
	EDDY			Ultrasónico		
	Apical	Medio	Cervical	Apical	Medio	Cervical
Conde et al. (58) 2016/Australia	1.92	2.16				
Rödig et al. (60) 2019/Alemania	3.3			2.1		
Plotino et al. (56) 2020/Italia	2.38	1.88	1.50	2.50	1.88	1.75

En la Tabla 7, Rödig et al. (60), Conde et al. (58) y Plotino et al. (56) afirman que no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes sistemas de irrigación activado Eddy® y ultrasónico en la eliminación del barrillo dentinario.

Tabla 8. Valor medio (SD) según el sistema Ultrasónico y Eddy® después irrigación final.

	VALOR MEDIO (CFU/mL) efecto antibacteriano	
	EDDY	Ultrasónico
Eneide et al. (52) 2019/ Italia	0 (0)	1.06×10 <sup>5</sup> (1.2×10 <sup>5</sup> )
Hage et al. (54) 2019/ Austria	81.30 ± 85.68	44.40 ± 67.12

Tabla 9. Porcentaje según el sistema Ultrasónico y Eddy después irrigación final.

	Porcentaje efecto bacteriano (%)	
	EDDY	Ultrasónico
Hage et al. (54) 2019/ Austria	99.994 ± 0.006	99.997 ± 0.004

Como se observa en la tabla 8 y 9, Eneide et al. (52) y Hage et al. (54) confirmaron que no se destaca ninguna diferencia entre los grupos de irrigación ultrasónico y Eddy® en el grado de efecto antibacteriano.

## 8. Discusión

El objetivo principal de la preparación del sistema de conductos radiculares es eliminar todo el tejido vital o necrótico, los microorganismos y sus subproductos, así como los restos de tejido duro acumulados (13,64). Las complejidades anatómicas, como el istmo, los conductos accesorios y los laterales, crean un entorno favorable para la supervivencia de los microorganismos al crear nichos a los que los irrigantes no pueden llegar, además de la presencia de restos de tejido que sirven como fuente nutricional para la microbiota (63). Siqueira et al. (65) demostraron que al menos el 34,6% de los conductos radiculares de los dientes necróticos no fueron tocados por un instrumento rotatorio y el 17,6% de las superficies del conducto radicular no fueron tocadas en los 4 mm apicales de la raíz. Curiosamente, estas zonas no tocadas tienen restos, incluyendo células bacterianas y restos de tejido, lo que demuestra claramente que la irrigación con jeringa de hipoclorito de sodio no pudo limpiar estas zonas.

Los sistemas de irrigación activada mejoran significativamente la limpieza intraconducto en comparación a la irrigación convencional. Existen variaciones metodológicas entre varios estudios con una falta de estandarización en el volumen y las concentraciones de la solución, en el tiempo de activación, en el ajuste de potencia. Esto podría explicar por qué un estudio informó de eficacias de desbridamiento casi iguales en regiones aisladas del conducto (62). Por otra parte, la síntesis narrativa apoya la noción de que las técnicas de irrigación activadas producen una mayor limpieza intraconducto que la irrigación convencional, ya que todos los estudios que cumplieron los criterios de inclusión concluyeron que se observaron mejoras significativas en la eliminación de la capa de barrillo dentinario y en el efecto bacteriano (tablas 4 y 5). Además, ningún estudio encontró que la irrigación convencional fuera significativamente mejor que cualquiera de las irrigaciones activadas mencionadas en cualquier segmento del conducto. Por lo tanto, aunque los autores reconocen las limitaciones de los datos, hay consistencia dentro de los hallazgos y la literatura circundante para apoyar la noción de que la irrigación activada resulta en una mayor eliminación de barrillo dentinario y efecto antibacteriano que la irrigación convencional.



Diez estudios investigan sobre la eliminación del barrillo dentinario, ochos estudios incluyeron especímenes con una sola raíz/un solo conducto radicular, mientras que dos estudios incluyeron conductos radiculares molares. En consecuencia, no se encontró ninguna técnica única que fuera superior, ya que en esta última se recomendó el EndoActivator® dos veces, Ultrasonico una vez, Endo-Vac® dos veces, Endo-irrigator plus® dos veces, Eddy dos veces y 3M Max® una vez con el porcentaje de eliminación de barrillo dentinario más alto. Esta heterogeneidad dificulta, por tanto, el asesoramiento sobre qué técnicas utilizar y pone de manifiesto la necesidad de que los investigadores desarrollen un modelo de investigación más estandarizado. Por lo tanto, gracias a nuestros resultados podemos clasificar la irrigación ultrasónica más eficaz en la eliminación del barrillo dentinario con un porcentaje general más alto seguido por el EndoActivator®.

Rödig et al. (60) realizan un estudio con la finalidad de valorar, mediante microtomografía computarizada, la eliminación de barrillo dentinario con diferentes técnicas de irrigación en conductos mesial de molar mandibular. A partir de esta investigación, se concluye que la irrigación final de los conductos radiculares con Ultrasonico (Irri safe®) con soluciones de NaOCl al 1% y EDTA al 15% resultan más efectivas que la irrigación convencional y las técnicas de irrigación activadas sónicas con el dispositivo EndoActivator® y Eddy® para la eliminación del barrillo.

Alakshar et al. (62) realizan un estudio con el propósito de evaluar la eliminación del barrillo dentinario con la lima XP-Endo Finisher®. El estudio se contradice con los resultados de Leoni et al (66), en los que el grupo de XP-Endo Finisher® tiene un porcentaje medio más alto de eliminación de barrillo dentinario (89,7%) que la irrigación convencional (45,7%), sin diferencias significativas. Esto puede estar relacionado con el diferente método de evaluación, ya que en su estudio se utilizó una microtomografía computarizada.

Plotino et al.(56), analizan la eliminación del barrillo dentinario a una concentraciones de EDTA del 17% y el efecto del NaOCl a una concentración del 5%. En el presente estudio no se encontraron diferencias significativas

entre el sistema de irrigación ultrasónico y Eddy® en la eliminación del barrillo dentinario. Así pues, la frecuencia de oscilación de la punta sónica de alta potencia Eddy® (6000 Hz), aunque es inferior a la comunicada para las puntas ultrasónicas (25.000-40.000 Hz), parece poder garantizar una limpieza óptima de los conductos radiculares.

Aunque no se ha demostrado que *E. faecalis* sea una bacteria importante en las lesiones endodónticas primarias, se ha informado de que esta bacteria es un microbio importante que se encuentra en los casos en los que fracasa el tratamiento del conducto radicular (67,68). Es comprensible que las evaluaciones en las que se utiliza únicamente *E. faecalis* sean una simplificación excesiva del modelo de biofilm debido a las diferencias significativas en las propiedades de los biofilms con respecto a las suspensiones planctónicas de bacterias, así como a las diferencias entre los biofilms monoespecíficos y multiespecíficos (69). Sin embargo, para estandarizar las bacterias, en esta revisión sólo se consideraron los estudios que probaron la eficacia de diferentes estrategias de activación de los irrigantes contra *E. faecalis*.

Los 5 estudios in vitro incluyeron especímenes con un único conducto radicular (49,50,52–54). Los conductos radiculares se inocularon normalmente con una sola especie, *E. Faecalis* y el periodo de incubación varió entre 24 horas y 30 días. Los estudios que evalúan el efecto antibacteriano de los métodos de desinfección utilizan el siguiente enfoque: cultivo microbiológico (utilizando unidades formadoras de colonias).

En el estudio de Kohli et al. (49) la reducción del número de UFC tras el protocolo de tratamiento fue altamente significativa en todos los grupos. El grupo de irrigación sónico (Endoactivador®) y fotónico mostraron una diferencia media estadísticamente significativa con respecto al grupo de irrigación convencional con una desinfección superior al 99%. Hage et al (54) apoyaron hallazgos similares en su estudio respectivo, en el que informaron de que la irrigación activada fotónico era más eficaz para reducir el recuento de *E. faecalis*. Kohli et al. (49) Concluyen que la activación de los irrigantes mediante dispositivos sónicos, ultrasónicos o láser ha demostrado una gran mejora en la



limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares y debe considerarse un paso fundamental importante en la terapia endodóntica no quirúrgica.

Hage et al. (54) realizan un estudio con el objetivo de determinar el efecto antibacteriano en conductos unirradiculares de premolares mandibular. En este estudio, las tres técnicas de activación dieron lugar a una eficacia antibacteriana similar, lo que demuestra que el movimiento específico del Eddy® durante la activación del irrigante situó el enfoque sónico al mismo nivel que la irrigación activada ultrasónico con UltraEndo® y la irrigación activada fotónico con el enfoque PIPS. La activación con láser de hipoclorito de sodio al 5,25% mejoró significativamente la limpieza de *E. Faecalis* intracanal, seguida de la activación ultrasónica y sónica, sin diferencias estadísticas entre los grupos. Concluyen que se necesitan más investigaciones para evaluar el impacto de los patrones específicos de flujo de fluido durante la activación del irrigante en la interacción con las biopelículas endodónticas.

La información incompleta y la estandarización de los protocolos de irrigación y activación dentro de los estudios, junto con la amplia variación de los protocolos entre los estudios, fueron dos conclusiones importantes de esta revisión. La introducción de factores de confusión innecesarios en los experimentos puede haber favorecido a uno de los grupos, y las diferencias entre los estudios pueden haber afectado al rendimiento general de los métodos de irrigación, incluso si las comparaciones dentro de cada estudio siguen siendo válidas.

Los futuros estudios in vitro deberían centrarse en especímenes con múltiples conductos radiculares que podrían revelar más diferencias en la eficacia de los métodos de irrigación. Además, el interés de la investigación debería utilizar protocolos más estandarizados y una evaluación del efecto antibacteriano con biofilms multiespecíficos.

## 9. Conclusiones

- Teniendo en cuenta las limitaciones de los estudios seleccionados y de la propia revisión, esta revisión sistemática muestra que el sistema de irrigación convencional es menos eficaz respecto a la irrigación activada de forma sónica o ultrasónica.
- Los protocolos de irrigación final con sistemas de irrigación activados son más eficaces que la irrigación convencional para eliminar el barrillo dentinario.
- Las técnicas de irrigación activadas garantizan un buen efecto antibacteriano mayor respecto a la irrigación convencional, por lo tanto, se recomienda su uso durante el tratamiento del conducto radicular.
- Los datos actuales son demasiado heterogéneos para comparar y recomendar los sistemas de irrigación activados Ultrasónicos y Eddy®. Esto pone de manifiesto la necesidad de estandarizar los protocolos y desarrollar un modelo de investigación más representativo.

## 10. Bibliografía

1. Carlos Canalda Sahli, Esteban Brau Aguadé. Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas. 4th Edition. 2019.
2. Mohan D, Maruthingal S, Indira R, Divakar DD, al Kheraif AA, Ramakrishnaiah R, et al. Photoactivated disinfection (PAD) of dental root canal system - An ex-vivo study. Saudi Journal of Biological Sciences. 2016;23(1).
3. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in Endodontics. Dental Clinics of North America [Internet]. 2010 Apr;54(2):291–312. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0011853209001098>
4. Antunes HS, Rôças IN, Alves FRF, Siqueira JF. Total and Specific Bacterial Levels in the Apical Root Canal System of Teeth with Post-treatment Apical Periodontitis. Journal of Endodontics. 2015;41(7).
5. Neelakantan P, Romero M, Vera J, Daood U, Khan AU, Yan A, et al. Biofilms in Endodontics—Current status and future directions. Vol. 18, International Journal of Molecular Sciences. 2017.
6. Jena A, Sahoo SK, Govind S. Root canal irrigants: a review of their interactions, benefits, and limitations. , Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995). 2015; Vol. 36.
7. Kandaswamy D, Venkateshbabu N. Root canal irrigants. Journal of Conservative Dentistry. 2010;13(4).
8. Dunavant TR, Regan JD, Glickman GN, Solomon ES, Honeyman AL. Comparative Evaluation of Endodontic Irrigants against Enterococcus faecalis Biofilms. Journal of Endodontics. 2006;32(6).
9. Chandler N, Chellappa D. Lubrication during root canal treatment. Australian Endodontic Journal. 2019; Vol. 45.

10. Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation - Literature review and case reports. *International Endodontic Journal*. 2000; Vol. 33.
11. Dominique MARTIN SBFBFBGCPMFPLPSS. L'irrigation en endodontie. Association Dentaire Francaise - Adf, editor. paris; 2012. 0–52 p.
12. Soares JA, Roque de Carvalho MA, Cunha Santos SM, Mendonça RMC, Ribeiro-Sobrinho AP, Brito-Júnior M, et al. Effectiveness of Chemomechanical Preparation with Alternating Use of Sodium Hypochlorite and EDTA in Eliminating Intracanal *Enterococcus faecalis* Biofilm. *Journal of Endodontics*. 2010;36(5).
13. Zehnder M. Root Canal Irrigants. *Journal of Endodontics*. 2006 May;32(5):389–98.
14. Chiniforush N, Pourhajibagher M, Shahabi S, Bahador A. Clinical approach of high technology techniques for control and elimination of endodontic microbiota. *Journal of Lasers in Medical Sciences*. 2015;6(4).
15. Cruz-Filho AM, Sousa-Neto MD, Savioli RN, Silva RG, Vansan LP, Pécora JD. Effect of chelating solutions on the microhardness of root canal lumen dentin. *Journal of Endodontics*. 2011;37(3).
16. Senna RA, Spohr AR, Gastmann AH, Pappen FG, de Pontes Lima RK, Morgental RD. The effect of EDTA on the antibacterial activity of sodium hypochlorite. *General Dentistry*. 2018;66(1).
17. Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *International Endodontic Journal*. 2003;36(6).
18. Singla MG, Garg A, Gupta S. MTAD in endodontics: An update review. Vol. 112, *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2011.

19. Gomes BPF, Vianna ME, Zaia AA, Almeida JFA, Souza-Filho FJ, Ferraz CCR. Chlorhexidine in endodontics. *Brazilian Dental Journal*. 2013;24(2).
20. AlKahtani A, Alkahtany SM, Mahmood A, Elsafadi MA, Aldahmash AM, Anil S. Cytotoxicity of QMix™ endodontic irrigating solution on human bone marrow mesenchymal stem cells. *BMC Oral Health*. 2014;14(1).
21. Gründling GL, de Melo TAF, Montagner F, Scarparo RK, Vier-Pelisser FV. QMix® irrigant reduces lipopolysaccharide (LPS) levels in an in vitro model. *Journal of Applied Oral Science*. 2015;23(4).
22. Arslan D, Guneser MB, Kustarci A, Er K, Siso SH. Pulp tissue dissolution capacity of QMix 2in1 irrigation solution. *European Journal of Dentistry*. 2015;9(3).
23. Do QL, Gaudin A. The Efficiency of the Er: YAG Laser and PhotonInduced Photoacoustic Streaming (PIPS) as an Activation Method in Endodontic Irrigation: A Literature Review. *Journal of Lasers in Medical Sciences*. 2020 Jun 21;11(3):316–34.
24. Susila A, Minu J. Activated irrigation vs. Conventional non-activated irrigation in endodontics – A systematic review. *European Endodontic Journal*. 2019; Vol. 4.
25. Chen JE, Nurbakhsh B, Layton G, Bussmann M, Kishen A. Irrigation dynamics associated with positive pressure, apical negative pressure and passive ultrasonic irrigations: A computational fluid dynamics analysis. *Australian Endodontic Journal*. 2014;40(2).
26. Sahar-Helft S, Sarp ASK, Stabholtz A, Gutkin V, Redenski I, Steinberg D. Comparison of Positive-Pressure, Passive Ultrasonic, and Laser-Activated Irrigations on Smear-Layer Removal from the Root Canal Surface. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2015;33(3).
27. Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG. Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *Journal of Endodontics*. 2002;28(12).

28. Gu L sha, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. Vol. 35, Journal of Endodontics. 2009.
29. Baydoun M, Marchi V, Simon S. Optimiser l'irrigation en endodontie au cabinet. L'information dentaire. 2016;16–22.
30. Hauser V, Braun A, Frentzen M. Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo®). International Endodontic Journal. 2007;40(8).
31. McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen “bio-molecular film” from an ex vivo model. International Endodontic Journal. 2008;41(7).
32. Caron G, Nham K, Bronnec F, MacHtou P. Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. Journal of Endodontics. 2010;36(8).
33. Desai P, Himel V. Comparative Safety of Various Intracanal Irrigation Systems. Journal of Endodontics. 2009;35(4).
34. Howard RK, Kirkpatrick TC, Rutledge RE, Yaccino JM. Comparison of debris removal with three different irrigation techniques. Journal of Endodontics. 2011;37(9).
35. Abarajithan M, Dham S, Velmurugan N, Valerian-Albuquerque D, Ballal S, Senthilkumar H. Comparison of Endovac irrigation system with conventional irrigation for removal of intracanal smear layer: An in vitro study. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology. 2011;112(3).
36. Gondim E, Setzer FC, dos Carmo CB, Kim S. Postoperative Pain after the Application of Two Different Irrigation Devices in a Prospective Randomized Clinical Trial. Journal of Endodontics. 2010;36(8).





37. van der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: A review of the literature. *International Endodontic Journal*. 2007; Vol. 40.
38. Jiang LM, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LWM. Evaluation of a Sonic Device Designed to Activate Irrigant in the Root Canal. *Journal of Endodontics*. 2010;36(1).
39. van der Sluis LWM, Vogels MPJM, Verhaagen B, Macedo R, Wesselink PR. Study on the Influence of Refreshment/Activation Cycles and Irrigants on Mechanical Cleaning Efficiency During Ultrasonic Activation of the Irrigant. *Journal of Endodontics*. 2010;36(4).
40. Guidotti R, Merigo E, Fornaini C, Rocca JP, Medioni E, Vescovi P. Er:YAG 2,940-nm laser fiber in endodontic treatment: A help in removing smear layer. *Lasers in Medical Science*. 2014;29(1).
41. Virdee SS, Seymour DW, Farnell D, Bhamra G, Bhakta S. Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal*. Blackwell Publishing Ltd; 2018; Vol. 51: p. 605–21.
42. Barbosa AFA, de Lima CO, Sassone LM, Fares RD, Fidalgo TKDS, Silva EJNL. Effect of passive ultrasonic irrigation on hard tissue debris removal: a systematic review and meta-analysis. *Brazilian Oral Research*. 2021;35.
43. Ali NT, El-Boghdadi RM, Ibrahim AM, Amin SAW. Clinical and microbiological effects of ultrasonically activated irrigation versus syringe irrigation during endodontic treatment: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Odontology*. 2021;
44. Tonini R, Salvadori M, Audino E, Sauro S, Garo ML, Salgarello S. Irrigating Solutions and Activation Methods Used in Clinical Endodontics: A Systematic Review. *Frontiers in Oral Health*. 2022 Jan 31;3.



45. Nagendrababu V, Jayaraman J, Suresh A, Kalyanasundaram S, Neelakantan P. Effectiveness of ultrasonically activated irrigation on root canal disinfection: a systematic review of in vitro studies. *Clinical Oral Investigations*. Springer Verlag; 2018; Vol. 22: p. 655–70.
46. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*. 2009 Jul 21;6(7):e1000097.
47. Aurélio IL, Marchionatti AME, Montagner AF, May LG, Soares FZM. Does air particle abrasion affect the flexural strength and phase transformation of Y-TZP? A systematic review and meta-analysis. *Dental Materials*. 2016 Jun;32(6):827–45.
48. Li Q, Zhang Q, Zou X, Yue L. Evaluation of four final irrigation protocols for cleaning root canal walls. *International Journal of Oral Science*. 2020 Dec 1;12(1).
49. Kohli T, Mehta N, Garima G, Gupta A, Mahesh S, Abraham D, et al. Comparative evaluation of photoactivated disinfection and sonic irrigation as an adjunct to conventional irrigation on *Enterococcus faecalis* in root canals: An in vitro study. *Endodontology*. 2021 Jan 1;33(1):15–9.
50. Ghoddusi J, Moushekhian S, Arian E, Ghiasi J, Forghani M. The effectiveness of sonic-activated irrigation in reducing intratubular *enterococcus faecalis*. *Iranian Endodontic Journal*. 2019 Jan 1;14(1):63–7.
51. Neelakantan P, Ounsi HF, Devaraj S, Cheung GSP, Grandini S. Effectiveness of irrigation strategies on the removal of the smear layer from root canal dentin. *Odontology*. 2019 Apr 15;107(2):142–9.
52. Eneide C, Castagnola R, Martini C, Grande NM, Bugli F, Patini R, et al. Antibiofilm activity of three different irrigation techniques: An in vitro study. *Antibiotics*. 2019 Sep 1;8(3).

53. Zeng C, Willison J, Meghil MM, Bergeron BE, Cutler CW, Tay FR, et al. Antibacterial efficacy of an endodontic sonic-powered irrigation system: An in vitro study. *Journal of Dentistry*. 2018 Aug 1;75:105–12.
54. Hage W, de Moor RJG, Hajj D, Sfeir G, Sarkis DK, Zogheib C. Impact of different irrigant agitation methods on bacterial elimination from infected root canals. *Dentistry Journal*. 2019 Jun 27;7(3).
55. Schiavotelo TCL, Coelho MS, Rasquin LC, Rocha DGP, Fontana CE, Bueno CE da S. Ex-vivo Smear Layer Removal Efficacy of Two Activated Irrigation Techniques After Reciprocating Instrumentation in Curved Canals. *The Open Dentistry Journal*. 2017;11(1).
56. Plotino G, Colangeli M, Özyürek T, DeDeus G, Panzetta C, Castagnola R, et al. Evaluation of smear layer and debris removal by stepwise intraoperative activation (SIA) of sodium hypochlorite. *Clinical Oral Investigations*. 2020;
57. Suman S, Verma P, Prakash-Tikku A, Bains R, Kumar-Shakya V. A comparative evaluation of smear layer removal using apical negative pressure (EndoVac), sonic irrigation (EndoActivator) and Er: YAG laser - An in vitro SEM study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*. 2017 Aug 1;9(8):e981–7.
58. Conde AJ, Estevez R, Loroño G, Valencia de Pablo, Rossi-Fedele G, Cisneros R. Effect of sonic and ultrasonic activation on organic tissue dissolution from simulated grooves in root canals using sodium hypochlorite and EDTA. *International Endodontic Journal*. 2017 Oct 1;50(10):976–82.
59. Kowsky D, Kumari A, Naganath M. Effectiveness of different irrigation devices on the smear layer removal in the apical portion of curved root canals: A scanning electron microscopy study. *Saudi Endodontic Journal*. 2018 May 1;8(2):111–6.
60. Rödig T, Koberg C, Baxter S, Konietschke F, Wiegand A, Rizk M. Micro-CT evaluation of sonically and ultrasonically activated irrigation on

- the removal of hard-tissue debris from isthmus-containing mesial root canal systems of mandibular molars. *International Endodontic Journal*. 2019 Aug 1;52(8):1173–81.
61. Mandhotra P, Rai K, Grewal G, Singh K, Galhotra V, Gagan N. A comparative assessment of three different irrigating systems in root canal treatment: An in vitro study. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*. 2021 Jun 1;13(5):S429–31.
  62. Alakshar A, Saleh ARM, Gorduysus MO. Debris and smear layer removal from oval root canals comparing XP-endo finisher, endoactivator, and manual irrigation: A SEM evaluation. *European Journal of Dentistry*. 2020 Oct 1;14(4):626–33.
  63. Neelakantan P, Devaraj S, Jagannathan N. Histologic Assessment of Debridement of the Root Canal Isthmus of Mandibular Molars by Irrigant Activation Techniques Ex Vivo. *Journal of Endodontics*. 2016 Aug;42(8):1268–72.
  64. Paqué F, Boessler C, Zehnder M. Accumulated hard tissue debris levels in mesial roots of mandibular molars after sequential irrigation steps. *International Endodontic Journal*. 2011 Feb;44(2):148–53.
  65. Siqueira JF, Pérez AR, Marceliano-Alves MF, Provenzano JC, Silva SG, Pires FR, et al. What happens to unprepared root canal walls: a correlative analysis using micro-computed tomography and histology/scanning electron microscopy. *International Endodontic Journal*. 2018 May;51(5):501–8.
  66. Leoni GB, Versiani MA, Silva-Sousa YT, Bruniera JFB, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. *International Endodontic Journal*. 2017;50(4).
  67. Love RM (2001). *Enterococcus faecalis*– a mechanism for its role in endodontic failure. *Int Endod J* 34(5):399–405.

68. Sedgley CM, Lennan SL, Appelbe OK. Survival of *Enterococcus faecalis* in root canals ex vivo. *International Endodontic Journal*. 2005 Oct;38(10):735–42.
69. Svensäter G BG (2004). Biofilms in endodontic infections. *Endod Topics* 9(1):27–36.
70. Plotino G, Grande NM, Mercade M, Cortese T, Staffoli S, Gambarini G, et al. Efficacy of sonic and ultrasonic irrigation devices in the removal of debris from canal irregularities in artificial root canals. *Journal of Applied Oral Science*. 2019;27.
71. Swimberghe RCD, de Clercq A, de Moor RJG, Meire MA. Efficacy of sonically, ultrasonically and laser-activated irrigation in removing a biofilm-mimicking hydrogel from an isthmus model. *International Endodontic Journal*. 2019;52(4).
72. Gambarini G, Miccoli G, di Carlo S, Iannarilli G, Lauria G, di Nardo D, et al. Sonic vs Ultrasonic activation of sodium hypochlorite for root canal treatments. In vitro assessment of debris removal from main and lateral canals. *Giornale Italiano di Endodonzia*. 2020;34(1).
73. Swimberghe RCD, Buyse R, Meire MA, de Moor RJG. Efficacy of different irrigation technique in simulated curved root canals. *Lasers in Medical Science*. 2021;36(6).

## 11. Anexos

Tabla 1

Lista de verificación PRISMA 2020

Sección/tema	Item n.º	Item de la lista de verificación	Localización del ítem en la publicación
<b>TÍTULO</b>			
Título	1	Identifique la publicación como una revisión sistemática.	1
<b>RESUMEN</b>			
Resumen estructurado	2	Vea la lista de verificación para resúmenes estructurados de la declaración PRISMA 2020 (tabla 2).	
<b>INTRODUCCION</b>			
Justificación	3	Describa la justificación de la revisión en el contexto del conocimiento existente.	20
Objetivos	4	Proporcione una declaración explícita de los objetivos o las preguntas que aborda la revisión.	21
<b>MÉTODOS</b>			
Criterios de elegibilidad	5	Especifique los criterios de inclusión y exclusión de la revisión y como se agruparon los estudios para la síntesis.	22
Fuentes de información	6	Especifique todas las bases de datos, registros, sitios web, organizaciones, listas de referencias y otros recursos de búsqueda o consulta para identificar los estudios. Especifique la fecha en la que cada recurso se buscó o consultó por última vez.	23
Estrategia de búsqueda	7	Presente las estrategias de búsqueda completas de todas las bases de datos, registros y sitios web, incluyendo cualquier filtro y los límites utilizados.	23
Proceso de selección de los estudios	8	Especifique los métodos utilizados para decidir si un estudio cumple con los criterios de inclusión de la revisión, incluyendo cuántos autores de la revisión cribaron cada registro y cada publicación recuperada, si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	25
Proceso de extracción de los datos	9	Indique los métodos utilizados para extraer los datos de los informes o publicaciones, incluyendo cuántos revisores recopilaban datos de cada publicación, si trabajaron de manera independiente, los procesos para obtener o confirmar los datos por parte de los investigadores del estudio y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	25
Lista de los datos	10a	Enumere y defina todos los desenlaces para los que se buscaron los datos. Especifique si se buscaron todos los resultados	25

		compatibles con cada dominio del desenlace (por ejemplo, para todas las escalas de medida, puntos temporales, análisis) y, de no ser así, los métodos utilizados para decidir los resultados que se debían recoger.	
	10b	Enumere y defina todas las demás variables para las que se buscaron datos (por ejemplo, características de los participantes y de la intervención, fuentes de financiación). Describa todos los supuestos formulados sobre cualquier información ausente ( <i>missing</i> ) o incierta.	25
Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales	11	Especifique los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios incluidos, incluyendo detalles de las herramientas utilizadas, cuántos autores de la revisión evaluaron cada estudio y si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	26
Medidas del efecto	12	Especifique, para cada desenlace, las medidas del efecto (por ejemplo, razón de riesgos, diferencia de medias) utilizadas en la síntesis o presentación de los resultados.	
Métodos de síntesis	13a	Describa el proceso utilizado para decidir que estudios eran elegibles para cada síntesis (por ejemplo, tabulando las características de los estudios de intervención y comparándolas con los grupos previstos para cada síntesis (ítem n.8 5).	
	13b	Describa cualquier método requerido para preparar los datos para su presentación o síntesis, tales como el manejo de los datos perdidos en los estadísticos de resumen o las conversiones de datos.	
	13c	Describa los métodos utilizados para tabular o presentar visualmente los resultados de los estudios individuales y su síntesis.	
	13d	Describa los métodos utilizados para sintetizar los resultados y justifique sus elecciones. Si se ha realizado un metaanálisis, describa los modelos, los métodos para identificar la presencia y el alcance de la heterogeneidad estadística, y los programas informáticos utilizados.	
	13e	Describa los métodos utilizados para explorar las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios (por ejemplo, análisis de subgrupos, metarregresión).	
	13f	Describa los análisis de sensibilidad que se hayan realizado para evaluar la robustez de los resultados de la síntesis.	

**Tabla 1** (Continuación)  
Lista de verificación  
PRISMA 2020

Sección/tema	Item n.º	Item de la lista de verificación	Localización del ítem en la publicación
Evaluación del sesgo en la publicación	14	Describa los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo debido a resultados faltantes en una síntesis (derivados de los sesgos en las publicaciones).	26
Evaluación de la certeza de la evidencia	15	Describa los métodos utilizados para evaluar la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace.	
<b>RESULTADOS</b>			
Selección de los estudios	16a	Describa los resultados de los procesos de búsqueda y selección, desde el número de registros identificados en la búsqueda hasta el número de estudios incluidos en la revisión, idealmente utilizando un diagrama de flujo (ver <a href="#">figura 1</a> ).	27
	16b	Cite los estudios que aparentemente cumplían con los criterios de inclusión, pero que fueron excluidos, y explique por qué fueron excluidos.	27
Características de los estudios	17	Cite cada estudio incluido y presente sus características.	29
Riesgo de sesgo de los estudios individuales	18	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo para cada uno de los estudios incluidos.	39
Resultados de los estudios individuales	19	Presente, para todos los desenlaces y para cada estudio: a) los estadísticos de resumen para cada grupo (si procede) y b) la estimación del efecto y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza), idealmente utilizando tablas estructuradas o gráficos.	
Resultados de la síntesis	20a	Para cada síntesis, resuma brevemente las características y el riesgo de sesgo entre los estudios contribuyentes.	39
	20b	Presente los resultados de todas las síntesis estadísticas realizadas. Si se ha realizado un metanálisis, presente para cada uno de ellos el estimador de resumen y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza) y las medidas de heterogeneidad estadística. Si se comparan grupos, describa la dirección del efecto.	
	20c	Presente los resultados de todas las investigaciones sobre las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios.	39
	20d	Presente los resultados de todos los análisis de sensibilidad realizados para evaluar la robustez de los resultados sintetizados.	
Sesgos en la publicación	21	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo debido a resultados faltantes (derivados de los sesgos de en las publicaciones) para cada síntesis evaluada.	38



Certeza de la evidencia	22	Presente las evaluaciones de la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace evaluado.	
<b>DISCUSION</b>			
Discusion	23a	Proporcione una interpretacion general de los resultados en el contexto de otras evidencias.	48
	23b	Argumente las limitaciones de la evidencia incluida en la revision.	49
	23c	Argumente las limitaciones de los procesos de revision utilizados.	50
	23d	Argumente las implicaciones de los resultados para la practica, las politicas y las futuras investigaciones.	51
<b>OTRA INFORMACION</b>			
Registro y protocolo	24a	Proporcione la informacion del registro de la revision, incluyendo el nombre y el numero de registro, o declare que la revision no ha sido registrada.	
	24b	Indique donde se puede acceder al protocolo, o declare que no se ha redactado ningun protocolo.	
	24c	Describa y explique cualquier enmienda a la informacion proporcionada en el registro o en el protocolo.	
Financiacion	25	Describa las fuentes de apoyo financiero o no financiero para la revision y el papel de los financiadores o patrocinadores en la revision.	
Conflicto de intereses	26	Declare los conflictos de intereses de los autores de la revision.	
Disponibilidad de datos, codigos y otros materiales	27	Especifique que elementos de los que se indican a continuacion estan disponibles al publico y donde se pueden encontrar: plantillas de formularios de extraccion de datos, datos extraidos de los estudios incluidos, datos utilizados para todos los analisis, codigo de analisis, cualquier otro material utilizado en la revision.	

## **Comparison of different irrigation methods for disinfection and removal of smear layer in endodontics: a systematic review**

Lucas Palou <sup>1</sup>, German Sanchez Herrera<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Student of university of Europea de Valencia

<sup>2</sup>Teacher of university of Europea de Valencia

### **Abstract**

Key words: root canal, irrigation sonic, activation, ultrasonic activation, disinfection

Introduction: bacterial reduction and smear layer are directly related to the disinfection of the root canal system. For this purpose, three interrelated methods are available to achieve substantial bacterial eradication: mechanical instrumentation, irrigation with disinfection solutions and activated irrigation.

Material and Methods: Following the recommended methods for systematic reviews and meta-analyses (PRISMA), an electronic search was performed in the PubMed, Scopus databases to identify all relevant articles published up to November 2021 on endodontic irrigation. Studies focused on evaluating the effectiveness of irrigation activation methods in reducing the bacterial load and smear layer removal in the root canal system were considered. Modified ARRIVE and CONSORT guidelines risk-of-bias tool for in vitro studies was used to assess the quality of the studies.

Results: Fifteen published articles complied with the inclusion criteria. Ten studies compared activated irrigation (Endoactivor®, Eddy®, Irri K®, Irrisonic®, EndoUltra®, IrriSafe®, EndoVac®, M3 Max®, Laser Er:Yag, Endo irrigator plus®, XP Endo Finisher®) with conventional irrigation. Five studies compare effectiveness of ultrasonic irrigation between Eddy® irrigation.system. The review attained a satisfactory methodology. The main results of each included study were described.

Discussion: Considering the limitations of the selected studies and the review itself, this systematic review shows that the conventional irrigation system was less effective than sonically or ultrasonically activated irrigation. The data were too heterogeneous to compare and recommend Ultrasonic and Eddy® activated irrigation systems.

## **Introduction**

The aim of endodontics is to preserve teeth with pulpal and periapical pathologies in the arch, eradicating infection by removing pulp tissue, debris, toxins and inflammatory products. To this end, instrumentation and irrigation are essential to allow bacterial reduction and prevent reinfection of treated canals. Despite the advent of continuous rotation and modern endodontic instruments, up to 35% of the root canal surface remains instrumented during mechanical treatment. Furthermore, these instrumented areas are said to contain numerous bacteria (1,2). Endodontic disease is effectively a biofilm-mediated infection (3), so the presence of residual biofilm and smear layer reduces the hermetic seal of the system (4), does not facilitate root canal disinfection (5,6) and decreases the adhesion of the filling material as well as the long-term treatment results (7). To extend the efficacy of root canal disinfection procedures, mechanical debridement is coupled with antibacterial irrigants (8). Chemo-mechanical preparation significantly decreases the bacterial load because it proceeds directly on the root canal walls and promotes the penetration of antibacterial agents into the dentinal tubules (9). However, even after chemomechanical preparation, micro-organisms may persist in the main canal and the entire root canal system (9). Irrigation activation systems can enhance the efficacy of irrigation. Activation systems spread and move the irrigant throughout the canal system, optimising cleaning and chemical surface erosion (10), complementing the antimicrobial effects of chemo-mechanical preparation in infected root canals (9,11). Despite the abundant literature reporting on the efficacy of these techniques, the results are often conflicting. Therefore, considering the inconclusive and contradictory results in the literature, the aim of this systematic review was to evaluate the efficacy of sonic or ultrasonic irrigation versus conventional irrigation for disinfection of the root canal system. The secondary objectives were to compare the smear layer effect of the conventional irrigation technique with respect to activated irrigation, to compare the antibacterial effect of the conventional irrigation technique with respect to activated irrigation and to compare the Ultrasonic and Eddy® irrigation systems.

## **Material and Methods**

This systematic review complies with the PRISMA statement (Preferred Reporting Items

for Systematic reviews and Meta-Analyses) (12).

- Focus question

The focus question was established according to the PICO structured question.

P: experimental population: extracted permanent human teeth undergoing endodontic treatment (in vitro teeth).

I: irrigation with sonic or ultrasonic activated irrigation system.

C: conventional irrigation system.

O: antibacterial effect or smear layer (electronic microscopic system).

- Information sources and data search

An automatized electronic and manual literature searches were conducted in two major electronic databases: Pubmed and Scopus with the following keywords: 'root canal', 'irrigation sonic', 'activation', 'ultrasonic activation', 'disinfection'. The search contemplated papers published with language restrictions up to November 2021. The search strategy included a combination of the controlled terms (MeSH), and keywords were used whenever possible to obtain the best search results.

- Eligibility criteria

Articles were included in this systematic review if they met the following inclusion criteria: Experimental in vitro studies on permanent teeth with closed apex, Studies comparing sonic or ultrasonic activated irrigation system or conventional irrigation system, Studies evaluating the antibacterial effect of CFU (colony forming units), Studies evaluating smear layer, Articles published in English or Spanish and French, Studies published from 2016 to present. Systematic review studies, meta-analyses, case reports or studies with resin teeth were excluded. The search strategy was carried out by two independent reviewers (G.S.H, L.P). In the first stage, duplicate articles were eliminated between databases; in the second stage, articles were eliminated based on the appropriateness of the title; in the third stage, articles were eliminated based on abstracts; and in the fourth stage, a full reading of each article was performed to confirm the eligibility of studies. When a study met all inclusion criteria, it was included (fig 1).

- Extraction data

Evidence tables were created with the study data. The following data were collected from

the publications: interventions (Endoactivor®, Eddy®, Irri K®, Irrisonic®, EndoUltra®, IrriSafe®, EndoVac®, M3 MAX®, Laser Er:Yag, Endo irrigator plus®, XP Endo Finisher®, conventional irrigation, control group, saline solution, sodium hypochlorite (NaOCl), chlorhexidine, sodium thiosulfate, EDTA, distilled water, sterile water), sample size, type of teeth, volume (ml) and concentration of irrigant (%), species inoculated (*E. faecalis*), methods used to collect bacteria (paper tip, Lima H), irrigation time (seconds, minutes), activation power setting (Hz, KHz, %, W, rpm), group favored by the protocol and microscope magnification (x).

- Quality and risk of bias assessment

Two reviewers independently and in duplicate evaluated the quality of the included studies. The clinical assessment checklist for in vitro studies from the modified ARRIVE and CONSORT guidelines was used. The risk of bias assessment was based on a previous study (13) and checked whether the mechanical properties were analyzed according to the following parameters: (a) samples obtained by a standardized process, (b) a single machine operator, (c) description of the sample size calculation, (d) blinding of the testing machine operator, and (e) calibration of the sample size before applying the test, test design. If the article reported specifically on the parameter, it received a score of 0 for that specific parameter, if a specific parameter was reported but insufficiently or unclearly the score was 1, and if this information could not be found the score was 2. Articles scoring between 0 and 3 were classified as low risk of bias, those scoring 4 to 7 as moderate risk and those scoring 8 to 10 as high risk.

- Data synthesis

With the aim of summarizing and comparing studies, mean data on main variables were grouped for each study group, as the antibacterial effect is assessed by a microbiological culture technique in colony units and the smear layer is assessed by electron microscopy at a certain magnification.

## **Results**

- Study selection

A total of 200 articles were obtained from the initial screening process: PubMed (n=50), Scopus (n=150) and the Cochrane Library (n=12). Of these, 24 duplicates were excluded.

A further 122 studies were excluded because they did not meet the eligibility criteria. The remaining 54 studies were selected for full-text review, which allowed the exclusion of 34 articles that did not meet the inclusion criteria. Subsequently, 5 of the remaining 20 articles were excluded for two reasons, firstly articles studying resin teeth and secondly, systematic review, meta-analysis and case studies. Of the remaining 15 studies included in the systematic review, 10 studied smear layer, 7 the antibacterial effect.

#### - Study characteristics

In the included studies, differences were observed in the following aspects: IAU parameters: duration, power setting; irrigation: chemical agent (saline, sodium hypochlorite (NaOCl), chlorhexidine, sodium thiosulfate, EDTA, distilled water, sterile water), concentration and volume of irrigation solution; (c) methodology: sample collection for bacterial culture. Sample size ranged from 5 (14) to 25 teeth (15). Activation time ranged from 30s (16) - 210s (17). Several methods were used to collect root canal samples for bacterial culture. These included the nano brush (18), H-file (19) or paper tips (15,16,20). The magnification of the microscopic units varies between 1000 (14,17,21,22) and 2000 (23).

#### - Risk of bias

The 15 studies included in the systematic review had a moderate and low risk of bias. No high risk of bias was found in any of the included articles (Table 4).

#### - Synthesis of results

Ten studies provided data on smear layer in 3 different regions, apical (A), middle (M) and cervical (C). Nine of them reported that activated irrigation was more effective than conventional irrigation (14,17,21–27). While one study claimed less smear layer with activated irrigation, the XP Endo Finisher revealed more debris with a significant difference in the middle and apical third (28) (table 1). In the study by Li et al. (14) the mean score of the apical region was lowest in the EndoActivator® group 3.40; it was 4 in the conventional irrigation group, 3.53 in the ultrasonic group and 3.60 in the M3 Max group. Pairwise comparisons revealed a significant difference only between the EndoActivator® and conventional irrigation groups. Five studies provided data on the antibacterial effect. Three of them reported that activated irrigation was more effective in all subgroups/areas tested (15,18,20). Kohli et al. (15) When comparing the mean values between the groups,

the reduction in CFU numbers after the treatment protocol was highly significant for all groups. The photonic irrigation group and the EndoActivator® showed a significant mean difference compared to the conventional irrigation group with a disinfection of more than 99%. While two studies found no significant difference in antibacterial effect between activated and conventional irrigation (16,19). Zeng et al. (19) compared with the non-irrigated positive control, both conventional irrigation and Eddy® were able to reduce the overall intracanal bacterial load by  $87.8 \pm 4.4\%$  and  $91.2 \pm 3.9\%$ , respectively. There was no difference in the overall degree of intracanal bacterial load reduction between conventional irrigation and Eddy® (table 2 and 3). Five studies stated that activated Ultrasonic and Eddy® irrigation had no significant difference in either smear layer or antibacterial effect (18,20,22,24,25).

## **Discussion**

Activated irrigation systems significantly improve intracanal cleaning compared to conventional irrigation. Methodological variations exist among various studies with a lack of standardization in solution volume and concentrations, activation time, power setting. This may explain why one study reported almost equal debridement efficacies in isolated regions of the canal (28). On the other hand, the narrative synthesis supports the notion that activated irrigation techniques produce greater intracanal cleaning than conventional irrigation, as all studies that met the inclusion criteria concluded that significant improvements in smear layer and bacterial effect were observed. Furthermore, no study found conventional irrigation to be significantly better than any of the activated irrigations mentioned in any canal segment. Ten studies investigated smear layer, eight studies included single root/single root canal specimens, while two studies included molar root canals. Consequently, no single technique was found to be superior, as EndoActivator® twice, Ultrasonic once, Endo-Vac® twice, Endo-irrigator plus® twice, Eddy twice and 3M Max® once were recommended with the highest smear layer percentage. This heterogeneity therefore makes it difficult to advise on which techniques to use and highlights the need for researchers to develop a more standardized research model. Therefore, thanks to our results we can rank ultrasonic irrigation as the most effective in smear layer with the highest overall percentage followed by the EndoActivator®.

All 5 in vitro studies included specimens with a single root canal (15,16,18–20). Root canals were usually inoculated with a single species, *E. faecalis*, and the incubation period ranged from 24 hours to 30 days. Studies evaluating the antibacterial effect of disinfection methods use the following approach: microbiological culture (using colony forming units). Incomplete reporting and standardization of irrigation and activation protocols within studies, along with wide variation in protocols between studies, were two important findings of this review. The introduction of unnecessary confounding factors into the experiments may have favored one of the groups, and the differences between studies may have affected the overall performance of the irrigation methods, even if the comparisons within each study remain valid. Future in vitro studies should focus on specimens with multiple root canals that might reveal more differences in the efficacy of irrigation methods. In addition, the research interest should use more standardized protocols and an evaluation of the antibacterial effect with multi-specific biofilms. Considering the limitations of the selected studies and the review itself, this systematic review shows that the conventional irrigation system is less effective than sonically or ultrasonically activated irrigation. Final irrigation protocols with activated irrigation systems are more effective than conventional irrigation in removing smear layer. Activated irrigation techniques guarantee a better antibacterial effect than conventional irrigation and are therefore recommended for use during root canal treatment. Current data are too heterogeneous to compare and recommend Ultrasonic and Eddy® activated irrigation systems.

## Reference

1. Mohan D, Maruthingal S, Indira R, Divakar DD, al Kheraif AA, Ramakrishnaiah R, et al. Photoactivated disinfection (PAD) of dental root canal system - An ex-vivo study. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2016;23(1).
2. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in Endodontics. *Dental Clinics of North America* [Internet]. 2010 Apr;54(2):291–312. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0011853209001098>
3. Choi YS, Kim C, Moon JH, Lee JY. Removal and killing of multispecies endodontic biofilms by N-acetylcysteine. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2018;49(1).



4. Shahravan A, Haghdoost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of Smear Layer on Sealing Ability of Canal Obturation: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Endodontics*. 2007;33(2).
5. Gençoğlu N, Samani S, Günday M. Dentinal wall adaptation of thermoplasticized gutta-percha in the absence or presence of smear layer: A scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics*. 1993;19(11).
6. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - A review. *International Endodontic Journal*. 2010; Vol. 43.
7. Fabricius L, Dahlén G, Sundqvist G, Happonen RP, Möller AJR. Influence of residual bacteria on periapical tissue healing after chemomechanical treatment and root filling of experimentally infected monkey teeth. *European Journal of Oral Sciences*. 2006;114(4).
8. Siqueira JF, Rôças IN, Ricucci D, Hülsmann M. Causes and management of post-treatment apical periodontitis. *British Dental Journal*. 2014;216(6).
9. Rôças IN, Siqueira JF. Comparison of the in vivo antimicrobial effectiveness of sodium hypochlorite and chlorhexidine used as root canal irrigants: A molecular microbiology study. *Journal of Endodontics*. 2011;37(2).
10. Macedo RG, Verhaagen B, Rivas DF, Versluis M, Wesselink P, van der Sluis L. Cavitation measurement during sonic and ultrasonic activated irrigation. *Journal of Endodontics*. 2014;40(4).
11. Rôças IN, Siqueira JF. In vivo antimicrobial effects of endodontic treatment procedures as assessed by molecular microbiologic techniques. *Journal of Endodontics*. 2011;37(3).
12. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*. 2009 Jul 21;6(7):e1000097.
13. Aurélio IL, Marchionatti AME, Montagner AF, May LG, Soares FZM. Does air particle abrasion affect the flexural strength and phase transformation of Y-TZP? A systematic review and meta-analysis. *Dental Materials*. 2016 Jun;32(6):827–45.
14. Li Q, Zhang Q, Zou X, Yue L. Evaluation of four final irrigation protocols for cleaning root canal walls. *International Journal of Oral Science*. 2020 Dec 1;12(1).

15. Kohli T, Mehta N, Garima G, Gupta A, Mahesh S, Abraham D, et al. Comparative evaluation of photoactivated disinfection and sonic irrigation as an adjunct to conventional irrigation on *Enterococcus faecalis* in root canals: An in vitro study. *Endodontology*. 2021 Jan 1;33(1):15–9.
16. Ghoddusi J, Moushekhian S, Arian E, Ghiasi J, Forghani M. The effectiveness of sonic-activated irrigation in reducing intratubular *enterococcus faecalis*. *Iranian Endodontic Journal*. 2019 Jan 1;14(1):63–7.
17. Neelakantan P, Ounsi HF, Devaraj S, Cheung GSP, Grandini S. Effectiveness of irrigation strategies on the removal of the smear layer from root canal dentin. *Odontology*. 2019 Apr 15;107(2):142–9.
18. Eneide C, Castagnola R, Martini C, Grande NM, Bugli F, Patini R, et al. Antibiofilm activity of three different irrigation techniques: An in vitro study. *Antibiotics*. 2019 Sep 1;8(3).
19. Zeng C, Willison J, Meghil MM, Bergeron BE, Cutler CW, Tay FR, et al. Antibacterial efficacy of an endodontic sonic-powered irrigation system: An in vitro study. *Journal of Dentistry*. 2018 Aug 1;75:105–12.
20. Hage W, de Moor RJG, Hajj D, Sfeir G, Sarkis DK, Zogheib C. Impact of different irrigant agitation methods on bacterial elimination from infected root canals. *Dentistry Journal*. 2019 Jun 27;7(3).
21. Schiavotelo TCL, Coelho MS, Rasquin LC, Rocha DGP, Fontana CE, Bueno CE da S. Ex-vivo Smear Layer Removal Efficacy of Two Activated Irrigation Techniques After Reciprocating Instrumentation in Curved Canals. *The Open Dentistry Journal*. 2017;11(1).
22. Plotino G, Colangeli M, Özyürek T, DeDeus G, Panzetta C, Castagnola R, et al. Evaluation of smear layer and debris removal by stepwise intraoperative activation (SIA) of sodium hypochlorite. *Clinical Oral Investigations*. 2020;
23. Suman S, Verma P, Prakash-Tikku A, Bains R, Kumar-Shakya V. A comparative evaluation of smear layer removal using apical negative pressure (EndoVac), sonic irrigation (EndoActivator) and Er: YAG laser -An in vitro SEM study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*. 2017 Aug 1;9(8):e981–7.

24. Conde AJ, Estevez R, Loroño G, Valencia de Pablo, Rossi-Fedele G, Cisneros R. Effect of sonic and ultrasonic activation on organic tissue dissolution from simulated grooves in root canals using sodium hypochlorite and EDTA. *International Endodontic Journal*. 2017 Oct 1;50(10):976–82.
25. Rödiger T, Koberg C, Baxter S, Konietschke F, Wiegand A, Rizk M. Micro-CT evaluation of sonically and ultrasonically activated irrigation on the removal of hard-tissue debris from isthmus-containing mesial root canal systems of mandibular molars. *International Endodontic Journal*. 2019 Aug 1;52(8):1173–81.
26. Kowsky D, Kumari A, Naganath M. Effectiveness of different irrigation devices on the smear layer removal in the apical portion of curved root canals: A scanning electron microscopy study. *Saudi Endodontic Journal*. 2018 May 1;8(2):111–6.
27. Mandhotra P, Rai K, Grewal G, Singh K, Galhotra V, Gagan N. A comparative assessment of three different irrigating systems in root canal treatment: An in vitro study. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*. 2021 Jun 1;13(5):S429–31.
28. Alakshar A, Saleh ARM, Gorduysus MO. Debris and smear layer removal from oval root canals comparing XP-endo finisher, endoactivator, and manual irrigation: A SEM evaluation. *European Journal of Dentistry*. 2020 Oct 1;14(4):626–33.
29. Virdee SS, Seymour DW, Farnell D, Bhamra G, Bhakta S. Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal*. Blackwell Publishing Ltd; 2018; Vol. 51: p. 605–21.
30. Plotino G, Grande NM, Mercade M, Cortese T, Staffoli S, Gambarini G, et al. Efficacy of sonic and ultrasonic irrigation devices in the removal of debris from canal irregularities in artificial root canals. *Journal of Applied Oral Science*. 2019;27.
31. Swimberghe RCD, de Clercq A, de Moor RJG, Meire MA. Efficacy of sonically, ultrasonically and laser-activated irrigation in removing a biofilm-mimicking hydrogel from an isthmus model. *International Endodontic Journal*. 2019;52(4).
32. Swimberghe RCD, Buyse R, Meire MA, de Moor RJG. Efficacy of different irrigation technique in simulated curved root canals. *Lasers in Medical Science*. 2021;36(6).

33. Gambarini G, Miccoli G, di Carlo S, Iannarilli G, Lauria G, di Nardo D, et al. Sonic vs Ultrasonic activation of sodium hypochlorite for root canal treatments. In vitro assessment of debris removal from main and lateral canals. *Giornale Italiano di Endodonzia*. 2020;34(1).

Fig. 1: PRISMA flowchart of searching and selection process of titles during systematic review.

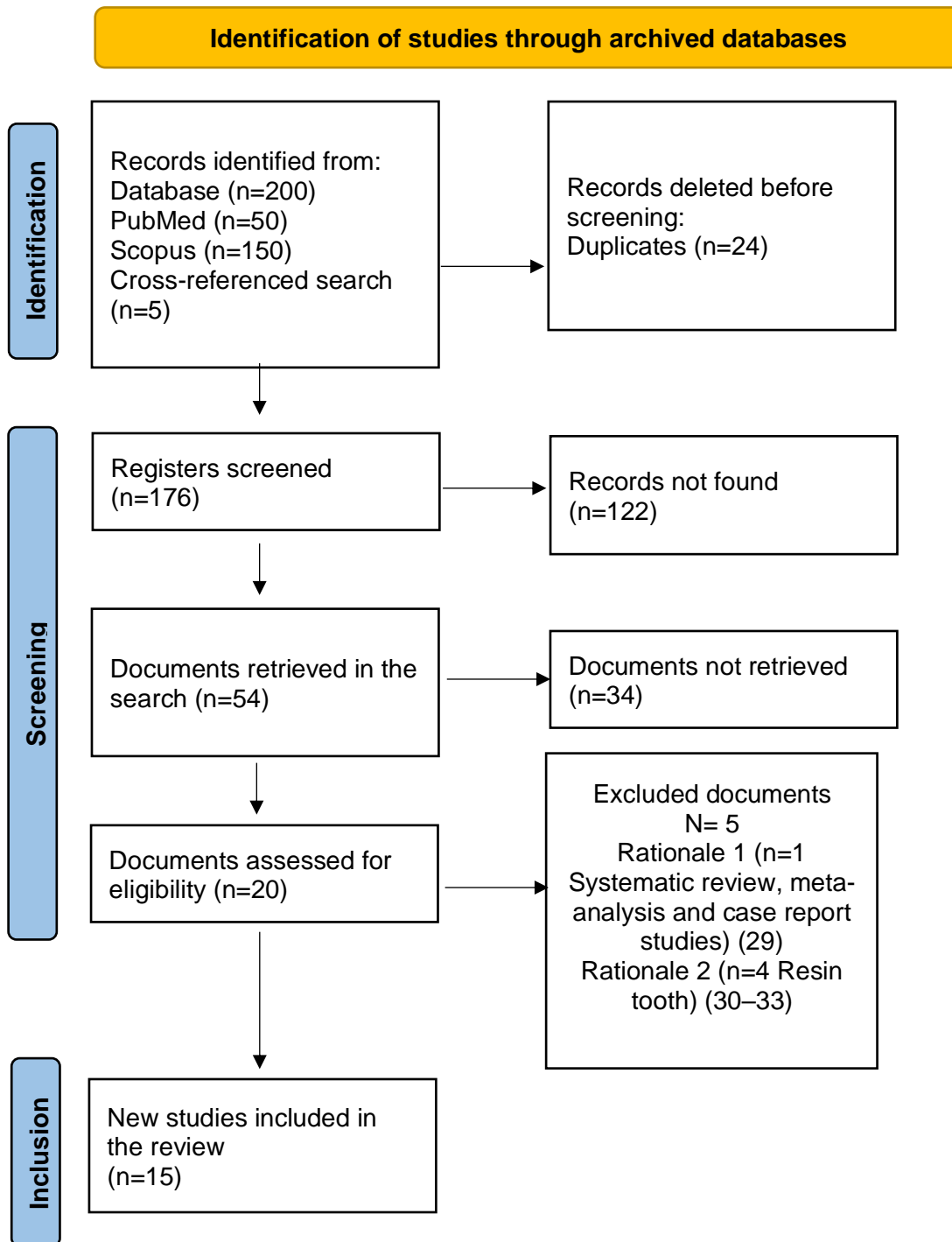


Table 1. Mean value of the scores in the 3 different regions according to the activation system used after final irrigation.

	Mean values smear layer removal																										
	EDDY			EndoActivator			Ultrasonic			M3 MAX			Endovac			Laser Er: YAG			Conventional irrigation			Endo Irrigator Plus			XP-Endo Finisher		
	A	M	C	A	M	C	A	M	C	A	M	C	A	M	C	A	M	C	A	M	C	A	M	CI	A	M	C
Conde et al. (24) 2016/Australia	1.92			2.43			2.16												3.68								
Schiavote et al. (21) 2017/ Brazil				3.00	1.61	1.50	3.83	2.78	2.67										3.89	3.50	3.39						
Suman et al. (23) 2017/India				4.01	3.63	2.21							3.49	3.40	2.03	4.47	3.72	2.22	5.0	4.31	2.68						
Kowsky et al. (26) 2018/India				3.35	2.20	1.90							2.35	1.80	1.65				3.55	2.45	2.30						
Neelakantan et al. (17) 2018/Japan				3.2	3.6	NM	2.8	2.4	NM										4.1	3.9	NM	1.4	1.2	NM			
Rödig et al. (25) 2019/Germany	3.3			3.7			2.1												4.4								
Mandhotra et al. (27) 2020/India				3.8			3.9												4.2			2.6					
Alakshar et al. (28) 2020/United Arab Emirates				1.67	1.67	1.44													1.56	1.56	1.67				2.78	2.33	2.33
Li et al. (14) 2020/China				3.40	3.33	3.02	3.53	2.80	2.67	3.60	2.87	2.40										4	3.67	3.47			
Plotino et al. (22) 2020/Italy	2.38	1.88	1.50	3.50	2.38	1.88	2.50	1.88	1.75													3.88	3.25	3.13			

A: apical, M: middle; C: cervical

Tabla 2. Mean values according to activation system used after final irrigation

	Mean Values antibacterial effect					
	Conventional irrigation	EndoActivator	EDDY	Ultrasonic	Control	Laser Er :YAG
Ghoddusi et al. (16) 2018 /Iran	6 (11.4)	3 (7.3)			1987.9 (3512.7)	
Eneide et al. (18) 2019/ Italy	1.42×10 <sup>8</sup> (1.1×10 <sup>8</sup> )		0 (0)	1.06×10 <sup>5</sup> (1.2×10 <sup>5</sup> )		
Hage et al. (20) 2019/ Austria	2110 ± 1015.93		81.30 ± 85.68	44.40 ± 67.12		27.40 ± 30.15
Kohli et al. (15) 2021/ India	6.64E+06	3.50E+06				3.32E+06

Table 3. Percentage according to the activation system used after final irrigation.

	Percentage bacterial effect (%)				
	Conventional irrigation	EndoActivator	EDDY	Ultrasonic	Laser Er :YAG
Zeng et al. (19) 2018/ China	87,8 ± 4,4		91,2 ± 3,9		
Hage et al. (20) 2019/ Austria	99.889 ± 0.053		99.994 ± 0.006	99.997 ± 0.004	99.998 ± 0.002
Kohli et al. (15) 2021/ India	96.9785	98.3659			98.4592

Table 4. Risks of bias in studies.

Articles	Sample obtained standardised process	Single operator	Sample size calculation	Blinding of the testing machine operator	Samples, tests and formulas according to standard specifications	Risk of bias
Conde et al. (24) 2016/Australia	0	2	0	2	0	Moderate risk
Schiavotelo et al. (21) 2017/ Brazil	0	1	1	1	1	Moderate risk
Suman et al. (23) 2017/India	0	2	1	0	0	Low risk



Kowsky et al. (26) 2018/India	0	1	1	1	0	Low risk
Neelakantan et al. (17) 2018/Japan	0	1	1	1	0	Low risk
Ghoddusi et al. (16) 2018 /Iran	0	2	0	2	0	Moderate risk
Zeng et al. (19) 2018/ China	0	1	1	0	1	Low risk
Rödigg et al. (25) 2019/germany	0	1	0	2	2	Moderate risk
Eneide et al. (18) 2019/ Italy	0	2	1	0	0	Low risk
Hage et al. (20) 2019/ Austria	0	2	1	0	0	Low risk
<i>Mandhotra et al.</i> (27) 2020/India	0	2	1	2	1	Moderate risk
Alakshar et al. (28) 2020/ United Arab Emirates	0	1	0	0	1	Low risk
Li et al. (14) 2020/China	0	1	0	1	0	Low risk

Plotino et al. (22) 2020/Italy	0	1	1	1	0	Low risk
Kohli et al. (15) 2021 / India	0	2	0	1	2	Moderate risk