

DOI: <https://doi.org/10.64668/rccss.v3i186105>

Remoción de pernos prefabricados metálicos pasivos fijados con cemento resinoso mediante dos protocolos de aplicación de ultrasonido: estudio ex vivo.

Luis Alberto González Navarro^{1, 2 *}  Ernani Da Costa Abad^{3 *} ¹ Universidad Autónoma del Paraguay (UAP), Asunción, Paraguay² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Odontología, Asunción, Paraguay³ Universidade Estácio de Sá, Río de Janeiro, Brasil

Cómo referenciar este artículo/ How to reference this article:

González Navarro LA, Abad EC. Remoción de pernos prefabricados metálicos pasivos fijados con cemento resinoso mediante dos protocolos de aplicación de ultrasonido: estudio ex vivo. Rev. cient. cienc. salud. soc. 2026; 3 (1): Disponible: <https://doi.org/10.64668/rccss.v3i186105>

RESUMEN

Introducción: La remoción de pernos intrarradiculares es frecuente en el retratamiento endodóntico, pero su eficacia varía según el cemento, el diseño del perno y el protocolo de ultrasonido. **Objetivo:** Evaluar la eficacia de dos protocolos de ultrasonido (solo y con tope) frente a un grupo control en la remoción de pernos prefabricados metálicos pasivos fijados con cemento resinoso autopolimerizable, analizando la tasa de remoción y la fuerza de tracción necesaria. **Material y método:** Estudio ex vivo, experimental, con 45 premolares inferiores unirradiculares distribuidos aleatoriamente en tres grupos (n=15): Protocolo 1 (ultrasonido solo + tracción), Protocolo 2 (ultrasonido con tope + tracción) y Protocolo 3 (control, solo tracción). Los pernos se fijaron con cemento resinoso (Multilink) y se sometieron a tracción en una máquina de ensayo universal. **Resultados:** Ningún perno fue removido mediante la aplicación de ultrasonido en los Protocolos 1 y 2 (0% de remoción). La fuerza de tracción media requerida fue de 12,77 kg (DE 6,12) para el Protocolo 1, 11,55 kg (DE 6,76) para el Protocolo 2 y 13,92 kg (DE 6,50) para el Protocolo 3, sin registrarse diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos (ANOVA, p=0,618). **Conclusión:** Bajo las condiciones de este estudio, ninguno de los protocolos de ultrasonido logró remover los

Fecha de recepción: Noviembre 2025. Fecha de revisión: Enero 2026 Fecha de aceptación: Abril 2026

*Autor correspondiente: Luis Alberto González Navarro Dirección: Asunción -Paraguay. E-mail: lugo@gmail.com

Editor responsable: Prof. Dra. Ninfa Lucía Jacquett Toledo, PhD  Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción- Campus Guairá - Facultad de Ciencias de la Salud. Villarrica, Paraguay. Email: investigacion.extension.fcs.vca@uc.edu.py



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una [Licencia Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

pernos metálicos pasivos fijados con cemento resinoso. Asimismo, el uso de la vibración ultrasónica no redujo de forma significativa la fuerza de tracción posterior requerida para su desalojo.

Palabras clave: retratamiento endodóntico; remoción del perno dental; cementos de resina; terapia por ultrasonido; perno dental.

Removal of passive prefabricated metal posts cemented with resin cement using two ultrasonic application protocols: an ex vivo study

ABSTRACT

Introduction: The removal of intraradicular posts is frequent in endodontic retreatment, but its efficacy varies depending on the cement, post design, and ultrasound protocol. **Objective:** To evaluate the efficacy of two ultrasound protocols (alone and with a stopper) compared to a control group in the removal of prefabricated passive metallic posts fixed with self-curing resin cement, analyzing the removal rate and the required tensile strength. **Material and method:** An *ex vivo*, experimental study with 45 single-rooted mandibular premolars randomly distributed into three groups (n=15): Protocol 1 (ultrasound alone + traction), Protocol 2 (ultrasound with stopper + traction), and Protocol 3 (control, traction alone). The posts were fixed with resin cement (Multilink) and subjected to traction in a universal testing machine. **Results:** No post was removed by the application of ultrasound in Protocols 1 and 2 (0% removal). The mean tensile strength required was 12.77 kg (SD 6.12) for Protocol 1, 11.55 kg (SD 6.76) for Protocol 2, and 13.92 kg (SD 6.50) for Protocol 3, with no statistically significant differences recorded among the three groups (ANOVA, $p=0.618$). **Conclusion:** Under the conditions of this study, neither of the ultrasound protocols was able to remove the passive metallic posts fixed with resin cement. Furthermore, the use of ultrasonic vibration did not significantly reduce the subsequent tensile strength required for their dislodgement.

Keywords: endodontic retreatment; post removal; resin cements; ultrasonic therapy; dental pins.

INTRODUCCIÓN

Toda reintervención endodóntica no quirúrgica enfrenta, tarde o temprano, el mismo obstáculo: una restauración intrarradicular perno colado o prefabricado que bloquea físicamente el acceso al sistema de conductos. Quien ha tenido un perno metálico firmemente cementado bajo la punta del explorador sabe que ese momento concentra buena parte del riesgo clínico del procedimiento: cada intento de remoción compromete estructura dentaria remanente ya escasa, y de su éxito o fracaso depende, en gran medida, el pronóstico de la pieza. Una revisión reciente sobre los desafíos y soluciones del retratamiento ortógrado en endodoncia coloca a esta etapa entre las más críticas de todo el procedimiento ⁽¹⁾. Y sin embargo, pese a su relevancia clínica diaria, la investigación experimental sobre remoción de pernos sigue siendo metodológicamente dispersa: la revisión más reciente sobre los métodos empleados para evaluar esta remoción advierte que la heterogeneidad entre estudios ex vivo tipo de cemento, diseño del perno, protocolo de vibración ultrasónica limita seriamente la comparabilidad de los resultados y su extrapolación a la clínica, lo que exige estudios con metodología estandarizada y reproducible ⁽²⁾.

El recurso más extendido frente a este obstáculo es el ultrasonido, cuyo fundamento es relativamente simple: la vibración mecánica fragmenta progresivamente la línea de cementación hasta liberar el perno ⁽³⁾. Pero ese principio, eficaz sobre el papel, tropieza en la práctica con un adversario más resistente de lo que la intuición clínica sugiere: el cemento resinoso. Estudios in vitro recientes sobre resistencia de unión por push-out muestran que pernos metálicos y de fibra cementados con resina alcanzan valores de adhesión comparables entre sí, y ambos superiores a los logrados con cementos convencionales ⁽⁴⁾. Dicho de otro modo: el mismo cemento que garantiza la retención del perno durante años de función masticatoria es, potencialmente, el principal obstáculo cuando ese perno debe ser removido.

La literatura de los últimos años ha profundizado, sobre todo, en la comparación entre pernos metálicos y de fibra de vidrio tanto en supervivencia clínica como en dificultad de remoción durante el retratamiento más que en el comportamiento específico del perno metálico frente al ultrasonido. Un metaanálisis en red que incluyó estudios indexados en Medline, Scopus, PubMed y Cochrane hasta noviembre de 2022

concluyó que los pernos de fibra presentan tasas de supervivencia clínica superiores a las de los pernos metálicos fundidos, aunque ambos sistemas siguen utilizándose ampliamente en la práctica restauradora ⁽⁵⁾. Un ensayo clínico aleatorizado con 15 años de seguimiento, sin embargo, matiza esa conclusión: no encontró diferencias estadísticamente significativas entre pernos de fibra y metálicos en éxito y supervivencia clínica, aunque sí observó que los dientes restaurados con pernos metálicos fallaban con mayor frecuencia por fractura radicular ⁽⁶⁾. Y una revisión sistemática con metaanálisis sobre el efecto de la férula circunferencial en dientes restaurados con pernos de fibra añade una advertencia adicional: factores protésicos distintos del tipo de perno o cemento también condicionan el éxito a largo plazo de estas restauraciones ⁽⁷⁾.

Frente a las limitaciones del ultrasonido convencional, la odontología restauradora ha comenzado a explorar alternativas tecnológicamente más sofisticadas. Un estudio *in vitro* reciente mostró que los sistemas robóticos autónomos y de navegación dinámica logran mayor exactitud y preservación de dentina que la técnica convencional de microscopio más ultrasonido para remover pernos de fibra ⁽⁸⁾ (Cui, Zhang, et al., 2026). En la misma dirección, la combinación de navegación dinámica con microscopio operatorio demostró mayor exactitud y eficiencia que la técnica manual asistida por ultrasonido ⁽⁹⁾. Técnicas guiadas más conservadoras plantillas quirúrgicas diseñadas para minimizar el desgaste dentinario durante la remoción de pernos de fibra se han propuesto con el mismo objetivo de preservar estructura dentaria ⁽¹⁰⁾, y estudios *ex vivo* recientes han evaluado plantillas quirúrgicas para dientes anteriores con resultados prometedores en cuanto a exactitud ⁽¹¹⁾. El mensaje de fondo de esta línea de investigación es elocuente: cuando el ultrasonido convencional no basta, la tecnología digital ofrece una vía alternativa, aunque todavía costosa y poco accesible para la práctica general.

Un estudio comparativo reciente evaluó distintos protocolos de tiempo y refrigeración en la remoción de pernos de fibra mediante puntas ultrasónicas. El hallazgo fue revelador: ni el tiempo de remoción ni la cantidad de material residual variaron sustancialmente entre protocolos, aunque la aplicación prolongada sin refrigeración sí generó mayores incrementos de temperatura y mayor pérdida de dentina ⁽¹²⁾. Un estudio adicional, que comparó fresa de Munce y punta ultrasónica de diamante para

remover pernos de fibra, tampoco encontró diferencias significativas en el volumen de dentina removida entre ambas técnicas, aunque sí en el tiempo requerido ⁽¹³⁾. La lectura conjunta de ambos estudios apunta en una misma dirección: independientemente de cuánto tiempo se aplique el ultrasonido, con o sin refrigeración, o de qué instrumento mecánico se utilice, la variable que verdaderamente decide el desenlace de la remoción sigue siendo el tipo de agente cementante.

Estudios in vitro recientes que evaluaron la adhesión de pernos de fibra a la dentina radicular con distintos cementos compuestos observaron una reducción significativa de la resistencia de unión luego de un año de almacenamiento, atribuible a la degradación hidrolítica de la interfaz adhesiva ⁽¹⁴⁾. De modo complementario, se ha demostrado que la estrategia adhesiva empleada modifica de manera significativa la calidad y durabilidad de esa unión ⁽¹⁵⁾, y un estudio sobre el efecto del envejecimiento en seis cementos resinosos confirmó que la resistencia de unión por push-out puede disminuir de forma relevante tras seis meses de almacenamiento en saliva artificial, con diferencias importantes según el sistema adhesivo empleado ⁽¹⁶⁾. En conjunto, estos hallazgos describen un cemento resinoso que envejece, sí, pero que parte de un nivel de resistencia adhesiva considerablemente alto.

Una revisión sistemática reciente sobre pernos metálicos versus pernos de fibra termina de cerrar este razonamiento al confirmar que el sistema de cementación y no únicamente el material del perno es el determinante crítico del comportamiento clínico de la restauración a largo plazo ⁽¹⁷⁾. Otro estudio reciente sobre los desenlaces del retratamiento quirúrgico y no quirúrgico en dientes con periodontitis apical mostró tasas de éxito clínicamente relevantes para la vía no quirúrgica ^[18], lo que confiere urgencia práctica a optimizar precisamente la etapa que la hace posible: la remoción eficiente de restauraciones intrarradiculares previas.

Si se reúnen estos hallazgos, emerge un panorama consistente: el cemento resinoso más allá del diseño del perno genera una interfaz de unión particularmente resistente a fuerzas disruptivas, y esa resistencia no parece modificarse de forma relevante por variaciones específicas del protocolo de aplicación del ultrasonido. Por lo expuesto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficacia de dos protocolos de aplicación del

ultrasonido piezoeléctrico solo y con tope cervical frente a un grupo control sin ultrasonido, en la remoción de pernos prefabricados metálicos pasivos fijados con cemento resinoso autopolimerizable, mediante el análisis comparativo de la tasa de remoción del perno y de la fuerza de tracción axial requerida para su desalojo, en un estudio ex vivo.

MATERIAL Y MÉTODO

Diseño y tipo de estudio

Para responder a esta pregunta se diseñó un estudio experimental, ex vivo, comparativo, de tipo transversal, con asignación aleatoria de las unidades de análisis a tres grupos de intervención: dos protocolos de aplicación del ultrasonido y un grupo control.

El diseño se ajustó a las recomendaciones metodológicas señaladas para este campo de investigación, estandarizando variables que la literatura identifica como críticas para la comparabilidad de resultados: diseño de la pieza dentaria, tipo de cemento, registro objetivo de la fuerza requerida para la remoción mediante una máquina de ensayo universal ⁽²⁾, para evitar la heterogeneidad metodológica que limita a los estudios previos en este campo.

Operacionalización de variables

Antes de describir la muestra y el procedimiento experimental, se presenta la operacionalización de las variables del estudio (Tabla 1), que resume su definición conceptual y operacional, el indicador empleado y la escala de medición correspondiente.

Tabla 1. Operacionalización de las variables del estudio.

<i>Variable</i>	<i>Tipo</i>	<i>Definición conceptual /</i>	<i>Definición operacional</i>	<i>Indicador / unidad</i>	<i>Escala</i>
<i>Protocolo de aplicación del ultrasonido (independiente)</i>	Cualitativa politómica	Forma de aplicación (o no) del ultrasonido sobre el perno, previa a la prueba de tracción	Tres niveles: P1 (ultrasonido solo), P2 (ultrasonido + tope), P3 (control, sin ultrasonido)	Protocolo asignado	Nominal
<i>Remoción del perno (dependiente)</i>	Cualitativa dicotómica	Desalojo completo del perno de su lecho radicular por efecto del ultrasonido	Removido / no removido al finalizar la aplicación del protocolo de ultrasonido correspondiente	Sí / No	Nominal
<i>Fuerza de tracción (dependiente)</i>	Cuantitativa continua	Magnitud de la fuerza axial necesaria para desalojar el perno de su lecho radicular	Fuerza máxima registrada en la máquina de ensayo universal hasta la remoción del perno o la fractura del cuerpo de prueba	Kilogramos (kg)	Razón

Muestra

La muestra estuvo constituida por 45 premolares inferiores unirradiculares humanos extraídos por motivos ortodónticos o periodontales, con tratamiento endodóntico realizado ex vivo, libres de caries o fracturas, y con conformación radicular compatible con la preparación protésica. El tamaño muestral no se fijó arbitrariamente: se estimó mediante un pre-test en 5 cuerpos de prueba sometidos a tracción sin ultrasonido previo, que arrojó una media de fuerza de tracción de 15,63 kg (DE 6,03 kg). A partir de esos datos, considerando un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ (bilateral), una potencia estadística del 80 % ($\beta = 0,20$) y un efecto estandarizado de 1, el cálculo indicó un tamaño mínimo de 16 unidades por grupo; por razones operativas se trabajó con 15 pernos por grupo, en línea con el tamaño muestral habitual en diseños ex vivo de tres grupos paralelos de este tipo. Las piezas se distribuyeron de manera aleatoria en tres grupos experimentales de 15 elementos cada uno: Protocolo 1 (ultrasonido solo + tracción), Protocolo 2 (ultrasonido con tope + tracción) y Protocolo 3 (grupo control, sin ultrasonido, solo tracción).

Preparación de los cuerpos de prueba

La preparación de cada cuerpo de prueba siguió un protocolo estandarizado y reproducible. Todas las piezas fueron decoronadas a nivel cervical; se realizó el tratamiento de conductos por técnica manual escalonada (step-back) y la preparación del espacio protésico siguiendo longitud y diámetro fijados de antemano. Los pernos prefabricados metálicos pasivos (21 mm de longitud, 1,5 mm de diámetro), confeccionados a partir de varillas de acero inoxidable quirúrgico, fueron cementados con cemento resinoso autopolimerizable (Multilink, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein), siguiendo estrictamente las indicaciones del fabricante para el acondicionamiento de la dentina radicular y la inserción del agente cementante. Los cuerpos de prueba se almacenaron en un recipiente plástico con tapa, en condiciones ambientales controladas, hasta el momento de la aplicación de los protocolos experimentales.

Aplicación del ultrasonido

Llegado el momento de la intervención propiamente dicha, los Protocolos 1 y 2 emplearon un aparato de ultrasonido piezoeléctrico (Enac OE-3, Osada Electric Co., Nakatsu, Japón) con punta específica para remoción de pernos y coronas (ST-09), llevado a su nivel máximo de potencia (nivel 10 del panel frontal) y una frecuencia de 30 kHz, bajo chorro de agua constante a temperatura ambiente, siguiendo la orientación del fabricante para este tipo de procedimiento. La punta ultrasónica se aplicó secuencialmente sobre las caras vestibular, lingual, mesial y distal del perno, a razón de un minuto por cara, hasta un máximo de cuatro minutos por cuerpo de prueba, controlado con cronómetro digital (Casio HS-3). Para evitar que la fatiga muscular del operador introdujera una variable no controlada, la aplicación se organizó en dos series de 15 cuerpos de prueba cada una (Protocolos 1 y 2 combinados), con un intervalo de descanso de 60 minutos entre series. El Protocolo 2 incorporó, además, la variable de interés específica de este estudio: un dispositivo de tope un elevador radicular quirúrgico curvo, adaptado mediante tornaría a la forma cilíndrica de los pernos (Dent Par, Medisporex, Pakistán) ubicado 2 mm en sentido cervical respecto de la marca de aplicación de la punta ultrasónica, situada a 4 mm de la unión cemento-esmalte, con el objetivo de limitar la transmisión vibratoria apical y poner a prueba si ese límite mejoraba la eficacia de remoción. El Protocolo 3 (control) no recibió ultrasonido alguno y fue sometido directamente a la prueba de tracción, sirviendo como línea de base frente a la cual interpretar el efecto o la ausencia de efecto del ultrasonido.

Prueba de tracción

El desenlace de cada cuerpo de prueba se determinó de inmediato. Tras la aplicación del protocolo correspondiente, cada espécimen fue montado, en un lapso no mayor a un minuto, en una máquina de ensayo universal (EMIC DL-200MF, EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio, São José dos Pinhais, Brasil) y sometido a una fuerza de tracción axial progresiva, a velocidad constante, hasta lograr la remoción del perno o hasta alcanzar el límite de fractura del cuerpo de prueba. Se registró la fuerza máxima alcanzada, en kilogramos, y cada unidad se clasificó de forma dicotómica como removida o no removida.

Análisis estadístico

Antes de comparar las medias, se formuló como hipótesis nula (H_0) que la fuerza de tracción necesaria para la remoción del perno no difiere entre los tres protocolos evaluados, frente a la hipótesis alterna (H_1) de que al menos uno de los protocolos presenta una fuerza de tracción media distinta de los demás. Sobre los registros de fuerza de tracción se calcularon medidas de tendencia central y de dispersión media, mediana, moda, varianza, desvío estándar, percentiles 25 y 75, coeficiente de variación para cada grupo. Se verificó el supuesto de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Bartlett; confirmada la homocedasticidad, la comparación de las medias entre los tres protocolos se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) de un factor (modelo de efectos fijos, tres niveles), con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$; en caso de hallarse diferencias significativas, estaba previsto un análisis post-hoc de comparaciones múltiples, que finalmente no fue necesario. El procesamiento se realizó con software estadístico de uso académico (GraphPad Prism, versión 5.0).

RESULTADOS

Tasa de remoción de los pernos

De los 30 cuerpos de prueba sometidos a ultrasonido, ninguno presentó remoción del perno prefabricado metálico pasivo durante el tiempo máximo de aplicación establecido (cuatro minutos por espécimen): los 15 cuerpos de prueba del Protocolo 1 (ultrasonido solo) y los 15 del Protocolo 2 (ultrasonido con dispositivo de tope) permanecieron sin remoción (Tabla 2). Uno de los cuerpos de prueba del Protocolo 2 se fracturó durante la prueba de tracción posterior; el análisis de la fuerza de tracción se realizó, por lo tanto, sobre 29 de los 30 especímenes expuestos a ultrasonido, más los 15 del grupo control ($n = 44$).

Tabla 2. Tasa de remoción de pernos prefabricados metálicos pasivos mediante la aplicación de ultrasonido, según protocolo.

Protocolo	Removido (n)	Removido (%)	No removido (n)	No removido (%)	Total (n)	Total (%)
P1 (ultrasonido solo)	0	0,0	15	100,0	15	100,0
P2 (ultrasonido + tope)	0	0,0	14	100,0	14	100,0
Total	0	0,0	29	100,0	29	100,0

Nota: el Protocolo 3 (control) no recibió ultrasonido, por lo que no aplica la clasificación de remoción por esta vía; sus 15 cuerpos de prueba se incluyen únicamente en el análisis de fuerza de tracción (Tablas 3 y 4).

Análisis descriptivo de la fuerza de tracción

La fuerza de tracción necesaria para la remoción del perno, registrada en kilogramos, se resume en las Tablas 3 y 4. En el Protocolo 1 (n = 15) la media fue de 12,77 kg (DE 6,12 kg; mediana 11,57 kg; rango 3,94-22,78 kg; CV 47,93 %). En el Protocolo 2 (n = 14) la media fue de 11,55 kg (DE 6,76 kg; mediana 10,65 kg; rango 1,84-20,87 kg; CV 58,54 %). En el Protocolo 3, grupo control (n = 15), la media fue de 13,92 kg (DE 6,50 kg; mediana 15,15 kg; rango 4,84-26,48 kg; CV 46,71 %). La proximidad entre los valores de media y mediana en los tres grupos es compatible con una distribución aproximadamente simétrica de los datos (Figuras 1 y 2).

Tabla 3. Media, varianza y desvío estándar de la fuerza de tracción necesaria para la remoción del perno, según protocolo.

Protocolo	n	Suma (kg)	Media (kg)	Varianza	Desvío estándar (kg)
P1 (ultrasonido solo)	15	191,57	12,77	37,44	6,1195
P2 (ultrasonido + tope)	14	161,66	11,55	45,69	6,7601
P3 (control)	15	208,78	13,92	42,26	6,5012

Tabla 4. Percentiles, mediana y moda de la fuerza de tracción necesaria para la remoción del perno, según protocolo.

Protocolo	Mínimo (kg)	Percentil 25	Mediana (kg)	Percentil 75	Máximo (kg)	Moda (kg)
P1 (ultrasonido solo)	3,94	8,17	11,57	19,45	22,78	3,94
P2 (ultrasonido + tope)	1,84	6,13	10,64	17,81	20,87	1,84
P3 (control)	4,84	9,12	15,15	17,18	26,48	4,84

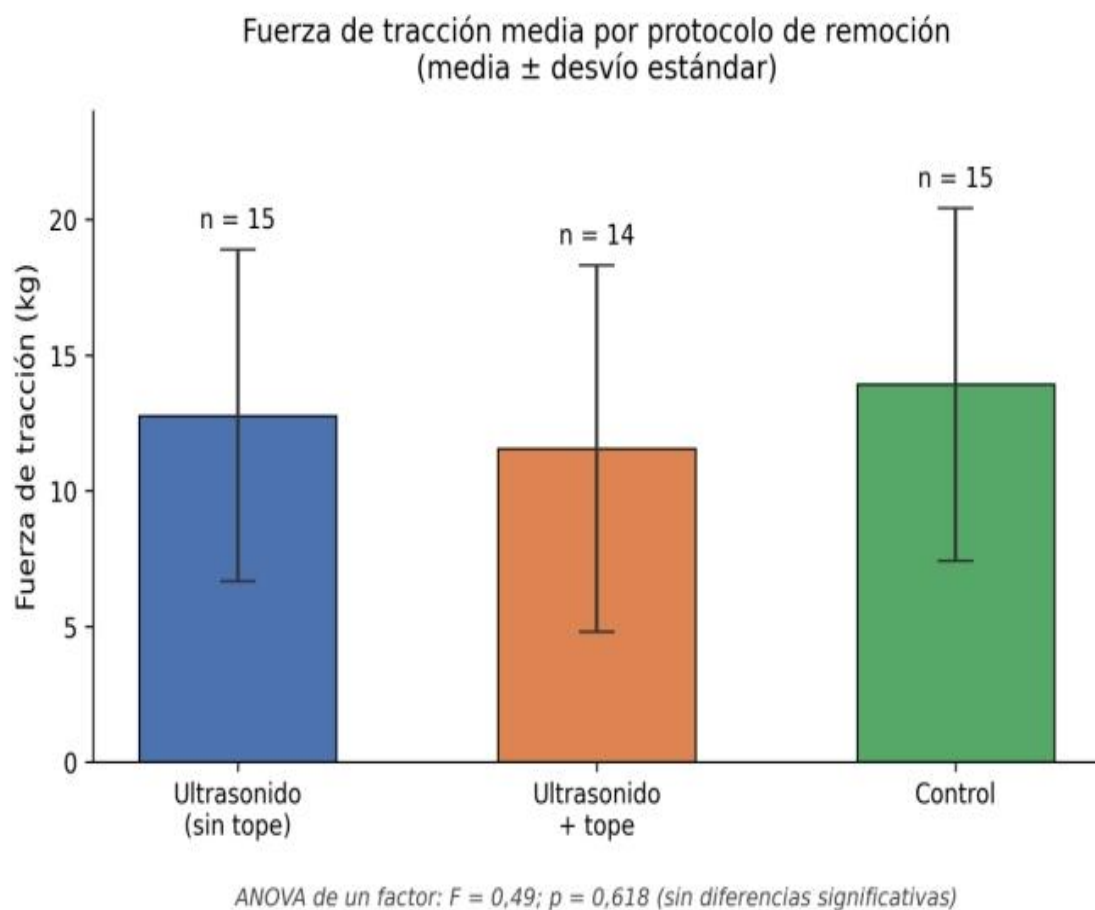


Figura 1. Fuerza de tracción media ($\pm$ desvío estándar) requerida para la remoción del perno, por protocolo. ANOVA de un factor: $F = 0,49$; $p = 0,618$.

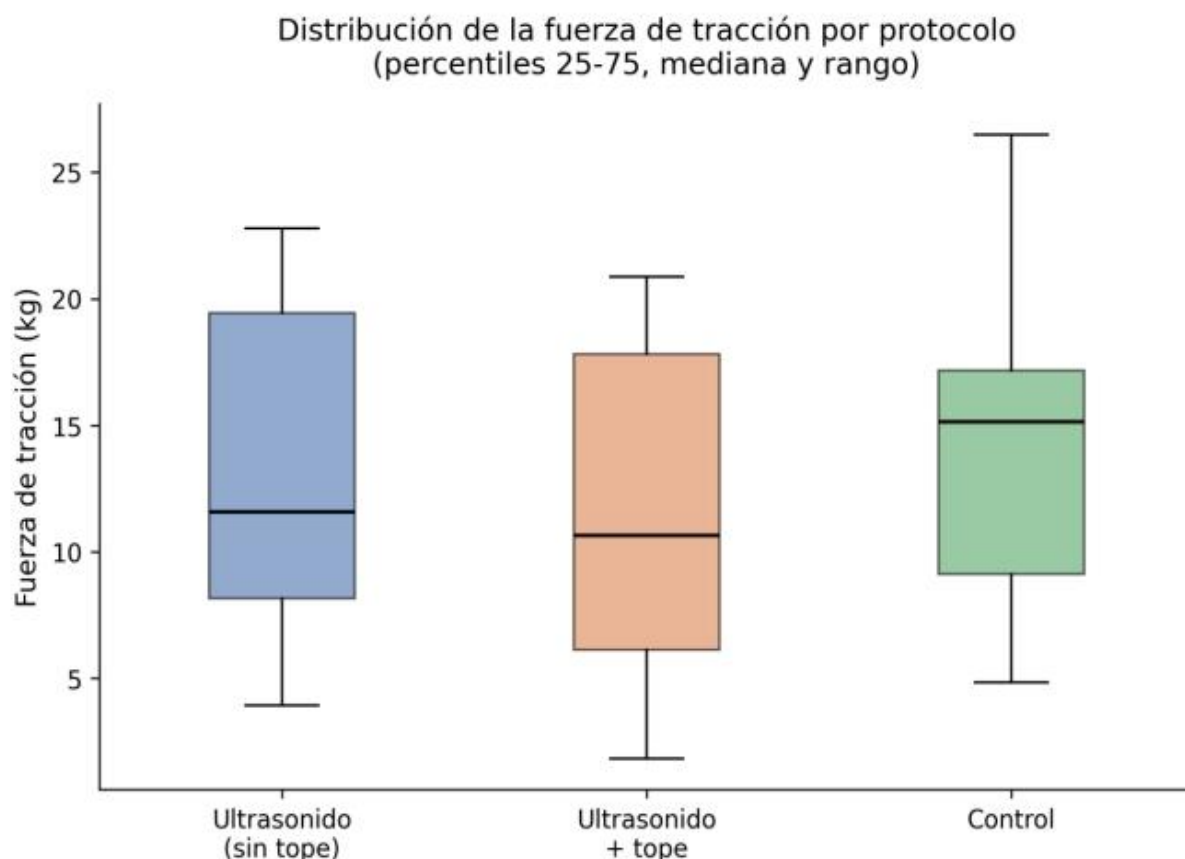


Figura 2. Distribución de la fuerza de tracción por protocolo (percentiles 25-75, mediana y rango; datos de la Tabla 4).

Verificación de los supuestos y comparación entre grupos

La prueba de Bartlett no detectó diferencias significativas en la varianza entre los tres protocolos ($p = 0,93645$), confirmando el cumplimiento del supuesto de homocedasticidad requerido para aplicar una prueba paramétrica. El análisis de varianza de un factor, cuyo resumen se presenta en la Tabla 5, no mostró diferencias estadísticamente significativas en la fuerza de tracción entre los tres protocolos evaluados ($F[2,41] = 0,49$; $p = 0,618$), por lo que no se rechazó la hipótesis nula y no fue necesario aplicar pruebas post-hoc. La dispersión relativa de los datos, expresada como coeficiente de variación, fue mayor en el Protocolo 2 (58,54 %) que en los Protocolos 1 (47,93 %) y 3 (46,71 %) (Figura 3), lo que indica una mayor heterogeneidad individual en la respuesta al ultrasonido con dispositivo de tope, sin

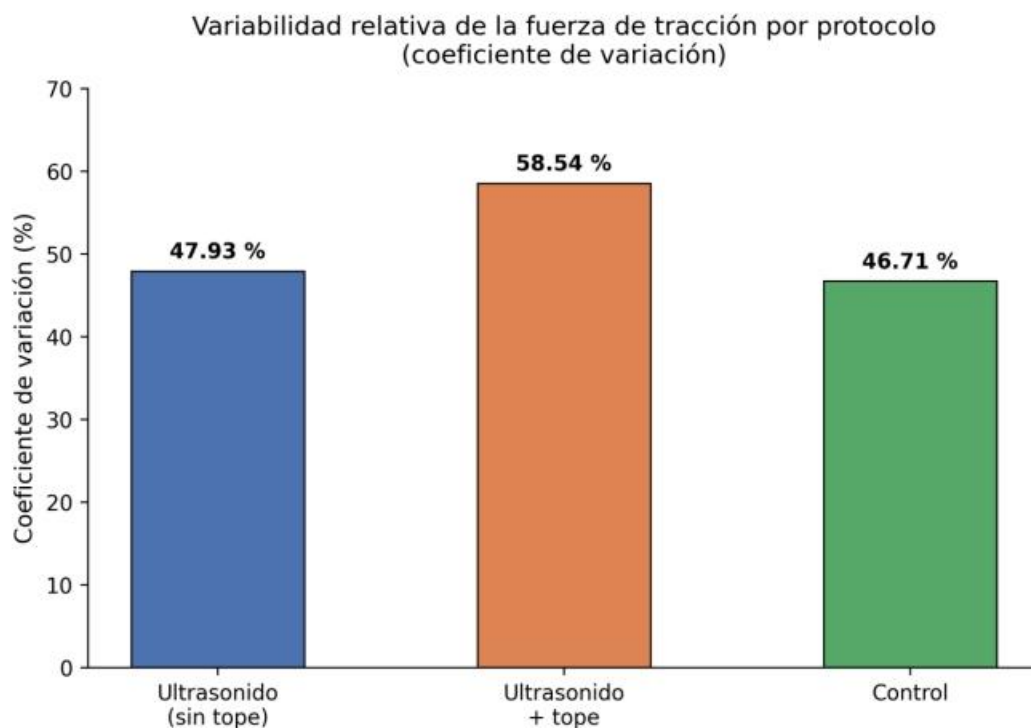
que ello se traduzca en una media estadísticamente distinta.

Tabla 5. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de un factor para la fuerza de tracción según protocolo.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p
Entre grupos (protocolo)	40,73	2	20,36	0,49	0,618
Dentro de los grupos (error)	1709,77	41	41,70	—	—
Total	1750,50	43	—	—	—

Nota: SC = suma de cuadrados; gl = grados de libertad; CM = cuadrado medio. $F(2,41) = 0,49$; $p = 0,618$ (no significativo, $\alpha = 0,05$).

Figura 3. Coeficiente de variación de la fuerza de tracción por protocolo, como medida de dispersión relativa (datos de la Tabla 3).



DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio son, en cierto sentido, una respuesta contundente a una pregunta clínica sencilla: ¿alcanza el ultrasonido, por sí solo, para vencer a un perno metálico pasivo cementado con resina? La respuesta, en las condiciones aquí evaluadas, es no. Ni la modalidad simple ni la modalidad con dispositivo de tope lograron remover un solo perno, y la fuerza de tracción requerida para su remoción no se modificó significativamente entre protocolos. Este hallazgo no aparece de la nada: es exactamente lo que la evidencia actualizada permitía anticipar. Si el cemento resinoso genera valores de resistencia adhesiva comparables a los de pernos de fibra, y superiores a los obtenidos con cementos convencionales ⁽⁴⁾, entonces su elevada capacidad para resistir fuerzas vibratorias disruptivas como las que produce el ultrasonido es, más que una sorpresa, una consecuencia lógica del propio mecanismo de fragmentación de la línea de cementación descrito para esta técnica ⁽³⁾.

Cabe preguntarse, entonces, por qué el dispositivo de tope diseñado específicamente para limitar la transmisión apical de la vibración y, en teoría, concentrar su efecto sobre la línea de cementación no marcó ninguna diferencia. La respuesta más plausible es que la capacidad de fragmentación de la interfaz resinosa, en las condiciones de este estudio, no dependía de dónde ni cómo se aplicara la vibración, sino de la resistencia intrínseca del cemento mismo. Esta lectura es consistente con lo reportado por un estudio comparativo reciente sobre distintos protocolos de tiempo y refrigeración para la remoción ultrasónica de pernos de fibra, en el que ni el tiempo de aplicación ni la refrigeración modificaron de forma relevante el porcentaje de material residual ni el tiempo de remoción, aunque sí influyeron sobre la generación de calor y la pérdida de dentina ⁽¹²⁾. De modo similar, un estudio que comparó fresa de Munce y punta ultrasónica de diamante para remover pernos de fibra no halló diferencias significativas en el volumen de dentina removida entre ambas técnicas mecánicas, aunque sí en el tiempo requerido ⁽¹³⁾. El patrón que emerge de estos tres estudios, el nuestro incluido, es bastante claro: cuando el factor limitante es la resistencia adhesiva del propio cemento, los ajustes al protocolo mecánico de aplicación tope, tiempo, tipo de instrumento tienden a no modificar el desenlace final.

Un hallazgo adicional, aunque puntual, merece comentario: uno de los 30 cuerpos de

prueba sometidos a ultrasonido se fracturó durante la prueba de tracción posterior (Protocolo 2), en lugar de liberar el perno intacto. Este tipo de desenlace fractura radicular en lugar de remoción limpia del perno ha sido descrito también para pernos colados cementados con agentes resinosos sometidos a fuerzas de remoción, lo que sugiere que, cuando la interfaz adhesiva resiste a la fuerza aplicada, el punto de falla puede desplazarse hacia la propia estructura dentaria remanente en lugar de hacia la línea de cementación ⁽¹⁹⁾. Clínicamente, este dato añade un riesgo adicional a considerar durante el retratamiento: no solo la dificultad de remover el perno, sino la posibilidad de comprometer la integridad radicular en el intento.

Si el ultrasonido convencional no basta, ¿qué alternativa queda? La respuesta que ofrece la literatura más reciente apunta hacia la tecnología digital. Las técnicas asistidas por navegación dinámica y microscopio operatorio, por sistemas robóticos autónomos, o por plantillas quirúrgicas guiadas, han mostrado mayor exactitud y eficiencia que las técnicas manuales asistidas por ultrasonido en estudios *in vitro* recientes sobre pernos de fibra ⁽⁸⁾ ⁽⁹⁾, ⁽¹¹⁾. Leídos junto a los resultados de este estudio, estos hallazgos sugieren una conclusión práctica para el clínico: frente a pernos metálicos fijados con cemento resinoso, el ultrasonido convencional podría no ser suficiente como técnica única de remoción, y su papel debería entenderse como complementario nunca sustitutivo de otras estrategias mecánicas dentro del protocolo de retratamiento.

Hay, además, una tensión clínica de fondo que estos resultados ponen en evidencia. La elección entre perno metálico y de fibra de vidrio sigue sin resolverse del todo en la literatura: un metaanálisis en red reciente reportó mayor supervivencia clínica para los pernos de fibra ⁽⁵⁾, mientras que un ensayo clínico aleatorizado con 15 años de seguimiento no halló diferencias estadísticamente significativas entre ambos materiales en éxito y supervivencia, aunque sí una mayor frecuencia de fractura radicular asociada a los pernos metálicos ⁽⁶⁾. Esta controversia es precisamente el telón de fondo que da relevancia clínica a nuestros hallazgos: si los pernos metálicos pasivos fijados con cemento resinoso son, en la práctica, difíciles de remover mediante ultrasonido, el clínico enfrenta una disyuntiva real sopesar el riesgo de un retratamiento futuro más complejo frente a la seguridad que ofrece el cemento resinoso para la retención del perno durante la función masticatoria diaria.

Conviene, sin embargo, no perder de vista una variable temporal que este estudio no pudo capturar: la del envejecimiento del cemento in situ. Estudios in vitro recientes muestran que la resistencia de unión de cementos resinosos a la dentina radicular puede disminuir luego de un año de almacenamiento por degradación hidrolítica de la interfaz ⁽¹⁴⁾, que la estrategia adhesiva empleada modifica significativamente la calidad de esa unión ⁽¹⁵⁾, y que el envejecimiento en saliva artificial puede reducir de forma relevante la resistencia de unión por push-out de distintos cementos resinosos ⁽¹⁶⁾. Los cuerpos de prueba de este estudio se evaluaron sin envejecimiento artificial prolongado, de modo que no es posible extrapolar estos resultados a interfaces adhesivas ya envejecidas en boca; queda abierta la pregunta de si la degradación del cemento resinoso a mediano o largo plazo modificaría la resistencia a la remoción ultrasónica aquí observada y, de ser así, en qué dirección. Como toda investigación ex vivo, este estudio tiene límites que conviene reconocer sin rodeos. Se trabajó con un único diseño de perno y un único cemento resinoso, lo que restringe la generalización de los resultados a otras combinaciones de materiales. Esta no es una limitación menor ni exclusiva de este trabajo: una revisión metodológica reciente advierte específicamente sobre la heterogeneidad de los modelos ex vivo empleados en este campo tipo de cemento, diseño del perno, protocolo de vibración ultrasónica ⁽²⁾, de modo que los hallazgos aquí presentados deben interpretarse dentro del contexto específico de sus condiciones experimentales pernos metálicos pasivos, cemento resinoso autopolimerizable, dos protocolos definidos de ultrasonido y no como una conclusión generalizable a todos los sistemas de pernos y cementos disponibles en la práctica clínica. Una revisión sistemática reciente sobre pernos metálicos versus pernos de fibra confirma, en esta misma línea, que el sistema de cementación y no únicamente el material del perno es el determinante crítico del comportamiento clínico a largo plazo ⁽¹⁷⁾. La dificultad de remoción observada aquí no es un dato de laboratorio sin consecuencias: tiene un correlato clínico directo. El retratamiento no quirúrgico sigue siendo, cuando es técnicamente viable, una opción terapéutica con tasas de éxito clínicamente relevantes frente a la periodontitis apical persistente ⁽¹⁸⁾, cifras consistentes con un estudio de cohorte prospectivo más reciente que reportó un 88 % de éxito clínico y radiográfico en retratamientos no quirúrgicos, junto con mejoras significativas en la calidad de vida relacionada con la salud oral de los pacientes ⁽²⁰⁾, y la remoción eficiente de restauraciones intrarradiculares es, como

se planteó desde el inicio de este trabajo, uno de los pasos más críticos para garantizar el acceso, la limpieza y la obturación adecuada del sistema de conductos durante ese procedimiento ⁽¹⁾. Si esa puerta de entrada permanece cerrada porque el ultrasonido no logra abrirla, todo lo que viene después del retratamiento queda en entredicho.

CONCLUSIÓN

1. En las condiciones evaluadas, ningún perno prefabricado metálico pasivo fijado con cemento resinoso autopolimerizable pudo ser removido mediante la sola aplicación de ultrasonido, ya sea con o sin dispositivo de tope.
2. La fuerza de tracción requerida para la remoción del perno no presentó diferencias estadísticamente significativas entre el ultrasonido sin tope, el ultrasonido con tope y el grupo control ($F = 0,49$; $p = 0,618$), lo que indica que ninguno de los dos protocolos de ultrasonido modificó de forma relevante la resistencia de la interfaz adhesiva cemento-perno-dentina.
3. El cemento resinoso autopolimerizable demostró, en este estudio, una elevada capacidad de retención frente a fuerzas vibratorias disruptivas, consistente con los valores de resistencia adhesiva reportados en la evidencia actualizada para este tipo de agente cementante.
4. El dispositivo de tope no aportó una ventaja mecánica demostrable sobre el ultrasonido convencional en las condiciones evaluadas: su incorporación, por sí sola, no modifica la eficacia de remoción del perno.
5. En conjunto, estos hallazgos respaldan la necesidad de protocolos complementarios mecánicos, ópticos o asistidos por tecnología digital cuando se enfrenta clínicamente la remoción de pernos metálicos cementados con resina, en lugar de depender exclusivamente del ultrasonido convencional.

Relevancia clínica: estos resultados son relevantes para la planificación de procedimientos de retratamiento endodóntico, porque anticipan que la remoción de pernos metálicos pasivos cementados con resina autopolimerizable mediante ultrasonido exclusivo probablemente sea ineficaz. Este dato debería considerarse al seleccionar el sistema de perno y cemento en la rehabilitación de dientes tratados

endodónticamente, y al informar al paciente sobre la dificultad y los riesgos asociados a un eventual retratamiento futuro.

FINANCIAMIENTO

Los autores autofinanciaron la realización del presente estudio. No se contó con financiamiento de agencias públicas, comerciales o sin fines de lucro.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés relacionados con el presente artículo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Luis Alberto González Navarro: conceptualización, recolección de datos, análisis formal, análisis estadístico, redacción, revisión y edición final.

Ernani Da Costa Abad: conceptualización, supervisión metodológica.

Ambos autores leyeron y aprobaron la versión final del manuscrito.

REFERENCIAS

1. Zanza A, Reda R, Testarelli L. Endodontic orthograde retreatments: challenges and solutions. Clin Cosmet Investig Dent. 2023;15:245-265. Disponible en: DOI: [10.2147/CCIDE.S397835](https://doi.org/10.2147/CCIDE.S397835).
2. Ajina M, Shah PK, Chong BS. Critical analysis of research methods and experimental models to study removal of root filling materials. Int Endod J. 2022;55(Suppl 1):119-152. Disponible en: DOI: [10.1111/iej.13650](https://doi.org/10.1111/iej.13650).
3. Alves FRF, Rôças IN, Provenzano JC, Siqueira JF Jr. Removal of the previous root canal filling material for retreatment: implications and techniques. Appl Sci. 2022;12(20):10217. Disponible en: DOI: [10.3390/app122010217](https://doi.org/10.3390/app122010217).
4. Habib SR, et al. Push-out bond strength of endodontic posts cemented to extracted teeth: an in-vitro evaluation. Materials (Basel). 2022;15(19):6792. Disponible en: DOI: [10.3390/ma15196792](https://doi.org/10.3390/ma15196792).

5. Giok KC, Veettil SK, Menon RK. Comparative effectiveness of fiber and metal posts in the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review with network meta-analysis. *J Prosthet Dent*. 2025;134(3):597-615. Disponible en: DOI: [10.1016/j.prosdent.2023.08.022](https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2023.08.022).
6. Van Landuyt KL, Wouters E, Zicari F, Debels E, Naert I, Van Meerbeek B, Peumans M. Randomized controlled trial comparing glass-fiber versus metal posts in single-crowned teeth: 15-year follow-up. *J Dent*. 2025;156:105694. Disponible en: DOI: [10.1016/j.jdent.2025.105694](https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105694).
7. Al-Dabbagh RA, Sindi MA, Sanari MA, Manna AI, Al-Dabbagh MA. Effect of a circumferential ferrule on the survival and success of endodontically treated teeth restored with fiber posts: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent*. 2024;132(6):1251-1259. Disponible en: DOI: [10.1016/j.prosdent.2023.12.002](https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2023.12.002).
8. Cui Z, Zhang G, Lv B, Jiang Z, Liu Y, Qu L. Fibre post removal using dynamic navigation system and autonomous robotic system: an in vitro study. *Int Endod J*. 2026. Disponible en: DOI: [10.1111/iej.70173](https://doi.org/10.1111/iej.70173).
9. Kulvitit S, Eamtanaporn T, Sinpitaksakul P, Promoppatum P, Khrueaduangkham S, Porntaveetus T. The effects of combined dynamic navigation system and dental operating microscope on the accuracy and efficiency of fiber post removal: an in vitro study. *BMC Oral Health*. 2025;25(1):482. Disponible en: DOI: [10.1186/s12903-025-05887-6](https://doi.org/10.1186/s12903-025-05887-6).
10. Krug R, Schwarz F, Dullin C, Leontiev W, Connert T, Krastl G, Haupt F. Removal of fiber posts using conventional versus guided endodontics: a comparative study of dentin loss and complications. *Clin Oral Investig*. 2024;28(3):190. Disponible en: DOI: [10.1007/s00784-024-05577-7](https://doi.org/10.1007/s00784-024-05577-7).
11. Ito R, Watanabe S, Satake K, Saito R, Okiji T. Accuracy and efficiency of the surgical-guide-assisted fiber post removal technique for anterior teeth: an ex vivo study. *Dent J (Basel)*. 2024;12(10):333. Disponible en: DOI: [10.3390/dj12100333](https://doi.org/10.3390/dj12100333).
12. Honda R, Pelepenko LE, Monteiro MF, Marciano MA, Gomes BPFA, de Jesus Soares A, Ferraz CR, Almeida JFA. Fibre post removal using ultrasonic tips: a comparative in vitro study using different protocols. *Aust Endod J*.

2025;51(1):47-54. Disponible en: DOI: [10.1111/aej.12898](https://doi.org/10.1111/aej.12898).

13. Fenigstein M, Askar M, Maalagh-Fard A, Paurazas S. Comparison of two fiber post removal techniques evaluating dentin removal, efficiency, and heat production. *Dent J (Basel)*.

2025;13(6):234. Disponible en: DOI: [10.3390/dj13060234](https://doi.org/10.3390/dj13060234).

14. Josic U, Mazzitelli C, Maravic T, Comba A, Mayer-Santos E, Florenzano F, Breschi L, Mazzoni A. Evaluation of fiber post adhesion to root dentin achieved with different composite cements: 1-year in vitro results. *J Adhes Dent*. 2022;24:95-104. Disponible en: DOI: [10.3290/j.jad.b2838131](https://doi.org/10.3290/j.jad.b2838131).

15. Mazzitelli C, Maravic T, Josic U, Mancuso E, Generali L, Checchi V, Breschi L, Mazzoni A. Effect of adhesive strategy on resin cement bonding to dentin. *J Esthet Restor Dent*.

2023;35(3):501-507. Disponible en: DOI: [10.1111/jerd.12978](https://doi.org/10.1111/jerd.12978).

16. Baena E, Escribano N, Fuentes MV, Reche C, Ceballos L. Aging effect on push-out bond strength of six resin cements: an in vitro study. *Materials (Basel)*. 2025;18(6):1371. Disponible en: DOI: [10.3390/ma18061371](https://doi.org/10.3390/ma18061371).

17. Martins MD, Junqueira RB, de Carvalho RF, Lacerda MFLS, Faé DS, Lemos CAA. Is a fiber post better than a metal post for the restoration of endodontically treated teeth? A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2021;112:103750. Disponible en: DOI: [10.1016/j.jdent.2021.103750](https://doi.org/10.1016/j.jdent.2021.103750).

18. Stueland H, Ørstavik D, Handal T. Treatment outcome of surgical and non-surgical endodontic retreatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J*. 2023;56(6):686-696. Disponible en: DOI: [10.1111/iej.13914](https://doi.org/10.1111/iej.13914).

19. Hesarkhani A, Fotovat F, Saneian F, Akbari H, Allahbakhshi H. Retention of cast posts cemented with two commonly used conventional and two resin cements and the mode of root fracture following their removal. *Front Dent*. 2021;18:37. Disponible en: DOI: [10.18502/fid.v18i37.7562](https://doi.org/10.18502/fid.v18i37.7562).

20. Bhatt M, Seth T, Chaudhary S, Rajguru K, Khalane CS, Chib AS, Gupta S. Nonsurgical retreatment of endodontically treated teeth: a prospective cohort study on success rates and quality of life. *Cureus*. 2025;17(7):e88886. Disponible en: DOI: [10.7759/cureus.88886](https://doi.org/10.7759/cureus.88886).

21. American College of Obstetricians and Gynecologists. Oral health care during pregnancy and through the lifespan. Committee Opinion No. 569 (reafirmado 2025). Obstet Gynecol. 2013;122(2):417-422. Disponible en: <https://www.acog.org/clinical/clinical-guidance/committee-opinion/articles/2013/08/oral-health-care-during-pregnancy-and-through-the-lifespan>

[lifespan](#)

22. Wu J, Wu J, Tang B, Zhang Z, Wei F, Yu D, Li L, Zhao Y, Wang B, Wu W, Hong X. Effects of different periodontal interventions on the risk of adverse pregnancy outcomes in pregnant women: A systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. Front Public Health. 2024;12:1373691. Disponible en: DOI: [10.3389/fpubh.2024.1373691](https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1373691)