



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Factores de riesgo en fracturas radiculares
verticales de dientes tratados
endodónticamente. Un estudio clínico de
casos y controles en dos poblaciones
colombianas.**

**William Mendoza Beltrán
Mateo Roldán Roldán**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Odontología

Bogotá, Colombia

2017

Factores de riesgo en fracturas radiculares verticales de dientes tratados endodónticamente. Un estudio clínico de casos y controles en dos poblaciones colombianas.

**William Mendoza Beltrán
Mateo Roldán Roldán**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Endodoncia

Directora:

Mg. Claudia García Guerrero

Codirectores:

Paula Andrea Villa Machado

Felipe Restrepo Restrepo

Línea de Investigación:

Pronóstico en endodoncia

Grupo de Investigación:

INVENDO

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de odontología

Bogotá, Colombia

2017

*A Dios, a mis padres, a mis hermanos y amigos,
por su apoyo incondicional.*

Agradecimientos

Mi gratitud a Dios en primer lugar por acompañarme a lo largo de mi vida, a la Universidad Nacional de Colombia y a la Universidad de Antioquia, a todas las personas que me acompañaron en este proceso de formación académica, a mis docentes, a mis compañeros Alonso Blanco, Sergio Ragua y Estefanía Delgado pertenecientes al posgrado de Endodoncia de la Universidad Nacional de Colombia por su amistad y apoyo.

Gracias a la doctora Claudia García Guerrero, directora del presente trabajo de investigación por su valioso aporte, tiempo y dedicación, a la doctora Paula Andrea Villa Machado y al doctor Felipe Restrepo Restrepo, codirectores del trabajo, por su participación en el proceso y desarrollo del mismo, a mi compañero y amigo Mateo Roldán Roldán por su dedicación y paciencia que pese a la distancia logramos culminar exitosamente este proyecto.

A mi madre Irene Beltrán y a mi hermano Alexander Mendoza por ser el motor de mis sueños. A la familia Rojas Oviedo por apoyarme y animarme día tras día a lograr mis metas.

Resumen

Introducción: Una fractura radicular vertical (VRF), ha sido definida como la pérdida completa o incompleta de la continuidad del tejido radicular en sentido longitudinal, observable comúnmente en las caras buco lingual o palatina (BL o P) del diente afectado. La prevalencia de las VRFs en dientes tratados endodónticamente (TE), ha sido registrada entre el 4.3-20%, asociada a múltiples factores de riesgo. **Objetivo:** Analizar, mediante un diseño de casos y controles, el efecto que implica la presencia de diferentes factores clínicos sobre la aparición de la fractura radicular vertical para dientes TE, observados clínica y radiográficamente a diferentes intervalos de tiempo, en dos poblaciones colombianas que asistieron al servicio de atención en los posgrados de Endodoncia de las Facultades de Odontología de la Universidad Nacional de Colombia (FOUN) y de la Universidad de Antioquia (FdeO de la UdeA). **Metodología:** Con un 95% de confianza, un poder del 80% y una proporción caso: control 1:3, se calculó el tamaño de muestra, considerando el resultado de un estudio preliminar. Dos momentos en el tiempo fueron considerados como tiempos de exposición para el emparejamiento de los Casos y los Controles. “Primer Momento” o “Momento Inicial”: Inclusión de dientes tratados endodónticamente a la cohorte de referencia, que cumplieron con todos los criterios de elegibilidad establecidos para pertenecer a la cohorte. “Segundo Momento” o “Momento control”: Inclusión de los dientes al estudio. **Resultados:** 90 casos y 270 controles pertenecientes a 237 participantes, cumplieron con los criterios de elegibilidad. Por lo tanto, para las poblaciones de estudio, la prevalencia de VRF para dientes TE, fue del 16.42%. El retratamiento endodóntico (RTTO) registró una mayor asociación al riesgo, respecto al tratamiento endodóntico primario, en el Grupo 1 (OR 12.19; CI, 3.64-40.81; P= 0.0000) y Grupo 2 (OR 4.28; CI, 1.077- 17.07; P= 0.0388). El factor “presencia de retenedor intraradicular (RI)”, no representó un riesgo significativo a la VRF, Grupo 1 (OR 0.22; CI, 0.084-0.57; P= 0.0019), Grupo 2 (OR 0.26; CI, 0.09-0,78; P= 0,015). Finalmente, la medicación intracanal generó mayor asociación al riesgo, Grupo 3 (OR 8.55; CI, 2.063-35.47; P= 0.0031).

Palabras clave: Fractura radicular vertical, diente tratado endodónticamente, estudio de casos y controles, factores de riesgo, retratamiento endodóntico, retenedor intraradicular, medicación intraconducto.

Abstract

Introduction: A vertical root fracture (VRF) has been defined as the complete or incomplete loss of the radicular tissue continuity in a longitudinal way commonly seen in the buccal or palatal sides of the tooth. The prevalence of VRF in endodontically treated teeth (TE), is between 4.3-20%, associated to multiple risk factors. **Objective:** To analyze, with a case-control methodology, the effect of different clinical factors on the occurrence of VRF in (TE), observed clinically and radiographically in different time lapses, in two Colombian populations that assist to the Endodontic follow up programs at the Facultades de Odontología de la Universidad Nacional de Colombia (FOUN) y de la Universidad de Antioquia (FdeO de la UdeA). **Methodology:** An observational case-control study is proposed, with a confidence level of 95%, a power level of 80% and a case-control ratio of 1:3; the sample size was calculated, considering the results of a preliminary study. Two moments in time were considered as exposure times for the case-control matching. "First moment" or "Starting moment": Inclusion of endodontically treated teeth that met all the criteria to the reference cohort. "Second moment" or "Control moment": inclusion of teeth to the study. **Results:** 90 cases and 270 controls in 237 patients met the criteria. Therefore, for the study population the prevalence of VRF for endodontically treated teeth was 16.42%. that root canal retreatment registered a bigger association to risk, in comparison to root canal treatment, in Group 1 (OR 12.19; CI, 3.64-40.81; P= 0.0000) and Group 2 (OR 4.28; CI, 1.077- 17.07; P= 0.0388). The factor "presence of intraradicular post", did not represent a significant risk of VRF, Group 1 (OR 0.22; CI, 0.084-0.57; P= 0.0019), Group 2 (OR 0.26; CI, 0.09-0,78; P= 0,015). Finally, intracanal medicaments generated a bigger association to risk, Group 3 (OR 8.55; CI, 2.063-35.47; P= 0.0031).

Keywords: Vertical root fracture, endodontically treated teeth, case-control study, risk factors, root canal retreatment, intraradicular post, intracanal medicaments.

Contenido

| | Pág |
|---|-----|
| Resumen..... | 5 |
| Lista de figuras..... | 8 |
| Lista de tablas | 9 |
| Lista de abreviaturas | 10 |
| Introducción..... | 11 |
| | |
| 1. Marco teórico | 13 |
| | |
| 2. Diseño metodológico..... | 18 |
| 2.1 Tipo de estudio | 18 |
| 2.2 Cálculo de tamaño de muestra..... | 18 |
| 2.3 Conformación de los grupos | 18 |
| 2.4 Emparejamiento de los casos y controles | 19 |
| 2.5 Covariables o factores de exposición..... | 20 |
| 2.6 Análisis estadístico | 21 |
| | |
| 3 Resultados..... | 23 |
| | |
| 4 Discusión..... | 27 |
| | |
| 5 Conclusiones y recomendaciones..... | 29 |
| 5.1 Conclusiones | 29 |
| 5.2 Recomendaciones..... | 29 |
| | |
| Bibliografía..... | 30 |

Lista de figuras

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| Figura 1. Emparejamiento de los casos y controles | 20 |
| Figura 2. Imagen tomográfica y fotografía clínica que confirma el hallazgo de VRF..... | 22 |
| Figura 3. Análisis de Probabilidad de ser un caso o un control..... | 25 |
| Figura 4. Análisis multivariado..... | 27 |

Lista de tablas

Pág.

| | |
|--------------|----|
| Tabla 1..... | 26 |
|--------------|----|

Lista de abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura Término

| | |
|------|--|
| VRF | Fractura radicular vertical |
| FOUN | Facultad de odontología Universidad Nacional de Colombia |
| FdeO | Facultad de odontología |
| UdeA | Universidad de Antioquía |
| TE | Tratado endodónticamente |
| RTTO | Retratamiento endodóntico ortógrado |
| AAE | Asociación Americana de Endodoncia |
| RI | Retenedor intraradicular |

Introducción

Una fractura radicular vertical (VRF), ha sido definida como la pérdida completa o incompleta de la continuidad del tejido radicular en sentido longitudinal, observable comúnmente en las caras buco lingual o palatina (BL o P) del diente afectado (1). El término longitudinal, se considera apropiado puesto que implica una dirección vertical en un intervalo de tiempo (2).

La prevalencia de las VRFs en dientes tratados endodóticamente (TE), ha sido registrada entre el 4.3%-20% (3-7); prevalencia asociada a múltiples factores de riesgo, tales como; la remoción del tejido dentinal durante la preparación biomecánica, el uso de soluciones irrigadoras (8), la aplicación de fuerzas excesivas durante la obturación (9,10) y en ocasiones el tipo de medicación intraconducto (11). Por lo tanto, procedimientos endodóuticos adicionales tales como el retratamiento ortógrado (RTTO), la cirugía apical o la combinación de los dos, generan un efecto acumulativo sobre los tejidos mineralizados de la raíz, registrando una prevalencia de VRF del 31.16%, del 6.5% o del 62.31% respectivamente, para cada procedimiento (12). Actualmente, se sugiere investigar, una posible relación entre la presencia de VRF en dientes TE, adyacentes a un implante (13). Otras asociaciones al riesgo de ocurrencia de la VRF en referencia a particularidades anatómicas tales como; istmos, curvaturas, irregularidades dentinales, concavidades o la posición del diente en la arcada han sido establecidas y probablemente asociadas a VRF en dientes sin tratamiento endodóutico (14,15).

Un estudio preliminar (16), identificó factores clínicos asociados a la ocurrencia de VRF, sin embargo, la baja prevalencia de la enfermedad, sugiere ubicar un mayor registro de casos incidentes. Para este fin la presente investigación propone: Analizar, mediante un diseño de casos y controles, el efecto que implica la presencia de diferentes factores clínicos sobre la aparición de la fractura radicular vertical para dientes TE, observados clínica y radiográficamente a diferentes intervalos de tiempo, en dos poblaciones colombianas que asistieron al servicio de atención en los posgrados de Endodoncia de las Facultades de Odontología de la Universidad Nacional de Colombia (FOUN) y de la Universidad de Antioquia (FdeO de la UdeA).

El planteamiento de la hipótesis nula consideró que, la posibilidad de que en un diente TE ocurra una VRF dado que presenta los factores de riesgo a considerar en el presente estudio, es igual a la posibilidad que en un diente TE ocurra una VRF, dado que no los presenta.

$H_0: P_1$

1.Marco teórico

La fractura radicular vertical (VRF) ha sido definida por la Asociación Americana de Endodoncia (AAE) en el año 2008 como “la pérdida completa o incompleta de la continuidad del tejido radicular en sentido longitudinal, observable comúnmente en las caras buco lingual o palatina (BL o P) del diente afectado” (1). El término longitudinal para el caso es apropiado ya que no solo involucra la dirección de la fractura en sentido vertical o longitudinal, si no el componente tiempo en el cual se da el crecimiento y cambio de la misma (2).

Prevalencia

En un estudio realizado durante un periodo de seguimiento a seis meses, para dientes tratados endodónticamente que fueron extraídos, la prevalencia entre el total de la población analizada, de VRF fue del 10.9% (3). Coopens et al., en el 2003 en un estudio sobre razones para la extracción de dientes tratados endodónticamente obtuvo como resultado una prevalencia del 20% por VRF siendo la segunda causa más común para la exodoncia (7). Hacia el año 2008 Yehdua et al., registran una prevalencia de 8.8% para dientes tratados endodónticamente extraídos por presencia de perforaciones, desgaste lateral por sobrepreparación y VRF (4). Años más tarde, Tzimpoulas et al., hacia el 2012, registran una prevalencia de VRF, durante un periodo de 10 meses del 13.8% (6). Un 7% de presencia de VRF en una cohorte analizada en la FOUN fue reportada hacia el año 2015.

Signos y síntomas clínicos

Con la ocurrencia de la VRF se pueden presentar signos característicos como: inflamación localizada reportada en un 77% de los casos, movilidad en un 45%, dolor a la percusión en un 60%, dolor a la palpación en un 62%, profundidad uni o bilateral al sondaje en un 81% , presencia de fístula entre el 31-67%, la observación radiográfica de un patrón angular de reabsorción ósea apical o lateral con formación de un “halo” radiolúcido en un 48, 7% (18-20).

Tamse et al., (21) en el 2006 mediante un estudio clínico lograron determinar que el patrón de pérdida óseo más común observado en las radiografías periapicales en dientes con VRF es el de “Halo” radiolúcido y el de “radiolucidez periodontal”, siendo la sensibilidad de este método del 77.6% en dientes con ocurrencia de VRF y la especificidad del 82.7% en dientes con ausencia del hallazgo.

Pruebas diagnósticas

Clínicamente, el paciente refiere sensación de dolor a la masticación, por lo tanto, la prueba de la mordida utilizando ruedas de goma, palos de álamo o algunos otros elementos (como el detector de fractura de dientes de Slooth) permitirá replicar el movimiento masticatorio.

La transiluminación, que consiste en utilizar una fuente luz de fibra óptica a través del diente (siempre y cuando no haya restauración para bloquear la transmisión de luz) en una dirección horizontal en el surco gingival puede ayudar a visualizar una fisura.

Una profundidad al sondaje cuidadoso sugiere la presencia de un defecto periodontal aislado estrecho, que promueve la pérdida de inserción gingival y en ausencia de enfermedad periodontal asociada, este defecto podría coincidir con una dehiscencia ósea subyacente, secundaria a una VRF .

La exploración quirúrgica, permite observar en la mayoría de los casos, la VRF y su extensión, una tinción directa con azul de metileno puede ser aconsejable como opción diagnóstica definitiva (22).

Reportes de estudios que usan la imagen tomográfica como método para confirmar la VRF han podido concluir que el uso de este no es confiable para determinar el hallazgo, ya que los materiales de obturación en los conductos radiculares disminuyen significativamente la especificidad de la tomografía axial computarizada de haz cónico (CBCT), debido a las distorsiones que se pueden observar en la imagen (22-24).

El diagnóstico clínico, deberá ser complementado con el uso de imágenes diagnósticas tipo radiografía periapical análoga, digital o 3D. Aunque por el carácter longitudinal de la VRF, la detección en imágenes diagnósticas puede ser imposible (25). Sin embargo, ante un diagnóstico dudoso, la exploración.

Factores asociados al riesgo

En 1999 Chan et al., (26) estimaron una incidencia de VRF, 1.4 veces mayor para los hombres en relación a las mujeres. Sin embargo, una diferencia entre hombre y mujer no ha sido consistente en los reportes de la literatura.

En relación a los cambios en la dentina radicular con la edad en un estudio realizado en el 2017 por Yan et al., (27) reportaron que hay una disminución de la resistencia a la fractura en 25 megapascales (MPa) por década, siendo un valor estadísticamente significativo. Además, se pudo determinar que hay mayor obliteración de los conductos radiculares, así como cambios en la mineralización y reticulación del colágeno en los ancianos.

En referencia al “Tipo y Localización del Diente”, Lertchirakarn et al., 2003 (28) demostraron cómo, ante el stress masticatorio, los dientes anatómicamente curvos o con raíces y conductos radiculares ovalados, (premolares superiores o inferiores), más susceptibles a presentar VRFs, razón que soporta aumento en la incidencia para los premolares inferiores (11.5%) y superiores (17.5%) (12).

De acuerdo con el Tipo de Tratamiento Endodóntico, los resultados obtenidos por García et al., 2017 (16), estimaron una asociación altamente significativa $P=0.0014$ entre el “Retratamiento Endodóntico” y la aparición de VRFs, durante un periodo de seguimiento entre 1 y 8 años (29.2%). Resultado acorde con Karygianni et al., en 2014 (12), donde un 31.16% de los casos con retratamiento ortógrado y un 62.31% de los casos con retratamiento y cirugía se fracturaron. Al respecto, Shemesh et al., (29) demostraron que la preparación intra-conducto mecánica manual o rotatoria, favoreció la formación de fisuras en la dentina, sin embargo, las VRFs se presentaron en dientes con retratamiento exclusivamente. Es claro, que el tratamiento endodóntico, altera la estructura de la dentina, creando defectos al interior del conducto radicular, por lo tanto, el efecto del retratamiento sobre la dentina llega a ser acumulativo.

Por otro lado, el efecto de la cirugía apical asociado a las VRF, está limitado por la significancia estadística del efecto del retratamiento, sin embargo, puede tener cierta influencia en comparación con el tratamiento endodóntico primario.

El uso de irrigantes como el hipoclorito de sodio (NaOCl) pueden disminuir la resistencia de la dentina a la fractura en un 30% sin importar el pH de la solución, este es el resultado de un estudio *in vitro* (30). Otro estudio obtuvo como resultado que el uso de hipoclorito al 5% o más pueden generar cambios en el módulo de elasticidad y la resistencia flexural de barras de dentina reduciendo los valores a la mitad en comparación de la concentración al 1% en la cual no se observó ningún cambio (31). Un estudio reportó que el uso de EDTA al 17% por más de un minuto puede disminuir la microdureza de la dentina aumentando el riesgo de VRF, esto puede ser observado a los 5 minutos de exposición al irrigante (32). Uzunoglu et al., (8) en el 2016 reportaron que algunos protocolos de irrigación final con sustancias como el REDTA o el QMix a 1 minuto aumentan la resistencia de la dentina a la fractura radicular vertical en comparación a otro tipo de sustancias.

Con respecto a los estudios experimentales, se debe tener en cuenta que en muchos de estos se aplicaron grandes cantidades de quelantes a grandes áreas de dentina, esto no refleja lo que realmente ocurre en el entorno clínico donde se utilizan pequeñas cantidades de quelante entran en contacto con áreas limitadas de la dentina radicular.

En cuanto al uso de medicación intraconducto estudios *in vitro* han reportado la disminución de la resistencia de la dentina a la fractura en un 32% después de 5 semanas de exposición al hidróxido de calcio (Ca(OH)₂) (33). Otros, como el de Doyon et al.,(11) en el 2005 obtuvieron como resultado que el uso de Ca(OH)₂ por mas de 180 días ($p < 0.05$) puede disminuir la resistencia de la dentina a la fractura. Por otro lado, Rosenberg et al., en el 2007 reportaron que el uso de Ca(OH)₂ en conductos radiculares entre 7 y 84 días ($P < 0.05$) puede reducir la resistencia de la dentina entre el 23 y el 43.9%, además, recomiendan reevaluar el uso diario de este medicamento (34). Zarei et al.,(35) en el 2012 encontraron que el uso de Ca(OH)₂ por un período mayor a un mes puede reducir la resistencia de la dentina a la fractura ($p < 0.001$) y recomiendan su uso con precaución . Yasen et al., en el 2013 realizaron una revisión sistematica de la literatura y en su estudio que incluyeron 12 artículos, tuvieron como resultado que hay una reducción en las propiedades mecánicas de la dentina después de la exposición al Ca(OH)₂ durante 5 semanas o más (36).

Contrario a lo anterior, Hawkins et al., (37) en el 2015 no encontraron evidencia suficiente para afirmar que productos utilizados como medicación intraconducto a base de Ca(OH)₂ como Vitapex, Ultracal XS y el Pulpdent causen disminución en la resistencia de la dentina a la fractura en un período de 6 meses.

La obturación con técnica de condensación lateral por si sola esta no es un factor de riesgo, es una sumatoria de factores que se dan durante todo el tratamiento endodóntico que pueden generar la fractura radicular (10). Si se compara el uso de espaciadores digitales con los manuales las cargas y las tensiones generadas son menores en los digitales, por lo tanto el uso de estos está asociado a un menor riesgo de ocurrencia de VRF (9).

En referencia al tipo de restauración, se afirma que el pronóstico de ETT no depende exclusivamente de la calidad del tratamiento endodóntico, una adecuada restauración permitirá una adecuada distribución de las fuerzas masticatorias. Al respecto, un estudio epidemiológico encontró que del 97% de los ETT, retenidos en la cavidad oral por un periodo de 8 años, 3% de ellos, fueron extraídos, los autores señalan como un factor común, la presencia de restauraciones directas en un 85% de los casos extraídos (38).

García et al (16) determinaron con significancia estadística ($P= 0.05$), que la restauración indirecta, se comporta como un factor protector ante la aparición de VRFs, en ETT, observados durante 1 y 4 años, sin diferencia significativa, ante la presencia o ausencia de retenedor intraradicular.

Karygianni et al., (12), determinaron cómo la presencia de un RRI, en restauraciones directas, se comportó como un factor protector ante la aparición de VRF. Estas conclusiones clínicas, van en contravía con años de investigación en laboratorio y AEF, que han demostrado cómo los RRI, clasificados según el material, módulo de elasticidad o el diseño (tamaño/longitud), incrementan el riesgo de VRF, aumentando los niveles de stress entre la interfase retenedor-dentina (25,39). Ante esta controversia, este concepto debe ser evaluado con mayor detalle mediante resultados clínicos.

Rosen et al., (13), realizaron un reporte de 8 casos y una revisión sistemática de ETT con VRFs en zona adyacente a un implante, en este estudio tuvieron en cuenta factores como: Edad, sexo, número y localización tanto del implante como del diente fracturado, presencia de corona, presencia de núcleo, calidad de la obturación, el tiempo de colocación y de carga del implante. Obtuvieron como resultado a la revisión sistemática que en la literatura no existen estudios con suficiente relevancia en la asociación implante-VRF, por lo cual no lograron incluir ninguno. Por otro lado, de los casos lograron obtener resultados como: La edad en la que puede presentarse la VRF es entre los 40 y 60 años, la VRF se presenta en mayor proporción en mujeres, el tiempo transcurrido entre la colocación del implante y la aparición de la VRF fue entre 5 y 28 meses, el tiempo de carga del implante y la aparición de la VRF fue de 0 a 22 meses, los 8 casos se encontraban restaurados con corona y núcleo. La conclusión de este estudio es que es el primer reporte clínico que asocia la VRF en ETT adyacentes a un implante, abriendo la posibilidad para el enfoque de nuevas investigaciones en el tema teniendo en cuenta un tamaño mayor de la muestra.

2. Diseño metodológico

2.1 Tipo de estudio

Se propone un Estudio Observacional de Casos y Controles, anidado a la cohorte de pacientes que asisten a la fase de control y mantenimiento del Posgrado de Endodoncia de la FOUN y de la FdeO de la UdeA. Se incluyeron todos aquellos participantes que presentaron dientes permanentes rehabilitados con formación radicular completa y tratamientos endodónticos tipo; primario, RTTO y/o cirugía apical, cuyo registro incluyera historia clínica de endodoncia, la fecha de finalización del tratamiento y la radiografía final. Se excluyen dientes con tratamientos de ortodoncia vigente, antecedente de trauma dentoalveolar, presencia de caries, fracturas coronales o el desalajo del material restaurador. El presente trabajo contó con la aprobación de los comités de Bioética de la FOUN bajo ACTA (15-16) y de la FdeO de la UdeA. Se consideró “diente” como unidad de estudio.

2.2 Calculo de tamaño de muestra

Con un 95% de confianza, un poder del 80% y una proporción caso: control 1:3, se calculó el tamaño de muestra, considerando el resultado de un estudio preliminar (16), donde el valor de asociación estimado para el factor “presencia de restauraciones directas”, fue; OR: 4,95 con una probabilidad de exposición al factor de 0,5 y 0,32 para casos y controles respectivamente. Para efectos de incluir el mayor número de sujetos, acorde con el cálculo del tamaño de la muestra, se estableció una selección consecutiva no probabilística de participantes que cumplieron con los criterios de elegibilidad establecidos. Un cálculo de 331 dientes TE distribuidos en 83 casos y 248 controles fue establecido (40).

2.3 Conformación de los Grupos

Para la selección de los casos y controles, se realizó, la reconstrucción histórica de la cohorte para dientes TE, analizada mediante recolección de datos clínicos e imágenes radiográficas bidimensionales pre y post tratamiento; registrados en las bases de datos de la FOUN y de la FdeO de la UdeA, hasta el 2017.

2.4 Emparejamiento de los casos y controles: Consideración general.

Relación Caso: Control = 1:3

Al momento de detectar un “caso incidente”, se procedió a la selección aleatoria de 3 “controles” apareados a los casos, acorde con el tiempo de evaluación registrado en años. Este tiempo corresponde al tiempo de exposición desde la finalización del tratamiento endodóntico, hasta el momento en que se realiza el control y se incluye el diente en la cohorte. Lo anterior, aseguró la distribución aleatoria del factor de exposición a considerar entre los dos grupos.

Dos momentos en el tiempo fueron considerados como tiempos de exposición para el emparejamiento de los Casos y los Controles, Figura 1 y Figura 2.

1. “Primer Momento” o “Momento Inicial”: Inclusión de dientes tratados endodónticamente a la cohorte de referencia, que cumplieron con todos los criterios de elegibilidad establecidos para pertenecer a la cohorte.
2. “Segundo Momento” o “Momento control”: Inclusión de los dientes al estudio
 - a. Selección de los **casos**. La identificación de los casos al interior de la cohorte, incluyó, dientes con tratamiento endodóntico ortógrado, retratamiento y/o cirugía apical, que registraron la presencia de VRF, confirmada clínicamente, por la presencia de uno o más signos tales como; inflamación localizada, movilidad, profundidad uni o bilateral al sondeo (15), presencia de tracto sinuoso adyacente al margen gingival (12, 17-18). Como criterios radiográficos patrones de reabsorción ósea angular o lateral con extensión lateral y/o compromiso de la altura crestal, propio de las categorías C-G, referidas por Tamse et al., 2006 (20). Finalmente, una exploración quirúrgica, realizada por un especialista en endodoncia, confirmó la ocurrencia de la VRF, para incluirla como caso incidente.
 - b. Selección aleatoria de tres **controles** anidados a la cohorte, los cuales fueron seleccionados una vez se detectaba un caso incidente, según coincidencia del mismo, por el tiempo de exposición. Para ser un control, se requería ausencia completa de inflamación clínica o evidencia radiográfica de anormalidad. El diagnóstico endodóntico exclusivo incluyó; el hallazgo “Diente con tratamiento endodóntico previo” y “Tejidos Periapicales Normales” (41).

Un modelo de clasificación determinó tres agrupaciones así; Grupo 1: 1-5 años. Grupo 2: 6-10 años. Grupo 3: 11-17 años, asegurando la distribución de todos los factores en cada uno de los grupos Figura 3A, 3B, 3C.

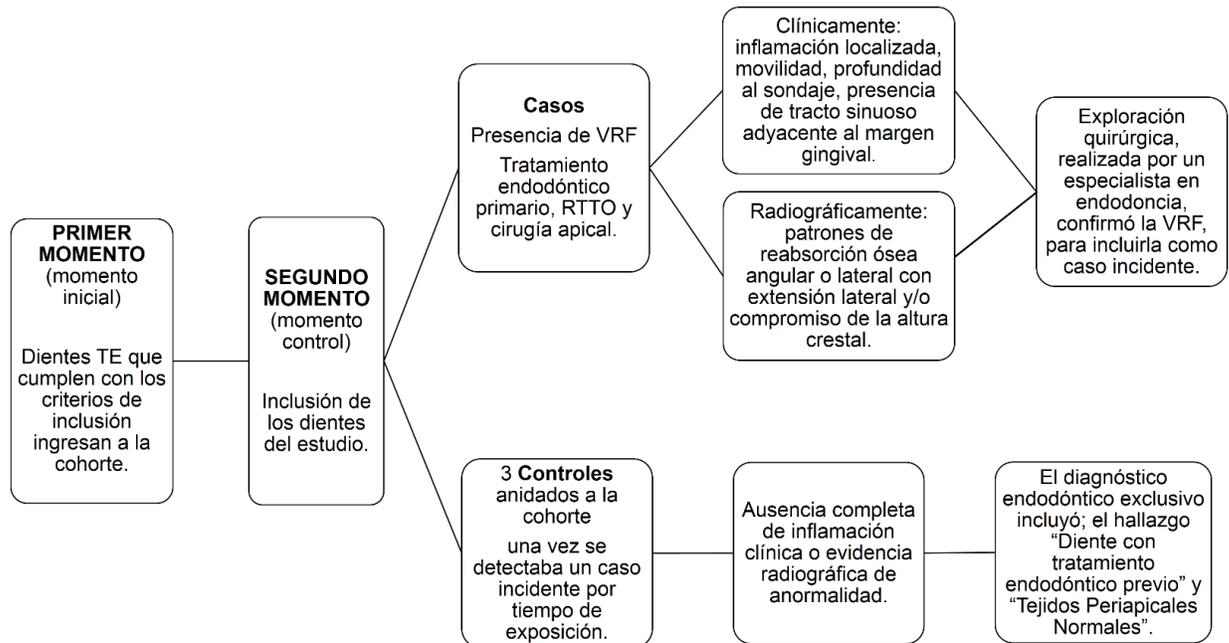


Figura1. Emparejamiento de los casos y controles (12,15,17,41).

2.5 Covariables o Factores de exposición:

Los factores considerados fueron:

- Demográficos:
 - Edad: > 45 años, ≤ 45 años.
 - Sexo: Mujer, hombre.
- Dentales:
 - Tipo: Anterior, premolar, molar.
 - Localización: Superior, inferior.

- Tipo y condición del tratamiento endodóntico (42): Primario, RTTO, cirugía endodóntica.
 - Límite o extensión apical de la obturación respecto al ápice radiográfico (43): Sobre obturación: (< 0 mm), ras: (0 y hasta 2mm), sub-obturación: (>2mm).
 - Medicación intraconducto (11).
 - Número de citas: variable ordinal. Número de citas en las que se realiza el tratamiento endodóntico ortógrado primario o secundario.
- Tipo de restauración: Directa, indirecta.
- Presencia de retenedor intraradicular (RI).
- Papel del diente en la restauración: Pilar de prótesis fija, corona individual.
- Diente con tratamiento endodóntico adyacente a un implante.
- Variable resultado:
 - Presencia de Fractura Radicular Vertical (VRF)- caso.
 - Ausencia de Fractura Radicular Vertical (VRF)- control.

2.6 Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo univariado, que registró la distribución y frecuencia de las variables en referencia a los dos grupos casos y controles. Un apareamiento por tiempo de exposición fue realizado. Un análisis bivariado estimó con un 95% de confianza la asociación de riesgo entre los factores y la ocurrencia del evento VRF. Por el carácter categórico de las variables mediante un test de χ^2 de Pearson, se estableció la diferencia entre presentar la exposición y ser un caso o un control. Un modelo de regresión logística ajustado por las variables de confusión, estimó con un 5% de significancia, la asociación de riesgo y la probabilidad de ser un caso acorde a los factores de exposición. Todos los análisis fueron desarrollados con el software R, versión 3.1.3 (<http://www.r-project.org/>).

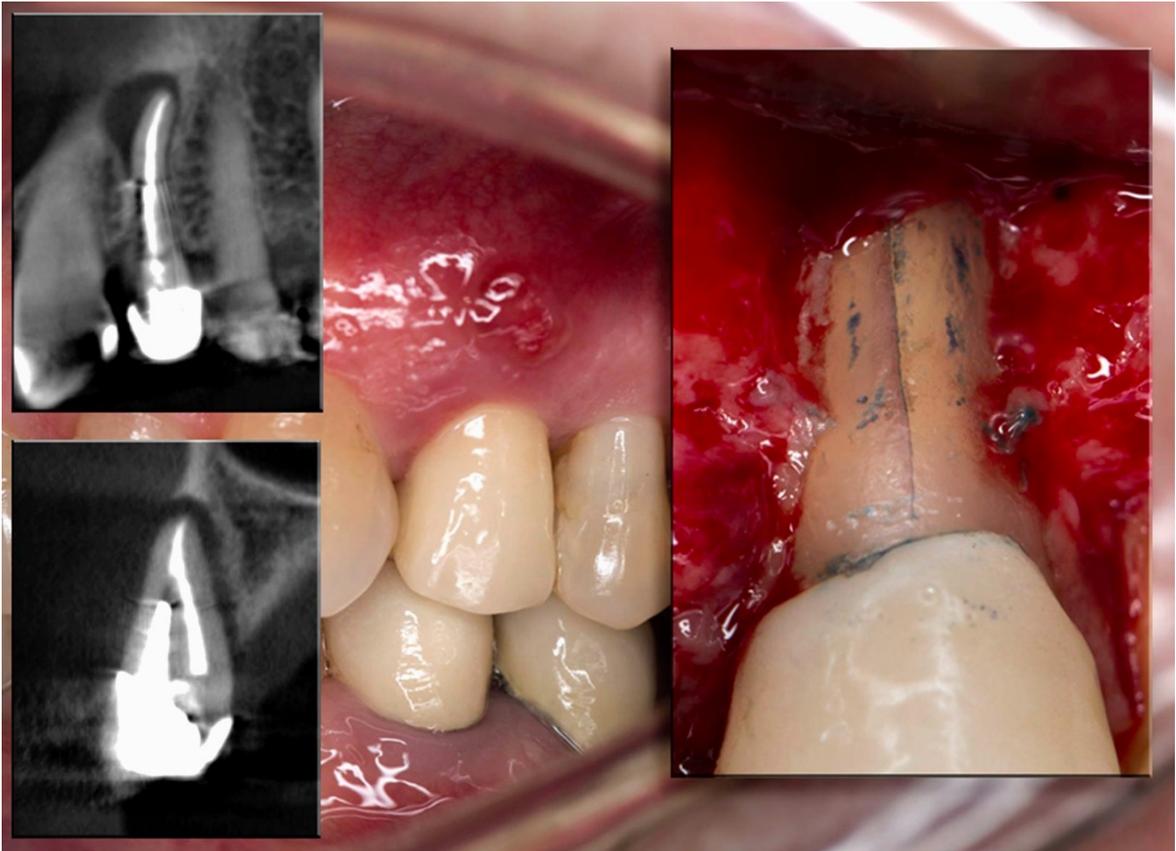


Figura 2. Imagen tomográfica y fotografía clínica que confirma el hallazgo de VRF.

3. Resultados

La población de estudio, estuvo conformada por un total de 481 asistentes al servicio de atención en los posgrados de Endodoncia de la FOUN y de la FdeO de la UdeA, que aportaron un total de 548 dientes. Finalmente, un total de 90 casos y 270 controles pertenecientes a 237 participantes, cumplieron con los criterios de elegibilidad. Por lo tanto, para las poblaciones de estudio, la prevalencia de VRF para dientes TE, fue del 16.42%.

El análisis univariado determinó la distribución por sexo, siendo la categoría mujer representada por un 64,43%, de las cuales un 88,36% eran mayores de 45 años. Para los hombres incluidos, un 79,68% fueron mayores de 45 años. En general, la distribución tanto de casos como controles se observa en la Tabla 1. La variable cuantitativa representada por el número de citas, determinó un promedio de 1,3 +/- 1 cita para todos los grupos analizados. El promedio de evaluación en años fue de 2.8, 7.6 y 13.12, para cada uno de los grupos. Para el análisis bivariado en general, el factor tipo de tratamiento endodóntico, y medicación intracanal, representaron la mayor tendencia de asociación para ser un caso o un control. Según las interpretaciones, los dientes con tratamiento endodóntico primario, presentaron una asociación mayor a ser control es decir a no presentar VRF 3,13 veces más, comparativamente con aquellos dientes sometidos a tratamientos endodónticos secundarios (Grupo 1). Para el Grupo 3, la utilización de medicación Intracanal, generó un riesgo seis veces mayor a presentar VRF, para tiempos de exposición entre 11 y 17 años.

El análisis multivariado, ajustado previamente a los factores de confusión, confirmó con un 95% de confianza, que el RTTO registró una mayor asociación al riesgo, respecto al tratamiento endodóntico primario, en el Grupo 1 (OR 12.19; CI, 3.64-40.81; P= 0.0000) y Grupo 2 (OR 4.28; CI, 1.077- 17.07; P= 0.0388). La cirugía apical, registró una tendencia de riesgo en comparación con el tratamiento endodóntico primario, Grupo 1 (OR 3.65; CI, 0.93- 14.27; P= 0.06), Grupo 2 (OR 4.76; CI, 0.80- 28.04; P= 0.085), sin embargo, este resultado no logró significancia estadística. Lo anterior explicado en términos de probabilidad, demuestra que aquellos dientes evaluados entre 1 y 5 años (Grupo 1), presentan una probabilidad del 10%, 30% o 60% de ser un caso, si presentan tratamiento endodóntico primario, cirugía apical o RTTO respectivamente. Figura 4A. Para el Grupo 2, los valores de probabilidad de ocurrencia de la VRF, aumentaron en 8% y 20%, para el tratamiento endodóntico primario y la cirugía apical. Contrario el riesgo del retratamiento se reduce en 12%. Figura 4B.

El factor “presencia de RI”, no representó un riesgo significativo a la VRF, (OR 0.22; CI, 0.084-0.57; P= 0.0019), (OR 0.26; CI, 0.09-0,78; P= 0,015) Figura 4C. Finalmente, la medicación intracanal generó mayor asociación al riesgo, (OR 8.55; CI, 2.063-35.47; P= 0.0031), aumentando en 64% la probabilidad de ocurrencia de VRF. Figura 4D.

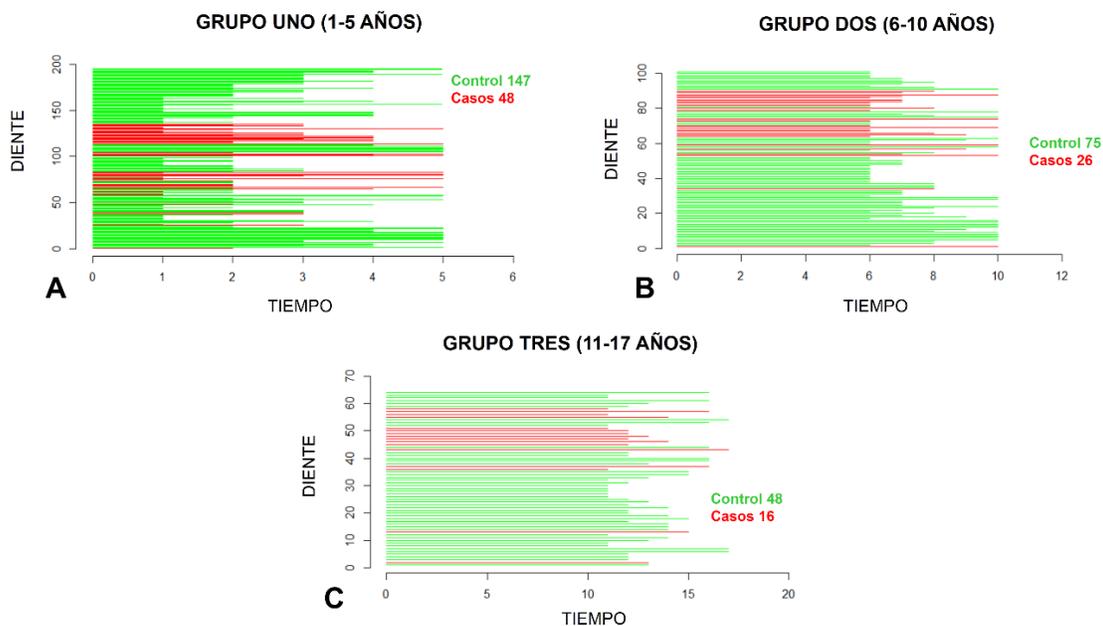


Figura 3. Análisis de Probabilidad de ser un caso o un control. A. B. C

Tabla 1. Distribución de los datos y valores de significancia.

| | Casos N (%) n=90 | Controles N (%) n=270 | Total (%) | Grupo | Odds ratio | P-valor | 95% CI |
|---|---------------------|--------------------------|-----------|-------|---------------|---------|------------|
| Edad (años) | | | | | | | |
| ≤ 45 | 6 (1.6) | 47(13.05) | 14.65 | | | | |
| > 45 | 84 (23.33) | 223 (61.94) | 85.27 | 1 | 0.32 | 0.08 | 0.09-1.14 |
| Sexo | | | | | | | |
| Femenino | 56 (15.55) | 176 (48.88) | 64.43 | | | | |
| Masculino | 34 (9.44) | 94 (26.11) | 35.55 | | | | |
| Diente | | | | | | | |
| Tipo de diente | | | | | | | |
| Anterior | 22 (6.11) | 104 (28.88) | 34.99 | | | | |
| Premolar | 30 (8.33) | 75 (20.83) | 29.16 | | | | |
| Molar | 38 (10.55) | 91 (25.27) | 35.82 | | | | |
| Ubicación | | | | | | | |
| Superior (Maxilar) | 52 (14.44) | 183 (50.83) | 65.27 | | | | |
| Inferior (Mandibular) | 38 (10.55) | 87 (24.16) | 34.71 | | | | |
| Tipo de tratamiento | | | | | | | |
| Endodoncia | | | | | | | |
| Tratamiento primario | 54 (15) | 219 (60.83) | 75.83 | | | | |
| Retratamiento | 27 (7.5) | 32 (8.88) | 16.38 | 1 | 12.19 | 0.00* | 3.64-40.81 |
| | | | | 2 | 4.28 | 0.03 | 1.07-17.07 |
| Cirugía apical | 9 (2.5) | 19 (5.27) | 7.77 | 1 | 3.65 | 0.06 | 0.93-14.27 |
| | | | | 2 | 4.76 | 0.08 | 0.80-28.04 |
| Citas | | | | | | | |
| Una | 60 (16.66) | 188 (52.22) | 68.88 | | | | |
| ≥2 | 30 (8.33) | 82 (22.77) | 31.1 | | | | |
| Medicación intraconducto | | | | | | | |
| Si | 28 (7.77) | 59 (16.38) | 24.15 | 3 | 8.55 | 0.00* | 2.06-35.47 |
| No | 62 (17.22) | 211 (58.61) | 75.83 | | | | |
| Nivel de obturación | | | | | | | |
| Sobreobturación | 8 (2.22) | 20 (5.55) | 7.77 | | | | |
| A ras con el ápice - 2 mm | 74 (20.55) | 232 (64.44) | 84.99 | | | | |
| > 2 mm | 8 (2.22) | 18 (5) | 7.22 | | | | |
| Restauración | | | | | | | |
| Directa | 24 (6.66) | 66 (18.33) | 24.99 | | | | |
| Indirecta | 66 (18.33) | 204 (56.66) | 74.99 | | | | |
| Rol de los dientes en la rehabilitación | | | | | | | |
| Pilar para prótesis parcial fija | 32 (8.88) | 72 (20) | 28.88 | | | | |
| Corona individual | 58 (16.11) | 198 (55) | 71.11 | | | | |
| Retenedor intraradicular | | | | | | | |
| Presente | 39 (10.83) | 165 (45.83) | 56.66 | 1 | 0.22 | 0.001* | 0.08-0.57 |
| | | | | 2 | 0.26 | 0.01 | 0.09-0.78 |
| Ausente | 51 (14.16) | 105 (29.16) | 43.32 | | | | |
| Diente con tratamiento endodóntico adyacente a un implante | | | | | | | |
| Si | 8 (2.22) | 13 (3.61) | 5.83 | | | | |
| No | 82 (22.77) | 257 (71.38) | 94.15 | | | | |

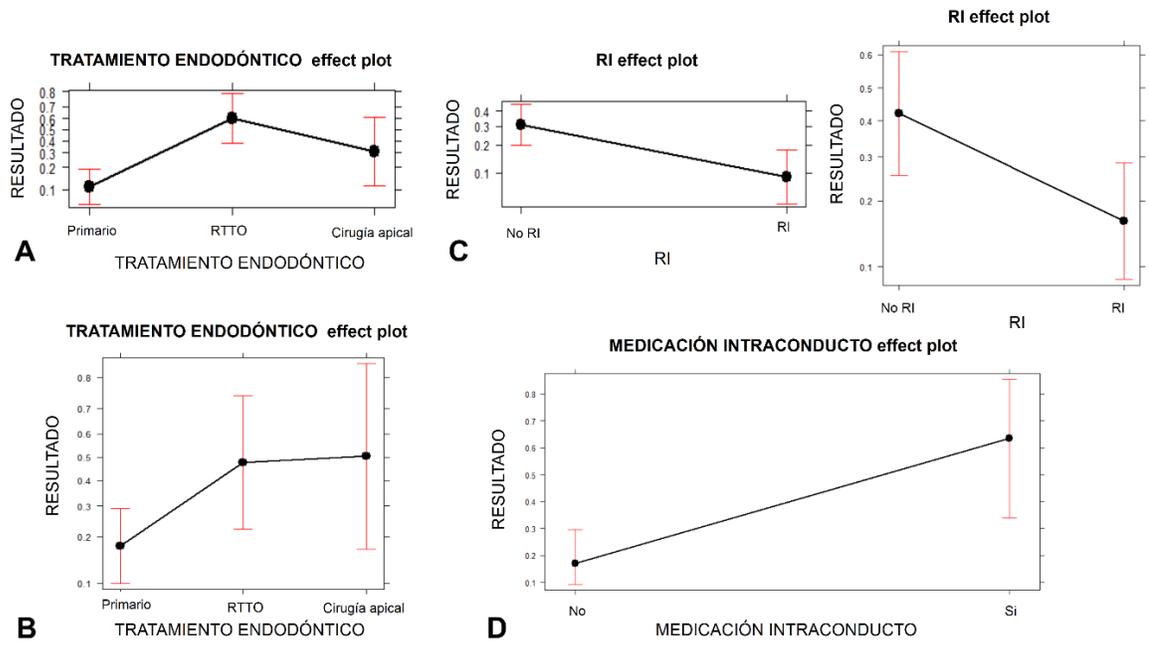


Figura 4. Análisis multivariado. A. Grupo1 tipo de tratamiento. B. Grupo 2 tipo de tratamiento. C. Grupos 1 y 2 presencia de RI. D. Grupo 3 medicación intraconducto.

4. Discusión

El propósito del presente estudio clínico de caso-control anidado a una cohorte, fue analizar clínica y radiográficamente, el efecto de diferentes factores clínicos y su relación con la ocurrencia de VRF en dientes TE. Dos poblaciones colombianas, analizadas, determinaron una prevalencia de VRF para dientes TE del 16,42%, resultado que está dentro del rango reportado en estudios previos, con 4.3 % al 20% (3-7). El presente estudio estableció una asociación de riesgo a ser un caso incidente, para los factores; tipo de tratamiento endodóntico (RTTO) y uso de medicación intraconducto, en dientes TE, evaluados entre 1 y 17 años.

Ajustando las observaciones a los factores inherentes al paciente o al diente, (sexo, edad, tipo y localización del diente), en los tres intervalos de tiempo observados, no se evidenció asociación significativa con la aparición de VRF. La literatura determina qué para el tipo de diente; ser un molar inferior, seguido de ser un premolar superior (21,44,45), aumenta significativamente ($P < 0.0001$), el riesgo de VRF, resultado que coincide con la distribución porcentual de los casos reportados en el presente trabajo, donde para los molares inferiores la frecuencia de VRF fue del 25.55% y para premolares superiores 21.11%, ocupando estas dos categorías el 46.66% del total de la muestra, sin embargo, esta diferencia no logró ser estadísticamente significativa en ninguna de las tres agrupaciones ($P = 0.06, 0.32, 0.38$).

Lo anterior, podría coincidir con las afirmaciones de Liao *et al.*, 2017 (15), quienes concluyen que la aparición de una VRF en dientes TE supera en 72% la ocurrencia en comparación con aquellos dientes sin tratamiento endodóntico previo. Esta observación sugiere, que la influencia del tratamiento endodóntico per se, llega a ser determinante para la ocurrencia del evento, confirmando que las características

inherentes al diente o al paciente en dientes TE, no resultan significativas. Los resultados en el presente trabajo determinaron que el RTTO aumenta la probabilidad de presentar una VRF entre un 60% y un 48%, en relación con las otras alternativas terapéuticas en endodoncia. Estos resultados coinciden con el estudio preliminar donde los dientes con RTTO registraron la mayor asociación al fracaso (OR: 8.01; $P = 0.0014$) (16). Resultado que debe ser analizado, en referencia a la toma de decisiones clínicas en endodoncia y la relevancia de un tratamiento endodóntico primario en adecuadas condiciones.

El resultado del tratamiento endodóntico, está condicionado al proceso de cicatrización (46,47), sin embargo, la permanencia de dientes TE, está mediada por los estudios de supervivencia (48,49). Según los resultados reportados por Lee et al (50), un 9% de los dientes con tratamiento endodóntico primario, fueron extraídos por presencia de fractura radicular, este resultado coincide con la probabilidad de ocurrencia registrada en el presente trabajo, para el tratamiento endodóntico primario 10% - 18%. Un reporte de supervivencia del 2015 (51), indicó que en general, para dientes TE, evaluados en diez años un 35.6% de los dientes extraídos presentaron fractura radicular, con lo anterior es posible comprender como la VRF, disminuye la permanencia del diente TE en boca, teniendo en cuenta que algunos estudios de supervivencia no confirman la presencia de VRF, acorde con lo establecido en la literatura (52,53).

En referencia al factor tipo de restauración, Guldener et al., 2017 (54), concluyeron en un análisis de supervivencia, que la presencia de RI con fibra de vidrio aumentaba la supervivencia del diente TE en un 4.7%. El presente trabajo, determinó que; la presencia de un RI, podría ser considerado un factor de asociación a ser un control Grupo 1(OR 0.22; CI, 0.084-0.57; P= 0.0019), Grupo 2(OR 0.26; CI, 0.09-0,78; P= 0,015), es decir, ausencia de VRF. Esta teoría confirmada por el estudio preliminar (16), va en contravía con el resultado de estudios in vitro, que identificaron factores asociados a la presencia de RI, como una amenaza potencial a la pérdida del diente TE (55-57), particularmente el RI de tipo colado (58). En el presente estudio clínico, los resultados no discriminaron el tipo RI utilizado.

En referencia al uso de medicación intracanal, el presente estudio concluyó que: los dientes con medicación Intracanal evaluados en un periodo de 11 a 17 años, presentaron una probabilidad significativa de VRF en un 60% de los casos (OR 8.55; CI, 2.063-35.47; P= 0.0031). Observación que alerta años de controversia en relación al uso o no de medicamentos tipo CaOH₂ al interior del conducto radicular (59,60). Es importante resaltar que en Endodoncia los reportes de éxito y supervivencia, son diferentes (61-63), más interesante resulta encontrar significancia al respecto, cuando se evalúa un diente TE entre 11 y 17 años. Este resultado, apoyado en estudios clínicos y en los resultados in vitro (33-36), podría en un momento dado resolver políticas de tratamiento en Endodoncia.

Finalmente, los factores asociados al tratamiento restaurativo, no representaron para las poblaciones analizadas ser un riesgo estadísticamente significativo.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Con las limitaciones de este estudio, se puede concluir que las condiciones inherentes al diente, al paciente y el tipo de restauración no representaron un riesgo significativo de VRF. La presencia de RI, se definió como un factor protector de no asociación a la VRF. El RTTO se considera un factor de riesgo que aumentó significativamente la probabilidad de ocurrencia de la VRF en dientes TE, evaluados entre 1 y 10 años. La medicación Intracanal generó una asociación al riesgo de VRF en dientes TE, evaluados entre 11 y 17 años.

5.2 Recomendaciones

Realizar nuevos estudios clínicos en los cuales se tengan en cuenta las variables uso de medicación intraconducto como posible factor de riesgo para la ocurrencia de la VRF, así como la presencia de retenedor intraradicular como factor de no asociación al riesgo de ocurrencia de VRF.

Bibliografía

1. Cracking the cracked tooth code: detection and treatment of various longitudinal tooth fractures. Endodontics: Colleagues for Excellence. Chicago: American Association of Endodontists; Summer 2008. Available at: https://www.aae.org/uploadedfiles/publications_and_research/endodontics_colleagues_for_excellence_newsletter/ecfesum08.pdf. Accessed July 09, 2017.
2. Rivera EM, Walton RE. Longitudinal tooth cracks and fractures: an update and review. Endodontic Topics 2015; 33: 14–42.
3. Fuss Z, Lustig J, Tamse A. Prevalence of vertical root fractures in extracted endodontically treated teeth. Int Endod J 1999; 32: 283–286.
4. Yehdua Z, Vadim S, Ron B, Robert S. Analysis of factors related to extraction of endodontically treated teeth. Oral Surg Oral Med Oral Radiol Endod 2008; 106: e31-e35.
5. Toure B, Faye B, Kane AW, Lo CM, Niang B, Boucher Y. Analysis of Reasons for Extraction of Endodontically Treated Teeth: A Prospective Study. J Endod 2011; 37: 1512–1515.
6. Tzimpoulas N, Alisafis M, Tzanetakos G, Kontakiotis E. A Prospective Study of the Extraction and Retention Incidence of Endodontically Treated Teeth with Uncertain Prognosis after Endodontic Referral. J Endod 2012; 38: 1326–1329.
7. Coppens CRM, DeMoor RJG. Prevalence of vertical root fractures in extracted endodontically treated teeth. Int Endod J 2003; 36: 926.
8. Uzunoglu E, Yilmaz Z, Erdogan O, Görduysus M. Final Irrigation Regimens Affect Fracture Resistance Values of Root-filled Teeth. J Endod 2016; 42 (3): 493-495.
9. Lertchirakarn V, Palamara JE, Messer HH. Load and strain during lateral condensation and vertical root fracture. J Endod 1999 Feb; 25(2): 99-104.

10. Chai H, Tamse A. Fracture mechanics analysis of vertical root fracture from condensation of gutta-percha. *Journal of Biomechanics* 2012; (45): 1673–1678.
11. Doyon GE, Dumsha T, von Fraunhofer JA. Fracture Resistance of Human Root Dentin Exposed to Intracanal Calcium Hydroxide. *J Endod* 2005; 31: 895-897.
12. Karygianni L, Krenzel M, Winter M, Stampf S, Wrbas KT. Comparative assessment of the incidence of vertical root fractures between conventional versus surgical endodontic retreatment. *Clin Oral Invest* 2014; 18: 2015–2021.
13. Rosen E, Beitlitum I, Tamse A, Taschieri S, Igor Tsesis I. Implant-associated Vertical Root Fracture in Adjacent Endodontically Treated Teeth: A Case Series and Systematic Review. *J Endod*. June 2016; 42(6): 948-952.
14. Chai H, Tamse A. The Effect of Isthmus on Vertical Root Fracture in Endodontically Treated Teeth. *J Endod*. 2015; 41(9): 1515-1519.
15. Liao WC, Tsai YL, Wang CY, Chang MC, Huang WL, Lin HJ, et al. Clinical and Radiographic Characteristics of Vertical Root Fractures in Endodontically and Nonendodontically Treated Teeth. *J Endod* 2017; 43: 687–693.
16. Garcia CC, Parra C, Quijano S, Molano N, Pineda GA, Marín DJ. Vertical root fractures in endodontically-treated teeth: A retrospective analysis of possible risk factors. *J Invest Clin Dent*. 2017: 1-8.
17. PradeepKumar AR, Shemesh H, Jothilatha S, Vijayabharathi R, Jayalakshmi S, Kishen A. Diagnosis of vertical root fractures in restored endodontically treated teeth: a time-dependent Retrospective cohort study. *J Endod*. 2016; 42: 1175-1180.
18. Walton RE. Vertical root fracture factors related to identification. *J Am Dent Assoc* 2017 ;148(2): 100-105.
19. Takeuchi N, Yamamoto T, Tomofuji T, et al. A retrospective study on the prognosis of teeth with root fracture in patients during the maintenance phase of periodontal therapy. *Dent Traumatol* 2009; 25: 332-337.

20. Tamse A, Kaffe I, Lustig, J Ganor Y, Fuss Z. Radiographic features of vertically fractured endodontically treated mesial roots of mandibular molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 101: 797–802.
21. Cohen S, Blanco L, Berman L. Vertical root fractures. Clinical and radiographic diagnosis. *J Am Dent Assoc* 2003; 134: 434 – 41.
22. Talwar S, MDS, Utneja S, Nawal RR, Kaushik A, Srivastava D, Oberoy SS. Role of Cone-beam Computed Tomography in Diagnosis of Vertical Root Fractures: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod* 2016; 42: 12–24.
23. Makeeva IM, Byakova SF, Novozhilova NE, Adzhieva EK, Golubeva GI, Grachev VI, Kasatkina IV. Detection of artificially induced vertical root fractures of different widths by cone beam computed tomography in vitro and in vivo. *International Endodontic Journal* 2016; 49: 980–989.
24. Chang E, Lam E, Shah P, Azarpazhooh A. Cone-beam Computed Tomography for Detecting Vertical Root Fractures in Endodontically Treated Teeth: A Systematic Review. *J Endod* 2016; 42: 177–185.
25. Sugaya T, Inoue K, Tanaka S, Miyaji H, Sakagami R, Kawamami M. Comparison of fracture sites and post lengths in longitudinal root fractures. *J Endod.* 2015; 41(1): 159-63.
26. Chan CP, Lin CP, Tseng SC, et al. Vertical root fracture in endodontically versus nonendodontically treated teeth: a survey of 315 cases in Chinese patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999; 87: 504-7.
27. Yan W, Montoya C, Øilo M, Ossa A, Paranjpe A, Zhang H, Arola D. Reduction in Fracture Resistance of the Root with Aging. *J Endod* 2017; 43: 1494–1498.
28. Lertchirakarn V, Palamara JE, Messer HH. Patterns of vertical root fracture: factors affecting stress distribution in the root canal. *J Endod* 2003; 29: 523-528.
29. Shemesh H, Roeleveld AC, Wesselink PR, Wu MK. Damage to root dentin during retreatment procedures. *J Endod* 2011; 37: 63-6.

30. Souza EM, Calixto AM, DDS, Nara e Lima C, Geraldo Pappen F, De-Deus G. Similar Influence of Stabilized Alkaline and Neutral Sodium Hypochlorite Solutions on the Fracture Resistance of Root Canal–treated Bovine Teeth. *J Endod* 2014; 40: 1600–1603.
31. Mareending M, Luder HU, Brunner TJ, Knecht S, Stark WJ, Zehnder M. Effect of sodium hypochlorite on human root dentine—mechanical, chemical and structural evaluation. *Int Endod J* 2007; 40: 786–793.
32. Uzunoglu E, Aktemur S, Uyanik MO, Durmaz V, Nagas E. Effect of ethylenediaminetetraacetic acid on root fracture with respect to concentration at different time exposures. *J Endod* 2012; 38: 1110–1113.
33. White JD, Lacefield WR, Chavers LS, Eleazer PD. The Effect of Three Commonly Used Endodontic Materials on the Strength and Hardness of Root Dentin. *J Endod* 2002; 28 (12): 828-830.
34. Rosenberg B, Murray PE, Namerow, K. The effect of calcium hydroxide root filling on dentin fracture strength. *Dental Traumatology* 2007; 23: 26–29.
35. Zarei M, Afkhami F, Poor MZ. Fracture resistance of human root dentin exposed to calcium hydroxide intervisit medication at various time periods: an in vitro study. *Dental Traumatology* 2013; 29: 156–160.
36. Yassen GH, Platt JA. The effect of nonsetting calcium hydroxide on root fracture and mechanical properties of radicular dentine: a systematic review. *Int Endod J*. 2013;46(2):112-8.
37. Hawkins JJ, Torabinejad M, Li Y, Retamozo B. Effect of three calcium hydroxide formulations on fracture resistance of dentin over time. *Dental Traumatology* 2015; 31: 380–384.
38. Salehrabi R, Rotstein I. Endodontic treatment outcomes in a large patient population in the USA: an epidemiological study. *J Endod* 2004; 30: 846–850.
39. Sterzenbach G, Franke A, Naumann M, et al. Rigid versus Flexible Dentine-like Endodontic Posts— Clinical Testing of a Biomechanical Concept: Seven-year Results of a Randomized Controlled Clinical Pilot Trial on Endodontically Treated Abutment Teeth with Severe Hard Tissue Loss. *J Endod* 2012; 38: 1557-63.

40. Fleiss, Métodos Estadísticos para Relaciones y Proporciones, fórmulas 3.18, 3.19. Resultados de OpenEpi, versión 3, la calculadora de código abierto SSCohort.
41. Marroquín TY, García CC. Guía de diagnóstico clínico para patologías pulpares y periapicales. Versión adaptada y actualizada del Consensus Conference Recommended Diagnostic Terminology, publicado por la Asociación Americana de Endodoncia (2009). Rev Fac Odontol Univ Antioq 2015; (26)2: 398-424.
42. Gluskin A. Retreatment of non-healing endodontic therapy and management of mishaps. In: Ingle JI, Bakland LK, Baumgartner JC, eds. Ingle's endodontics. 6th ed. Hamilton, Ontario, Canada: BC Decker Inc; 2008: 1088–1160.
43. Robia G. Comparative Radiographic Assessment of Root Canal Obturation Quality: Manual Verses Rotary Canal Preparation Technique. Int J Biomed Sci. 2014;10(2): 136-142.
44. Cohen S, Berman LH, Blanco L, Bakland L, Kim JS. A Demographic Analysis of Vertical Root Fractures. J Endod 2006; 32: 1160–1163.
45. Cameron CE. Cracked-tooth syndrome. J Am Dent Assoc 1964; 68: 405–11.
46. Azim A, Griggs J, Huang G. The Tennessee study: factors affecting treatment outcome and healing time following nonsurgical root canal treatment. Int Endod J. 2016; 49: 6–16.
47. Cunha S, Alves J, Moreira G, Brito-Júnior M, Nogueira A, Magalhães C. Radiographic Parameters of Quality of Root Canal Fillings and Periapical Status: A Retrospective Cohort Study. J Endod 2010; 36(12): 1932–7.
48. Kang SH, Kim BS, Kim Y. Cracked Teeth: Distribution, Characteristics, and Survival after Root Canal Treatment. J Endod 2016; 42: 557–562.
49. Petersson K, Fransson H, Wolf E, Hakansson JH. Twenty-year follow-up of root filled teeth in a Swedish population receiving high-cost dental care. Int Endod J 2016; 49(7): 636-45.
50. Lee ACH, Cheung, Wong MCM. Long-term outcome of primary non-surgical root canal treatment. Clin Oral Invest 2012; 16:1607–1617.

51. Borén DL, Jonasson P, Kvist T. Long-term Survival of Endodontically Treated Teeth at a Public Dental Specialist Clinic. *J Endod* 2015; 41:176–181.
52. Chen SC, Chueh LH, Hsiao CK, Wu HP, Chiang CP. First Untoward Events and Reasons for Tooth Extraction after Nonsurgical Endodontic Treatment in Taiwan. *J Endod* 2008; 34: 671–674.
53. Fransson H, Dawson VS, Fredrik Frisk F, et al. Survival of Root-filled Teeth in the Swedish Adult Population. *J Endod* 2016; 42: 216–220.
54. Guldener KA, Lanzrein CL, Siegrist Guldener BE, Lang NP, Ramseier CA, PD, Salvi GE. Long-term Clinical Outcomes of Endodontically Treated Teeth Restored with or without Fiber Post-retained Single-unit R. *J Endod* 2017;43:188–193).
55. Juloski J, Radovic I, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari. Ferrule effect: a literature review. *J Endod* 2012; 38(1): 11-9.
56. Ona M, Wakabayashi N, Yamazaki Y, Takaichi A, Igarashi Y. The influence of elastic modulus mismatch between tooth and post and core restorations on root fracture. *Int Endod J* 2013 Jan; 46(1): 47-52.
57. Naumann M, Sterzenbach G, Rosentritt M, et al. Is adhesive cementation of endodontic posts necessary?. *J Endod* 2008; 34(8): 1006-10.
58. Alharbi FA, Nathanson D, Morgano SM, Baba NZ. Fracture resistance and failure mode of fatigued endodontically treated teeth restored with fiber-reinforced resin posts and metallic posts in vitro. *Dental Traumatology* 2014; 30: 317–325.
59. Ricucci D, Russo J, Rutberg M, et al. A prospective cohort study of endodontic treatments of 1,369 root canals: results after 5 years. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011; 112: 825-842.
60. Su Y, Wang C, Ye L. Healing Rate and Post-obturation Pain of Single-versus Multiple-visit Endodontic Treatment for Infected Root Canals: A Systematic Review. *J Endod* 2011; 37: 125–132.
61. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Tooth survival following non-surgical root canal treatment: a systematic review of the literature. *Int Endod J* 2010; 43(3): 171-89.

62. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature – Part 1. Effects of study characteristics on probability of success. *Int Endod J* 2007; 40, 921–939.
63. Ng LY, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of non-surgical root canal treatment: part 2: tooth survival. *Int Endod J* 2011; 44 (7): 610 - 25.