

Resistencia a la fractura de dientes con reabsorción radicular interna, reparados con diferentes selladores de conductos radiculares: estudio *in vitro*

Fracture resistance of teeth with internal root resorption repaired with different root canal sealants: *in vitro* study

José Orlando Flores Mejía¹ <https://orcid.org/0009-0006-8435-2653>

Rafael Douglas Scipión Castro² <https://orcid.org/0000-0002-9629-5506>

John Paul Torres Navarro¹ <https://orcid.org/0000-0002-9664-4454>

Mario George Casaretto Gamonal³ <https://orcid.org/0000-0003-0751-7611>

Mayra Isaura Lavado García^{4*} <https://orcid.org/0000-0003-3416-5682>

¹Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Departamento de Estomatología. Lambayeque, Perú.

²Universidad Nacional Federico Villarreal, Departamento de Estomatología. Lima, Perú.

³Universidad Peruana Cayetano Heredia, Departamento de Estomatología. Lima, Perú.

⁴Universidad Privada de Tacna, Departamento de Estomatología. Tacna, Perú.

*Autor para la correspondencia: mayrita12isaura@hotmail.com

RESUMEN

Objetivo: evaluar la resistencia a la fractura de dientes con reabsorción radicular interna, tratados endodónticamente y obturados con tres tipos distintos de selladores.

Métodos: la muestra estuvo compuesta por 60 premolares mandibulares unirradiculares, donados por dos especialistas. Los dientes fueron seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia y distribuidos aleatoriamente en seis grupos experimentales ($n = 10$ por grupo): Grupo A: Biodentine + Biodentine; Grupo B: Biodentine + gutapercha + Neo Sealer; Grupo C: Neo Putty + Neo Putty; Grupo D: Neo Putty + gutapercha + Neo Sealer; Grupo control positivo y Grupo control negativo.

Resultados: la resistencia promedio a la fractura fue de 543,92 N en el grupo control positivo y de 616,48 N en el grupo control negativo. En los grupos experimentales, la resistencia mediana fue de 432,75 N en el grupo D, 407,51 N en el grupo B, 360,88 N en el grupo C y 340,09 N en el grupo A. Se evidenció una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos experimentales y los de control. Fueron estos últimos los que presentaron una mayor resistencia media a la fractura ($p = 0,002$; $p < 0,05$).

Conclusiones: los dientes con reabsorción radicular interna, tratados endodónticamente y restaurados con Neo Putty + gutapercha + Neo Sealer, presentaron la mayor resistencia a la fractura entre los grupos experimentales, con un rango medio de 30,70 N, lo que demuestra un comportamiento mecánico más favorable frente a las demás combinaciones evaluadas.

Palabras clave: resistencia; fractura dental; reabsorción radicular interna; selladores endodónticos.

ABSTRACT

Objective: to evaluate the fracture resistance of endodontically treated teeth with internal root resorption and filled with three different types of sealants.

Methods: the sample consisted of 60 single-rooted mandibular premolars donated by two specialists. The teeth were selected using non-probability convenience sampling and randomly distributed into six experimental groups (n = 10 per group): Group A: Biodentine + Biodentine; Group B: Biodentine + gutta-percha + Neo Sealer; Group C: Neo Putty + Neo Putty; Group D: Neo Putty + gutta-percha + Neo Sealer; Positive control group; and Negative control group.

Results: the average fracture resistance was 543.92 N in the positive control group and 616.48 N in the negative control group. In the experimental groups, the median fracture strength was 432.75 N for group D, 407.51 N for group B, 360.88 N for group C, and 340.09 N for group A. A statistically significant difference was observed between the experimental and control groups, with the latter having the highest mean fracture resistance ($p = 0.002$; $p < 0.05$).

Conclusions: endodontically treated teeth with internal root resorption restored with Neo Putty + gutta-percha + Neo Sealer exhibited the highest fracture resistance among the experimental groups, with a mean of 30.70 N, indicating more favorable mechanical behavior compared to the other combinations evaluated.

Keywords: strength; Dental fracture; Internal root resorption; Endodontic sealers.

Recibido: 2/07/2025

Aceptado: 10/11/2025

Introducción

Debido a que la prevalencia de caries, enfermedad periodontal y otras enfermedades bucodentales afecta a 3 a 5 mil millones de personas, lo que provoca la pérdida de piezas dentales y contribuye a la tasa de discapacidad (ajustada a años de vida), la endodoncia se considera un elemento importante del concepto de desarrollo sostenible de la odontología (DSO). El tratamiento endodóntico es cada vez más común debido a una mayor conciencia respecto a la salud, a las actividades de promoción, a las medidas de prevención de caries y a la intensificación de los problemas derivados del envejecimiento de las sociedades y la prolongación de la vida humana; se prevé que para 2026, el mercado global alcance los 2 100 millones de dólares, con una tasa anual del 4,1%.⁽¹⁾

El objetivo del tratamiento endodóntico es preservar el diente tratado como pilar del sistema estomatognático, lo que le permitiría asumir la función de un implante dental natural. Este procedimiento consiste en preparar el interior del diente, retirar el complejo pulpar y reemplazarlo con un relleno sustituto biocompatible.⁽¹⁾ El resultado negativo más común en dientes tratados endodónticamente es la mayor probabilidad de fractura en comparación con los dientes vitales; esto se debe a la pérdida significativa de la estructura dental y a otros cambios en la estructura de estos dientes.⁽²⁾ Cuyas raíces son propensas a grietas o fracturas.⁽³⁾ La supervivencia a largo plazo de los dientes tratados endodónticamente depende de una restauración correcta y bien sellada, además de la aplicación de los principios de la terapia endodóntica.⁽⁴⁾

Los selladores endodónticos son parte integral de una obturación exitosa debido a que, además de cerrar el espacio vacío en el sistema de conductos, son capaces de rellenar irregularidades dentro de este sistema, ocluir conductos accesorios e istmos interconductos.⁽⁵⁾

En cuanto a la reabsorción radicular interna (RRI), es una condición patológica que se observa en los dientes permanentes y puede conducir a la pérdida de piezas

dentales. Si no se diagnostica y trata correctamente, puede considerarse un desafío endodóntico.⁽⁶⁾ La resistencia a la fractura es una de las características más importantes de los materiales dentales. Depende de la resistencia del material a la propagación de grietas desde sus defectos internos.⁽⁷⁾ Por otro lado, la fractura representa un riesgo significativo en dientes endodónticos, pues son más propensos a fracturarse que aquellos sin este tratamiento.⁽⁸⁾ Se ha evidenciado que los materiales de obturación desempeñan un papel fundamental en la capacidad de los dientes tratados para resistir las fuerzas masticatorias. El uso de selladores con propiedades adhesivas capaces de unirse a la dentina del conducto radicular contribuye al refuerzo de la estructura dental remanente, pues incrementa su resistencia a la fractura.⁽⁹⁾ El objetivo de la presente investigación es comparar la resistencia a la fractura de dientes con reabsorción radicular interna obturados con diferentes selladores mediante el uso de una máquina universal de ensayos (Instron); el propósito es identificar cuál de ellos ofrece un mayor soporte frente a las fuerzas aplicadas.

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la resistencia a la fractura de dientes con reabsorción radicular interna, tratados endodónticamente y obturados con tres tipos distintos de selladores.

Métodos

Este estudio se realizó en el departamento de Endodoncia, Facultad de Odontología de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo - Chiclayo y en Inmelab, San Juan de Lurigancho-Lima.

El protocolo de esta investigación fue aprobado por el comité de ética de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Se utilizó el programa G Power 3.1.9.7 (Heine, Universität Dusseldorf, Germany); se asumió una desviación estándar del 20-35 % de los valores de resistencia a la fractura;⁽¹⁰⁾ se calculó que se requerían 10 muestras para cada grupo con una potencia del 90 % y un nivel de error de 0,05 ($\alpha = 0,05$, $1 - \beta = 0,90$, tamaño del efecto de 1,104).

Para el desarrollo de la presente investigación, se seleccionaron 60 premolares mandibulares unirradiculares con una curvatura menor a 10°, verificada mediante radiografía periapical, con una longitud dentaria promedio de 22,5 mm y una longitud radicular promedio de 12 mm.

Las piezas fueron extraídas por motivos periodontales y/o ortodónticos, donadas por dos especialistas y asignadas mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia.

Como criterios de selección, se consideraron: premolares mandibulares con una sola raíz y un conducto radicular único, piezas dentarias con desarrollo radicular completo, dientes extraídos por motivos periodontales y/o ortodónticos. Los criterios de exclusión fueron: dientes que presentaran defectos estructurales o alteraciones, como caries, fracturas coronarias, reabsorciones radiculares o compromiso de la furca.

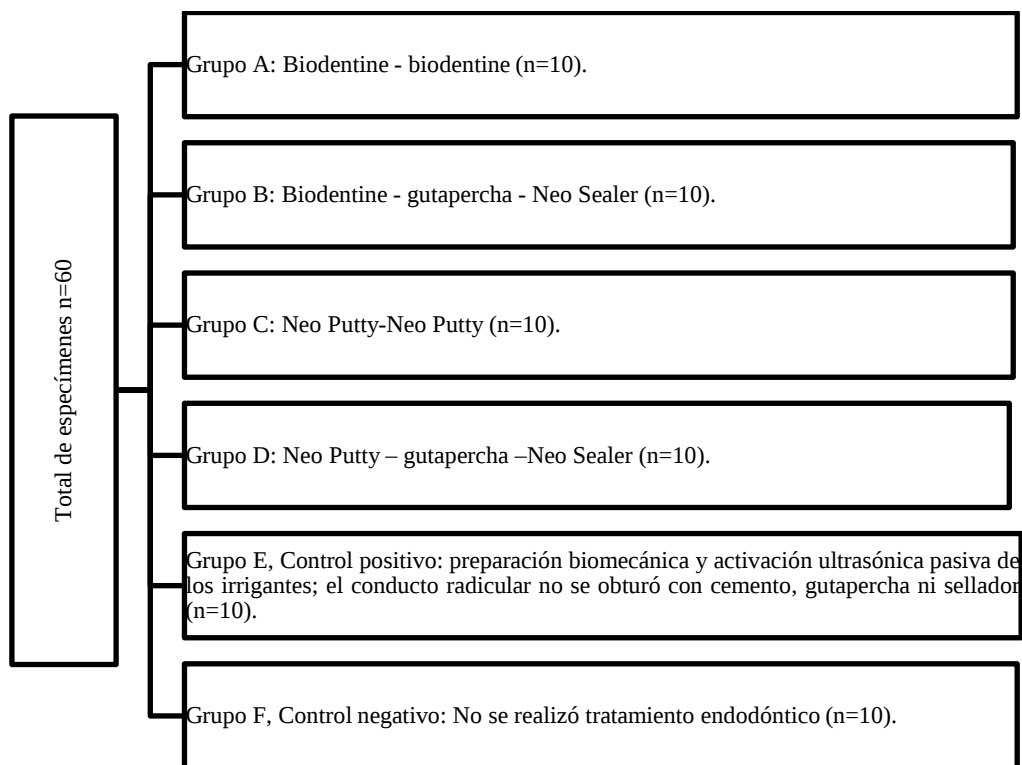


Fig. 1- Distribución de la muestra de estudio.

Tras la exodoncia, se les mantuvo en solución de timol al 0,1 % durante 48 h; luego, en agua destilada a 4 °C hasta su uso.⁽¹⁰⁾

La muestra se estandarizó midiendo los diámetros mediodistal y bucolingual de los dientes con un calibrador digital (Mitutoyo 500-196-30, Mitutoyo Corp., Japón) con una precisión de $\pm 0,01$ mm.

Para preparar los dientes, se realizó la extracción de la corona, la cual se cortó a nivel de la unión esmalte-cemento con una fresa de diamante redonda de alta velocidad de 2 mm de diámetro, enfriada con agua, y se obtuvo una raíz de 12 mm de longitud.

Se seleccionaron 10 raíces como grupo control negativo; es decir, sin ninguna intervención.

Para los 5 grupos restantes, se prepararon cavidades de reabsorción simuladas estandarizadas y se determinó la ubicación de la cavidad de reabsorción radicular.

Esta se localizó a 6 mm del ápice y se realizó con una fresa redonda de 2 mm de diámetro, bajo enfriamiento con agua, mediante la cual se creó la cavidad de reabsorción en la mitad media de cada raíz (fig. 2).

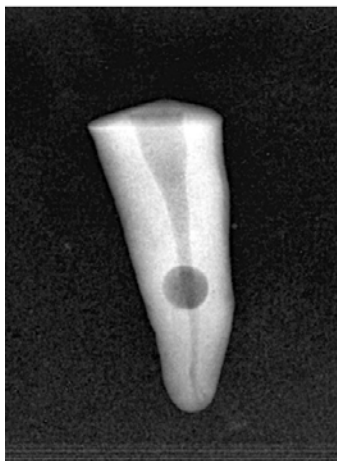


Fig. 2- Imagen radiográfica del conducto radicular y reabsorción radicular interna.

Se aplicó una irrigación intraconducto durante 1 minuto con 2 ml de EDTA al 17 % para eliminar la capa de frotis; luego, se enjugaron los canales radiculares con 5 ml de agua destilada y, posteriormente, se secaron con conos de papel.

Instrumentación biomecánica

Se consideró la longitud de trabajo de las 50 raíces restantes, establecida a 1 mm del foramen apical. Para la permeabilización inicial, se utilizó una lima K #10 (VDW, Múnich, Alemania), seguida de una lima K #15 con técnica manual; se realizó la irrigación con 2 ml de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 2,5 % después de cada instrumento. Posteriormente, se empleó una lima K #20 con el mismo protocolo de irrigación intermedia.

La instrumentación mecanizada se efectuó con el sistema recíprocante Reciproc R25 (VDW, Múnich, Alemania) y se utilizaron limas nuevas para cada muestra, con

el fin de evitar la fatiga metálica o la contaminación cruzada. Durante esta fase, los conductos fueron irrigados con un volumen total de 10 ml de NaOCl al 2,5 %.

A continuación, se realizó la irrigación final con 2 ml de EDTA al 17 % durante 1 minuto para eliminar la capa de barrillo dentinario, seguida de una irrigación con 5 ml de solución salina fisiológica. La activación del irrigante se efectuó en tres ciclos de 20 segundos, para lo cual se utilizó un ultrasonido Eighteeth Ultra X (Eighteeth, China). Finalmente, se irrigó nuevamente los conductos con 5 mL de solución salina fisiológica y se les secó con conos de papel estériles.

En esta fase, 10 raíces fueron asignadas como grupo control positivo, sin intervención adicional posterior.

El sellado se muestra en la figura 3.

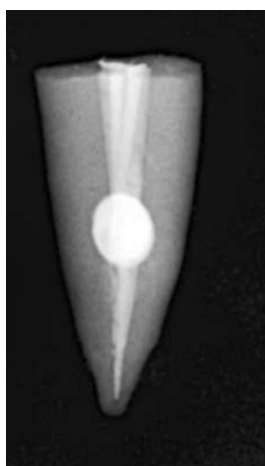


Fig. 3- Imagen radiográfica del sellado radicular.

Los 40 conductos radiculares restantes se dividieron en cuatro grupos experimentales (n = 10) según el cemento de reparación biocerámico y el sellador endodóntico biocerámico utilizados en los 4 mm del conducto apical, la cavidad de reabsorción y el conducto remanente coronal a la lesión, como se detalla a continuación:

- Grupo A: Biodentine–biodentine. Se reparó las cavidades de reabsorción radicular y se las selló con Biodentine (Septodont, Francia) según indicaciones del fabricante. Para su preparación, se añadió cinco gotas del líquido a la cápsula que contenía el polvo, la cual fue sellada y mezclada durante 30 segundos en un mezclador mecánico. La reparación de la cavidad y el relleno del conducto se realizaron de forma incremental mediante pluggers manuales para la condensación del material.
- Grupo B: Biodentine + gutapercha + Neo Sealer. El conducto radicular se obturó inicialmente en su porción apical con una punta de gutapercha del sistema Reciproc R25 (VDW, Alemania) mediante la técnica de cono único con el sellador biocerámico Neo Sealer (Avalon Biomed, EE. UU.). Tras 12 minutos de fraguado, se eliminó parcialmente la gutapercha mediante un obturador caliente, y se conservaron 4 mm de material apical. A continuación, se rellenaron las cavidades de reabsorción con Biodentine según el procedimiento descrito en el grupo A. Tras 12 minutos de fraguado, se obturó la porción coronaria del conducto radicular con gutapercha y Neo Sealer, y se aplicó la técnica de compactación lateral con pluggers manuales.
- Grupo C: Neo Putty + Neo Putty. En este grupo, tanto la porción apical como la cavidad de reabsorción y la región coronaria del conducto radicular se rellenaron completamente con el cemento biocerámico Neo Putty (Avalon Biomed, EE. UU.), el cual se presenta premezclado en una jeringa dispensadora. El material se aplicó de forma incremental y se condensó cuidadosamente con pluggers manuales hasta completar el relleno.
- Grupo D: Neo Putty + gutapercha + Neo Sealer. En este protocolo, la porción apical del conducto radicular, por debajo de la zona de reabsorción, se obturó con gutapercha y sellador biocerámico Neo Sealer mediante la

técnica de cono único. Posteriormente, la cavidad de reabsorción se reparó con Neo Putty y se dejó fraguar durante 12 minutos. Finalmente, la porción coronaria del conducto se obturó con gutapercha y Neo Sealer, y se utilizó la técnica de compactación lateral con pluggers manuales.

Las muestras preparadas se almacenaron durante una semana al 100 % de humedad y a 37 °C para permitir el fraguado completo de los selladores antes de la prueba mecánica.

Ensayo de resistencia a la fractura

Las raíces preparadas fueron montadas verticalmente sobre bloques de resina acrílica autopolimerizable, dejando expuestos 8 mm de la superficie radicular. Cada bloque acrílico fue colocado en una máquina de ensayo universal electrónica (modelo Cent SL, marca LG, Corea del Sur), equipada con una celda de carga de 5 kN y calibrada antes del ensayo según las normas ISO 7500-1.

Se aplicó una carga de compresión vertical a una velocidad constante de 1 mm/min mediante un aplicador metálico con punta esférica de 3 mm de diámetro dirigida al centro del material de obturación. Las pruebas se realizaron en el Laboratorio Certificado de Alta Tecnología, San Juan de Lurigancho, Lima, bajo condiciones controladas de temperatura (20,4°C) y humedad relativa (57 %).

La fuerza máxima registrada al momento de la fractura se midió en Newton (N) y se utilizó como valor de resistencia a la fractura para cada muestra.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos se empleó el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versión 25 (IBM Corp., Armonk, NY, EE. UU.), y se estableció un nivel de significancia del 5 % ($p < 0,05$). La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk indicó que los datos no seguían una distribución normal, razón por la cual se optó por aplicar un análisis no paramétrico mediante la prueba de Kruskal-

Wallis con el fin de comparar las diferencias entre los grupos evaluados. Posteriormente, tras identificar diferencias estadísticamente significativas, se realizó una prueba post hoc de Dunn con corrección de Bonferroni para determinar entre qué grupos se encontraban estas diferencias.

Resultados

Debido a que los datos no presentaron una distribución normal, la resistencia a la fractura se describe en mediana, rango intercuartílico (RIQ), y valores mínimos y máximos, medidas adecuadas para representar la tendencia central y la dispersión en variables con comportamiento no paramétrico.

En la tabla 1 se observa que el grupo Biodentine + Biodentine presentó una mediana de 340,09 N, con un RIQ de 153,89 N, y valores mínimo y máximo de 277,66 N y 793,17 N, respectivamente, lo que indica una resistencia moderada y una alta variabilidad entre las muestras. El grupo Biodentine + gutapercha + Neo Sealer mostró una mediana ligeramente mayor (407,51 N), con RIQ de 203,90 N, y un rango entre 273,36 N y 563,84 N, lo cual evidencia una dispersión considerable de los valores registrados. Por su parte, el grupo Neo Putty + Neo Putty alcanzó una mediana de 360,88 N, con RIQ de 118,98 N, y valores comprendidos entre 166,99 N y 699,74 N, lo que refleja una menor dispersión que los grupos anteriores.

El grupo Neo Putty + gutapercha + Neo Sealer obtuvo la mayor mediana entre los grupos experimentales (432,75 N), con RIQ de 181,02 N, y valores mínimo y máximo de 343,88 N y 831,46 N, lo que sugiere una mejor capacidad de resistencia frente a las cargas compresivas. En cuanto a los grupos control, el control positivo presentó una mediana de 543,92 N (RIQ: 91,91 N; min: 388,14 N; máx: 843,67 N), mientras que el control negativo alcanzó la mayor mediana general (616,48 N; RIQ:

103,83 N; min: 455,37 N; máx: 990,71 N), lo cual confirma que las piezas sin tratamiento endodóntico mantienen una mayor integridad estructural.

Tabla 1- Presentación del grupo Biodentine + Biodentine

	Mediana	Rango intercuartílico	Mínimo	Máximo
Biodentine +Bioentine	340,09 N	153,89 N	277,66 N	793,17 N
Biodentine + gutapercha + Neo Sealer	407,51N	203,90 N	273,36 N	563,84 N
Neo Putty + Neo Putty	360,88 N	118,98 N	166,99 N	699,74 N
Neo Putty + gutapercha + Neo sealer	432,75 N	181,02 N	343,88 N	831,46 N
Control positivo	543,92 N	91,91 N	388,14 N	843,67 N
Control negativo	616,48 N	103,83 N	455,37 N	990,71 N

En la tabla 2 se puede observar que, de acuerdo con la prueba estadística de Kruskal-Wallis, existe una diferencia significativa entre los rangos promedio de resistencia a la fractura de los dientes de los grupos experimentales con respecto a los grupos control (p -valor = 0,002, $p < 0,05$). Esto se debe a que los grupos control (positivo y negativo, rango promedio de 39,30 N y 47,10 N; respectivamente) presentaron un rango promedio de resistencia a la fractura mayor que los dientes tratados con selladores endodónticos, y fue el grupo Neo Putty + gutapercha + Neo Sealer el que presentó el promedio más alto, con un rango de 30,70 N.

Las letras muestran las diferencias significativas identificadas mediante la prueba post hoc de Dunn con corrección de Bonferroni. Los grupos Biodentine + Biodentine, Biodentine + gutapercha + Neo Sealer y Neo Putty + Neo Putty (letra a) presentaron valores de resistencia significativamente menores que el control

negativo (letra b) ($p < 0,05$). El grupo Neo Putty + gutapercha + Neo Sealer (letra ab) mostró un comportamiento intermedio, sin diferencias significativas frente al control positivo, pero de menor resistencia en comparación con el control negativo.

Tabla 2- Comparación entre los rangos promedio de resistencia a la fractura de los dientes de los grupos experimentales con respecto a los grupos control

Grupos	N	Rango promedio	Estadístico de prueba *	Sig. Asintótica *	Comparación entre grupos
Biodentine +Bioentine	10	21,40 N	18,767	0,002	a
Biodentine + gutapercha + Neo Sealer	10	21,80 N			a
Neo Putty + Neo Putty	10	22,70 N			a
Neo Putty + gutapercha + Neo sealer	10	30,70 N			ab
Control negativo	10	39,30 N			b
Control positivo	10	47,10 N			b

Discusión

La reabsorción radicular interna (RRI) constituye un proceso patológico que reduce significativamente la resistencia estructural del diente debido al adelgazamiento progresivo de las paredes dentinarias del conducto radicular, lo que aumenta la susceptibilidad a fracturas.⁽¹¹⁻¹²⁾ La elección de materiales con capacidad de refuerzo mecánico resulta esencial para restaurar la integridad del tejido dentinario debilitado y disminuir el riesgo de fractura durante la función masticatoria.

Diversos autores coinciden en que la forma en que se repara la cavidad de reabsorción interna influye directamente en la resistencia final del diente. El uso de cementos a base de silicato de calcio, como el MTA o Biodentine, permite mejorar la resistencia a la fractura en comparación con la combinación tradicional de gutapercha y sellador, aunque ninguno de estos materiales logra restituir completamente la resistencia original de un diente sano.⁽¹⁰⁾ Esto sugiere que la reabsorción interna compromete de manera irreversible la estructura dental, y que la selección del material de reparación es determinante para optimizar el pronóstico restaurador.

Los materiales biocerámicos a base de silicato de calcio presentan la ventaja de interactuar químicamente con la dentina, lo cual favorece la formación de una capa interfacial rica en calcio que mejora la adhesión.^(13,14,15) En particular, se ha demostrado que Biodentine libera mayores concentraciones de calcio que el MTA convencional, lo que promueve la formación de estructuras tipo “tags” y una unión más estable con la dentina.^(15,16) Esta propiedad podría explicar su mejor desempeño mecánico en comparación con otros materiales.

En coincidencia con lo reportado por estudios previos,^(17,18) los dientes reparados con Biodentine mostraron una resistencia moderada a la fractura de 340,09 N. Este comportamiento podría atribuirse a su módulo de elasticidad, similar al de la dentina, lo cual le permite absorber y distribuir las fuerzas compresivas.⁽¹⁹⁾ Sin embargo, *Aslan* y otros.⁽¹⁹⁾ reportaron mayores valores de tensión en dientes restaurados con MTA que con Biodentine. Esta diferencia podría deberse a las variaciones en el diseño experimental, al tipo de carga aplicada o a las condiciones de humedad y tiempo de fraguado de los materiales, factores todos que influyen en su comportamiento mecánico.

Por otro lado, *Şen* y otros⁽²⁰⁾ evaluaron distintos cementos de silicato de calcio (ProRoot MTA, Biodentine, NeoMTA 2 y BioMTA+) y encontraron que el grupo

Biodentine presentó una resistencia significativamente mayor que el control negativo, aunque sin diferencias significativas entre los grupos experimentales, lo que coincide parcialmente con los hallazgos del presente estudio. En la preente investigación, el grupo Neo Putty + gutapercha + Neo Sealer mostró la mayor resistencia a la fractura entre los grupos experimentales (432,75 N), y superó al grupo Biodentine + Biodentine, que alcanzó una resistencia moderada. Esta diferencia podría deberse a las características fisicoquímicas del Neo Putty, como su mayor homogeneidad de fraguado, su capacidad de sellado más estable y su adhesión mejorada a la dentina radicular, lo que favorece la distribución de las cargas compresivas y la reducción de concentraciones de tensión.⁽²¹⁾

Popat y otros⁽²²⁾ indican que el relleno con base de silicato de calcio parece ser un mejor material que la combinación de gutapercha y sellador. El grupo formado por NeoMTA Plus (resorción) + NeoMTA Plus (coronal), mostró la mayor resistencia a la fractura en comparación con los demás grupos, mientras que Biodentine + gutapercha y sellador mostró la menor resistencia a la fractura.

En conjunto, los hallazgos del presente estudio confirman que la reparación con materiales biocerámicos contribuye a mejorar la resistencia a la fractura de los dientes con reabsorción radicular interna simulada. No obstante, entre los diferentes compuestos se observa variaciones que podrían explicarse por diferencias en su formulación, tiempo de fraguado, grado de cristalinidad y comportamiento adhesivo, todo lo cual influye directamente en su capacidad para reforzar la estructura dentinaria remanente.

En el presente estudio, el grupo Neo Putty + gutapercha + Neo Sealer (letra ab) presentó un comportamiento intermedio, sin diferencias estadísticamente significativas con respecto al control positivo, aunque mostró una menor resistencia a la fractura en comparación con el control negativo. Este resultado sugiere que, si bien la combinación de materiales biocerámicos con gutapercha y

sellador puede mantener una resistencia aceptable, no logra igualar la integridad estructural de un diente íntegro, lo que confirma el impacto de la pérdida de tejido dentinario sobre la capacidad mecánica del diente.

De manera similar, Aktemur y otros⁽¹⁰⁾ evaluaron la resistencia a la fractura de dientes con cavidades de reabsorción radicular interna restauradas con diferentes cementos a base de silicato de calcio (CSC), utilizando una técnica de obturación de cono único a 4 mm apicales. Los autores no encontraron diferencias significativas entre los distintos CSC empleados ($p > 0,05$). Sin embargo, los grupos en los que se combinó el cemento biocerámico con gutapercha y sellador como MTA + gutapercha/sellador, Biodentine + gutapercha/sellador y MTA Plus + gutapercha/sellador mostraron una resistencia a la fractura significativamente menor en comparación con aquellos en los que el material de silicato de calcio se utilizó tanto en la zona de reabsorción como en la porción coronal (MTA + MTA, Biodentine + Biodentine, MTA Plus + MTA Plus) ($p < 0,05$). En su estudio, la mayor resistencia se observó en el grupo Biodentine + Biodentine, mientras que la menor correspondió al grupo MTA Plus + gutapercha/sellador.

Lo llamativo de los resultados es que, en contraste con lo observado por Aktemur y otros,⁽¹⁰⁾ en el presente estudio la combinación Neo Putty + gutapercha + Neo Sealer mostró mejor comportamiento mecánico y alcanzó valores comparables al control positivo. Esta diferencia podría explicarse por las particularidades fisicoquímicas del Neo Putty, como su mayor pureza de partículas, su mejor cohesión y tiempo de fraguado más estable, así como su alta capacidad de sellado y adhesión química a la dentina.⁽²³⁾ Además, el Neo Sealer, al ser un sellador biocerámico complementario, podría haber contribuido a una mayor integración entre los materiales de obturación, reduciendo los espacios interfaciales y distribuyendo mejor las tensiones durante la carga compresiva.⁽²⁴⁾

Una de las principales limitaciones del presente estudio radica en la simulación de la reabsorción radicular interna mediante la fabricación de cavidades estandarizadas con fresas. Si bien este procedimiento permite controlar las dimensiones y las condiciones experimentales, no reproduce con exactitud los procesos biológicos y estructurales que ocurren durante una reabsorción inflamatoria real. En condiciones clínicas, la acción de las células clásticas provoca una pérdida irregular y progresiva de la dentina, lo que genera paredes más debilitadas y alteradas en su microestructura, lo que podría modificar la resistencia a la fractura del diente en comparación con el modelo experimental.

Otra limitación del estudio radica en que no se consideró la simulación del ligamento periodontal, lo cual podría haber influido en la distribución real de las fuerzas durante la prueba de fractura. En condiciones clínicas, el ligamento periodontal actúa como un amortiguador que disipa las cargas oclusales, lo cual reduce la concentración de tensiones en la raíz. Su ausencia en el modelo experimental puede generar una sobreestimación de la resistencia a la fractura o una respuesta mecánica distinta a la que ocurre in vivo.

A modo de conclusión, los dientes con reabsorción radicular interna tratados endodónticamente y restaurados con Neo Putty + gutapercha + Neo Sealer presentaron la mayor resistencia a la fractura entre los grupos experimentales, con un rango medio de 30,70 N. Este resultado representó el comportamiento mecánico más favorable frente a las demás combinaciones evaluadas. Sin embargo, ninguno de los protocolos evaluados logró restituir la resistencia a la fractura a niveles comparables con los de los grupos control, los cuales registraron valores significativamente superiores. Estos hallazgos sugieren que la pérdida de estructura dentinaria asociada a la reabsorción radicular interna sigue comprometiendo la integridad mecánica del diente, incluso tras la restauración con materiales biocerámicos.

Referencias bibliográficas

1. Dobrzański L, Dobrzańska J, Dobrzański L, Dobrzańska-Danikiewicz AD, Gołombek K. Development Strategy of Endodontic Filling Materials Based on Engineering and Medical Approaches. *Processes*. 2021;9(11):2014. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9112014>
2. Huda I, Pandey A, Kumar N, Sinha S, Kavita K, Raj R. Resistance against Fracture in Teeth Managed by Root Canal Treatment on Restoring with Onlays, Inlays, and Endocrowns: A Comparative Analysis. *J Contemp Dent Pract*. 2021 [acceso 28/07/2025];22(7):799-804. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34615787/>
3. Pilo R, Metzger Z, Brosh T. Effect of Root Morphology on The Susceptibility of Endodontically Treated Teeth to Vertical Root Fracture: An Ex-Vivo Model. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2017; 69:267-74. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2017.01.017>
4. Pontoriero D, Grandini S, Spagnuolo G, Discepoli N, Benedicenti S, Maccagnola V, *et al*. Clinical Outcomes of Endodontic Treatments and Restorations with and without Posts Up to 18 Years. *J Clin Med*. 2021;10(5):908. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm10050908>
5. Soumya S, Agarwal P, Patri G, Behera S, Kumar M. Obturation an Overview. *IP Indian J Conserv Endod*. 2021;6(1):11-20. DOI: <https://doi.org/10.18231/j.ijce.2021.004>
6. Mehra N, Yadav M, Kaushik M, Roshni R. Clinical Management of Root Resorption: A Report of Three Cases. *Cureus*. 2018;10(8):e3215. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.3215>

7. Moosavi H, Zeynali M, Pour Z. Fracture Resistance of Premolars Restored by Various Types and Placement Techniques of Resin Composites. *Int J Dent*. 2012; 2012:973641. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/973641>
8. Aydın U, Aksoy F, Tosun S. Fracture Resistance of Root-Filled Teeth after Cavity Preparation with Conventional Burs, Er: YAG and Er,Cr: YSGG lasers. *Eur Oral Res*. 2018;52(2):59-63. DOI: <https://doi.org/10.26650/eor.2018.442>
9. Mohammed Y, Al-Zaka I. Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth Obturated with Different Root Canal Sealers (A Comparative Study). *J Contemp Dent Pract*. 2020[acceso 28/07/2025];21(5):490-3. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32690829/>
10. Aktemur S, Uzunoğlu E, Deniz D, Tek V. Fracture Resistance of Teeth with Simulated Perforating Internal Resorption Cavities Repaired with Different Calcium Silicate-based Cements and Backfilling Materials. *J Endod*. 2018;44(5):860-3. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.01.019>
11. Patel S, Saberi N, Pimental T, Teng P. Present Status and Future Directions: Root Resorption. *Int Endod J*. 2022;55(4):892-921. DOI: <https://doi.org/10.1111/iej.13715>
12. Koehne T, Zustin J, Amling M, Friedrich R. Radiological and Histopathological Features of Internal Tooth Resorption. *In Vivo*. 2020;34(4):1875-82. DOI: <https://doi.org/10.21873/invivo.11983>
13. Sarkar N, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical Basis of The Biologic Properties of Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod*. 2005;31(2):97-100. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.don.0000133155.04468.41>
14. EL-Ma'aita A, Qualtrough A, Watts D. Resistance to Vertical Fracture Of MTA-Filled Roots. *Dent Traumatol*. 2014;30(1):36-42. DOI: <https://doi.org/10.1111/edt.12025>

15. Han L, Okiji T. Uptake of Calcium and Silicon Released from Calcium Silicate-Based Endodontic Materials into Root Canal Dentine. *Int Endod J*. 2011;44(12):1081-7. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01924.x>
16. Guneser M, Akbulut M, Eldeniz A. Effect of Various Endodontic Irrigants on the Push-Out Bond Strength of Biodentine and Conventional Root Perforation Repair Materials. *J Endod*. 2013;39(3):380-4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.11.033>
17. Arıcan B, Sesen Y, Sarıalioğlu A. Resistance to Fracture of Simulated External Cervical Resorption Cavities Repaired with Different Materials. *Aust Endod J*. 2023;49(1):174-82. DOI: <https://doi.org/10.1111/aej.12714>
18. Ulusoy Ö, Paltun Y. Fracture Resistance of Roots with Simulated Internal Resorption Defects and Obturated Using Different Hybrid Techniques. *J Dent Sci*. 2017;12(2):121-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jds.2016.09.001>
19. Aslan T, Esim E, Üstün Y, Dönmez H. Evaluation of Stress Distributions in Mandibular Molar Teeth with Different Iatrogenic Root Perforations Repaired with Biodentine or Mineral Trioxide Aggregate: A Finite Element Analysis Study. *J Endod*. 2021;47(4):631-40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.11.018>
20. Şen H, Yılmaz A. Fracture Resistance of Roots with Simulated Internal Resorption. *International Dental Journal*. 2024;74:S101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.identj.2024.07.879>
21. Lozano-Guillén A, López-García S, Rodríguez-Lozano F, Sanz J, Lozano A, Llena C, *et al*. Citocompatibilidad comparativa del nuevo cemento a base de silicato de calcio NeoPutty frente a NeoMTA Plus y MTA en células de pulpa dental humana: Un estudio *in vitro*. *Clin Oral Investig*. 2022;26(12):7219-28. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04682-9>
22. Popat K, Bansal M, Bhardwaj A, Bhardwaj A. Reinforcement of Teeth Having Reenacted Perforating Internal Resorption Cavities After Repair Using Different

Calcium Silicate-based Cements and Backfilling Materials: An *In vitro* Study. J Pharm Bioallied Sci. 2024;16(2):S1428-30. DOI:

https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_791_23

23. Silva E, Pradelli J, da Silva G, Cerri P, Tanomaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru J. Biocompatibility and Bioactive Potential of Neoputty Calcium Silicate-Based Cement: An In Vivo Study in Rats. Int Endod J. 2024;57(6):713-26. DOI:

<https://doi.org/10.1111/iej.14054>

24. Creazzo G, de Barros B, de Assis H, Villamayor K, de Sousa-Neto M, Mazzi-Chaves J, et al. Bond Strength and Adhesive Interface Quality of New Pre-Mixed Bioceramic Root Canal Sealer. Microsc Res Tech. 2025;88(7):1989-2000. DOI:

<https://doi.org/10.1002/jemt.24827>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Conceptualización: José Orlando Flores Mejía.

Curación de datos: Rafael Douglas Scipión Castro.

Análisis formal: John Paul Torres Navarro.

Investigación: José Orlando Flores Mejía.

Metodología: Mario George Casaretto Gamonal.

Administración del proyecto: Mayra Isaura Lavado García.

Redacción–borrador original: Mario George Casaretto Gamonal, Mayra Isaura Lavado García y John Paul Torres Navarro.

Redacción–revisión y edición: José Orlando Flores Mejía, Rafael Douglas Scipión Castro y John Paul Torres Navarro.