

Incidencia y factores asociados a la fractura de instrumentos endodónticos en los tratamientos realizados de 2019 a junio de 2023 en las clínicas de la Federación Odontológica¹

Ana Lucía Ramírez Bohórquez²
Eliaana Constanza Mora Losada³
Claudia Johana Bocanegra Prada⁴
Javier Fernando Gutiérrez / Tutor⁵

Resumen

La fractura de instrumentos endodónticos puede impedir el correcto procedimiento de limpieza y conformación afectando directamente el éxito del tratamiento. Objetivo: Determinar la incidencia de fractura de instrumentos endodónticos y factores asociados en los tratamientos realizados de 2019 a junio de 2023 en las Clínicas de la Federación Odontológica. Método: Estudio descriptivo, transversal, retrospectivo. Se revisaron historias clínicas legibles y con registros radiográficos de pacientes con o sin fractura de instrumento, además de citas de control. Resultados: Al realizar el seguimiento de este evento adverso, se halló una tasa de 0,99% de fractura de instrumento, que puede catalogarse como un nivel bajo. Las fracturas se presentaron en un 71,4% en el tercio apical, 48,6% en instrumentos NiTi, 48,6% en movimiento rotatorio y un 40% de los operadores estaban en el tercero de cuatro semestres. Conclusiones: Los endodoncistas en formación aplican correctamente los protocolos de tratamiento, evitando la fractura de instrumentos endodónticos, lo que se ve reflejado en las bajas tasas de incidencia encontradas durante la investigación.

Palabras claves: incidencia, factores, fractura de instrumentos, endodoncia, formación.

Incidence and factors associated with the fracture of endodontic instruments in the treatments carried out from 2019 to June 2023 in the clinics of the Dental Federation
Abstract

Fracture of endodontic instruments can prevent the correct cleaning and shaping procedure, directly affecting the success of the treatment. Objective: Determine the incidence of fracture of endodontic instruments and associated factors in the treatments carried out from 2019 to June 2023 in the Clinics of the Dental Federation. Method: Descriptive, cross-sectional, retrospective

¹ Artículo científico presentado como opción de grado para optar por el título de Endodoncista.

² Residente del posgrado de Endodoncia de la Universidad Santo Tomas, pregrado realizado en la Universidad Antonio Nariño sede Palmira 2020, ana.ramirez01@ustabuca.edu.co

³ Residente del posgrado de Endodoncia de la Universidad Santo Tomas, pregrado realizado en la Universidad Antonio Nariño sede Neiva 2014, eliana.mora@ustabuca.edu.co

⁴ Residente del posgrado de Endodoncia de la Universidad Santo Tomas, pregrado realizado en la Universidad Antonio Nariño sede Ibagué 2018, claudia.bocanegra@ustabuca.edu.co

⁵ Director científico del programa de Endodoncia Universidad Santo Tomas, pregrado Universidad Nacional 1997, endodoncista de la Universidad Santo Tomas 2007.

study. Legible medical records and radiographic records of patients with or without instrument fracture were reviewed, as well as follow-up appointments. Results: When following up this adverse event, a rate of 0.99% of instrument fracture was found, which could be classified as a low level. Fractures occurred in 71.4% in the apical third, 48.6% in NiTi instruments, 48.6% in rotary movement and 40% of the operators were in the third of four semesters. Conclusions: Endodontics in training correctly apply treatment protocols, avoiding fracture of endodontic instruments, which is reflected in the low incidence rates found during the research.

Keywords: incidence, factors, instrument fracture, endodontics, training.

Introducción

Durante la práctica odontológica como en cualquier tratamiento en salud se pueden presentar eventos adversos o complicaciones, sin embargo, es esencial tener en cuenta que dentro del área odontológica “la endodoncia es una de las áreas con mayor dificultad de procedimiento, debido a la naturaleza y a la dependencia de factores del huésped previos al tratamiento y a la destreza del operador” (Tafur et al., 2014, p. 20). La diversidad anatómica de los conductos radiculares es uno de los factores que contribuye a la fractura de los instrumentos endodónticos (Chandak et al., 2022; Mcguigan et al., 2013; Medeiros et al., 2021; Tang et al., 2015).

La fractura consiste en la separación por torsión o por flexión de un segmento del instrumento durante el tratamiento de endodoncia en el conducto radicular (Bucay et al., 2023; Vélez et al., 2016). La fractura por torsión se produce cuando el instrumento se bloquea en el canal mientras el vástago de la lima sigue girando y supera el límite elástico de la aleación, mientras que la fractura por flexión se presenta cuando el instrumento gira de forma continua en un canal curvo generando ciclos de tensión/compresión en el punto de máxima flexión generando fatiga (Jamleh et al., 2019; Pillay et al., 2020; Ribeiro et al., 2020).

Es una complicación que todo endodoncista debe afrontar, debido a que teóricamente es imposible crear instrumentos que no se rompan, los más flexibles son más resistentes a la fatiga cíclica pero menos a la carga de torsión y viceversa. (Bürklein et al., 2020). Por ello, es importante que se tomen todas las medidas para minimizar este evento, pues durante la extracción se pueden presentar otras complicaciones como “perforación de la raíz, el transporte del canal original, debilitamiento de la raíz afectada en caso de una pérdida excesiva de dentina o la fractura de un instrumento adicional” (Quispe et al., 2022, p. 72).

Por lo anterior, la fractura de los instrumentos endodónticos, ya sean limas en acero inoxidable o de NiTi, es un evento calificado como impredecible y problemático porque puede impedir el correcto procedimiento de limpieza y conformación afectando directamente el éxito del tratamiento, especialmente porque retrasa su finalización y afecta negativamente la experiencia del paciente cuando se requieren más citas para su retiro o controles cuando se decide no retirarlo (Chandak et al., 2022; Mcguigan et al., 2013; Medeiros et al., 2021; Tang et al., 2015).

Las limas de endodoncia en acero inoxidable presentan características superficiales, derivadas de su proceso de fabricación, que afectan a su resistencia a la fractura por fatiga

cíclica. Se ha descrito que la presencia de rugosidad superficial en las limas de endodoncia concentra la tensión, dando lugar a zonas en las que se inician grietas durante el uso clínico, lo que conduce a la fractura por fatiga cíclica. Hasta la fecha, se han descrito tratamientos superficiales mecánicos, físicos y térmicos para aleaciones de acero inoxidable incluyendo lijado, esmerilado, abrasión, electropulido, nitruración y carburación combinada con plasma, entre otros para alterar la textura superficial y mejorar propiedades como la microdureza y la resistencia a la fractura por fatiga de la aleación (McGuigan et al., 2013).

Desde su descubrimiento hasta el día de hoy la aleación de NiTi ha evolucionado en sus propiedades permitiendo deformaciones de hasta un 8% en comparación con las limas de acero inoxidable, la evolución ha consistido en mejorar su resistencia a las cargas cíclicas reduciendo la superelasticidad de la aleación NiTi y mejorando la resistencia a la fractura por este tipo de cargas (Thompson, 2000).

En la búsqueda de mitigar la presencia de este evento adverso y mejorar la preparación endodóntica, se han implementado avances como los instrumentos mecanizados de NiTi de mayor flexibilidad (Richert et al., 2021). Un estudio halló que los instrumentos manuales de acero inoxidable presentan tasas de fractura de 0,2%-10% y los mecanizadas de Nique Titania (NiTi) 0,4%-3,7% (Garrocho et al., 2021), mostrando una disminución en la presencia de este evento.

A pesar de los avances en los instrumentos endodónticos de acero inoxidable y NiTi, la fractura continúa siendo una complicación común. La probabilidad está entre 0,25%-7,41% (Richert et al., 2021), 0,28%-16,2% (Tang et al., 2015). Estudios indican hallazgos de 3,3% (Spili et al., 2005); 0,84% con WaveOne y 0,93% con Reciproc (Caballero et al., 2019), en 0,27% de los conductos y 0,68% de los dientes (Machado et al., 2021). Además, un estudio sobre eventos adversos encontró que durante la preparación biomecánica un 22,2% fue por fractura de instrumentos (Tafur et al., 2014). Estos estudios incluyen diferentes técnicas, instrumentos y poblaciones, sin embargo, son escasos los estudios retrospectivos que tengan en cuenta la incidencia o factores asociados a la fractura de instrumentos en tratamientos de conducto radicular realizados por endodoncistas en formación que incluyan limas en acero y NiTi, destacando el de Iqbal et al (Iqbal et al., 2006), se encontraron estudios recientes con Reciproc R25 de un solo uso (Machado et al., 2021; Mascarenhas et al., 2017).

Debido a lo anterior, se planteó como objetivo determinar la incidencia de fractura de instrumentos endodónticos y factores asociados en los tratamientos realizados de 2019 a junio de 2023 en las prácticas clínicas de la Federación Odontológica en la ciudad de Bogotá.

Metodología de análisis y recolección de datos

Estudio de tipo descriptivo, de diseño transversal, de revisión retrospectiva con una muestra no probabilística por conveniencia, no aleatorio.

El procedimiento para la recolección de información consistió en revisar durante un periodo de cuatro meses, las historias clínicas (HC) de los pacientes atendidos por los residentes del posgrado de endodoncia de la Universidad Santo Tomas Extensión Bogotá en las clínicas de Educación Continuada de la Federación Odontológica Colombiana.

Se incluyeron las HC de pacientes que habían terminado tratamiento de endodoncia en el periodo comprendido del 2019 a 2023 y se excluyeron las HC ilegibles, sin registros radiográficos y que la fractura del instrumento endodóntico fuera resultado de tratamiento en otra institución.

Previo a la realización definitiva del procedimiento de recolección de información, se realizó una prueba piloto seleccionando durante dos días historias clínicas de tratamientos en endodoncia del 2019 a 2023 con el objetivo de estimar cuántas historias clínicas se podían revisar durante los dos días y así realizar un cronograma para la recolección de información.

Durante la revisión de historias clínicas y radiografías, se completó una ficha de recolección de información donde se incluyó fecha de atención, cédula, edad, sexo, si la histórica clínica y el registro radiográfico eran legibles o no, se leyeron las evoluciones del tratamiento para conocer si existía reporte de fractura de instrumento durante el tratamiento.

Si el paciente presentaba fractura se registró de la historia clínica el dato de contacto y de las variables número de diente para clasificarlos en anteriores, premolares y multiradiculares, maxilar (superior, inferior), tipo de lima (rotatorio o manual), material (acero o NiTi), recuperación del segmento (si, no) y experiencia del operador (semestre 2, 3 o 4).

Luego con el número de cédula del paciente se tuvo acceso a la radiografía en el programa DBSWIN 5.16.1 y a través de herramientas de medición, contraste de color, ampliación (lupa) y escala de grises se analizó si existía o no algún instrumento fracturado y de evidenciarse se analizaron tres aspectos:

Anatomía del conducto radicular (accesorio, MB2, Curvo, “C” y recto). Si la historia clínica no especificaba la anatomía del conducto radicular, se revisaba la radiografía en DBSWIN 5.16.1 para determinar su clasificación.

Ubicación del segmento (tercio apical, medio, cervical). Con la herramienta de ampliación (lupa), se observó y definió el lugar que ocupaba dentro del conducto radicular el segmento fracturado así mismo se utilizó la herramienta de contrastes para visualizar mejor el segmento.

Tamaño del segmento (mm). A través de la herramienta de medición de DBSWIN 5.16.1 se mide utilizando una herramienta del programa que es una regla que se desplaza a la radiografía y se mide el segmento fracturado. El programa automáticamente indica la medida.

Una vez se tuvo el listado de los pacientes con fractura se hizo llamado telefónico para programar la cita de control, se hicieron de tres a cuatro intentos de contacto, en los casos que no se logró la comunicación con el paciente, este se descartó de la fase de control y en la ficha se indicó si la llamada entró a buzón o no contestó, si no participó y la razón principal, si se programó la cita de control y asistió o si se programó y no asistió.

Los pacientes que aceptaron participar y firmar el consentimiento informado se evaluaron clínica y radiográficamente para establecer diagnóstico actual del tratamiento en la raíz que tiene o presentó fractura de instrumento durante el tratamiento endodóntico. El resultado se registró en una ficha que indicaba el éxito o fracaso del tratamiento.

La información registrada en la ficha se sistematizó en una hoja de cálculo de Excel y luego se exportó al paquete estadístico SPSS Versión 21 donde se realizaron los análisis respectivos para determinar la incidencia, analizar las características de las fracturas, así como las clínicas y radiográficas y conocer el estado actual de los tratamientos.

De acuerdo con el artículo 11 de la resolución 008430 de 1993, la investigación se clasifica en la categoría de sin riesgo por ser un estudio retrospectivo donde se realiza revisión de historias clínicas de los pacientes para identificar los eventos de fractura de instrumentos endodónticos.

Resultados

Se revisó un total de 3.533 historias clínicas con tratamiento endodóntico de 2019 a 2023 de las cuales un 59,6% que representa a 2.105 pacientes son de sexo femenino. La edad media de la población para el periodo analizado es de 40,89 ($\pm 15,209$) años.

De 3.533 pacientes, 35 presentó fractura de instrumento endodóntico, para una incidencia de 0,99%. Un 57,1% son del sexo femenino, la media de edad es 39,14 ($\pm 14,35$) y un rango de 18 a 73 años.

La revisión de historias clínicas para definir la incidencia de fractura de instrumentos endodónticos demostró que este evento adverso no se reporta en un 14,3%, se pudo reconocer solo a través de la revisión de radiografías. Otro 5,7% se reportó durante el retiro o en cita posterior.

Tabla 1. *Reporte instrumentos fracturados*

Reporte	Frecuencia	Porcentaje
Primera cita	28	80,0
Segunda cita – retiro	2	5,7
No reporta en HC	5	14,3
Total	35	100,0

De los 35 pacientes donde se observó fractura de instrumento endodóntico, un 82,8% (Tabla 2) fue en dientes multiradicales

Tabla 2. *Distribución de fractura de instrumento endodóntico por dientes*

Tipo de diente	Frecuencia	Porcentaje
Anteriores	3	8,6
Premolares	3	8,6
Multiradicales	29	82,8

El conducto radicular curvo ($\geq 6^\circ$) con un 65,7% es donde se observa principalmente fractura de instrumento endodóntico. (Tabla 3)

Tabla 3. *Frecuencia de fracturas de instrumento según la anatomía del conducto radicular*

Anatomía	Frecuencia	Porcentaje
Accesorio	1*	2,9
Curvo	28	65,7
“C”	1	2,9
Recto	10	28,5

Nota. *el conducto accesorio corresponde a un mismo paciente con conducto curvo.

El segmento de instrumento endodóntico fracturado estaba ubicado en un 71,4% en el tercio apical. (Tabla 4)

Tabla 4. *Ubicación del segmento*

Ubicación	Frecuencia	Porcentaje
Tercio apical	29	71,4
Medio	4	11,4
Cervical de raíz	1	2,9
Otro*	5	14,3

Nota. *Corresponde a 3 pacientes tercio apical-medio, 1 medio-cervical de raíz y 1 en tercio apical-medio- cervical de raíz.

En cuanto a las características del tipo de lima, un 48,6% corresponde a NiTi e igual porcentaje es rotatoria (tabla 5 y 6). El 17,1%, que representa 6 historias clínicas que presentaron fractura, no se indicó el tipo aleación o movimiento del instrumento fractura.

Tabla 5. *Aleación del instrumento fracturado*

Aleación	Frecuencia	Porcentaje
Acero	12	34,3
NiTi	17	48,6
Total	29	82,5

Tabla 6. *Tipo de movimiento del instrumento fracturado*

Movimiento	Frecuencia	Porcentaje
Manual	12	34,3
Rotatoria	17	48,6
Total	29	82,5

En relación al tamaño del segmento, un 51,5% midió 3 mm o menos, un 28,5% más de 3 mm y hasta 5 mm y un 20,0% midieron más 5 mm hasta 8 mm.

Un 82,9% (29) de los segmentos no fue recuperado y 5,7% (2) se recuperó, ambas limas eran rotatorias de NiTi y en conducto curvo.

Un 22,9% de las HC que presentaron fracturas de instrumento endodóntico no indicaban el semestre del operador (endodoncista en formación). Sin embargo, se observa en la tabla 7 que de las 27 (77,1%) historias clínicas que sí reportaban el semestre, un 40,0% estaban en el tercero de cuatro semestres de formación.

Tabla 7. *Experiencia del operador (semestre)*

Semestre	Frecuencia	Porcentaje
2	1	2,9
3	14	40,0
4	12	34,2
Total	27	77,1

Nota. En 8 historias clínicas no se indicó el semestre del operador.

En relación a las características clínicas y radiográficas actuales de los 35 pacientes reportados con fracturas de instrumentos endodónticos, contestaron a la llamada telefónica un 45,71% que corresponde a 16 pacientes. De estos, uno argumentó no estar interesado, otro no vivía en Bogotá, otro indicó que “ya no tenía la muela porque se le partió” y 13 aceptaron una cita de control, sin embargo, sólo cuatro pacientes (11,4%/35) asistieron a valoración endodóntica.

De los cuatro pacientes que asistieron a control tres de ellos lo hicieron porque presentaban algún tipo de sintomatología en otro diente menos en el diente donde se realizó el tratamiento de conducto en la FOC.

En los controles se observó clínicamente que dos de ellos, según la fecha en que terminó el tratamiento endodóntico, presentaron cemento temporal con más de tres años en boca. Uno de ellos mostró fractura de pared palatina a nivel subgingival con presencia de restauración en resina desadaptada.

Radiográficamente, en tres pacientes se observó zona radiopaca a nivel intrarradicular compatible con tratamiento de endodoncia y presencia de instrumento fracturado a nivel apical; tejidos periapicales en completa normalidad; sin inflamación e irregularidades en zona de ligamento periodontal, sin lesión apical.

En el último control que asistió, se identificó que se realizó exodoncia del diente que había presentado la fractura de instrumento endodóntico.

Discusión y conclusiones

La presente investigación tuvo por objeto determinar la incidencia de fractura de instrumentos endodónticos y factores asociados en los tratamientos realizados de 2019 a junio de 2023 por profesionales de endodoncia en prácticas clínicas.

Al realizar el seguimiento de este evento adverso, se halló fractura de instrumento endodóntico en 0,99% de los tratamientos, que puede catalogarse como un nivel de incidencia bajo, en especial si se tiene en cuenta que Richert et al (2021), indican que la incidencia puede

estar entre 0,25% a 7,41%, e incluso Tang et al (2015), señalan un rango mayor de hasta 16,2%. Incluso si se compara con la incidencia de 1,66% reportada por Iqbal et al (2006) y que tuvo también en cuenta endodoncistas en formación e instrumentos de acero y Ni-Ti.

Esto demuestra que los profesionales en práctica clínica en endodoncia pueden lograr resultados de bajo índice de fracaso en el tratamiento endodóntico al aplicar correctamente los protocolos de desinfección y activación de los irrigantes utilizados durante el tratamiento endodóntico con el objetivo de minimizar el riesgo de eventos colaterales y mejorar el pronóstico que pueden llevar a producir una fractura de instrumentos durante el tratamiento de conducto en los pacientes.

Se observó en los resultados, que a pesar de que los pacientes con fractura de instrumento endodóntico, no presentaron una restauración definitiva que garantice el selle coronal de este tratamiento y aumente las posibilidades de un tratamiento exitoso, no hay lesión apical y tampoco cambios radiográficos, podría asociarse esto a que el material de selle que se maneja en la actualidad (ionómero de vidrio) posterior a la endodoncia mantiene éste, minimizando la posible filtración que se puede generar por la ausencia de restauración definitiva y que puede llevar al fracaso endodóntico.

En relación a la anatomía de la raíz en la cual se fracturó el instrumento, esta se presentó en gran parte en los conductos curvos. Esto es coherente con lo que se encontró en la literatura, (Chandak et al., 2022; Mcguigan et al., 2013; Medeiros et al., 2021; Tang et al., 2015), donde muestran que cuanto más compleja sea la anatomía del conducto radicular, mayor será el fallo torsional debido a que el radio de curvatura del conducto generalmente disminuye y la capacidad del instrumento para resistir estas fuerzas es menor (Peters et al., 2002).

Por su parte, Moradas Estrada (2017) manifiesta que los “conductos radiculares estrechos y curvos representan un desafío, aun cuando el profesional acumula una dilatada experiencia” (p. 152), por lo que puede afirmarse que no es un evento que sea propio de los profesionales en formación sino que todos los profesionales pueden sufrirlo.

Otro aspecto que resulta relevante de los hallazgos de la investigación es dimensionar que casi tres cuartas partes de las fracturas de instrumentos endodónticos se presentaron en el tercio apical, lo que concuerda con otros estudios que han reportado datos de ubicación del segmento de un 77,1% en el tercio apical en tratamientos realizados por siete endodoncistas de dos consultorios privados durante un periodo de 13 años (Spili et al., 2005) y de 69,64% en el tercio apical de molares y 76,92% de incisivos, caninos y premolares (Morelló Castro, 2014), esta última tuvo en cuenta solo instrumentos rotatorios de NiTi del sistema Protaper Universal y los operadores inexpertos eran estudiantes de grado de Odontología. Estudios con endodoncistas en formación han hallado 82,7% (Iqbal et al., 2006),

En endodoncia ningún conducto es realmente recto porque incluso estos presentan algún tipo de curvatura en el tercio apical (Gallego et al., 2011) y en los conductos curvos y de pequeño diámetro en particular, en el tercio apical son propensos a fractura del instrumento (Tang et al., 2015), por lo que la mayoría de las fracturas ocurren en esta zona (Richert et al.,

2021). La probabilidad de fracturar una lima en las regiones apicales es 33 veces mayor que en el tercio coronal y 6 veces mayor que en el tercio medio de la raíz (Iqbal et al., 2006).

La presencia de fractura principalmente en el tercio apical se presenta porque esta es la zona de máxima curvatura y menor diámetro y cuanto mayor es el grado de flexión al que se somete un instrumento rotatorio de NiTi cuando se utiliza en canales curvos, menor es el número de ciclos que soporta antes de fracturarse (McGuigan et al., 2013). Por ende, el factor más reportado en la literatura que influye en la fractura de sistemas rotatorios en endodoncia es la fatiga cíclica, sin embargo, en la zona tercio apical por las características de este existe una combinación de fuerzas cíclicas y torsionales que potencian el deterioro del instrumento a lo que puede sumarse el reuso de estos instrumentos al momento de abordar un diente con una anatomía compleja, pues esta característica puede generar una deformación permanente que distorsiona el ángulo de la lima y resultar en una reducción de la eficiencia clínica para la conformación del sistema de conductos radiculares y la remoción de desechos dentinales (Priori et al., 2017).

Otro tema que se resalta del estudio es que la fractura se presentó principalmente en molares, hallazgo que es acorde con la literatura, pues indica que de acuerdo a su anatomía los dientes que presentan mayor riesgo de generar fractura de instrumentos rotatorios en endodoncia son los molares inferiores y los molares y premolares superiores. MacGuigan et al (2013), indican que estos son los dientes con mayor complejidad anatómica y por ende existe mayor riesgo de fractura de instrumentos por falla torsional.

Durante el estudio se evidenció como limitante la baja asistencia de los pacientes a los controles, solo se presentó un 11,4%/35 de los pacientes, lo que no permitió dar un resultado conciso sobre el éxito o fracaso de los tratamientos endodónticos con fracturas de instrumentos.

Una segunda limitante radicó en que algunas radiografías no eran legibles debido a que el programa no permitía la ampliación de la imagen y al momento de actualizar el software se perdía la información.

Como tercera limitante, una de las variables de fractura de instrumentos endodóntico resultó ser una constante lo que no permitió determinar la correlación estadística de factores.

Se observó además que mientras la radiografía evidenciaba fractura de instrumento, la historia clínica y la carpeta de eventos adversos no reportaba esta información. Además, se puede ampliar el estudio teniendo en cuenta la marca del instrumento y la cantidad de usos. Variables que no se reportan en las historias clínicas.

Se concluye que los endodoncistas en formación aplican correctamente los protocolos de tratamiento, evitando la fractura de instrumentos endodónticos, lo que se ve reflejado en las bajas tasas de incidencia encontradas durante la investigación.

Referencias

- Bucay, L., Loor, J., Aguilar, G. S. and Vélez Sánchez, M. V. (2023). Estrategias de retiro de instrumentos fracturados en la práctica endodóntica. *Recimundo*, 7(2), 163–170. [https://doi.org/10.26820/recimundo/7.\(2\).jun.2023.163-170](https://doi.org/10.26820/recimundo/7.(2).jun.2023.163-170)
- Bürklein, S., Donnermeyer, D., Wefelmeier, M., Schäfer, E. and Urban, K. (2020). Removing fractured endodontic NiTi instruments with a tube technique: Influence of pre-treatment with various agents on adhesive forces in vitro. *Materials*, 13(144), 1–8.

- Caballero, H., Nabeshima, C. K., Binotto, E. and Machado, M. E. L. (2019). Fracture incidence of instruments from a single-file reciprocating system by students in an endodontic graduate programme: a cross-sectional retrospective study. *International Endodontic Journal*, 52(1), 13–18.
- Chandak, M., Sarangi, S., Dass, A., Khubchandani, M. and Chandak, R. (2022). Demystifying Failures Behind Separated Instruments: A Review. *Cureus*, 14(9), 1–6.
- Gallego, K., Cabrales, R. and Díaz, A. (2011). Preparación de canales curvos y calcificados. *Revista Duazary*, 8(1), 66–68.
- Garrocho, A., Sánchez, A., Rosales, M. Á., Ruiz, S. and Pozos, A. de J. (2021). Clinical Management of Intra-Pulp Canal Broken Endodontic Files in Primary Teeth: Literature Review. *Odovtos - International Journal of Dental Sciences*, 2(23), 14–18.
- Iqbal, M. K., Kohli, M. R. and Kim, J. S. (2006). A Retrospective Clinical Study of Incidence of Root Canal Instrument Separation in an Endodontics Graduate Program: A PennEndo Database Study. *Journal of Endodontics*, 32(11), 1048–1052. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.03.001>
- Jamleh, A., Alghaihab, A., Alfadley, A., Alfawaz, H., Alqedairi, A. and Alfouzan, K. (2019). Cyclic Fatigue and Torsional Failure of EdgeTaper Platinum Endodontic Files at Simulated Body Temperature. *Journal of Endodontics*, 45(5), 611–614. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.02.008>
- Machado, L., de Azevedo, M., Mascarenhas, A., Sigrist, A., Shoji, A., Pelegri, R. A., Almeida, A. F., Nogueira, E. and da Silveira, C. E. (2021). Fracture incidence of Reciproc instruments during root canal retreatment performed by postgraduate students: a cross-sectional retrospective clinical study. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 46(4), 1–8.
- Mascarenhas, A., Shoji, A., Azevedo, M., Machado, L., da Silveira, C. and Sigrist, A. (2017). Fracture Incidence of Reciproc Instruments in Endodontic Treatment Provided by Graduate Students - A Retrospective Study. *Journal of Dental and Oral Health*, 3(7), 1–4.
- McGuigan, M. B., Louca, C. and Duncan, H. F. (2013). The impact of fractured endodontic instruments on treatment outcome. *British Dental Journal*, 214(6), 285–289. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2013.271>
- McGuigan, M. B., Louca, C. and Duncan, H. F. (2013). Endodontic instrument fracture: Causes and prevention. *British Dental Journal*, 214(7), 341–348.
- Medeiros, P., Correia, R., Macedo, R. and Aparecida, S. (2021). Endodontic instruments fracture in root canal: Integrative review. *Journal of Clinical Images and Medical Case Reports*, 2(5), 1374–1378.
- Moradas Estrada, M. (2017). Instrumentación rotatoria en endodoncia. ¿Qué tipo de lima o procedimiento es el más indicado? *Avances En Odontoestomatología*, 33(4), 151–160.
- Morelló Castro, S. (2014). *Variables que influyen en la fractura de instrumentos rotatorios de níquel titanio en conductos radiculares de instrumentos por operadores inexpertos*. Universitat Internacional de Catalunya.
- Peters, O. A., Kappeler, S., Bucher, W. and Barbakow, F. (2002). Engine-driven preparation of curved root canals: Measuring cyclic fatigue and other physical parameters. *Australian Endodontic Journal*, 28(1), 11–17.
- Pillay, M., Vorster, M. and Van der Vyver, P. J. (2020). Fracture of endodontic instruments - Part 1: Literature review on factors that influence instrument breakage. *South African Dental Journal*, 75(10), 553–563. <https://doi.org/10.17159/2519-0105/2020/v75no10a4>

- Priori, M., Hungaro, M., Monteiro, C., Carvalho, B., Tanomaru, M., Guerreiro, J., Carvalho, J., Vinicius, M. and Ricci, R. (2017). Cyclic fatigue and torsional strength of three different thermally treated reciprocating nickel-titanium instruments. *Clinical Oral Investigations*, 22(4), 1865–1871.
- Ribeiro, C., Sampaio, T., Abu, A., Miotto, R., Taige, C. and Carneiro, M. (2020). Cyclic fatigue, torsional failure, and flexural resistance of rotary and reciprocating instruments. *Journal Conserv Dent*, 23(4), 364–369.
- Richert, R., Farges, J. C., Villat, C., Valette, S., Boisse, P. and Ducret, M. (2021). Decision support for removing fractured endodontic instruments: A patient-specific approach. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(6).
- Spili, P., Parashos, P. and Messer, H. (2005). The Impact of Instrument Fracture on Outcome of Endodontic Treatment. *Clinical Research*, 31(12), 845–850.
- Tafur, M. C., Camacho, L. D., Mejía, S. H., González, J. and Huertas, M. F. (2014). Frecuencia de eventos adversos de la terapia endodóntica y seguimiento de pacientes atendidos en el Posgrado de Endodoncia de la Pontificia Universidad Javeriana (2007-2008) /. *Universitas Odontologica*, 33(71), 19–28.
- Tang, W.-R., Smales, R., Chen, H.-F., Guo, X.-Y., Si, H.-Y., Gao, L.-M., Zhou, W.-B. and Wu, Y.-N. (2015). Prevention and management of fractured instruments in endodontic treatment. *World Journal of Surgical Procedures*, 5(1), 82–98.
- Thompson, S. A. (2000). An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *International Endodontic Journal*, 33(4), 297–310.
- Vélez, R., Guerrero, M. and Cordero, P. (2016). Remoción De Un Instrumento Fracturado Durante La Terapia Endodóntica: Reporte De Un Caso. *Odontología Activa UCACUE*, 1(1), 22–26.