



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

FO
FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

TRABAJO FINAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN ENDODONCIA

**FRACTURA RADICULAR HORIZONTAL:
DIAGNÓSTICO, MANEJO CLÍNICO Y
CONTROL A DISTANCIA**

Alumna: Od. Valeria Videla Gómez

Director: Prof. Esp. Julio Caram

Mendoza, Junio 2020

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al maravilloso grupo de docentes y profesionales de esta especialidad que con su conocimiento y sus grandes corazones han hecho posible este aprendizaje de la mejor manera.

Al Dr. Julio Caram por su paciencia, conocimientos y por ser mi guía en esta tesina.

A mis compañeros y colegas por el hermoso grupo que se creó.

Y a mi familia por apoyarme en todas mis metas y aprendizaje.

INDICE

Resumen.....	pág.4
Introducción.....	pág.5
Caso clínico.....	pág.14
Discusión.....	pág.18
Conclusión.....	pág.24
Bibliografía.....	pág.25

RESUMEN

Los traumatismos dentarios, son aquellas lesiones ocasionadas por un golpe externo de mayor o menor intensidad, que pueden provocar lesión en tejidos duros y blandos, y son considerados una urgencia dentro de la práctica odontológica, por lo tanto, deben ser tratados con inmediatez. Como ocurren con mayor frecuencia en el sector de los incisivos superiores implican un compromiso estético.

Las fracturas radiculares, son poco frecuentes, pero se han estudiado de una manera amplia y detallada en lo que respecta a su diagnóstico, clasificación, sintomatología, tratamiento, pronóstico y prevención. Éstas pueden ser horizontales, verticales u oblicuas. A su vez las horizontales se pueden localizar en el tercio apical, medio y coronal.

El objetivo de este trabajo es analizar el caso de un paciente con fracturas horizontales en el tercio medio radicular de los incisivos centrales superiores, describir el diagnóstico, las terapéuticas aplicadas y estimar el efecto de los factores del tratamiento sobre la curación.

Se presenta a la consulta un paciente de 18 años de edad que durante una práctica deportiva refirió haber sufrido un golpe y como consecuencia del mismo se produjo un leve desplazamiento hacia palatino del elemento 11. El mismo día es asistido en una sala de urgencias donde le realizaron la apertura de dicho elemento.

INTRODUCCIÓN

El Traumatismo dentoalveolar es una injuria que resulta de una causa externa, que involucra el diente, la porción alveolar del maxilar o mandíbula y los tejidos blandos adyacentes. Se caracterizan por su naturaleza aguda y deben ser consideradas como urgencias (Andreasen *et al.*, 1970).

Las fracturas radiculares que involucran dentina, cemento y pulpa, son poco frecuentes dentro de los traumas dentales, y comprenden 0.5 a 7% de las lesiones que afectan la dentición permanente, y 2 al 4% en la dentición primaria (Andreasen *et al.*, 1979). Afecta a la región facial, lo cual conlleva un compromiso estético, social y funcional, frecuentemente se lo asocia con dolor, por lo tanto requiere tratamiento y resolución rápida. Las causas frecuentes corresponden a las prácticas deportivas, e impactos de cuerpos extraños que inciden sobre las estructuras bucales (Andreasen, 1979).

Afectan principalmente el sector antero superior, y suelen ser el resultado de un impacto directo, tienen pronóstico desfavorable, lo que aumenta la importancia de un diagnóstico inicial preciso. En pacientes jóvenes, con los incisivos permanentes en varias etapas de erupción y con un desarrollo incompleto de la raíz, las fracturas de la raíz son inusuales (Andreasen *et al.*, 1967). Este hallazgo posiblemente esté relacionado con la elasticidad de la cavidad alveolar que hace que dichos dientes sean más susceptibles a las lesiones de luxación que a las fracturas (Jacobsen *et al.*, 1976). Las fracturas radiculares que implican la dentición permanente afectan predominantemente la región incisiva central superior en el grupo de edad de 11 a 20 años. En la dentición primaria, las fracturas radiculares son poco frecuentes, pero más frecuentes a la edad de 3 a 4 años, cuando ha comenzado la reabsorción fisiológica de la raíz, lo que debilita la parte apical de la misma. (Dynesén *et al.*, 1973).

Al examen clínico, es frecuente observar un diente ligeramente extruido, y con desplazamiento palatino o lingual. El sitio de la fractura determina el grado de movilidad de la pieza afectada, pero resulta difícil distinguir clínicamente entre el desplazamiento debido a una fractura de raíz y una lesión por luxación. El diagnóstico depende completamente del examen radiográfico.

Frecuentemente el trazo de fractura se presenta en forma oblicua, y al ser coincidente con la dirección del haz de rayos, permitirá observarla con nitidez. Se deben tomar dos radiografías periapicales adicionales, la primera con una angulación aumentada de 15 ° y la segunda con una angulación negativa de 15 ° con respecto a la original (Degering, 1970).

En varios estudios se ha demostrado que múltiples proyecciones radiográficas aumentan la posibilidad de detección de fracturas de raíz (Andreasen *et al.*, 1989).

Si el haz de rayos X no sigue en forma paralela a la línea de fractura, esta no se hará visible radiográficamente (Orhan *et al.*, 2010).

Mientras que la radiografía convencional ofrece una información limitada para el diagnóstico, la tomografía computarizada (CBCT) nos proporciona una imagen que permite complementar aquella en el hallazgo de fracturas.

La CBCT puede descartar falsos negativos, es decir, una sospecha de fractura que no se visualiza con la radiografía convencional (May *et al.*, 2013).

Este tipo de fracturas ocasionalmente no se detectan inmediatamente después del trauma, pero son claramente visibles días posteriores (Sundvall *et al.*, 1964). Esto se debe a la presencia de hemorragia o tejido de granulación que produce una separación de los fragmentos, o debido a un proceso de remodelación reabsortiva en la zona de la fractura (Andreasen *et al.*, 1989). Se clasifican de acuerdo con su ubicación en tercio apical, tercio medio y tercio coronal de la raíz (Andreasen., *et al* 2018).

Esta clasificación es útil porque el manejo y el pronóstico varían según su ubicación. Aquellas localizadas en el tercio apical y medio tienen mejor pronóstico, a diferencia de las del tercio coronal que requieren una terapéutica más compleja.

También el tratamiento y pronóstico dependen de su ubicación con respecto al nivel de la cresta ósea. Aquellas que se encuentran subcrestales (dentro de la cavidad ósea), tienen mejor pronóstico que aquellas ubicados supracrestalmente. En estas, la ausencia de tejido óseo, la falta de ligamento periodontal que permitan retener el fragmento coronal y la comunicación con bacterias orales, hacen inviable cualquier tratamiento conservador (Andreasen, 1981).

En 2019 Abbott, propone la siguiente clasificación: (**Fig. 1**).

1. El tercio apical de la raíz del diente.
2. El tercio medio de la raíz del diente.
3. El tercio coronal de la raíz del diente subcrestal o supracrestal.

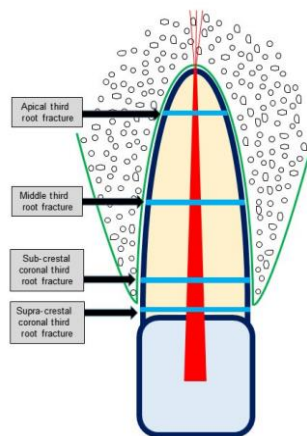


Fig 1. Diagrama esquemático de la ubicación de fracturas radiculares apical, media y coronal, dividido en subcategorías de fracturas subcrestales y supracrestales. Tomado de Paul V. Abbott, Comprehensive review., Journal Dental Traumatology., 2019

En el proceso de cicatrización intervienen el tejido pulpar sano y el ligamento periodontal adyacente a la lesión, representando dos tipos de respuestas biológicas (Bevelander *et al.*, 1942).

Estos procesos ocurren independientemente uno del otro, e incluso son competitivos en su esfuerzo por cerrar el sitio de la lesión con tejido pulpar o periodontal.

En el lado pulpar de la fractura, pueden ocurrir dos eventos de curación, dependiendo de la integridad de la pulpa. Si se encuentra intacta (sin desplazamiento del fragmento coronal), reaccionará de manera análoga a una exposición pulpar coronal en condiciones óptimas (es decir, con un suministro vascular intacto y ausencia de infección). Las células progenitoras de odontoblastos serán reclutadas y crearán un pequeño puente de dentina que unirá los fragmentos apicales y coronales en un periodo

de dos semanas. Este puente forma el callo inicial y podría estabilizar la fractura si es seguida por la deposición de cemento derivado del tejido periodontal, primero centralmente y luego obliterando gradualmente el sitio de fractura (Hammer, 1939).

La unión de los fragmentos radiculares fracturados no puede diagnosticarse radiográficamente antes de los 3 meses posteriores a la lesión y su reparación puede tardar varios años en completarse (Andreasen *et al.*, 1988).

En el caso de sección o de estiramiento del paquete vascular por desplazamiento del fragmento coronal, se inicia un proceso de revascularización en la zona de la pulpa coronal (Jin *et al.*, 1996).

En ausencia de bacterias, este proceso dará como resultado la obliteración del canal pulpar coronal. Mientras este proceso de revascularización está en marcha, las células derivadas del periodonto pueden continuar con el proceso cicatrizal con interposición de tejido conectivo en un intento por unir los cabos de fractura (Andreasen *et al.*, 1989).

Finalmente, si las bacterias acceden a la cavidad pulpar, a través de dentina expuesta consecuencia de una fractura coronal, túbulos dentinarios o por el ligamento periodontal afectado, la pulpa se mortificará y como consecuencia de esto, un tejido granulomatoso se ubicará entre los cabos coronal y apical (Delivanis *et al.*, 1984).

Durante las etapas iniciales de la cicatrización, los tejidos traumatizados pueden estimular una respuesta inflamatoria y desencadenar la liberación de factores inmunes que activan la presencia de osteoclastos en el sitio de la lesión (Andreasen *et al.*, 1988).

Los procesos de reparación pueden ser detectados dentro del primer año posterior al trauma, el cabo apical sufre procesos de remodelación, y los clastos son los responsables de este proceso reabsortivo. Frecuentemente se observará cómo se suavizaron los bordes agudos transformando el cabo apical en una forma redondeada y el canal calcificado.

En la parte apical del cabo coronal puede observarse una reabsorción en forma de túnel y los bordes de la fractura suavizados (Andreasen *et al.*, 1988).

Durante el proceso de reparación se distinguen tres etapas de reabsorción: primero, un redondeamiento de los bordes proximales de la fractura en el lado periodontal de la misma, en segundo lugar, una reabsorción interna suavizando los bordes centralmente,

en el lado pulpar de la fractura. Y por último una reabsorción en túnel, que se esconde detrás de la capa de preentina y a lo largo de las paredes del conducto radicular del fragmento coronal (Andreasen *et al.*, 1988).

Se ha demostrado histológicamente la presencia de tejidos duros uniendo los cabos de fractura (Engelhardt *et al.*, 1959).

La naturaleza de estos tejidos es diversa, dentina (Schulze *et al.*, 1957), osteodentina (Arwill, 1962), y cemento (Bouyssou *et al.*, 1956), en el sitio de reparación.

Frecuentemente la capa de reparación interna es dentina, mientras que la parte más periférica de la fractura se repara de forma incompleta con cemento (Engelhardt *et al.*, 1959).

La primera capa de dentina a menudo es celular y atubular, seguida más tarde por dentina tubular normal (Ottolengui *et al.*, 1927).

La deposición de cemento en la zona externa de la fractura suele ir precedida de procesos de reabsorción tanto central como periférica. Este cemento tendrá intercalado tejido conectivo procedente del ligamento periodontal. Esto explicaría la presencia apenas perceptible radiográficamente de una línea separando los cabos, aunque los fragmentos están consolidados (Andreasen; Andreasen 1988).

Otro mecanismo biológico de reparación es a través de la interposición del tejido conectivo. Este tipo de curación está relacionado con una lesión pulpar moderada (extrusión o luxación lateral de la corona), y son las células del ligamento periodontal quienes participan de este proceso reparativo (Andreasen *et al.*, 1967).

Histológicamente, esto se caracteriza por la presencia de tejido conectivo entre los fragmentos con fibras que corren paralelas a la superficie de fractura o de un fragmento a otro. Las superficies de fractura están cubiertas por cemento, a menudo depositado después de la reabsorción inicial (Bennett *et al.*, 1959). El depósito de dentina secundaria modelará un nuevo foramen a nivel de la fractura (Pritchard *et al.*, 1933). El ancho del espacio periodontal alrededor de los fragmentos refleja la actividad funcional de los dos fragmentos. El espacio periodontal que rodea el fragmento apical es estrecho, con fibras orientadas paralelas a la superficie de la raíz, mientras que el espacio alrededor del fragmento coronal es amplio, con disposición normal de la fibra (Pindborg, Kronfeld, 1955).

Las características radiográficas en este tipo de curación consisten en el redondeo periférico de los bordes de la fractura y una línea radiolúcida que separa los fragmentos (Andreasen, Andreasen, 1988), y frecuentemente la obliteración del canal pulpar de los fragmentos apical y coronal del conducto radicular (Andreasen *et al.*, 1989).

La interposición de hueso y tejido conectivo es considerada una variable positiva de curación, histológicamente, se observa la interposición de un puente óseo y tejido conectivo entre los fragmentos apical y coronal. Este modo de curación es el resultado de un traumatismo antes del desarrollo completo del proceso alveolar, donde el fragmento coronal continúa su erupción, mientras que el apical permanece estacionario (Andreasen, Hjørting-Hansen, 1967).

Radiográficamente, se ve un puente óseo que separa los fragmentos, con un espacio periodontal alrededor de ambos fragmentos.

La obliteración total del canal pulpar de los conductos radiculares en ambos fragmentos es un hallazgo común. Clínicamente, pueden presentar una ligera movilidad y una débil respuesta a las pruebas de percusión. Las respuestas a las pruebas de sensibilidad suelen estar dentro del rango normal (Andreasen *et al.*, 1967). En estudios clínicos de incisivos permanentes con fractura radicular, se encontró obliteración del canal pulpar en 69-73% (Zachrisson *et al.*, 1975). La obliteración parcial del canal pulpar se observa con mayor frecuencia en el fragmento apical, cuando ocurre en la parte coronal dicha obliteración se extiende 1 a 2 mm dentro de la luz del conducto. También puede observarse una disminución uniforme del tamaño de toda la cavidad pulpar, lo que puede llevar a su obliteración total. Ambos tipos de calcificaciones progresan a la misma velocidad y normalmente están muy avanzados después de 9 a 12 meses y se completará en 1 a 2 años (Jacobsen, Zachrisson, 1975). Las pruebas térmicas con frío se llevan a cabo generalmente con barras de CO₂ (-78oC) o con una torunda de algodón con spray de cloruro de etilo (-50oC) (Fuss *et al.*, 1986).

Estas pruebas tienen un valor especial cuando se realizan inmediatamente posterior al traumatismo, porque dependiendo de su resultado podremos hacer una predicción del estado de salud pulpar futuro. La falta de respuesta no debe interpretarse como una

pulpa necrótica, sino de daño pulpar posiblemente transitorio, pero es un dato a considerar en controles futuros (Andreasen *et al.*, 1987).

La frecuencia de necrosis pulpar luego de este tipo de fracturas es baja, es más probable que sobreviva, a diferencia que a una lesión por luxación. Estudios realizados por Andreasen (1989), informan una frecuencia de mortificación pulpar del 4%. Teniendo en cuenta este pronóstico, se enfatiza la recomendación de no extraer la pulpa como tratamiento de emergencia, en cambio se debe adoptar un enfoque conservador, controles clínicos y radiográficos para visualizar si en el futuro aparecen síntomas y/o signos que indiquen que estamos en presencia de un proceso pulpar irreversible.

No existe ninguna ventaja ni evidencia como para realizar una endodoncia como medida preventiva. Tal enfoque está contraindicado porque eliminar el tejido pulpar privaría la reparación interna con tejido calcificado (Abbott, 2019).

La pulpa tiene más probabilidades de sobrevivir después de una fractura radicular que de una luxación sin fractura, esto se debe al proceso de revascularización desde el ligamento periodontal (Kronfeld *et al.*, 1936).

La supervivencia de la pulpa depende de la edad del paciente en el momento del trauma, dientes más jóvenes tienen mejor pronóstico, esto es probable debido a su mayor vascularización.

Es factible observar la presencia de tejido de granulación interpuesto entre los cabos, esto indicaría la presencia de tejido pulpar necrótico. Este es responsable de los cambios inflamatorios a lo largo de la línea de fractura (Andreasen *et al.*, 1967).

Se recomienda la inmovilización después de reposicionar el o los elementos para estabilizar los mismos y para optimizar los resultados curativos de la pulpa y/o el ligamento periodontal (Oikarinen, 2007). El uso de férulas flexibles surgió cuando la experimentación en animales reportó una menor incidencia de anquilosis cuando los dientes fueron sometidos a fuerzas masticatorias (Andersson *et al.*, 1985), lo que sugiere que las férulas deben proporcionar un movimiento funcional en dientes traumatizados. Una férula flexible permite un movimiento funcional en contraste con una férula rígida donde se encuentran inmovilizados. Una revisión sistemática reciente sobre dientes autotransplantados informaron que la tasa de anquilosis fue tres veces mayor con férulas de alambre y resina comparadas con férulas con hilo de sutura, lo

que sugiere la importancia del movimiento fisiológico en los resultados de cicatrización (Chung, 2014). Otro estudio mostró que luego de ferulizar durante solo una semana, clínicamente habían perdido la movilidad (Andreasen, 1975), lo que indicaba que se podrían considerar tiempos de inmovilización más cortos. Como consecuencia de estos y otros estudios, las directrices de la Asociación Internacional de Traumatología Dental recomienda férulas flexibles en lugar de rígidas y empleadas por períodos más cortos (IADT, 2013), (Oikarinen *et al.*, 2007; Chung *et.*, al 2014). Con respecto al tratamiento, la bibliografía actual recomienda el reposicionamiento, si existe algún desplazamiento, y el uso de férulas flexibles.

Después de la reposición se debe controlar la oclusión, efectuar una toma radiográfica para verificar la ubicación correcta, y colocar una férula lábil durante cuatro semanas. Si en el control realizado al mes, el paciente se encuentra asintomático, se puede remover la férula, pero si la movilidad sigue presente, es aconsejado mantener ferulizado otras cuatro semanas para permitir la cicatrización del ligamento periodontal. Se deben indicar controles a los 6 meses, al año y anualmente por 5 años (IADT Guidelines, 2007); (Flores, Andersson *et al.*, 2007).

Las férulas de alambre y composite son las más usadas en la práctica clínica y son flexibles cuando el alambre tiene un diámetro no mayor de 0.3- 0.4 mm (Oikarinen, 1988). Se han utilizado muchos tipos de férulas las cuales idealmente deben cumplir ciertos requisitos: deberían permitir la reinserción del ligamento periodontal y evitar el riesgo de traumas adicionales o la deglución de un diente suelto, ser fácilmente aplicable y eliminada sin trauma adicional o daño a los dientes y tejidos blandos circundantes, estabilizar el o los dientes lesionados en su posición correcta y mantener una estabilización adecuada durante todo el período de ferulización, permitir la movilidad fisiológica de los dientes para ayudar a la cicatrización del ligamento periodontal, no irritar los tejidos blandos, permitir pruebas de sensibilidad de la pulpa y acceso para la endodoncia, permitir una higiene bucal adecuada, no interferir con los movimientos oclusales, preferentemente tener aspecto estético y brindar comodidad al paciente (Andreasen, 1972).

La proximidad de la fractura radicular al reborde gingival puede indicar un tratamiento no conservador, una opción es la extracción del fragmento coronal y la posterior

extrusión quirúrgica u ortodóntica del fragmento alojado en el alvéolo, para luego reconstruir protéticamente (Heithersay, 1973).

El objetivo de este trabajo es analizar el caso de un paciente con fracturas horizontales en el tercio medio radicular de los incisivos centrales superiores, y describir las terapéuticas aplicadas.

CASO CLÍNICO

Paciente de sexo masculino de 18 años de edad, durante una práctica deportiva refirió haber sufrido un golpe, y como consecuencia del mismo se produjo un leve desplazamiento hacia palatino del elemento 11, inmediatamente ejerciendo presión con su dedo pulgar sobre la cara palatina lo llevó a posición. El mismo día es asistido en una sala de urgencias donde tomaron una radiografía y realizaron la apertura del elemento 11 (**Fig. 2**).



Fig. 2. Radiografía preoperatoria

Dos semanas después asiste a la Carrera de Especialización en Endodoncia, Facultad de Odontología, U.N. de Cuyo. No presentó antecedentes sistémicos de relevancia. Al examen clínico extraoral no se observaron alteraciones. Al examen intraoral se observó movilidad grado 1, correcta ubicación de los elementos y apertura por palatino en el elemento 11. Se realizaron dos tomas radiográficas donde observamos fractura radicular en el tercio medio en los elementos 11 y 21.

Se realizan pruebas de sensibilidad térmica con frío -50 grados (Endo Ice) en el elemento 21 y su respuesta fue negativa.

Se decidió realizar endodoncia en el elemento 11 en 2 sesiones, con medicación intermedia de hidróxido de calcio, control de la pieza 21 y ferulizar el sector anterosuperior de canino a canino.

Luego de la anestesia y aislamiento, se corrigió la apertura y se realizó conductometría radiográfica, estableciendo la longitud de trabajo a 16 mm, medio milímetro antes del trazo de fractura (**Fig.3**).



Fig. 3 Radiografía conductométría

La preparación del cabo coronal se realizó en forma manual con limas K hasta el calibre 60, y se practicó irrigación y aspiración con hipoclorito de sodio al 5,25%. Luego de secar el canal, fue obturado con pasta de hidróxido de calcio y la cavidad de acceso con ionómero vítreo. Se colocó una férula labial desde el elemento 13 al 23. Fue confeccionada con alambre de ortodoncia de 0.3mm y adherida con composite (**Fig.4**).



Fig. 4. Hidróxido de calcio

Se citó al paciente a los 15 días, se retiró el hidróxido de calcio mediante lavajes con hipoclorito de sodio al 5,25% y se obturó con la técnica de condensación lateral y como sellador, cemento de Grossman. La cavidad de acceso se selló con ionómero vítreo tipo II (**Fig. 5**).

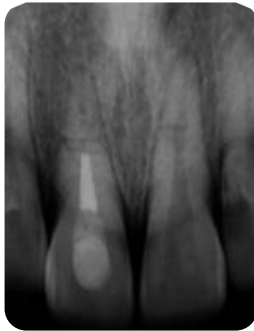


Fig. 5. Radiografía postoperatoria

El paciente es citado a los 28 días, donde se retiró la férula (**Fig. 6**). Las pruebas de sensibilidad en el elemento 21 continúan negativa.

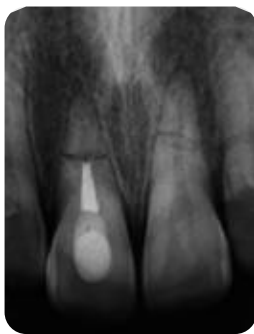


Fig. 6. Retiro de férula

En el control realizado 12 meses posterior al traumatismo, en el elemento 11 se observó radiográficamente la formación de un callo cicatrizal en la zona de la fractura, el espacio periodontal normal, y clínicamente sin movilidad ni síntomas.



Fig. 7. Radiografía control al año

Las pruebas de sensibilidad en el elemento 21 fueron positivas, el espacio periodontal normal, clínicamente asintomático y sin movilidad (**Fig. 7**).

DISCUSIÓN

Los traumatismos dentoalveolares son aquellas lesiones provocadas por un golpe externo de mayor o menor intensidad que afecta a tejidos duros y blandos de la cavidad bucal (Cohen, 2008). Constituyen una verdadera emergencia odontológica y afectan del 4 al 14% de la población (Andreasen, 1977).

Las fracturas radiculares suelen involucrar parcial o totalmente el tejido dentinario, cemento y pulpa, son poco frecuentes, inciden entre el 1 y 7% de las lesiones que afectan a los dientes permanentes (Andreasen, 1980).

Las lesiones dentales se observan con mayor frecuencia en el maxilar superior, principalmente los incisivos centrales (Kamburoğlu *et al.*, 2009).

Estas lesiones se observan con mayor frecuencia en pacientes varones entre 11 a 20 años de edad (Erdemir *et al.*, 2005).

El grado de daño a los dientes y a las estructuras de soporte después del traumatismo dental está determinado por la energía y dirección del impacto y por la elasticidad de las estructuras involucradas (Andreasen, 2007).

Las propiedades mecánicas del hueso en los niños son diferentes a las de los adultos. El hueso de los niños está menos mineralizado y tiene una mayor resiliencia en consecuencia, un impacto similar se manifestará de manera diferente en niños y adultos (Öhman *et al.*, 2011).

En coincidencia con las estadísticas reportadas nuestro paciente, un adolescente de 18 años de edad, sufrió un traumatismo mientras practicaba una actividad deportiva, ocasionándole fracturas radiculares en los incisivos centrales superiores, con un leve desplazamiento hacia palatino del elemento 11.

El examen clínico revela la presencia de un diente ligeramente extruido, muchas veces desplazado en dirección palatina o lingual. El sitio de la fractura suele determinar el grado de movilidad de la pieza dentaria. Factores biológicos locales también afectarán el patrón de la lesión (Andreasen, 1970).

Según la ubicación de la fractura, se clasifican en cervicales, medios y apicales, y de acuerdo con las pautas presentadas por la Asociación Internacional de Traumatología

Dental (IADT), para un diagnóstico adecuado se recomiendan tres tomas radiográficas con diferentes angulaciones de cada uno de los elementos afectados.

Si se sospecha o se confirma una fractura radicular clínicamente, se deben prescribir radiografías con tres angulaciones verticales diferentes, +/-15 grados (Andreasen, Andreasen, 1988).

Un gran aporte en el diagnóstico y la planificación del tratamiento es la tomografía computarizada de haz de cono (CTCB), y prescribirla en aquellos casos en los que las radiografías convencionales no proporcionan información clara (Horner *et al.*, 2009). En nuestro caso clínico y en concordancia con la bibliografía, se tomaron dos radiografías con distintas angulaciones, y en ellas se observan fracturas en el tercio medio radicular de los incisivos centrales superiores.

La localización en el tercio medio suele ser más frecuente y sólo en raras ocasiones se produce en el tercio apical o coronario de la raíz (Andreasen, 1980).

Según Çalişkan y col., el 95% de las fracturas radiculares corresponden a los incisivos centrales superiores, y el tercio medio es la ubicación más frecuente.

El grado de daño a los dientes y sus estructuras de soporte después de lesiones traumáticas está determinado por la energía, por la dirección del impacto y por la resiliencia de las estructuras involucradas, si la energía es absorbida por el ligamento periodontal o una fractura del hueso, entonces se provocará un daño menor en la raíz del diente (Lauridsen *et al.*, 2012).

Los factores más relevantes para condicionar el éxito terapéutico son, la reposición del fragmento desplazado, la inmovilización de las partes y la salud pulpar. El diagnóstico de fractura no siempre determina la necesidad de tratamiento de conducto radicular (Çalişkan, 1996, Makowiecki, 2014). De acuerdo con las pautas sugeridas de IADT, si no existe certeza de muerte pulpar, la endodoncia está contraindicada (Diangelis *et al.*, 2012).

Como nuestro paciente concurrió a nuestra consulta con la apertura cameral del elemento 11, decidimos realizar la endodoncia. En la primera sesión colocamos hidróxido de calcio hasta la línea de fractura y como presentaba grado de movilidad 1, colocamos una férula lábil.

Si existe un cambio en la posición del diente luego del trauma, se recomienda reposicionarlo y estabilizarlo para optimizar los resultados curativos de la pulpa y el ligamento periodontal (Oikarinen, 2007).

En presencia de diástasis, el reposicionamiento de los fragmentos aumenta la frecuencia de curación, particularmente en elementos adultos (Andrade, 2008).

El uso de férulas flexibles surgió cuando la experimentación en animales reportó una menor incidencia de anquilosis cuando los dientes fueron sometidos a fuerzas masticatorias (Andersson *et al.*, 1985), lo que sugiere que las férulas deben proporcionar un movimiento funcional de los dientes traumatizados. Una férula flexible permite un movimiento funcional en contraste con una férula rígida donde los dientes lesionados están inmovilizados.

La Asociación Internacional de Odontología (IADT, 2015), recomienda para fracturas radiculares la utilización de férulas lábiles por períodos de cuatro semanas.

Las férulas de alambre y composite son las más usadas en la práctica clínica y son flexibles cuando el alambre tiene un diámetro no mayor de 0.3- 0.4 mm (Oikarinen, 1988). Se han utilizado muchos tipos de férulas las cuales deben cumplir algunos requisitos: una férula debería permitir la re inserción del ligamento periodontal y evitar el riesgo de traumas adicionales o la deglución de un diente suelto, ser fácilmente aplicable y eliminada sin trauma adicional a los dientes y tejidos blandos circundantes, estabilizar los elementos en su posición correcta durante todo el período de ferulización y permitir la movilidad fisiológica de los dientes para ayudar en la cicatrización del ligamento periodontal, en caso de ser necesario facilitar el libre acceso para la endodoncia, posibilitar una higiene bucal adecuada, no interferir con los movimientos oclusales, preferentemente tener aspecto estético y brindar comodidad al paciente (Andreasen, 1972).

Basado en la evidencia disponible, y en el caso de nuestro paciente se optó, debido a la movilidad, la colocación de una férula lábil durante 28 días confeccionada con un alambre ortodóncico de 0,4 mm de diámetro, colocada en forma pasiva y adherida con resina compuesta. Este tipo de férula permite la cicatrización del ligamento periodontal y reduce la incidencia de anquilosis.

Andreasen y col., informaron que habían observado mayor número de pulpas mortificadas en las fracturas cervicales que en las fracturas ubicadas en el tercio medio o apical de la raíz. Además, afirmaron que el reposicionamiento óptimo de los cabos fracturados favorece la cicatrización con tejido duro y al mismo tiempo reduce el riesgo de necrosis pulpar. En este estudio, se observaron fracturas del tercio apical que cicatrizaron sin intervención profesional.

La frecuencia de necrosis pulpar e infección después de fracturas radiculares es relativamente baja. Es más probable que la pulpa sobreviva a una fractura de raíz que a una lesión de luxación (Cohenca, 2007; Ricucci, 2015).

En ausencia de flujometría láser doppler, las evaluaciones clínicas y radiográficas se utilizan para hacer el diagnóstico pulpar y la necesidad, o no de un tratamiento endodóntico definitivo. En el caso de permanentes jóvenes, si se observa detención del desarrollo radicular, se debe sospechar la presencia de necrosis pulpar. Sin embargo, en ausencia de patología perirradicular, reabsorción radicular inflamatoria y signos o síntomas clínicos que indiquen la presencia de una pulpa mortificada, el tratamiento endodóntico estaría contraindicado (Tronstad *et al.*, 1986).

Es factible presencia de sensibilidad a los cambios térmicos en aquellos dientes no tratados endodónticamente, estos síntomas se reducirán significativamente con el tiempo (Lo Giudice *et al.*, 2016).

Hay ciertos eventos que pueden ocurrir dentro de la estructura dental como la obliteración del conducto, la reabsorción del mismo, metamorfosis tisular donde estructuras periodontales como ligamento, hueso y cemento pueden reemplazar al tejido pulpar (Andreasen *et al.*, 2009).

En nuestro caso clínico y haciendo referencia al elemento 21, decidimos controlar radiográfica y clínicamente, siguiendo las pautas de un traumatismo sin sintomatología, esta conducta terapéutica coincide con lo encontrado en otros trabajos (Diangelis *et al.*, 2012).

Las pruebas de sensibilidad realizadas en la primera consulta y a los 28 días, cuando se retiró la férula, resultaron negativas. Ante la ausencia de signos y síntomas que nos hiciese presuponer algún tipo de lesión irreversible en el tejido pulpar, decidimos seguir con los controles a distancia. En el elemento 11, la decisión terapéutica fue

practicar la endodoncia porque el paciente llega a nuestra consulta con la apertura realizada; en una primera sesión sellamos el canal con pasta de hidróxido de calcio y dos semanas después, obturamos el canal radicular hasta la línea de fractura.

La necrosis pulpar del fragmento coronal ocurre en aproximadamente en el 25% de los pacientes adultos que presentan fractura radicular horizontal. La nutrición del fragmento apical generalmente no se interrumpe, porque este no sufre desplazamiento, por lo tanto tratamiento endodóntico debe limitarse al cabo coronal (Hargreaves, 2010; Clark, 2000).

La necesidad de tratamiento del conducto radicular surge dentro de los primeros 3 o 4 meses después del trauma o muchos años después. En ambas situaciones, solo el fragmento coronal requerirá tratamiento (Cvek *et al.*, 2004).

La curación después de cualquier traumatismo es compleja e impredecible, esto se debe a la variabilidad de injurias, y a la multiplicidad de lesiones que puede sufrir una pieza dental. Todos estos escenarios combinados explican porque hay tantas reacciones dispares de los tejidos involucrados tanto patológicas como reparativas (Andreasen, Lovschall, 2007).

Las fracturas radiculares horizontales pueden reparar a través de tejido duro uniendo ambos cabos, por interposición de tejido conectivo o por interposición de hueso y tejido conectivo.

La curación por interposición de tejido conectivo es la más frecuente. Los trabajos de Andreasen *et al.*, 2007 y Cvek *et al.*, 2002, informaron, respectivamente, que en el 43% y el 36% de los casos de fracturas radiculares la reparación ocurre por interposición de tejido conectivo, en el 30% y el 33% por tejido duro, en el 5% y el 8% por interposición de tejido conectivo y hueso, y en el 22% y el 23% se observó necrosis pulpar y cambios inflamatorios entre los fragmentos.

Hay factores determinantes en el proceso cicatrizal, como la edad y el desarrollo radicular, es decir el tamaño pulpar y del foramen apical, de esta manera la zona de la fractura tendrá mejor nutrición y un alto número de células, siendo estas variables más favorables en pacientes menores de 18 años.

Nuestro paciente asiste a un nuevo control al año de haber sufrido el traumatismo, al examen clínico no presenta síntomas, la sonoridad a la percusión es normal, no hay

cambios de color, las pruebas de sensibilidad en el elemento 21 son positivas. Radiográficamente en el elemento 11 se observa cicatrización con tejido conjuntivo en la zona de la fractura, y en el elemento 21 se percibe un callo de tejido duro uniendo ambos cabos, el espacio periodontal, la cortical alveolar y el tejido esponjoso presentan aspecto y densidad normal. Estos resultados coinciden con los encontrados en varios trabajos (Calişkan *et al.*, 1996).

CONCLUSIÓN

No todas las fracturas radiculares necesitan tratamiento endodóntico, por eso es fundamental las pruebas de sensibilidad, los controles a distancia; el análisis de los resultados clínicos exhibe una alta tasa de éxito cuando prima un enfoque conservador en la terapéutica.

El éxito o buen pronóstico depende en gran medida de un correcto diagnóstico y plan de tratamiento en el momento inmediato al trauma; el monitoreo cuidadoso de todos los parámetros clínicos involucrados, especialmente la movilidad, diástasis y el estado pulpar, es crucial para un enfoque correcto y conservador.

BIBLIOGRAFIA

Anderson BG. Injuries to the teeth: contusions and fractures resulting from concussion. *J Am Dent Assoc* 1944; 31:195–200.

Andersson L, Lindskog S, Blomlöf L, Hedström K-G, Hammarström L. Effect of masticatory stimulation on dentoalveolar ankylosis after experimental tooth replantation. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1:13–16

Andrade ES, de Campos Sobrinho AL, Andrade MG, Matos JL. Root healing after horizontal fracture: a case report with a 13-year follow up. *Dent Traumatol* 2008; 24(4): e1-3.

Andreasen FM, Andreasen JO, Bayer T. Prognosis of root-fractured permanent incisors – prediction of healing modalities. *Endod Dent Traumatol* 1989; 5:11–22.

Andreasen FM, Andreasen JO, Tsilingaridis G. Root fractures. In: Andreasen JO, Andreasen FM, Andersson L, eds. *Textbook and Color Atlas of Traumatic Injuries to the Teeth*. 5th ed. Oxford, UK: Wiley Blackwell; 2018:377–412.)

Andreasen FM, Andreasen JO. Extrusive luxation and lateral luxation. In: Andreasen JO, Andreasen FM, Andersson L, editors. *Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth*, 4th edn. Oxford: Blackwell; 2007. p. 411–27.

Andreasen FM, Andreasen JO. Resorption and mineralization processes following root fracture of permanent incisors. *Endod Dent Traumatol* 1988; 4: 202–14.

Andreasen FM. Pulpal healing after luxation injuries and root fracture in the permanent dentition. *Endod Dent Traumatol* 1989; 5:111–31.

Andreasen FM. Pulpal healing after tooth luxation and root fractures in the permanent dentition. Thesis. Copenhagen University. 1995.

Andreasen JO, Hjørting-Hansen E. Intraalveolar root fractures: radiographic and histologic study of 50 cases. *J Oral Surg* 1967; 25:414–26.

Andreasen JO. Etiology and pathogenesis of traumatic dental injuries. A clinical study of 1,298 cases. *Scand J Dent Res* 1970; 78:329–42.

Andreasen JO. Periodontal healing after replantation of traumatically avulsed human teeth. Assessment by mobility testing and radiography. *Acta Odontol Scand* 1975; 35:325–335.

Andreasen JO. Review of root resorption systems and models. Etiology of root resorption and the homeostatic mechanisms of the periodontal ligament. In: Davidovitch Z. ed. *The biological mechanisms of tooth eruption and root resorption*. Birmingham, AL: Ebsco Media, 1988:9–21.

Andreasen JO. *Traumatic injuries of the teeth, classification, etiology and epidemiology*. 1st edn. Copenhagen: Munksgaard, 1972:27.

- Andreasen, J. O. ;(1980): Lesiones Traumáticas de los dientes 2° Edición. Barcelona, España. Editorial Labor S.A. Capítulo 5:97-98.)
- Arwill T. Histopathologic studies of traumatized teeth. *Odontologisk Tidsskrift* 1962; 70:91–117.
- Bennett DT. Repair following root fracture. *Br Dent J* 1959; 107:217–20.
- Bevelander G. Tissue reactions in experimental tooth fracture. *J Dent Res* 1942; 21:481–7.
- Birch R, Rock WP. The incidence of complications following root fracture in permanent anterior teeth. *Br Dent J* 1986; 160:119–22.
- Blackwood HJJ. Metaplasia or repair of the dental pulp as a response to injury. *Br Dent J* 1957; 102:87–92.
- Borum MK, Andreasen JO. Therapeutic and economic implications of traumatic dental injuries in Denmark; an estimate based on 7549 patients treated at a major trauma centre. *Int J Paediatr Dent* 2001; 11:116–28.
- Boulger EP. Histologic studies of a specimen of fractured roots. *J Am Dent Assoc* 1928; 15:1778–89.
- Bouyssou M, Chanchus P, Bader J, Vives J. Observations histologiques sur deux fractures radiculodentaires spontanément consolidées. *Rev Stomatol (Paris)* 1956; 57:417–27.
- Bouyssou M. Les calc de fractures dentaires compares aux calc de fracture osseuses. *Rev Fr Odontostomatol* 1970; 17:1293–316.
- Brauer JC. Treatment and restoration of fractured permanent anterior teeth. *J Am Dent Assoc* 1936;23: 2323–36.
- Caliskan MK, Pehlivan Y. Prognosis of root-fractured permanent incisors. *Endod Dent Traumatol* 1996; 12:129–36.
- Chung W-C, Tu Y-K, Lin Y-H, Lu H-K. Outcomes of autotransplanted teeth with complete root formation: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2014;41: 412–423.
- Cohenca N, Simon JH, Roges R, Morag Y, Malfaz JM. Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 1: traumatic injuries. *Dental traumatology: official publication of International Association for Dental Traumatology*. 2007;23(2):95-104.
- Cvek M, Andreasen JO, Borum MK. Healing of 208 intraalveolar root fractures in patients aged 7–17 years. *Dent Traumatol* 2001;17:53–62.
- Cvek M, Mejare I, Andreasen JO. Conservative endodontic treatment of teeth fractured in the middle or apical part of the root. *Dent Traumatol* 2004; 20:261–9.
- Cvek M, Mejare I, Andreasen JO. Healing and prognosis of teeth with intra-alveolar fractures involving the cervical part of the root. *Dent Traumatol* 2002; 18:57–65.

- Cvek M, Tsilingaridis G, Andreasen JO. Survival of 534 incisors after intraalveolar root fracture in patients aged 7–17 years. *Dent Traumatol* 2008; 24:379–87
- Degering CI. Radiography of dental fractures. An experimental evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1970; 30:213–19.
- Diangelis AJ, Andreasen JO, Ebeleseder KA, et al. International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. Fractures and luxations of permanent teeth. *Dent Traumatol* 2012; 28(1): 2-12.
- Delivanis PD, Fan VSC. The localization of blood-borne bacteria in instrumented unfilled and overinstrumented canals. *J Endod* 1984; 10:521–4.
- Dumsha T, Hovland EJ. Pulpal prognosis following extrusive luxation injuries in permanent teeth with closed apices. *J Endod* 1982; 8:410-2. Andreasen FM, Vestergaard-Pedersen B. Prognosis of luxated permanent teeth- the development of pulp necrosis. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1:207-20.
- Dynesen H, Ravn JJ. Rodfrakturer i det primære tandsæt. *Tandlægebladet* 1973; 77:865–8.
- Engelhardt H-G, Hammer H. Pathologie und Therapie der Zahnwurzelfrakturen. *Dtsch Zahnärztl Z* 1959; 14: 1278–89.
- Erdemir A, Ungor M, Erdemir EO. Orthodontic movement of a horizontally fractured tooth: a case report. *Dent Traumatol*. 2005; 21:160–4.
- Fischer C-H. Beobachtungen bei intra- und extraalveolärer Verletzung der Pulpa nach einem Frontzahntrauma. *Dtsch Zahnärztl Z* 1970; 25:1135–40.
- Flores MT, Andersson L, Andreasen JO et al. Guidelines for the management of traumatic dental injuries. I. Fractures and luxations of permanent teeth. *Dent Traumatol* 2007; 23:66-71.
- Fuss Z, Trowbridge H, Bender IB, Rickoff B, Sorin S. Assessment of reliability of electric and thermal pulp sensibility testing agents. *J Endod* 1986; 12:301–5.
- Goose DH. Invisible root fracture. *Dent Practit Dent Rec* 1964; 14:271–2.
- Hammer H. Die Heilungsvorgänge bei Wurzelbrücken. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilk* 1939; 6:297–317.
- Hargreaves KM, Cohen S. *Cohen's pathways of the pulp*. 10th ed. St. Louis: Mosby Elsevier; 2010. pp. 635–637
- Hedegard B, Stalhane I. A study of traumatized permanent teeth in children aged 7–15 years. Part 1. *Swed Dent J* 1973; 66:431–50.
- Heithersay GS. Combined endodontic-orthodontic treatment of transverse root fractures in the region of the alveolar crest. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1973; 36:404–15.
- Herweijer JA, Torabinejad M, Bakland LK. Healing of horizontal root fractures. *J Endod* 1992; 18:118–22.

Horner K, Islam M, Flygare L, Tsilakis K, Whaites E. Basic principles for use of dental cone beam computed tomography: consensus guidelines of the European Academy of Dental and Maxillofacial Radiology. *Dentomaxillofac Radiol* 2009; 38:187–95.

International Dental Association of Dental Traumatology. Available at: URL: 'http://www.iadt-dentaltrauma.org/1-9%20%20iadt%20guidelines%20combined%20-%20lr%20-%2011-52013.pdf'. Accessed September 2015

Jacobsen I. Root fractures in permanent anterior teeth with incomplete root formation. *Scand J Dent Res* 1976; 84:210–17.

Jin H, Thomas HF, Chen J. Wound healing and revascularization. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996; 81:26–30.

Kamburoğlu K, Cebeci ARI, Gröndahl HG. Effectiveness of limited cone-beam computed tomography in the detection of horizontal root fracture. *Dent Traumatol*. 2009; 25:256–261.

Kronfeld R. A case of tooth fracture, with special emphasis on tissue repair and adaptation following traumatic injury. *J Dent Res* 1936; 15:429–46.

Lauridsen E, Herman NV, Gerds TA, Ahrensburg SS, Kreibog S, Andreasen JO. Combination injuries 3. The risk of pulp necrosis in permanent teeth with extrusion of lateral luxation and concomitant crown fractures without pulp exposure. *Dent Traumatol* 2012; 28:364–70.

Lehnert S. Ein Beitrag zur Pathologie der Zahnwurzelfrakturen. *Dtsch Zahnärztebl* 1964; 18:451–8.

Lo Giudice R, Pantaleo G, Lizio A, et al. Clinical and spectrophotometric evaluation of LED and laser activated teeth bleaching. *Open Dent J* 2016; 10(1): 242-50.

Magnusson B, Holm A-K. Traumatised permanent teeth in children – a follow-up. I. Pulpal complications and root resorption. *Svensk Tandläkars Tidning* 1969; 62:61–70.

Majorana A, Pasini S, Bardellini E, Keller E. Clinical and epidemiological study of traumatic root fractures. *Dent Traumatol* 2002; 18:77–80.

Manley EB, Marsland EA. Tissue response following tooth fracture. *Br Dent J* 1952; 93:199–203.

Marshall FJ. Root fracture. Report of a case. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1960; 13:1485–7.

Matzen LH, Christensen J, Hintze H, Schou S, Wenzel A. Diagnostic accuracy of panoramic radiography, stereo-scanography and cone beam CT for assessment of mandibular third molars before surgery. *Acta Odontol Scand* 2013; 71:1391–8.

May JJ, Cohenca N, Peters OA. Contemporary management of horizontal root fractures to the permanent dentition: diagnosis – radiologic assessment to include cone-beam computer tomography. *J Endod* 2013; 35:120–4.

Makowiecki P, Witek A, Pol J, Buczkowska-Radlinska J. The maintenance of pulp health 17 years after root fracture in a maxillary incisor illustrating the diagnostic benefits of CBCT. *Int Endod J* 2014; 47: 889-5.

Michanowicz AE, Michanowicz JP, Abou-Bass M. Cementogenic repair of root fractures. *J Am Dent Assoc* 1971; 82:569-79.

Öhman C, Baleani M, Pani C, Taddei F, Alberghini M, Viceconti M et al. Compressive behaviour of child and adult cortical bone. *Bone* 2011; 49:769-76.

Oikarinen KS. Splinting of traumatized teeth. In: Andreasen JO, Andreasen FM, Andersson L, eds. *Textbook and Color Atlas of Traumatic Injuries to the Teeth*. 4th edn. Copenhagen: Black- well Publishing, 2007:842-851.

Omnell KA. Study of a root fracture. *Br Dent J* 1953;95: 181-5.

Ottolengui R. Further consideration of the possible results of the fracture of the root of a tooth which contains a living pulp. *Dent Items Interest* 1927; 49:790.

Paul V. Abbott. V. (2019). *Diagnosis and Management of Transverse Root Fractures*. Dental Traumatology.)

Pindborg JJ. Clinical, radiographic and histological aspects of intraalveolar fractures of upper central incisors. *Acta Odontol Scand* 1955; 13:41-71.

Poi WR, Manfrin TM, Holland R, Sonoda CK. Repair characteristics of horizontal root fracture: a case report. *Dent Traumatol* 2002; 18:98-102.

Pritchard GB. The reparative action of the dental tissues following severe injury. *Br Dent J* 1933; 54:517-25.

Ravn JJ. Dental injuries in Copenhagen schoolchildren, school years 1967-1972. *Community Dent Oral Epidemiol* 1974; 2:231-45.

Ravn JJ. En klinisk og radiologisk undersøgelse af 55 rodfrakturer i unge permanente incisiver. *Tandlægebladet* 1976; 80:391-6.

Reitan K. Om vevsreaksjonen ved tilheling av rotfrakturer. *Norske Tannlægeforenings Tidende* 1947; 57:367-73.

Ricucci D, Siqueira JF, Jr., Loghin S, Berman LH. The cracked tooth: histopathologic and histobacteriologic aspects. *Journal of endodontics*. 2015;41(3):343-52.

Rottke B, Hatifotiadis D. Spätergebnisse experimentell gesetzter Zahnfrakturen im Tierversuch. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 1967; 12:271-4.

Schulze C. Über die Heilungsvorgänge nach intraalveolären Frakturen vitaler Zähne. Dtsch Zahnärztl Z 1957; 12:666–73.

Sundvall-Hagland I. Olycksfallsskador på tänder och parodontium under barnåren. In: Holst JJ, Nygaard Ostby B, Osvald O. eds. Nordisk Klinisk Odontologi. Copenhagen: A/S Forlaget for Faglitteratur, 1964: Chapter 11, 111:1–40.

Tronstad L. Pulp reactions in traumatized teeth. In: Gutmann JL, Harrison JW, editors. Proceedings of the International Conference on Oral Trauma. Chicago: American Association of Endodontists Endowment & Memorial Foundation; 1986

Tziafas D, Margeles I. Repair of entreated root fracture: a case report. Endod Dent Traumatol 1993; 9:40–3.

Waldhart E. Röntgenologische und histologische tierexperimentelle Untersuchungen nac

Yates JA. Root fractures in permanent teeth: a clinical review. Int Endodont J 1992; 25:150–7.

Zachrisson BU, Jacobsen I. Long-term prognosis of 66 permanent anterior teeth with root fracture. Scand J Dent Res 1975; 83:345–54.

Zilkens K. Beiträge zur traumatischen Zahnschädigung. In: Wannenmacher E. ed. Ein Querschnitt der deutschen wissenschaftlichen Zahnheilkunde. No. 33. Leipzig: Hermann Meusser Verlag, 1938:43–70.