

Características clínicas, terapéuticas y pronóstico de fracturas radiculares evaluadas mediante los índices MEBDTI y EDTOI: Serie de casos

Trabajo de investigación para optar al título de Especialista en Odontopediatría

RESIDENTE: Braulio Catalán Gamonal.

DOCENTE GUÍA: Dr. Juan Eduardo Onetto Calvo

Valparaíso – Chile

2026

Índice

INTRODUCCIÓN	4
MARCO TEÓRICO	5
SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA	5
EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA	6
Evaluación de contexto del trauma y atenciones previas	6
Examen clínico.....	7
Evaluación de la sensibilidad pulpar	8
Protocolo radiográfico	8
BIOLOGÍA DE LA REPARACIÓN: MODALIDADES DE CICATRIZACIÓN.....	9
Comportamiento segmentario	9
Clasificación de modalidades de cicatrización radicular según Abbott	9
FISIOPATOLOGÍA DE REPARACIÓN A NIVEL PULPAR	12
Obliteración del canal radicular	12
Secuelas patológicas y reabsorciones radiculares postrauma	13
PRONÓSTICOS Y FACTORES DETERMINANTES.....	14
Grado de desplazamiento y luxación concomitante	14
Estadio de desarrollo radicular	15
Localización de la línea de fractura	15
Pronóstico Biológico	15
Control de Higiene Oral y Contaminación Bacteriana	16
MANEJO CLÍNICO	17
Manejo clínico	17
Necrosis pulpar y manejo endodóntico	17
Uso de Cementos Biocerámicos (MTA y Biodentine) en el Manejo Endodóntico	18
INVESTIGACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN EN TRAUMATOLOGÍA: LOS ÍNDICES DE EDEN	19
Diagnóstico Inicial Integral: Modified Eden Baysal Dental Trauma Index (MEBDTI)	20
Evaluación a Largo Plazo: Eden Dental Trauma Outcome Index (EDTOI) (Tabla 2).....	22
Integración clínica y científica.....	24
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	26
OBJETIVO GENERAL	26
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
MATERIALES Y MÉTODOS.....	27

Diseño del estudio y consideraciones éticas	27
Población y selección de la muestra	27
Recolección de datos y evaluación	28
Clasificación mediante índices de Eden	28
Análisis de datos	28
RESULTADOS	29
Descripción de la muestra y características basales	29
Manejo clínico inicial	30
Evaluación de MEBDTI y EBODTI	30
CASOS CLÍNICOS SIGNIFICATIVOS.....	39
Caso 1	40
Caso 2	42
Caso 3	44
DISCUSIÓN	46
CONCLUSIÓN	54
LIMITACIONES DEL ESTUDIO	54
BIBLIOGRAFÍA	55

INTRODUCCIÓN

Los traumatismos dentoalveolares (TDA) son un grupo de lesiones causadas por impacto que afectan al diente y/o a los tejidos duros y blandos que lo rodean. Constituyen un desafío importante para la salud pública debido a su alta prevalencia y al impacto funcional, estético y psicológico que generan en los pacientes afectados (Sheikhnezami et al., 2024). Si bien las fracturas radiculares representan únicamente entre el 0.5% y el 7% de los traumas dentoalveolares en la dentición permanente (Abbott, 2019), su baja incidencia no disminuye su impacto clínico. Al comprometer de manera simultánea la pulpa, la dentina y el cemento, se posicionan como un desafío biológico mayor donde el nivel de conocimiento del tratante es determinante. Un enfoque terapéutico inicial adecuado y conservador es capaz de asegurar un pronóstico excelente a largo plazo; sin embargo, esta alta tasa de éxito es altamente sensible al manejo inmediato, decayendo sustancialmente ante intervenciones inapropiadas (Cvek et al., 2008; Sheikhnezami et al., 2024). Por consiguiente, investigar su comportamiento biológico a largo plazo y establecer protocolos estandarizados de registro es fundamental para predecir complicaciones, evitar sobreintervenciones iatrogénicas y optimizar las tasas de preservación dentaria.

La comprensión biológica y el manejo clínico de estas lesiones han experimentado una evolución considerable a lo largo del tiempo. Si bien las primeras descripciones histológicas de fracturas radiculares datan del siglo XIX y el diagnóstico radiográfico se hizo posible aproximadamente en 1920, no fue sino hasta finales de la década de 1960 que los estudios clínicos a largo plazo permitieron comprender verdaderamente la capacidad de respuesta y reparación de los tejidos. En este contexto, el trabajo pionero del Dr. Jens Andreasen en 1967 resultó fundamental, ya que definió y clasificó las cuatro modalidades de cicatrización radicular en caso de fractura, sentando así las bases científicas para los estudios epidemiológicos venideros y el desarrollo de guías clínicas de tratamiento (Andreasen et al., 2018).

Desde una perspectiva etiológica, las fracturas radiculares horizontales son causadas típicamente por impactos frontales directos de gran magnitud sobre la corona dental. Biomecánicamente, la energía absorbida durante el traumatismo suele generar un plano de fractura oblicuo, que se presenta de manera más coronal en la zona palatina o lingual del diente (Bornstein et al. 2009). Entre los factores anatómicos predisponentes se encuentran un *overjet* (resalte horizontal) aumentado y la incompetencia labial, ambos asociados con un mayor riesgo de traumatismo dental (Majorana et al., 2002).

En cuanto a la distribución epidemiológica, los incisivos centrales superiores son los dientes más afectados, llegando a representar hasta el 95% de los casos documentados. (Abbott, 2019; Majorana et al., 2002). La prevalencia es considerablemente mayor en el sexo masculino, con una relación de 2:1 a 3:1, lo cual se ha asociado con una mayor participación en actividades de riesgo, accidentes de tráfico y deportes de contacto (Andreasen, 1970; Andreasen et al., 2004; Majorana et al., 2002).

El grupo etario con mayor incidencia de fracturas radiculares se sitúa entre los 11 y 20 años. Este patrón se explica por la menor resiliencia del hueso alveolar conforme avanza la edad; a medida que el ser humano envejece, el hueso proporciona un soporte más rígido que favorece la fractura de la raíz en lugar del desplazamiento del diente completo (Andreasen et al., 2004; Çalışkan & Pehlivan, 1996). Si bien las fracturas radiculares afectan, en mayor medida, a los dientes permanentes maduros, es importante destacar que cuando se ven involucrados dientes con desarrollo radicular incompleto, el pronóstico de cicatrización es superior, atribuible a su mayor potencial biológico y capacidad de revascularización pulpar (Abbott, 2019; Andreasen et al., 2004; Cvek et al., 2001).

MARCO TEÓRICO

SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA

Desde una perspectiva epidemiológica, las fracturas radiculares transversales constituyen una entidad clínica infrecuente pero de alta complejidad, representando únicamente entre el 0.5% y el 7% de todos los traumatismos dentoalveolares reportados en la dentición permanente (Abbott, 2019; Andreasen et al., 2004). A pesar de su baja incidencia global, exhiben un patrón demográfico y anatómico altamente específico. La población más vulnerable se sitúa entre los 11 y 20 años; esta focalización etaria se explica por una diferencia biomecánica respecto a los pacientes de menor edad. En niños menores, la alta elasticidad y resiliencia del hueso alveolar, sumada a raíces frecuentemente inmaduras, permite que el alvéolo absorba y disipe las fuerzas de impacto mediante la luxación o la avulsión. Por el contrario, durante la segunda década de vida, la maduración ósea conlleva una disminución de la flexibilidad del proceso alveolar, coincidiendo con la finalización del desarrollo radicular. Al proporcionar un soporte óseo rígido e inflexible, el sistema de inserción ya no deforma ni amortigua el impacto, concentrando los vectores de estrés directamente sobre la dentina radicular, lo que favorece la fractura de la raíz en lugar de permitir la luxación del diente (Andreasen et al., 2004; Çalışkan & Pehlivan, 1996).

En cuanto a la distribución por sexo, la literatura internacional coincide en una marcada predominancia en pacientes de sexo masculino, con una relación que oscila entre 2:1 y 3:1 frente a las de sexo femenino, aspecto atribuible a una mayor exposición a factores etiológicos como deportes de contacto, actividades recreativas de riesgo, accidentes de tráfico y violencia interpersonal (Andreasen, 1970; Majorana et al., 2002). Anatómicamente, la región anterior maxilar es la zona más susceptible de sufrir impactos frontales directos. Como consecuencia, los incisivos centrales superiores concentran la inmensa mayoría de las lesiones (abarcando entre un 68% y un 95% de los casos reportados), seguidos por los incisivos laterales superiores (Abbott, 2019; Majorana et al., 2002). Finalmente, la disipación de la energía a lo largo del eje longitudinal del diente determina que el tercio medio radicular sea el sitio de fractura más frecuente (aproximadamente en el 57% de los eventos), seguido por el tercio apical (34%) y, de manera más inusual el tercio cervical (9%) (Çalışkan & Pehlivan, 1996; Cvek et al., 2008).

Las fracturas radiculares se clasifican anatómicamente según el nivel del rasgo de fractura en relación con su posición en la raíz, distinguiéndose tres categorías principales: tercio apical, tercio medio y tercio cervical. El tercio medio es el sitio más frecuentemente afectado, representando entre el 57% y el 68% de los casos, seguido por el tercio apical 20%-34% y finalmente el tercio cervical, 6%-12% (Heithersay & Kahler, 2013).

EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA

La evaluación diagnóstica de las fracturas radiculares debe integrar de manera sistemática el análisis clínico y radiográfico para garantizar un diagnóstico preciso y un plan de tratamiento adecuado. Dentro del análisis clínico se debe incluir una anamnesis completa del evento traumático

Evaluación de contexto del trauma y atenciones previas

En el escenario de urgencia, la evaluación inicial de un traumatismo dentoalveolar no debe limitarse exclusivamente a los hallazgos clínicos y radiográficos inmediatos; resulta importante realizar una anamnesis exhaustiva que contextualice el evento traumático y la historia en el curso de vida de ese diente.

En primer lugar, documentar detalladamente la historia del evento traumático, incluyendo la etiología del accidente y la magnitud del mismo, permite al clínico anticipar el tipo de lesiones concomitantes presentes y establecer un plan de tratamiento adecuado (Abbott, 2019; Andreasen, 1970).

En el caso específico de las fracturas radiculares transversales, precisar el tiempo transcurrido hasta la atención adquiere una relevancia particular en la historia clínica: a diferencia de otros traumas agudos donde cada minuto es crítico para la supervivencia celular, la evidencia señala que estas lesiones toleran un retraso terapéutico de algunos días sin comprometer drásticamente el potencial de cicatrización, siempre y cuando se logre un reposicionamiento y estabilización correctos del segmento coronal (Andreasen et al., 2004; Heithersay y Alvino, 2025). Por lo tanto, registrar con exactitud este lapso en la anamnesis no busca presionar una intervención precipitada, sino proporcionar al clínico un panorama real sobre el estado del rasgo de fractura para planificar una reducción adecuada.

Para completar este análisis se debe integrar el registro de traumas previos en el mismo diente. La recurrencia de impactos genera un fenómeno de daño tisular acumulativo del ligamento periodontal y del complejo dentino-pulpar. La identificación de estos antecedentes advierte sobre una alteración en la capacidad de reparación del diente, lo que eleva significativamente el riesgo de desarrollar complicaciones (Pissiotis et al., 2007).

Examen clínico

En el examen clínico inicial, es fundamental evaluar y documentar los siguientes parámetros (Rechenberg, 2019):

- **Posición y desplazamiento del segmento coronal:** El segmento puede mantenerse inalterado o presentarse luxado, en este caso la presentación más frecuente es una ligera extrusión acompañada de un desplazamiento hacia palatino o lingual que suele generar interferencias oclusales.
- **Movilidad del segmento coronal:** Debe evaluarse mediante una palpación suave de la corona donde suele evidenciarse un aumento de la movilidad debido a la compresión o ruptura del ligamento periodontal. Si el segmento coronal carece totalmente de movilidad, puede ser indicativo de una luxación lateral asociada, mientras que la movilidad de múltiples dientes en conjunto sugiere una fractura del proceso alveolar.
- **Sensibilidad a la percusión:** El golpe suave sobre la corona puede provocar dolor o malestar, lo que sugiere la afectación del tejido periodontal. Clínicamente, un fragmento sin movilidad puede generar un sonido metálico agudo y característico a la percusión, similar al que produce un diente anquilosado.
- **Cambios de coloración coronal:** Aunque la decoloración tras una fractura radicular es infrecuente, a corto plazo (2 a 3 días) puede desarrollarse una coloración rojiza transitoria

en la corona. Este fenómeno es causado por la extravasación de sangre hacia los túbulos dentinarios tras la disrupción vascular y suele desaparecer con el paso de las semanas o meses.

Evaluación de la sensibilidad pulpar

En la evaluación de la pulpa traumatizada, resulta importante establecer una distinción conceptual entre sensibilidad y vitalidad pulpar. Las pruebas convencionales, térmicas y eléctricas evalúan la sensibilidad del tejido nervioso (específicamente las fibras nerviosas A-delta) y constituyen únicamente un indicador indirecto de la salud pulpar. Su fiabilidad disminuye drásticamente tras un traumatismo dental, siendo común la pérdida temporal de sensibilidad debido a edema tisular o daño nervioso transitorio, aun cuando el suministro vascular permanezca intacto. En consecuencia, estas pruebas pueden arrojar resultados "falsos negativos" durante las primeras semanas o meses posteriores al trauma, por lo que la falta de respuesta inicial no debe interpretarse como sinónimo de necrosis pulpar ni justificar una intervención endodóntica temprana (Krastl et al. 2022).

Con el propósito de superar estas limitaciones diagnósticas, el abordaje ideal se orienta hacia métodos de evaluación de la vascularidad pulpar que analicen objetivamente el flujo sanguíneo. Entre estos recursos destacan la flujometría láser Doppler (LDF), la flujometría por ultrasonido y la oximetría de pulso, tecnologías no invasivas que proporcionan lecturas directas y fidedignas de la perfusión vascular en el interior de la cámara pulpar (Krastl et al., 2022). La comprensión de que la regeneración vascular suele ser exitosa, mientras que la recuperación neuronal es más lenta y en ocasiones incompleta, justifica una actitud clínica conservadora de "esperar y observar". Por tanto, el diagnóstico definitivo de necrosis pulpar debe fundamentarse en la combinación de signos clínicos y radiográficos adicionales evaluados a lo largo del tiempo, y no únicamente en una prueba de sensibilidad negativa (Andreasen, 1989).

Protocolo radiográfico

El protocolo radiográfico inicial se fundamenta en radiografías periapicales tomadas con distintas angulaciones incluyendo, al menos, dos con desplazamiento con el objetivo de visualizar el rasgo de fractura desde distintas perspectivas o desplazar estructuras anatómicas para permitir visualizarlo mejor. Sin embargo, las imágenes bidimensionales presentan limitaciones inherentes debido a la superposición de componentes morfológicos y la dirección del haz de rayos X. Las radiografías periapicales convencionales muestran una sensibilidad baja para detectar fracturas radicales, con valores reportados que oscilan entre 37.5% y 63.8%

(Bornstein et al., 2009). Por el contrario, la Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT) ha demostrado una sensibilidad y precisión diagnóstica cercana al 100% para detectar fracturas radiculares que las radiografías periapicales no logran identificar (May et al., 2013; Sha et al., 2022). A pesar de la superioridad diagnóstica del CBCT, su prescripción debe realizarse siguiendo estrictamente el principio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*: tan bajo como sea razonablemente posible), por lo que no debe considerarse una práctica de rutina, especialmente en pacientes pediátricos. En este sentido, si en las radiografías periapicales no se observa un rasgo de fractura y no existe movilidad o desplazamiento clínico, la necesidad de un abordaje inmediato es inexistente; por lo tanto, la toma de un CBCT en la fase de urgencia no estaría indicada, ya que no modificaría la conducta terapéutica inicial. No obstante, este criterio difiere del protocolo de monitoreo a largo plazo, etapa donde el CBCT de campo de visión limitado (FOV pequeño) puede adquirir un rol fundamental en caso de presentarse sospechas de secuelas patológicas (May et al., 2013; Sha et al., 2022).

BIOLOGÍA DE LA REPARACIÓN: MODALIDADES DE CICATRIZACIÓN

Comportamiento segmentario

Tras una fractura radicular, se generan dos segmentos con comportamientos biológicos diferenciados: el segmento apical, que generalmente mantiene su integridad vascular y un ligamento periodontal (LP) intacto, y el segmento coronal, donde la pulpa puede resultar estirada o lacerada, y el LP puede experimentar diversos grados de ruptura y compresión, asociado a lesiones combinadas que pueden afectar a este segmento como concusión, luxación o incluso avulsión. (Erdem et al., 2009).

Clasificación de modalidades de cicatrización radicular según Abbott

La respuesta biológica ante una fractura transversal está mediada fundamentalmente por la capacidad regenerativa del complejo dentino-pulpar y del LP. Según los criterios establecidos por Andreasen y actualizados por Abbott (2019), existen cuatro modalidades principales de reparación (**Figura 1**).

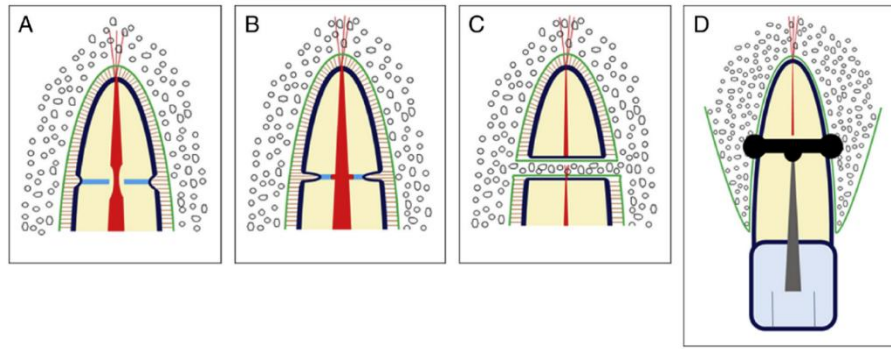


Figura 1: modalidades de cicatrización, Abbott et al 2019

- A. Cicatrización con tejido duro (**Figura 1.A**): Esta modalidad representa el escenario biológico óptimo. Se caracteriza por la formación de una unión sólida mediante el depósito de dentina reparativa y cemento secundario entre los fragmentos. Radiográficamente, la línea de fractura se vuelve progresivamente imperceptible o muestra una mayor densidad mineral en el sitio de la fractura. Desde el punto de vista clínico, el diente mantiene su vitalidad pulpar y presenta una movilidad fisiológica normal, comportándose mecánicamente como un diente completo (Abbott, 2019).



Figura 1.A : Cicatrización con tejido duro. Abbott et al 2019, radiografía de la serie de casos

- B. Cicatrización por interposición de tejido conectivo (**Figura 1.B**): En esta modalidad, los segmentos radiculares permanecen unidos por un puente de fibras colágenas densas, con una estructura histológica similar al ligamento periodontal. No existe continuidad mineral entre los segmentos, pero sí una unión funcional que proporciona estabilidad. Radiográficamente, se observa una línea radiolúcida estrecha y bien

definida con bordes redondeados, resultado de la remodelación superficial de los segmentos (Andreasen et al., 2004).



Figura 1.B: Cicatrización por interposición de tejido conectivo. Abbott et al 2019, radiografía de la serie de casos

- C. Cicatrización por interposición de hueso y tejido conectivo (**Figura 1.C**): Esta modalidad de reparación ocurre característicamente ante una diástasis significativa entre segmentos en pacientes en fase de crecimiento activo. Durante el crecimiento, el segmento coronal acompaña el desarrollo eruptivo y el crecimiento alveolar vertical, mientras el segmento apical permanece relativamente estático. El espacio entre segmentos es ocupado progresivamente por nuevo hueso alveolar y tejido conectivo. Ambos segmentos funcionan entonces como unidades dentales independientes, cada uno rodeado por su propio ligamento periodontal funcional (Andreasen et al., 2004).



Figura 1.C: Cicatrización con interposición de hueso y tejido conectivo. Abbott et al 2019, radiografía de la serie de caso

D. Cicatrización fallida por interposición de tejido de granulación (**Figura 1.D**): Esta modalidad indica un fracaso en el proceso de cicatrización, generalmente como consecuencia de una infección del segmento coronal secundaria a necrosis pulpar e invasión bacteriana. El rasgo de fractura es ocupado por tejido de granulación inflamatorio en lugar de tejido conectivo organizado. Radiográficamente, se observa radiolucidez lateral progresiva en el sitio de fractura. Clínicamente, el diente presenta movilidad aumentada, tendencia a la extrusión y, en ocasiones, formación de un absceso. Es importante destacar que esta infección se limita al segmento coronal, permaneciendo el segmento apical vital y sano (Andreasen et al., 2004).



Figura 1.D: Cicatrización fallida con interposición de tejido de granulación. Abbott et al 2019, radiografía de la serie de casos

FISIOPATOLOGÍA DE REPARACIÓN A NIVEL PULPAR

Obliteración del canal radicular

La obliteración del canal radicular (PCO, por sus siglas en inglés) representa una de las respuestas tisulares más frecuentes tras una fractura radicular transversal y, desde una perspectiva biológica, no debe ser interpretada como una condición patológica o un fracaso terapéutico (Abbott, 2019). Por el contrario, la evidencia la define como un signo clínico y radiográfico inequívoco de revascularización y reparación del tejido pulpar tras la disrupción aguda de su suministro sanguíneo original (Andreasen, 1989; Krastl et al., 2022).

Tras el trauma, la pulpa vital responde al daño vascular mediante una aposición acelerada de tejido duro a lo largo de las paredes del canal, lo que conduce a un estrechamiento progresivo o a la calcificación total del espacio pulpar (Andreasen, 1989). Este fenómeno puede manifestarse radiográficamente tanto en el segmento coronal como en el apical, siendo

especialmente prevalente en aquellos casos que culminan en una cicatrización por tejido conectivo o por tejido duro (Çalışkan & Pehlivan, 1996). Desde el punto de vista clínico, los dientes que desarrollan PCO pueden presentar un cambio de coloración hacia un tono más amarillento y una respuesta reducida o completamente ausente a las pruebas de sensibilidad pulpar eléctrica o térmica (Andreasen, 1989; Çalışkan & Pehlivan, 1996). Esta falta de respuesta es una consecuencia física directa de la barrera de tejido calcificado formada y no debe ser diagnosticada erróneamente como necrosis pulpar (Çalışkan & Pehlivan, 1996).

Diversos estudios longitudinales han establecido que la obliteración pulpar es la secuela más común de las fracturas radiculares, presentándose hasta en el 75% de los casos dependiendo de la cohorte (Çalışkan & Pehlivan, 1996). De manera fundamental para el pronóstico a largo plazo, la literatura demuestra que el riesgo de que un diente desarrolle necrosis subsiguiente tras haber iniciado un proceso de obliteración es extremadamente bajo, estimándose en apenas un 1% (Andreasen, 1989). En consecuencia, el hallazgo de una PCO constituye un éxito biológico y contraindica de manera absoluta la realización de un tratamiento endodóntico (Abbott, 2019; Çalışkan & Pehlivan, 1996). La indicación terapéutica frente a la obliteración pulpar se limita estrictamente a la observación clínica y radiográfica periódica, reservando la intervención únicamente para aquellos pocos eventos donde se superponga una infección real con signos clínicos y radiográficos inequívocos (Abbott, 2019).

Secuelas patológicas y reabsorciones radiculares postrauma

Las reabsorciones radiculares posteriores a un traumatismo dentoalveolar representan procesos biológicos complejos que deben diferenciarse entre eventos fisiológicos transitorios de remodelación y verdaderas secuelas patológicas (Andreasen, 1989; Rechenberg, 2019). En las fases iniciales de la cicatrización de una fractura radicular, es frecuente observar radiográficamente procesos de reabsorción superficial externa e interna, reabsorción interna en túnel y reabsorción apical transitoria (*Transient Apical Breakdown* o TAB) (Abbott, 2019; Sobczak-Zagalska et al., 2024). Estos fenómenos morfológicos son de carácter autolimitado y representan una respuesta inflamatoria dirigida a eliminar y remodelar los tejidos dañados en los márgenes de la fractura, preparándolos para la subsiguiente aposición reparativa de tejido duro o conectivo. Por consiguiente, no constituyen una complicación clínica ni justifican una intervención endodóntica (Abbott, 2019)

Por el contrario, las secuelas patológicas verdaderas surgen cuando el daño traumático a las estructuras de soporte es extenso e irreversible, clasificándose principalmente en

reabsorción radicular inflamatoria (relacionada a infección) y reabsorción por reemplazo (anquilosis) (Krastl et al., 2022; Tronstad, 1988). La reabsorción inflamatoria se instaura cuando coexiste un daño físico en el cemento radicular junto con una infección pulpar; en este escenario, los microorganismos y sus toxinas difunden desde el canal necrótico a través de los túbulos dentinarios hacia el ligamento periodontal, desencadenando una respuesta osteoclástica rápida y altamente destructiva (Krastl et al., 2022). Por su parte, la reabsorción por reemplazo ocurre ante un daño severo de la capa de cementoblastos y un daño irreversible a las células del ligamento periodontal, lo que resulta en la proliferación invasiva del hueso alveolar hacia la superficie de la raíz, generando una especie de fusión entre el diente y hueso circundante (Krastl et al., 2022; Tronstad, 1988).

Es de vital importancia destacar que, en el escenario de las fracturas radiculares intra-alveolares, el desarrollo de estas reabsorciones patológicas rara vez es causado por la presencia de la fractura en sí misma (Andreasen, 1989). Su aparición está casi invariablemente asociada al impacto de lesiones traumáticas concomitantes —tales como luxaciones laterales severas, extrusiones o avulsiones— que sufre el segmento coronal durante el accidente, las cuales comprometen críticamente la viabilidad de su ligamento periodontal y exponen el diente a la contaminación bacteriana (Andreasen et al., 2004; Cvek et al., 2008)

PRONÓSTICOS Y FACTORES DETERMINANTES

El pronóstico a largo plazo y el patrón de cicatrización de las fracturas radiculares transversales no son eventos aleatorios, sino que están condicionados por una serie de factores clínicos, anatómicos y biomecánicos presentes al momento del impacto. Los estudios multicéntricos masivos y las cohortes retrospectivas han establecido que la interacción de estos elementos dicta la capacidad de supervivencia del tejido pulpar y periodontal (Andreasen et al., 2004; Cvek et al., 2008).

Grado de desplazamiento y luxación concomitante

El factor predictivo más crítico para la supervivencia pulpar y la reparación tisular es la magnitud de la diástasis entre los segmentos y la presencia de lesiones por luxación en el segmento coronal (Andreasen et al., 2004; Cvek et al., 2001). Cuando el impacto genera una luxación severa, como una luxación lateral o una extrusión, se produce una ruptura, compresión o estiramiento crítico del paquete vasculonervioso a nivel del rasgo de fractura. Esta isquemia aguda incrementa significativamente el riesgo de necrosis pulpar e interposición de tejido de granulación (Andreasen, 1989; Krastl et al., 2022). Por el contrario, en aquellos escenarios donde

la diástasis es mínima y la injuria se limita a una concusión o subluxación del segmento coronal, las probabilidades de mantener la vitalidad pulpar y lograr la cicatrización ideal por interposición de tejido duro son altas (Abbott, 2019; Andreasen, 1989).

Estadio de desarrollo radicular

La madurez del ápice al momento de la lesión es un factor determinante. La evidencia coincide en que los dientes inmaduros, caracterizados por poseer un foramen apical amplio y paredes dentinarias divergentes o paralelas, presentan un pronóstico biológico considerablemente superior en comparación con los dientes con ápices completamente cerrados (Andreasen et al., 2004; Cvek et al., 2001). Un diámetro amplio del canal facilita una rápida revascularización y proporciona un amplio aporte sanguíneo hacia el rasgo de fractura. Esta rica perfusión celular y vascular no solo minimiza el riesgo de necrosis ante desplazamientos severos, sino que propicia procesos biológicos exitosos de defensa, como PCO y cicatrización por tejido duro (Abbott, 2019; Krastl et al., 2022).

Localización de la línea de fractura

La ubicación anatómica del rasgo de fractura juega un rol en la biomecánica y estabilidad a largo plazo del diente afectado. Las fracturas ubicadas en el tercio apical y en el tercio medio presentan las tasas de éxito y supervivencia más elevadas (superando el 80%), ya que el segmento coronal cuenta con una proporción suficiente de inserción en el hueso alveolar para mantener su estabilidad frente a las fuerzas oclusales (Abbott, 2019; Cvek et al., 2008). En contraste, las fracturas localizadas en el tercio cervical conllevan el peor pronóstico de supervivencia de todas las lesiones radiculares (Andreasen et al., 2004; Cvek et al., 2002). La marcada inestabilidad del segmento coronal dificulta la inmovilización, y la proximidad de la fractura a la cresta ósea genera un riesgo de que el trazo se comuniqué con el surco gingival. Esta exposición al medio oral permite la invasión bacteriana hacia el ligamento periodontal y el espacio pulpar, lo que frecuentemente deriva en inflamación crónica, pérdida de inserción y, en última instancia, la pérdida del diente (Cvek et al., 2002; Krastl et al., 2022).

Pronóstico Biológico

A pesar de la gravedad aparente de las fracturas radiculares, la pulpa demuestra una gran capacidad de cicatrización. Los estudios longitudinales reportan una tasa de sobrevida a 10 años de dientes con fractura radicular intraósea muy altas, oscilando entre el 87% y el 96%. El escenario de no cicatrización (interposición de tejido de granulación) se presenta únicamente en el 20-25% de los casos, y aun en estos casos el pronóstico sigue siendo bueno si se realiza un

tratamiento endodóntico oportuno y adecuado. Por tanto, resulta crucial mantener la vitalidad pulpar mediante un enfoque conservador, evitando la sobreintervención y reservando el tratamiento pulpar exclusivamente para aquellos casos que desarrollen una falta de cicatrización con interposición de tejido de granulación demostrable tanto clínico como radiográficamente (Sheikhnezami et al., 2024).

Control de Higiene Oral y Contaminación Bacteriana

Un factor pronóstico de vital importancia, frecuentemente subestimado en el manejo agudo de los traumatismos, es el control estricto de la higiene oral. La literatura demuestra que el éxito de la cicatrización radicular depende en gran medida del control de la carga bacteriana en el entorno periodontal, ya que una mala higiene dificulta y complica significativamente la evolución clínica del tratamiento (Abbott, 2019; Kirzioglu et al., 2008). Tras el trauma, la instalación de férulas fijas para la estabilización crea áreas de retención que actúan como acumuladores de placa, lo que exige reforzar rigurosamente las instrucciones de higiene y complementar el control mecánico con el uso de enjuagues antisépticos (Krastl et al., 2022).

Si la higiene oral es deficiente, el biofilm alojado en el surco gingival actúa como una fuente primaria de microorganismos (Abbott, 2019). Esta acumulación bacteriana resulta sumamente crítica si la inflamación induce una recesión gingival, puesto que proporciona una vía de entrada directa para que las bacterias alcancen el rasgo de fractura, perjudicando la cicatrización (Abbott, 2019). La penetración microbiana a través del ligamento periodontal hacia el espacio interfragmentario promueve el desarrollo de tejido de granulación y necrosis, pudiendo originar también complicaciones a largo plazo, tales como procesos resortivos severos que surgen a raíz de la combinación entre el trauma inicial y una inflamación periodontal agregada (Saroglu y Sonmez, 2008). Por consiguiente, el mantenimiento de una higiene oral excelente por parte del paciente, la inactivación de lesiones de caries activas, junto a la monitorización continua y profilaxis por parte del clínico, constituye un predeterminante biológico fundamental para prevenir la infección secundaria del rasgo de fractura y propiciar su correcta curación (Abbott, 2019; Saroglu y Sonmez, 2008)

MANEJO CLÍNICO

Manejo clínico

El tratamiento de las fracturas radiculares transversales ha evolucionado considerablemente hacia protocolos menos invasivos, fundamentados en una mejor comprensión de la biología de la reparación. Según las guías de manejo clínico de la *International Association of Dental Traumatology* (IADT) publicadas en 2020, el pilar terapéutico fundamental consiste en el reposicionamiento del segmento coronal, seguido de una estabilización mediante una férula flexible por un período de 4 semanas. Este enfoque se sustenta en estudios clínicos que han demostrado patrones de cicatrización satisfactorios sin necesidad de inmovilización rígida prolongada (Kahler, 2008). Sin embargo, el enfoque tradicional descrito por Andreasen sugiere una ferulización rígida durante un período de 3 a 4 meses, especialmente en fracturas localizadas en el tercio cervical o en casos que presenten movilidad excesiva del segmento coronal. El objetivo de este protocolo es garantizar la estabilidad absoluta del sitio de fractura para optimizar las condiciones que permitan la aposición de tejido duro. (Andreasen et al., 2018).

Necrosis pulpar y manejo endodóntico

La confirmación diagnóstica de necrosis pulpar y el consecuente fracaso de la cicatrización por interposición de tejido de granulación requiere una rigurosa evaluación longitudinal, ya que las pruebas de sensibilidad iniciales suelen arrojar falsos negativos y los verdaderos signos patognomónicos de infección suelen manifestarse varios meses posteriores al trauma (Andreasen, 1989). Desde una evaluación clínica, la instauración de la necrosis se evidencia cuando la falta de respuesta pulpar se acompaña de una movilidad aumentada y persistente del segmento coronal, tendencia a la extrusión, sensibilidad a la percusión, cambios de coloración y, en etapas avanzadas, la formación de un absceso o tracto sinusal (Abbott, 2019; Andreasen et al., 2004). Radiográficamente, este fracaso biológico se caracteriza por un ensanchamiento progresivo del rasgo de fractura y el desarrollo de una radiolucidez lateral en el hueso alveolar adyacente, lo que confirma que el espacio entre segmentos ha sido ocupado por tejido de granulación (Andreasen et al., 2004; Krastl et al., 2022).

El intervalo de tiempo para la aparición clínica y radiográfica de estos signos es un factor crítico en el monitoreo. La evidencia científica establece que la instauración de la necrosis pulpar y la consecuente interposición de tejido de granulación rara vez es un evento clínicamente visible de forma inmediata. Por lo general, la necrosis y el fracaso de la cicatrización se hacen evidentes durante los primeros 3 a 6 meses posteriores al traumatismo (Abbott, 2019; Krastl et al., 2022).

Sin embargo, la cronología difiere significativamente según el tipo de signo evaluado. Los cambios clínicos iniciales, tales como la decoloración grisácea de la corona, suelen manifestarse de forma más temprana, habitualmente entre la tercera semana y los dos meses postrauma (Jacobsen & Kerekes, 1980). Por el contrario, los signos radiográficos confirmatorios de infección toman más tiempo en reflejar la alteración ósea; el ensanchamiento visible de la línea de fractura y el desarrollo de radiolucidez adyacente al tejido de granulación suelen ser detectables radiográficamente recién entre los 3 y 5 meses posteriores al impacto, pudiendo en algunos casos retrasarse hasta casi un año (Jacobsen & Kerekes, 1980; Rechenberg, 2019). Por lo tanto, el diagnóstico definitivo de un fracaso biológico agudo suele establecerse típicamente alrededor del tercer o cuarto mes, lo que justifica de manera estricta la necesidad de agendar controles radiográficos a los 3 y 6 meses postrauma (Abbott, 2019; Andreasen, 1989). Adicionalmente, cabe destacar que un porcentaje menor de dientes puede desarrollar una "necrosis tardía" varios años después del accidente, la cual no es consecuencia directa de la fractura inicial, sino el resultado de una contaminación bacteriana secundaria por filtración de restauraciones coronarias defectuosas (Abbott, 2019).

Una vez confirmado el diagnóstico de necrosis y el fracaso de la cicatrización, el tratamiento endodóntico debe limitarse de manera exclusiva a la desinfección y sellado del segmento coronal (Abbott, 2019). Esta restricción terapéutica se fundamenta en la biomecánica del trauma: dado que la energía del impacto suele disiparse a nivel del rasgo de fractura, el fragmento apical rara vez sufre desplazamiento, por lo que su paquete neurovascular en el foramen apical permanece intacto y el tejido pulpar en su interior conserva su vitalidad de manera normal (Abbott, 2019). Intentar instrumentar u obturar el segmento apical en estos casos no solo es innecesario, sino que constituye una sobreintervención que incrementa significativamente el riesgo de extrusión de material de irrigación u obturación, así como de detritos necróticos, hacia el espacio intersegmentario (Abbott, 2019; Cvek et al., 2004). Esta extrusión compromete severamente la reparación de los tejidos periodontales y disminuye el pronóstico de supervivencia a largo plazo del diente afectado, pudiendo perpetuar la inflamación y la radiolucidez adyacente (Abbott, 2019; Koidou & Lambrianidis, 2014).

Uso de Cementos Biocerámicos (MTA y Biodentine) en el Manejo Endodóntico

Históricamente, el manejo endodóntico del segmento coronal con necrosis pulpar dependía de la utilización de hidróxido de calcio para inducir una barrera de tejido duro en la zona de la fractura. Sin embargo, la evidencia actual muestra desventajas clínicas y biomecánicas en este método (Rechenberg, 2019). El uso prolongado de hidróxido de calcio (por

más de 30 días) podría alterar la estructura colágena de la dentina, reduciendo la resistencia de la raíz, lo cual representa un riesgo en un diente que ya ha sido debilitado por un traumatismo (Demiriz et al., 2016; Roig et al., 2011). Adicionalmente, esta terapia requiere múltiples sesiones clínicas a lo largo de meses, lo que incrementa significativamente el riesgo de recontaminación bacteriana a través de las filtraciones en las restauraciones temporales, dependiendo del cumplimiento del paciente (Roig et al., 2011).

Para superar estas limitaciones, se ha propuesto el uso de cementos biocerámicos a base de silicato de calcio (HCSC, por sus siglas en inglés), siendo el Agregado Trióxido Mineral (MTA) y el Biodentine los materiales de elección (Krastl et al., 2022). El MTA destaca por su excepcional biocompatibilidad, su capacidad de fraguado en presencia de humedad y su capacidad de sellado marginal no reabsorbible (Demiriz et al., 2016; Erdem et al., 2009). Biológicamente, la colocación de un tapón de MTA (de 3 a 6 mm de grosor) en el rasgo de fractura del segmento coronal no solo sella el canal, sino que podría inducir activamente la proliferación de células y la aposición de tejido duro (cementoide o tejido similar al hueso), promoviendo una rápida regeneración del ligamento periodontal y del tejido periradicular adyacente (Erdem et al., 2009; Heithersay, 2013).

Clínicamente, la técnica del tapón con biocerámicos permite completar el tratamiento endodóntico y la obturación del resto del canal en una o dos sesiones, permitiendo realizar la restauración coronal definitiva de manera temprana (Demiriz et al., 2016). Si bien las primeras formulaciones de MTA presentaban el inconveniente de generar decoloración coronaria a largo plazo, los materiales bioactivos de nueva generación, como el Biodentine, han incorporado óxido de zirconio o tantalio, ofreciendo una alta estabilidad de color que cumple con las exigencias estéticas del sector anterior (Krastl et al., 2022).

En definitiva, la utilización de MTA para obturar el segmento coronal asegura tasas de éxito radiográfico y clínico que superan el 89% (Sheikhnezami et al., 2024). Este material logra consolidar la cicatrización en escenarios clínicos complejos sellando de manera correcta la comunicación entre los segmentos.

INVESTIGACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN EN TRAUMATOLOGÍA: LOS ÍNDICES DE EDEN

La investigación científica en el campo de los traumatismos dentoalveolares enfrenta importantes barreras metodológicas, derivadas fundamentalmente de la naturaleza impredecible de los mismos y de los dilemas éticos que impiden la realización de ensayos clínicos aleatorizados controlados. En consecuencia, el avance del conocimiento en esta área depende en gran medida de la recolección estandarizada de datos observacionales a gran escala. Para

abordar la heterogeneidad histórica en la documentación de casos y crear bases de datos comparables a nivel internacional, se han desarrollado e implementado los índices de Eden, herramientas metodológicas de gran usabilidad en el contexto del registro y manejo de bases de datos (Eden, 2021).

Diagnóstico Inicial Integral: Modified Eden Baysal Dental Trauma Index (MEBDTI)

El *Modified Eden Baysal Dental Trauma Index* (MEBDTI) representa una herramienta metodológica diseñada para registrar de forma estandarizada y simplificada los traumatismos dentales y sus lesiones asociadas en el contexto de la atención de urgencias (Eden et al., 2021). Tanto la versión original del índice (EBDTI) como su modificación fueron rigurosamente desarrolladas y validadas a través del método de consenso científico *RAND e-Delphi* (Eden et al., 2020; Eden et al., 2021). Este proceso involucró a un panel internacional de 15 expertos en traumatología dental (representando diversas especialidades y países) quienes, a través de múltiples rondas de evaluación iterativa y anónima, garantizaron la validez de apariencia y contenido de la herramienta para su uso clínico y epidemiológico global (Eden et al., 2020). En su estructura central, el índice EBDI codifica el diagnóstico dental mediante un sistema de cinco dígitos registrados entre corchetes que capturan las variables pronósticas más críticas del diente: (Eden et al., 2020; Eden et al., 2021). Las variables abordadas son las siguientes

- Número de diente,
- Estado de la corona
- Presencia y localización de fractura radicular
- Tipo de luxación
- Grado de madurez apical
- Compromiso del hueso alveolar

Al EBDI se le hizo una modificación creándose el MEBDTI (**Tabla 1**) el cual amplía este registro incorporando las lesiones de los tejidos blandos (Eden et al., 2021). La necesidad de implementar este registro modificado se basa en que las lesiones de los tejidos blandos acompañan frecuentemente al trauma dental, pero históricamente han carecido de un sistema de documentación, siendo subestimadas u omitidas en las historias clínicas de urgencia (Eden et al., 2021). Registrar estas lesiones no solo es vital para el manejo clínico inmediato, sino que permite cubrir un vacío en la literatura científica (Eden et al., 2021). Al recopilar esta información en bases de datos globales mediante el MEBDTI, las futuras investigaciones podrán determinar

con exactitud si existe una asociación directa entre la gravedad del daño en los tejidos blandos y el fracaso o la supervivencia a largo plazo del diente afectado (Eden et al., 2021).

La tabla 1 indica cual es la codificación usada con los dígitos y la dimensión abordada, además de un ejemplo final de como se estructura el registro.

Dígito	Dimensión	Valores y descripción
Número de diente según		Federación dental mundial
1°	Fractura de corona	0 = Sin fractura 1 = Fractura de esmalte 2 = Fractura coronario no complicada 3 = Fractura coronaria complicada 4 = Fractura corono-radicular no complicada 5 = Fractura corono-radicular complicada
2°	Fractura radicular	0 = Sin fractura 1 = Tercio apical 2 = Tercio medio 3 = Tercio cervical
3°	Lesión de luxación	N = Ninguna C = Concusión S = Subluxación E = Extrusiva L = Lateral I = Intrusión A = Avulsión
4°	Madurez Apical	i = Inmaduro m = Maduro r = Reabsorción fisiológica
5°	Fractura alveolar	+ = Presente - = Ausente
Modificación		
Lesiones de tejidos blandos		0 = Ninguna

1 = Abrasión piel / labio
2 = Laceración piel / labio
3 = Contusión piel / labio
4 = Avulsión piel / labio
5 = Abrasión intraoral
6 = Laceración intraoral
7 = Contusión intraoral
8 = Avulsión intraoral

Tabla 1: Codificación de Modified Eden Baysal Dental trauma Index (MEBDTI)

Eden et al 2021

Ej:

[(2.1) 0 2 L m –] ^{3 6}

Diente 2.1, sin fractura coronaria, con fractura radicular en el tercio medio, asociado a luxación lateral, diente maduro, sin fractura alveolar. Lesión en tejidos blandos, contusión en piel / labio y laceración intraoral

Con respecto a la convención formal de este sistema de registro, se emplean corchetes [...] para individualizar el diente y agrupar sus compromisos estructurales. Dentro de estos, la nomenclatura específica del diente se delimita entre paréntesis (...), mientras que los códigos correspondientes a las lesiones de tejidos blandos se posicionan fuera del corchete principal en forma de superíndice.

Evaluación a Largo Plazo: Eden Dental Trauma Outcome Index (EDTOI) (Tabla 2)

En el ámbito de los traumatismos dentoalveolares no se contaba con un sistema estructurado y universalmente aceptado para definir y cuantificar el "éxito" terapéutico a largo plazo de manera objetiva. Para resolver esta limitación metodológica, se desarrolló el *Eden Dental Trauma Outcome Index* (EDTOI), el cual fue validado en 2025 mediante un panel internacional de expertos por metodología RAND e-Delphi. Este índice captura de forma estructurada los resultados clínicos centrales definidos como fundamentales por la literatura en

traumatología dental, consolidándolos en un nuevo código estandarizado de cinco dígitos (Eden et al., 2025).

Dígito	Dimensión	Valores y descripción
Número de diente según Federación dental mundial		
1°	Restauración coronal	0 = Sin fractura
		1 = Fragmento dental reposicionado intacto
		2 = Restauración aceptable
		3 = Cambio de coloración en restauración sin necesidad de recambio
		4 = Necesidad de recambio
		5 = Restauración perdida
		8 = no es claro
		9 = Diente perdido
2°	Cicatrización de fractura radicular	0 = Sin fractura radicular
		1 = Cicatrización por tejido duro
		2 = Cicatrización por tejido conectivo con o sin interposición ósea
		3 = Sin cicatrización con presencia de infección
		8 = No es claro
		9 = Diente perdido
3°	Tipo de reabsorción radicular externa	NI = Sin injuria al ligamento periodontal
		PH = Correcta cicatrización del ligamento periodontal
		IR = Reabsorción inflamatoria (Reabsorción relacionada a infección)
		RR = Reabsorción por reemplazo (Reabsorción relacionada a anquilosis)
		8 = No es claro
		9 = Diente perdido

4°	Desarrollo radicular	m = Maduro
		i = Raíz con crecimiento inmaduro
		a = Detención del crecimiento radicular
		r = Raíz reabsorbida (fisiológica)
5°	Estado pulpar	0 = Pulpa clínicamente normal
		1 = Calcificación pulpar parcial / total
		2 = Vitalidad endodóntica / Tratamiento regenerativo
		3 = Necrosis / pulpa infectada
		4 = Canal tratado endodónticamente
		8 = No es claro
		9 = Diente perdido

Tabla 2: Eden Dental Trauma Outcome Index (EDTOI)

Eden et al 2025

Ej:

(1.1) 0 2 PH m 4

Diente 1.1, sin fractura coronaria, cicatrización de fractura radicular por tejido conectivo, correcta cicatrización del tejido periodontal, madurez en desarrollo radicular, canal tratado endodónticamente

Es importante destacar que la versión definitiva validada del índice incorporó de manera transversal para todos sus dígitos el uso del código '8' para situaciones clínicas dudosas o indeterminadas, y el código '9' para registrar la pérdida o extracción del diente, permitiendo así documentar el fracaso absoluto en los estudios longitudinales (Eden et al., 2025).

Integración clínica y científica

El uso estandarizado y combinado de ambos índices, MEBDTI para el registro diagnóstico inicial y EDTOI para la documentación de los resultados clínicos a largo plazo, genera lo que podría describirse como un "código de barras" universal del paciente que ha sufrido un trauma dental. Esta metodología estandarizada permite evaluar objetivamente el éxito de los diferentes

protocolos de tratamiento, justifica la estructura metodológica de estudios de series de casos, y facilita la integración de esta evidencia en bases de datos globales. Todo ello con el objetivo final de mejorar las guías clínicas basadas en evidencia (Eden et al., 2025).

Debido a la baja incidencia de las fracturas radiculares y a los dilemas éticos que impiden realizar ensayos clínicos aleatorizados en traumatología dental, el diseño de serie de casos se posiciona como la herramienta epidemiológica idónea para observar la evolución natural, generar hipótesis y evaluar nuevas pautas terapéuticas. Consecuentemente, la presente investigación adopta de manera sistemática la aplicación combinada del MEBDTI y el EDTOI como el eje metodológico conductor para evaluar la cohorte de este estudio. Mediante la implementación de estas herramientas de estandarización internacional, se aspira a transformar los registros clínicos de la serie de casos en datos estructurados, reproducibles y bajo un lenguaje científico universal. Con este enfoque, la presente investigación no solo busca validar la tasa de éxito de los protocolos conservadores aplicados a nivel local, sino también aportar evidencia regional de alta calidad que se integre a las bases de datos globales, contribuyendo así al perfeccionamiento continuo de las guías clínicas internacionales en traumatología dental.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son las características clínicas, radiográficas, terapéuticas y el pronóstico de los casos de fracturas radiculares atendidos en la Clínica Odontológica Pediátrica y del Adolescente dependiente de la Universidad de Valparaíso, y un centro clínico de práctica privada a cargo de dos expertos en trauma de la Región de Valparaíso durante el período 1991-2025 evaluados y registrados mediante el MEBDTI y el EDTOI?

OBJETIVO GENERAL

Describir las características clínicas, radiográficas, y el resultado de una serie de casos de fracturas radiculares atendidos en la Clínica Odontológica Pediátrica y del Adolescente dependiente de la Universidad de Valparaíso, y un centro clínico de práctica privada a cargo de dos expertos en trauma de la Región de Valparaíso durante el período 1991-2025, utilizando el MEBDTI y el EDTOI

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar sociodemográficamente mediante edad y sexo a los pacientes con diagnóstico de fractura radicular incluidos en la serie de casos.
- Codificar y caracterizar las características del trauma dentoalveolar en la cohorte de estudio utilizando el MEBDTI.
- Codificar y caracterizar el éxito terapéutico y los patrones de cicatrización a lo largo del tiempo de seguimiento mediante la aplicación del EDTOI.
- Evaluar la viabilidad clínica y metodológica del uso combinado de los Índices de Eden
- Identificar posibles asociaciones entre MEBDTI y EDTOI

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio y consideraciones éticas

Se realizó un estudio observacional descriptivo y retrospectivo tipo serie de casos. Los datos clínicos y radiográficos utilizados contaban con la debida firma del consentimiento informado por parte del paciente o de su tutor legal para ser empleados en investigaciones científicas, garantizando la estricta anonimización de la información para proteger la privacidad de los individuos.

Para asegurar la estandarización metodológica de la muestra, el registro del diagnóstico inicial del trauma dentoalveolar se codificó utilizando el MEBDTI, mientras que la cuantificación objetiva del pronóstico y la cicatrización a largo plazo se determinaron mediante la aplicación del EDTOI. Finalmente, la estructuración general del protocolo de investigación y el reporte narrativo y visual de los casos clínicos representativos se rigieron bajo los lineamientos internacionales de las directrices PRICE 2020 (Preferred Reporting Items for Case reports in Endodontics) (Nagendrababu et al., 2020).

Población y selección de la muestra

La muestra incluyó a pacientes tratados en dos centros de referencia en traumatología dental en la región de Valparaíso, Chile (la Clínica Pediátrica y del Adolescente de la Universidad de Valparaíso y un centro privado de especialistas en traumatología dental), durante el periodo comprendido entre 1991 y 2025. Los criterios de inclusión fueron:

- Dientes permanentes con diagnóstico de fractura radicular transversal intralveolar, donde el segundo dígito del MEBDTI fuera distinto de 0
- Disponibilidad de registros clínicos y radiográficos iniciales y de seguimiento
- Periodo de seguimiento mínimo de 6 meses
- Dientes sin terapia endodóntica iniciada al momento de la primera consulta.

Se excluyeron los casos con

- Información incompleta
- Fracturas extralveolares
- Exodoncias inmediatas o terapia endodóntica iniciada al momento de la primera consulta
- Seguimiento menor a 6 meses.

Recolección de datos y evaluación

Con el propósito de minimizar los sesgos de medición, la evaluación retrospectiva de las fichas clínicas y el análisis de los registros radiográficos fueron ejecutados de forma independiente por dos evaluadores calibrados. Cualquier discrepancia diagnóstica o en la categorización de los patrones de cicatrización se resolvió mediante consenso.

A partir de las fuentes originales, se recopilaron las variables de interés:

- a) Datos demográficos
- b) Datos de anamnesis relevantes
- c) Datos de evaluación clínica inicial
- d) Datos de intervención terapéutica
- e) Datos de registro de seguimientos

Asimismo, se recopilaron las radiografías periapicales basales y finales; en aquellos casos donde los registros históricos constaban en placas físicas, se procedió a su digitalización.

Para el manejo de los registros digitalizados se aplicaron exclusivamente ajustes estandarizados de brillo y contraste para optimizar la inspección visual y delimitación del rasgo de fractura..

Clasificación mediante índices de Eden

La estandarización de la muestra se realizó aplicando dos sistemas de codificación validados internacionalmente. El diagnóstico basal se codificó mediante MEBDTI. Para la evaluación estructurada del éxito terapéutico a largo plazo, se aplicó el EDTOI, para razones de este estudio frente a outcome se consideró solo el índice generado en el último control del paciente.

Análisis de datos

Los datos consolidados fueron tabulados y sometidos a un análisis descriptivo. Los resultados de las variables categóricas y numéricas se expresaron mediante distribuciones de porcentajes, promedios y rangos.

RESULTADOS

Descripción de la muestra y características basales

De una cohorte inicial de 103 dientes con diagnóstico de fractura radicular, se excluyeron 62 por no cumplir con los criterios de inclusión (**Tabla 3**). La muestra final consistió en 41 dientes permanentes con fracturas intralveolares correspondientes a 36 pacientes, cinco de ellos con dos dientes afectados.

Motivo de exclusión	n	%
Seguimiento menor a 6 meses	40	64.5
Inicio previo de endodoncia	7	11.3
Exodoncia del segmento coronal	1	1.6
Fractura extralveolar	2	3.2
Datos clínicos insuficientes	12	19.4
Total excluidos	62	100.0

Tabla 3. Distribución excluidos según cantidad y razones.

Es importante señalar que, dentro del grupo de los 40 dientes excluidos por presentar un seguimiento inferior a los 6 meses, el 77,5% de estos (n = 31) registró su última atención clínica coincidiendo con el retiro de la ferulización (ocurrido aproximadamente a los 3 meses postrauma), constatándose una posterior inasistencia a los controles programados.

La edad media al momento del trauma fue de 12.4 años (rango de 7 a 45 años), observándose una mayor prevalencia de lesiones en el sexo masculino (56.1%, n=23) en comparación con el femenino (43.9%, n=18) (**Tabla 4**). El tiempo promedio de seguimiento global fue de 7.1 años (rango de 1.3 a 21.4 años), con una parte significativa de la muestra (n=12) que supera los 10 años de control.

Variable	n	%
Sexo		
Masculino	23	56.1%
Femenino	18	43.9%
Grupo etario		
7–9 años	20	48,8%
10–12 años	10	24,4%
13–15 años	2	4,9%
> =16 años	9	21,9%
Edad media: 12.4 ± 7.2 años (rango: 7–45).		

Tabla 4 Distribución sociodemográfica.

Distribución de la muestra según sexo y grupo etario

Manejo clínico inicial

La totalidad de la muestra de estudio (100%) se estabilizó mediante la ferulización rígida, la cual se mantuvo por un periodo promedio de 144.3 días para asegurar la estabilidad de los segmentos. El tiempo promedio transcurrido entre el evento traumático y el acceso a la atención clínica especializada fue de 5.1 días. Resulta relevante destacar que el 28.2% (n=11) de los casos correspondieron a segundas consulta donde en su gran mayoría fue necesario realizar una modificación del tratamiento de urgencia instaurado inicialmente en otros centros asistenciales. Estos cambios terapéuticos consistieron en algunos casos en la reposición de los segmentos desplazados y en todos los casos en el reemplazo de métodos de inmovilización deficientes (tales como férulas de acrílico, resina o flexibles) por férulas de tipo rígido.

Además al 100% de la muestra se le dieron indicaciones estrictas de mantención de higiene oral, realizando instrucción de higiene, indicación de colutorio de clorhexidina 0.12%, y en caso de existir lesiones activas de caries se realizó la inactivación de las mismas, con el fin de mantener un ambiente bucal lo más aséptico posible

Evaluación de MEBDTI y EBODTI

En la **tabla 5** se evalúa el cruce de ambos índices analizados en busca de correlaciones pensando en éxito terapéutico. En las columnas se plantea el MEBDTI, como código diagnóstico inicial del trauma, mientras que en las filas se indica el EBODTI, este corresponde al último índice

generado en el último control de seguimiento del paciente. Se aplica en la misma tabla un gráfico de calor para visualizar de mejor manera el resultado obtenido con cada uno de los índices.

Al evaluar las características basales mediante el MEBDTI, el diente más afectado fue el 1.1 (51,2%, $n=21$), seguido por el diente 2.1 (46,6%, $n=19$) y finalmente el diente 1.2 (2,4%, $n=1$). Solo 2 dientes presentaron fracturas coronarias asociadas. El 80.5% ($n=33$) de los dientes presentaba un ápice maduro. La línea de fractura se localizó predominantemente en el tercio medio (68.3%, $n=28$), seguido del tercio apical (22%, $n=9$) y cervical (9.8%, $n=4$). En ningún caso se registro fractura alveolar.

		Diente			Fractura coronaria			Fractura radicular			Luxación					Madurez Ápice		Fractura alveolar			
		1.1	2.1	1.2	0	1	2	1	2	3	N	C	S	L	E	m	i	"-"	Total	%	
Diente	1.1	21			19	1	1	5	16		8	2		5	6	16	5	21	21	51,2	
	2.1		19		18		1	4	12	3	8	1	3	1	6	16	3	19	19	46,3	
	1.2			1	1					1	1					1		1	1	2,4	
Restauración coronaria	0		19	18	1	38		9	25	4	17	2	2	6	11	31	7	38	38	92,7	
	2		2	1			1	2		3		1	1		1	2	1	3	3	7,3	
Cicatrización fractura radicular	1		13	14	1	25	1	2	4	20	4	16	2	2	1	7	22	6	28	28	68,3
	2		8	5		13			5	8		1	1	1	5	5	11	2	13	13	31,7
Tipo de reabsorción externa	PH		20	18	1		1	2	8	27	4	17	3	2	5	12	32	7	39	39	95,1
	IR		1			1				1					1		1		1	1	2,4
	RR			1		1			1					1			1		1	1	2,4
Desarrollo radicular	m		21	19	1	38	1	2	9	28	4	17	3	3	6	12	33	8	41	41	100
Estado pulpar	0		7	6	1	12		2	1	10	3	8	2	1		3	11	3	14	14	34,1
	1		10	12		21	1		7	14	1	8	1	2	4	7	17	5	22	22	53,7
	4		4	1		5			1	4		1			2	2	5		5	5	12,2
n		21	19	1	38	1	2	9	28	4	17	3	3	6	12	33	8	41			
%		51	46	2,4	93	2,4	4,9	22	68	9,8	42	7,3	7,3	15	29	81	20	100			

Tabla 5 Distribución según MEBDTI y EBODTI Muestra de distribución y relación de ambos índices con el desglose de cada uno de los dígitos y su registro. Los códigos sin casos asignados no se representan en la tabla, se excluyó el registro de los tejidos blandos

Se extractaron los datos aislados de las variables de diagnóstico y outcome más representativas desde la **tabla 5**. Mediante MEBDTI se evaluó la complejidad diagnóstica inicial al existir distintas lesiones concomitantes a la fractura radicular, relacionadas estrechamente al nivel de energía de los traumatismos analizados. Aunque el 41.5% ($n=17$) de los dientes no presentó lesión asociada al segmento coronal, la mayoría de los casos (58.5%) si la presentaron, generando una vulnerabilidad aumentada. De estos, las lesiones más severas fueron la luxación extrusiva, detectada en el 29.3% ($n=12$), seguida por la luxación lateral en un 14.6% ($n=6$). Lesiones menores como la concusión y la subluxación representaron, cada una, el 7.3% ($n=3$) de los casos. (**figura 2**)

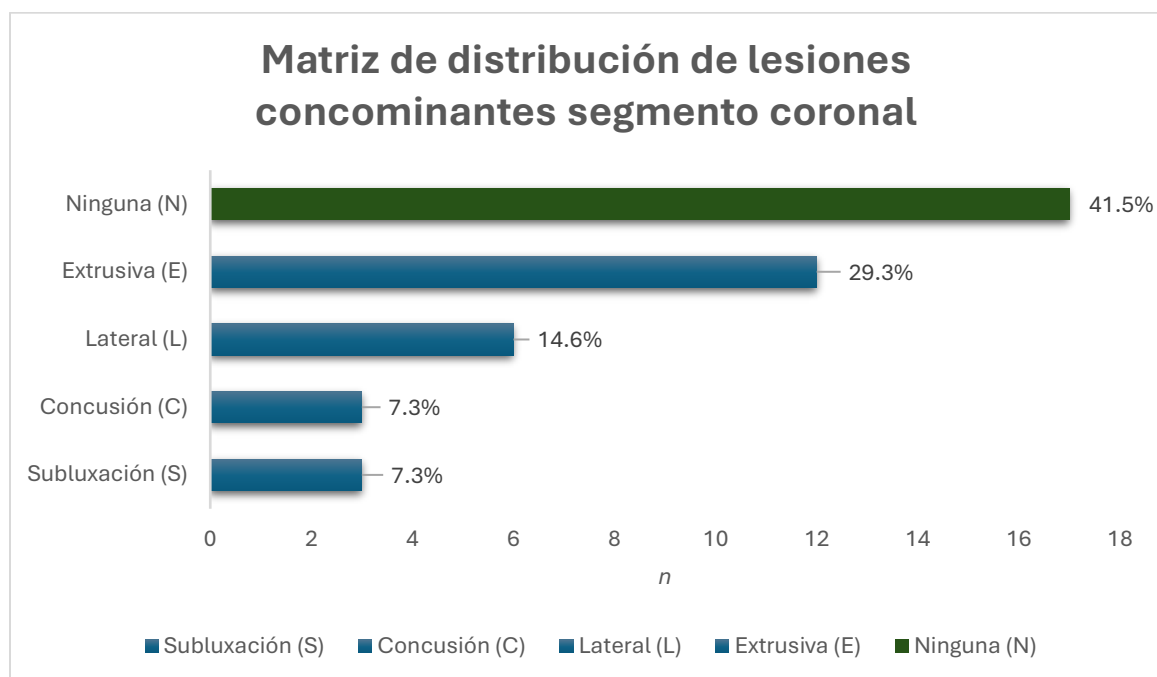


Figura 2. Escenario inicial de lesiones asociadas al segmento coronal, planteado a nivel de cantidad de casos n , y porcentaje respecto al total de la muestra

El análisis del éxito terapéutico a largo plazo y los patrones de respuesta tisular se cuantificó mediante el análisis del EDTOI sobre la cohorte total ($n = 41$). Los resultados evidenciaron tasas elevadas de reparación biológica en las tres dimensiones evaluadas (**Figura 3**).

En la primera dimensión del índice, correspondiente a la Cicatrización de la fractura radicular (Dígito 2), el 100% de la muestra final ($n = 41$) consolidó una unión estable al término del periodo de observación. Este resultado definitivo se desglosó en un 68.3% ($n = 28$) de casos

mediante aposición de tejido duro (Código 1) y un 31.7% ($n = 13$) por interposición de tejido conectivo (Código 2). Es fundamental precisar que, si bien el registro del *outcome* final documentó un 0.0% de ausencia de cicatrización con interposición de tejido de granulación (Código 3), 4 dientes (9.8%) cursaron con esta complicación en una fase intermedia de su evolución. Dichos dientes fueron interceptados oportunamente mediante tratamiento endodóntico del segmento coronal, lo que permitió que el rasgo de fractura consolidara una reparación exitosa a largo plazo, integrándose finalmente a los códigos de unión tisular estables.

Respecto a la segunda dimensión, enfocada en el tejido de soporte periodontal (Dígito 3), se constató una cicatrización fisiológica (Código PH) en el 95.1% ($n = 39$) de los dientes analizados. Las secuelas patológicas fueron eventos aislados y minoritarios, identificándose un único caso de reabsorción inflamatoria relacionada con infección (Código IR, 2.4%), la cual fue tratada mediante tratamiento endodóntico y un caso de reabsorción por reemplazo Código RR, 2.4%.

Finalmente, en la tercera dimensión, correspondiente al Estado pulpar final (Dígito 5), la tasa de supervivencia y mantenimiento de la vitalidad del complejo pulpodentinario alcanzó el 87.8% de la cohorte total. Este comportamiento defensivo y de respuesta biológica se manifestó predominantemente a través del desarrollo de obliteración del canal radicular (PCO, Código 1) en el 53.7% ($n = 22$) de los casos, mientras que un 34.1% ($n = 14$) de los dientes preservó una pulpa clínicamente normal y sin alteraciones lumbinales (Código 0). Por su parte, el fracaso pulpar por necrosis e infección bacteriana afectó únicamente al 12.2% ($n = 5$) de la muestra, requiriendo terapia endodóntica diferida.

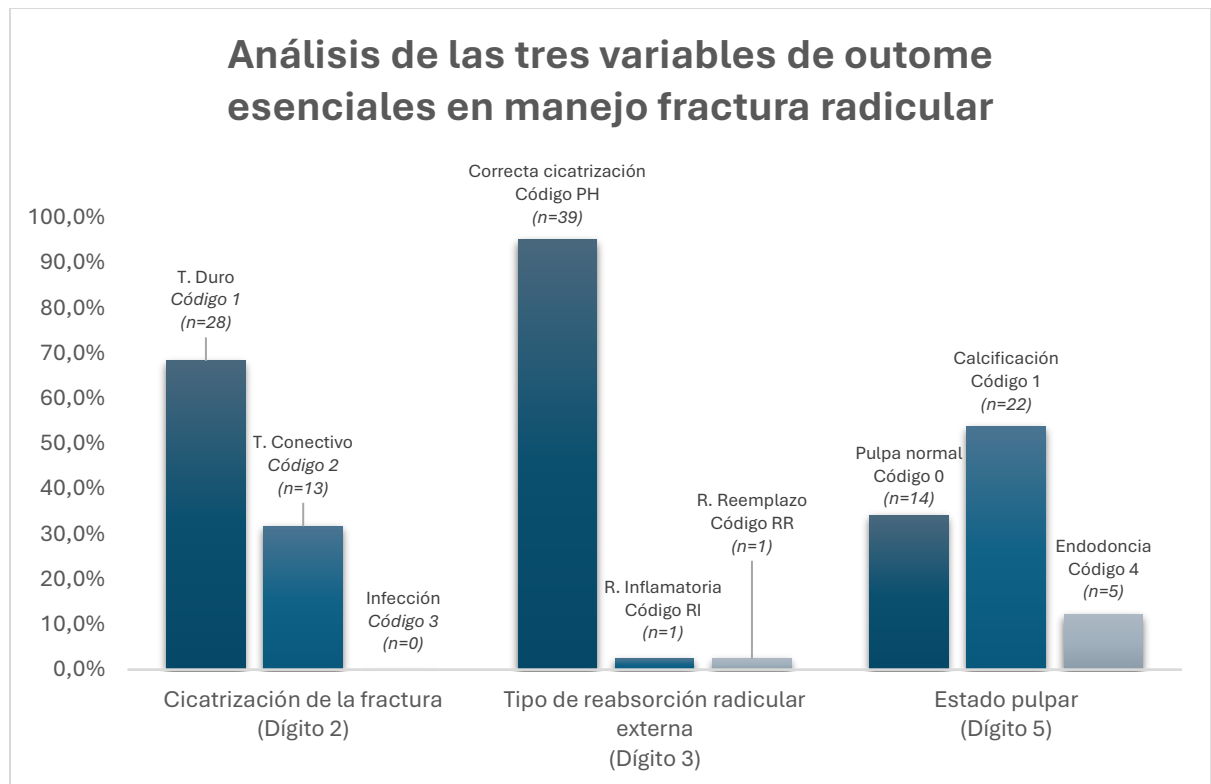


Figura 3. Se analiza el resultado de Outcome según cicatrización de la fractura, tipo de reabsorción existente y estado pulpar

Al estratificar el estado pulpar final en función del tipo de luxación concomitante sufrida por el segmento coronal (**Figura 4**), se identificó un gradiente proporcional entre la severidad del daño periodontal inicial y el desarrollo de la obliteración del canal radicular (PCO). La mayor prevalencia de calcificación se registró en el subgrupo de dientes asociadas a una luxación lateral, alcanzando el 66.7% ($n = 4$ de un subtotal de 6 casos), mientras que el 33.3% restantes ($n = 2$) preservó una pulpa vital normal. En los dientes que cursaron con luxación extrusiva concomitante, el 58.3% ($n = 7$ de 12 casos) evidenció PCO, frente a un 41.7% ($n = 5$) que se mantuvo sin alteraciones estructurales. Por último, en los dientes que no experimentaron desplazamiento o que solo sufrieron injurias periodontales menores (concusión y subluxación), la tasa de PCO disminuyó al 47.8% ($n = 11$ de 23 casos), registrándose en este grupo la mayor proporción de vitalidad pulpar sin modificaciones luminales con un 52.2% ($n = 12$).

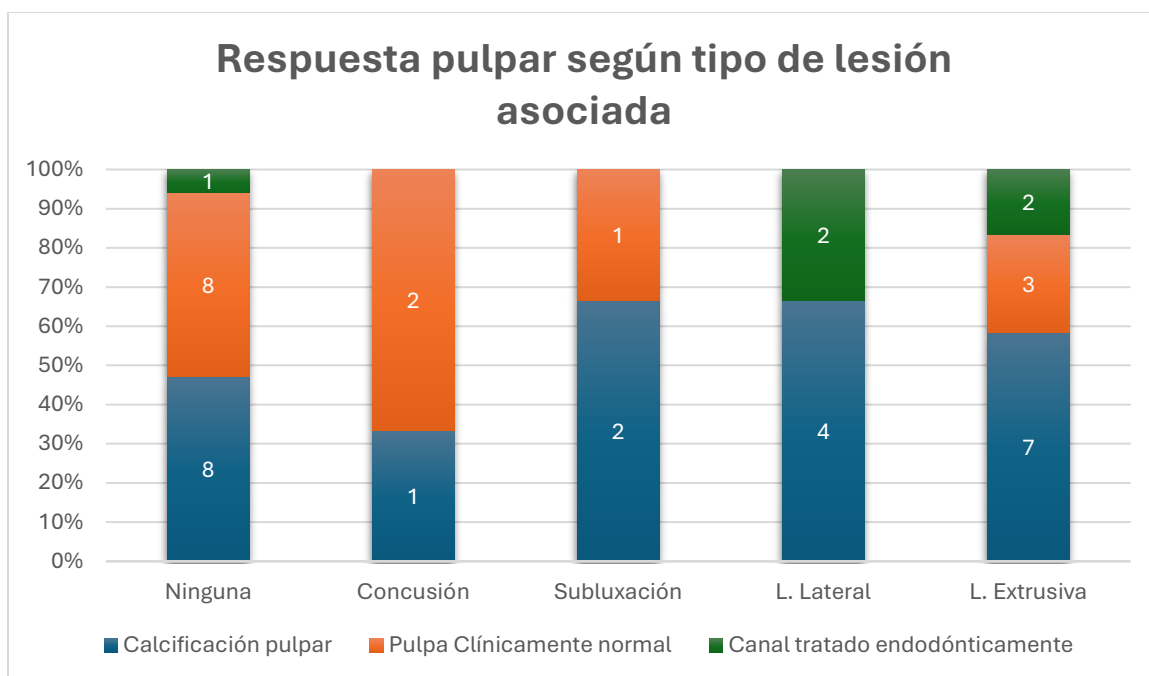


Figura 4. Respuesta pulpar según el tipo de lesión asociada en el segmento coronal

Al analizar aisladamente los dientes que necesitaron endodoncia versus los que no requirieron y contrastarlo con las variables más estudiadas en la literatura de predicción de infección del segmento coronal (**Tabla 7**), resulta clínicamente relevante que el 100% de los dientes que requirieron endodoncia presentó lesiones intraorales concomitantes al momento del trauma, evidenciando la fuerza del impacto y un 80% evidenció desplazamiento del segmento coronal, ya sea como luxaciones extrusivas o laterales, además el 100% de estos casos correspondieron a dientes maduros. Adicionalmente, se observó una marcada diferencia en el tiempo de acceso a la atención de urgencia: mientras que los casos con supervivencia pulpar fueron atendidos en un promedio de 3 días, el subgrupo que requirió intervención endodóntica presentó un retraso promedio de 8 días. El tiempo promedio desde el evento traumático hasta la indicación endodóntica en este subgrupo fue de 64.6 días (rango: 10 a 118 días). Cabe destacar respecto al manejo clínico que el tratamiento se limitó a la terapia endodóntica y sellado exclusivo del segmento coronal, tras lo cual, el 100% de los dientes tratados se mantuvieron funcionales, asintomáticos y con resolución de la patología durante el periodo de seguimiento, concluyendo en algún tipo de cicatrización fisiológico y funcional.

Variable	Sin endodoncia	Endodoncia
Localización de la fractura		
Apical	8 (89%)	1 (11%)
Medio	24 (86%)	4 (14%)
Cervical	4 (100%)	0 (0%)
Desplazamiento		
Si	14 (78%)	4 (22%)
No	22 (96%)	1 (4%)
Tipo de ferulización		
Rígida	36 (88%)	5 (12%)
Flexible	0	0
Tiempo a la atención		
Promedio de días	3 días	8 días
Lesión extraoral		
Si	12 (80%)	3 (20%)
No	22 (92%)	2 (8%)
Lesión intraoral		
Si	10 (67%)	5 (33%)
No	25 (100%)	0 (0%)

Tabla 7 Características dientes con endodoncia y sin endodoncia: Muestra las variables que más incidencia han reportado en la necesidad de realización de endodoncia

Finalmente, en lo que respecta a la evaluación de los tejidos blandos, considerado en el MEBDTI, se realizó el análisis de las lesiones concomitantes al traumatismo, en contraste a el resultado del EODTI (**Tabla 8**). Los resultados obtenidos revelan que un porcentaje significativo de la muestra presentó algún grado de compromiso mucoso o cutáneo en el momento de la atención de urgencia, siendo las laceraciones y contusiones en el labio superior e inferior las manifestaciones más prevalentes. Desde una perspectiva fisiopatológica y diagnóstica, la

caracterización de estas injurias es fundamental, ya que la afectación de los tejidos blandos no solo actúa como un indicador indirecto de la magnitud y vector del impacto mecánico inicial, sino que también representa un factor crítico a considerar en el plan de manejo integral, dada su influencia potencial en la higiene oral del paciente durante el periodo de cicatrización y en el riesgo de contaminación bacteriana de la zona traumatizada

Lesiones de tejidos blandos										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Diente	1.1	8	1	3	4			8	3	
	2.1	12	1	3	3			4		
	1.2	1								
Restauración coronaria	0	20	2	6	7			11	2	
	2	1						1	1	
Cicatrización fractura radicular	1	5	2	2	4			6	2	
	2	14		4	3			6	1	
	3	2								
Tipo de reabsorción externa	PH	20	1	6	7			12	3	
	IR	1								
	RR		1							
Desarrollo radicular	m	21	2	6	7			12	3	
	i									
Estado pulpar	0	7	1	1	4			5	1	
	1	13	1	4	1			4	2	
	4	1		1	2			3		
		21	2	6	7	0	0	12	3	0

Tabla 8. Distribución de lesión de tejidos blandos según el MEBDTI, respecto a los índices del EDTOI

CASOS CLÍNICOS SIGNIFICATIVOS

Para evidenciar la aplicación clínica y de registro de los índices de Eden (MEBDTI y EDTOI), y para documentar visualmente los distintos patrones de respuesta biológica descritos en esta serie de casos, se seleccionaron tres casos clínicos representativos de la muestra. La estructuración gráfica y narrativa de estos reportes se ha realizado según las directrices internacionales PRICE 2020 (Preferred Reporting Items for Case reports in Endodontics). Los casos seleccionados exponen los escenarios terapéuticos más significativos del estudio: el Caso 1 ilustra el escenario ideal de cicatrización mediante la aposición de tejido duro y subsiguiente obliteración del canal radicular (PCO) en un caso de fractura cervical; el Caso 2 expone el desarrollo de necrosis e infección, demostrando el éxito del manejo endodóntico conservador limitado exclusivamente al segmento coronal; y finalmente, el Caso 3 detalla la cicatrización exitosa de una fractura con luxación lateral del segmento coronal, con cicatrización de tejido conectivo, y PCO

Caso 1

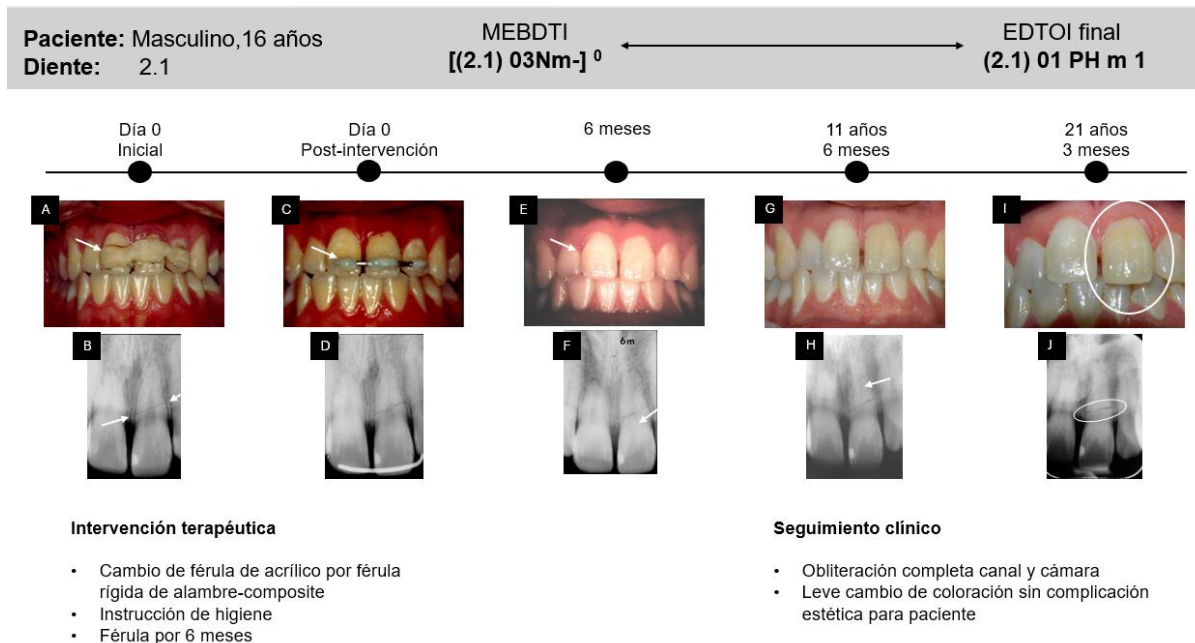


Figura 4. Caso 1: Fractura de tercio cervical en diente maduro, resolución por cicatrización de tejido duro y obliteración pulpar (PCO). Paciente masculino, 16 años.

- (A) Fotografía clínica inicial posterior a atención en otro centro evidenciando férula de acrílico sobreextendida
- (B) Radiografía periapical inicial; las flechas blancas indican el rasgo de fractura transversal en el tercio cervical en mesial y medio en distal con diástasis de los fragmentos leve.
- (C) Fotografía clínica posterior a tratamiento en clínica especializada, donde flecha blanca indica cambio a férula rígida de alambre con resina
- (D) Radiografía de control
- (E) Fotografía clínica a los 6 meses posterior a retiro de férula se observa leve cambio de coloración que no afecta la estética del paciente
- (F) Radiografía de control a los 6 meses, posterior al retiro de férula, flecha blanca muestra obliteración de la cámara, se observa espacio periodontal mantenido y obliteración parcial en canal radicular
- (G) Fotografía clínica a los 11 años 6 meses se observa leve cambio de coloración sin afectar estética de paciente

- (H) Radiografía de control a los 11 años y 6 meses. Flecha blanca indica la obliteración completa del canal casi completa del canal radicular, espacio periodontal se observa mantenido y no se observa separación entre segmentos*
- (I) Fotografía clínica a los 21 años y 3 meses, en círculo blanco se evidencia cambio de coloración, pacientes sin problema estético a raíz de eso*
- (J) Radiografía de control 21 años y 3 meses, círculo blanco muestra la cicatrización por tejido duro en zona, espacio periodontal mantenido y PCO completa en ambos segmentos*

Nota: Las imágenes radiográficas fueron adquiridas de manera analógica y digital. En este caso específico, fueron digitalizadas y se realizaron ajustes estandarizados de brillo y contraste exclusivamente para optimizar la definición del rasgo de fractura y la anatomía pulpar.

Caso 2

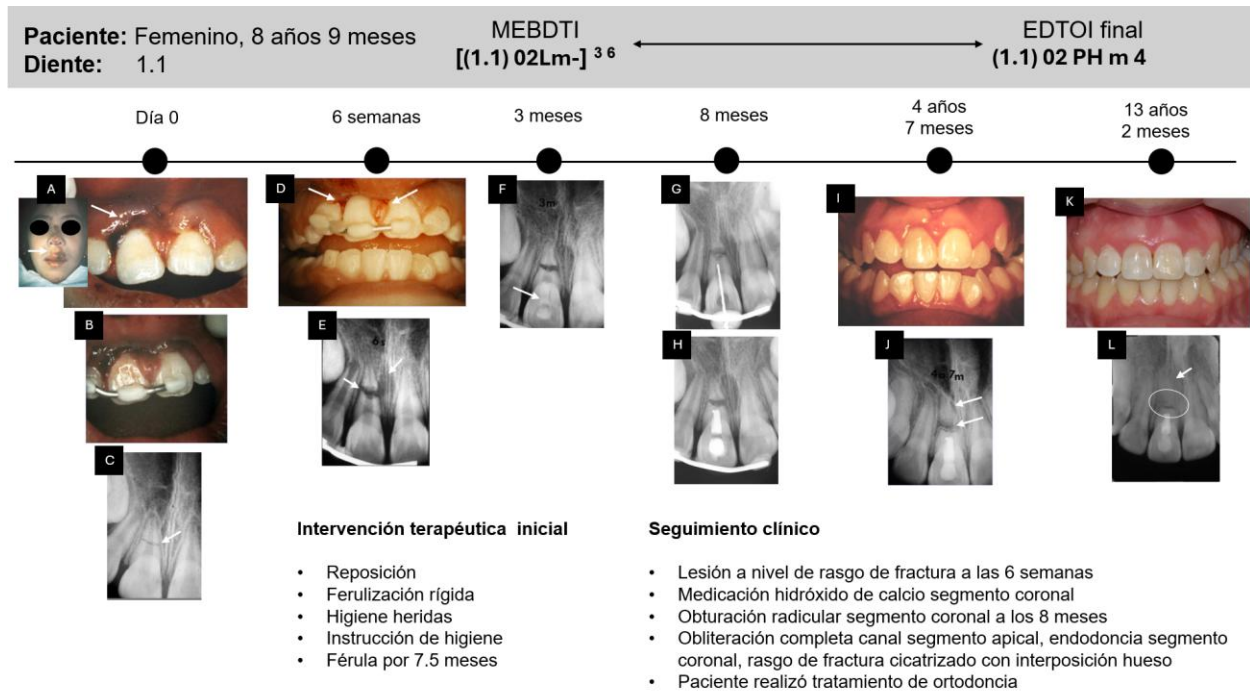


Figura 5. Caso 2: *Fractura de tercio medio en diente maduro, cursa con necrosis segmento coronal con infección asociada, resolución tratamiento endodóntico segmento coronal con cicatrización de tejido conectivo con interposición ósea. Paciente femenino, 8 años 9 meses.*

- (A) Fotografía clínica inicial se observan mediante flechas blancas las lesiones en tejido blando tanto intra como extraoral
- (B) Fotografía clínica posterior a reposición y ferulización rígida
- (C) Radiografía periapical inicial; las flechas blancas indican el rasgo de fractura transversal en el tercio medio con diástasis de los fragmentos leve.
- (D) Fotografía clínica de las 6 semanas se observa en flecha blanca ausencia de cicatrización correcta en papilas
- (E) Radiografía de control a las 6 semanas se observa flecha blanca área radiolúcida en relación a rasgo de fractura, aumento de diástasis
- (F) Radiografía de control a los 3 meses, se observa flecha blanca acceso cameral y medicación con hidróxido de calcio, disminución de zona radiolúcida, se mantiene separación entre segmentos
- (G) Radiografía de control durante tratamiento de endodoncia del segmento coronal, se mantiene ferulización

- (H) Radiografía de control posterior a terminada la obturación radicular en el segmento coronal.*
- (I) Fotografía clínica a los 4 años y 7 meses, se observa diente clínicamente sin alteraciones, paciente conforme con estética.*
- (J) Radiografía de control 4 años y 7 meses, flecha blanca apical muestra obliteración del canal radicular de este segmento. Flecha blanca en rasgo de fractura se observa interposición ósea entre segmento, espacio periodontal mantenido en ambos segmentos*
- (K) Fotografía clínica a los 13 años y 2 meses, se observa diente clínicamente sin alteraciones, cambio en apiñamiento debido a tratamiento de ortodoncia finalizado*
- (L) Radiografía de control a los 13 años y 2 meses, se observa aumento en separación de segmentos, zona de rasgo de fractura con interposición ósea sin alteraciones*

Nota: Las imágenes radiográficas fueron adquiridas de manera analógica y digital. En este caso específico, fueron digitalizadas y se realizaron ajustes estandarizados de brillo y contraste exclusivamente para optimizar la definición del rasgo de fractura y la anatomía pulpar.

Caso 3

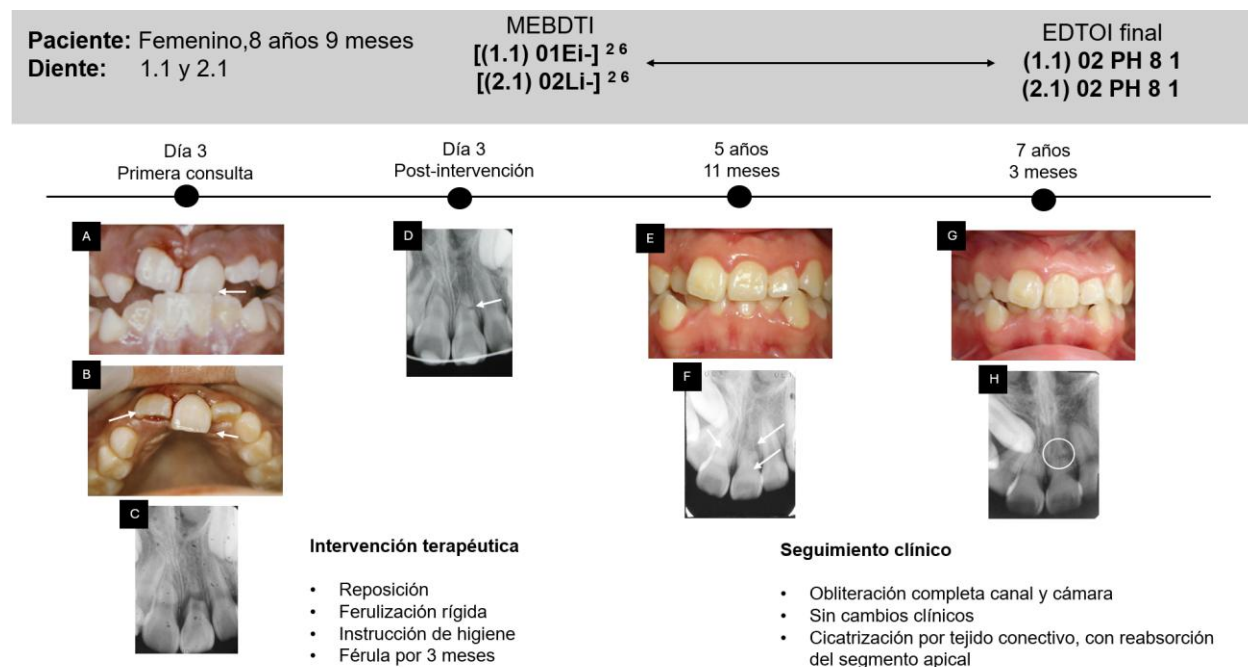


Figura 6. Caso 3: Fractura de dos dientes en tercio medio y apical en dientes inmaduros, con luxaciones severas, cursando con cicatrización con tejido conectivo, reabsorción del segmento apical y PCO total en segmento corona. Paciente inicia atención 3 días posterior a trauma. Paciente femenino, 8 años 9 meses.

- (A) Fotografía clínica inicial se observan en flechas blancas la interferencia oclusal debido a luxación
- (B) Fotografía clínica oclusal donde se evidencia el nivel de luxación
- (C) Radiografía periapical inicial; se observa la diástasis marcada en diente 2.1
- (D) Radiografía periapical posterior a tratamiento de reposición y ferulización
- (E) Fotografía clínica a los 5 años y 11 meses, se observa diente clínicamente sin alteraciones, paciente conforme con estética.
- (F) Radiografía de control 5 años y 11 meses, flecha blanca diente 1.1 evidenciando PCO. Flecha blanca zona apical diente 2.1 se evidencia reabsorción del segmento apical, flecha blanca en cámara indicando PCO total
- (G) Fotografía clínica a los 7 años y 3 meses, se observa diente clínicamente sin alteraciones.

(H) Radiografía de control a los 7 años y 3 meses, PCO total y reabsorción segmento apical, espacio periodontal mantenido de segmento coronal

Nota: Las imágenes radiográficas fueron adquiridas de manera analógica y digital. En este caso específico, fueron digitalizadas y se realizaron ajustes estandarizados de brillo y contraste exclusivamente para optimizar la definición del rasgo de fractura y la anatomía pulpar.

DISCUSIÓN

El presente estudio demuestra la alta tasa de éxito y supervivencia a largo plazo de los dientes con fracturas radiculares transversales abordados mediante un manejo clínico conservador de urgencia. Los resultados obtenidos confirman la resiliencia biológica del complejo pulpodentinario y los tejidos de soporte frente a lesiones traumáticas severas, reforzando la premisa de que la preservación tisular y la mínima intervención inicial deben ser el estándar de cuidado en los traumatismos dentoalveolares.

Desde una perspectiva epidemiológica, la distribución demográfica de la cohorte analizada concuerda con los perfiles reportados en la literatura mundial para esta injuria específica. La edad media al momento del trauma se situó en torno a los 12 años, coincidiendo con el rango de mayor incidencia documentado, el cual abarca típicamente desde la preadolescencia hasta el final de la segunda década de vida (Çaliskan & Pehlivan, 1996; Majorana et al., 2002).

En cuanto a la distribución por sexo, la cohorte evidenció un predominio de pacientes masculinos (56.1%). Si bien este hallazgo ratifica la tendencia histórica que asocia a los hombres con una mayor exposición a factores de impacto frontal de alta energía a estas edades (Andreasen, 1970; Majorana et al., 2002), la proporción observada resultó ser considerablemente más estrecha que la relación clásica hombre:mujer de 2:1 a 3:1. Esta brecha reducida, equivalente a una relación de 1.3:1, sugiere un patrón epidemiológico actual más homogéneo entre géneros. Dicho comportamiento concuerda con estudios contemporáneos, los cuales reportan márgenes menos dispares con relaciones de 1.5:1 o prevalencias masculinas cercanas al 64% (Kırzioğlu et al., 2008; Sheikhnezami et al., 2024)

Al analizar el contexto del trauma en conjunto, la cohorte presentó un tiempo transcurrido promedio hasta la atención especializada de 5.1 días. Si bien en la mayoría de las injurias dentoalveolares una dilación de esta magnitud comprometería irreversiblemente el pronóstico celular, la supervivencia elevada documentada concuerda con lo establecido por Andreasen et al. (2004) y Heithersay y Alvino (2025), quienes señalan que las fracturas radiculares toleran un retraso terapéutico de algunos días sin deprimir drásticamente el potencial de cicatrización, siempre y cuando se logre un reposicionamiento óptimo del segmento coronal durante la fase diferida. No obstante, es fundamental especificar este hallazgo: mientras que los casos que preservaron la vitalidad pulpar fueron atendidos en un promedio de 3 días, el subgrupo que derivó en necrosis presentó un retraso promedio de 8 días. Esta brecha temporal sugiere que una

dilación prolongada podría incrementar de manera significativa el riesgo de isquemia irreversible y contaminación bacteriana del rasgo de fractura (Abbott, 2019; Kirzioglu et al., 2008; Sheikhnezami et al., 2024)

El registro diagnóstico de esta cohorte mostró que la localización de la línea de fractura se situó predominantemente en el tercio medio radicular, abarcando el 68.2% de los casos, seguido por el tercio apical con un 22.0% y el tercio cervical con un 9.8%. Al contrastar estos hallazgos con la evidencia científica clásica, la distribución anatómica observada resulta plenamente congruente con los patrones históricos, los cuales establecen que el tercio medio es siempre la zona más afectada (reportado clásicamente en un 57%), seguido por el tercio apical (34%) y el cervical (9%) (Çalışkan & Pehlivan, 1996). No obstante, en la presente muestra, la concentración de lesiones en el tercio medio (68.3%) fue superada en más de diez puntos porcentuales frente al promedio histórico, mientras que las fracturas apicales se presentaron en una proporción menor. Desde una perspectiva biomecánica, esta alta prevalencia sostenida en la porción media se atribuye a la disipación transversal u oblicua de la energía cinética a lo largo del eje longitudinal de la raíz tras recibir un impacto frontal de alta energía sobre la corona, forzando a la zona media a actuar como el principal fulcro de resistencia o punto de quiebre estructural frente al soporte del hueso alveolar (Andreasen et al., 2004; Majorana et al., 2002)

En lo referente a la evaluación clínica inicial y estandarización de la cohorte, este estudio constituye el primer reporte en Latinoamérica en aplicar de manera sistemática el índice MEBDTI. La implementación de esta herramienta permitió objetivar que el 48,8% (n = 20) de la muestra total presentó algún tipo de lesión concomitante en los tejidos blandos, comprometiendo significativamente el territorio maxilofacial. Al desglosar estos hallazgos, se constató que las laceraciones intraorales afectaron a 15 de los casos, mientras que en 15 casos se presentaron contusiones cutáneas o labiales extraorales. Desde una perspectiva etiopatogénica, la cuantificación de estas comorbilidades tisulares sugiere que las fracturas radiculares transversales no ocurren como entidades aisladas, sino predominantemente en contextos de impactos de alta energía, pudiendo ser un marcado indirecto de la severidad de la fuerza disipada por el diente. (Eden et al., 2021).

Respecto al proceso de diagnóstico y la delimitación de los rasgos de fractura se fundamentaron estrictamente en la evaluación clínica y el uso de radiografías periapicales convencionales. Si bien la evidencia contemporánea señala que el CBCT posee una sensibilidad cercana al 100% para la detección de trazos de fractura, superando el rendimiento limitado de la

radiografía bidimensional debido a la superposición de estructuras (Bornstein et al., 2009; Sha et al., 2022), su indicación rutinaria en la fase aguda no fue necesaria para el éxito terapéutico de este estudio.

Las elevadas tasas de supervivencia documentadas reafirman que, cuando una fractura es detectable mediante proyecciones periapicales, el abordaje conservador inmediato es completamente efectivo. Por lo tanto, la indicación de CBCT no debe adoptarse como una herramienta de uso basal, sino restringirse a escenarios complejos o frente a sospechas de secuelas patológicas no observables en la radiografía convencional, consolidándose como la herramienta más sensible para pesquisar tempranamente complicaciones (May et al., 2013).

Respecto a la biología de la reparación en el sitio de la fractura, el análisis al término del estudio mostró que el 100% de la muestra final alcanzó una consolidación y unión estable de los segmentos. Siguiendo los criterios histomorfológicos adoptados por la literatura clásica (Abbott, 2019; Cvek et al., 2001), este comportamiento definitivo se distribuyó en un 68.3% (n = 28) de casos mediante aposición de tejido duro y un 31.7% (n = 13) por interposición de tejido conectivo funcional.

Al contrastar estos hallazgos con la evidencia científica global, las tasas de reparación de la presente cohorte resultan excepcionalmente favorables. Los estudios retrospectivos masivos que sentaron las bases del pronóstico histórico de estas lesiones, tales como el análisis de 400 casos de Andreasen et al. (2004) y el de 208 casos de Cvek et al. (2001), coinciden en que la reparación ideal mediante la aposición de tejido duro suele alcanzarse en apenas un 30% a 33% de los dientes afectados. De manera histórica, la modalidad de consolidación dominante ha sido la unión mediante interposición de tejido conectivo, la cual se presenta con una frecuencia que oscila entre el 36% y el 43% de los casos. En este contexto, el hecho de que los datos presentados supera el doble del promedio histórico de curación por unión de tejido duro (68.3% frente al 30-33% clásico), resalta el impacto biológico positivo del manejo clínico empleado.

Es fundamental precisar que, si bien el registro del outcome final documentó un 0.0% de persistencia de tejido de granulación (Código 3), 4 dientes cursaron transitoriamente con esta ausencia de cicatrización en fases intermedias de su seguimiento, siendo interceptadas oportunamente mediante terapia endodóntica del segmento coronal, induciendo una respuesta biológica favorable que permitió al tejido remanente consolidar una reparación exitosa a largo plazo. Este hallazgo explica por qué la cohorte registra intervenciones endodónticas previas sin que estas se traduzcan en un fracaso o no-unión al cierre del estudio.

Un hallazgo de gran relevancia biológica dentro de la dimensión del estado pulpar final (Dígito 5) fue que el 53.7% (n = 22) de los casos manifestó procesos de obliteración parcial o total del canal radicular (PCO). Lejos de interpretarse como una secuela patológica, la evidencia histológica demuestra que esta calcificación acelerada es un signo clínico inequívoco de revascularización exitosa tras la disrupción de su suministro sanguíneo original (Andreasen, 1989; Krastl et al., 2022).

Al estratificar este fenómeno, se constató un claro gradiente biológico en relación con el daño periodontal concomitante: la PCO se presentó en el 66.7% de los dientes con luxación lateral y en el 58.3% de las luxaciones extrusivas, descendiendo al 47.8% en casos con injurias menores o nulas. Este comportamiento sugiere que las fuerzas que generan mayor estiramiento del paquete vasculonervioso actúan como potentes inductores para una actividad histogénica acelerada de los odontoblastos. Asimismo, esta alta prevalencia de obliteración advierte al clínico sobre el reto diagnóstico de los falsos negativos en las pruebas de sensibilidad convencionales, puesto que la esclerosis aísla las fibras nerviosas terminales, deprimiendo la respuesta clínica térmica y eléctrica sin que esto implique pérdida de vitalidad o necesidad de tratamiento endodóntico.

Al contrastar la prevalencia global de obliteración pulpar observada (53.7%) con la evidencia científica, los resultados se alinean con la tendencia que posiciona a la PCO como la respuesta tisular dominante tras una fractura, si bien el porcentaje resulta levemente inferior a las tasas históricas que oscilan entre el 69% y el 75% (Abbott, 2019; Çalışkan & Pehlivan, 1996), la correlación detectada donde la obliteración aumentó en presencia de desplazamientos severos, es respaldada íntegramente por los estudios retrospectivos masivos de Andreasen (1989) y revisiones contemporáneas (Andreasen & Kahler, 2015).

Otro punto relacionado con la gravedad de la lesión a los tejidos de soporte concomitantes fue la modalidad de cicatrización alcanzada. La curación ideal por tejido duro ocurrió predominantemente en dientes sin desplazamiento o con luxaciones menores (57.1%). Este comportamiento es biológicamente congruente: al mantenerse el paquete neurovascular indemne en su posición original, los odontoblastos pulpaes cuentan con condiciones óptimas e ininterrumpidas para depositar un puente mineralizado en la interfase (Abbott, 2019; Cvek et al., 2001).

Por el contrario, la cicatrización mediante tejido conectivo agrupó la mayor prevalencia de desplazamientos severos (luxaciones laterales y extrusivas). Ante una diástasis significativa, la

ruptura del suministro vascular retrasa la respuesta pulpar, permitiendo que los fibroblastos altamente proliferativos derivados del ligamento periodontal colonicen el espacio interfragmentario de manera anticipada, estableciendo una unión fibrosa funcional pero no calcificada (Andreasen et al., 2004). Asimismo, el desplazamiento actuó como un indicador predictivo crítico de fracaso biológico, registrando una tasa de necesidad de endodoncia marcadamente superior (22.2%) en comparación con las piezas no desplazadas (4.3%), hallazgo que corrobora la fuerte asociación entre la magnitud de la dislocación y el riesgo de necrosis pulpar reportado en revisiones contemporáneas y estudios longitudinales (Krastl et al., 2022; Welbury et al., 2002; Wu et al., 2025).

Desde una perspectiva anatómica, la literatura asocia los forámenes apicales abiertos con un pronóstico de cicatrización superior debido a su amplio potencial de revascularización y angiogénesis. Paradójicamente, el 81% de los dientes afectados en esta muestra presentaba un estadio de madurez radicular completa (código 'm') al momento del trauma. Pese a esto las tasas de supervivencia y éxito clínico fueron elevadas en una cohorte compuesta predominantemente por raíces maduras y ápices cerrados subrayando la eficacia clínica de los protocolos conservadores de reposicionamiento inmediato y estabilización, sugiriendo que la madurez anatómica no es una limitante absoluta para la reparación biológica si se controlan las variables terapéuticas.

En cuanto a la localización de la fractura la literatura sugiere de manera unánime que las fracturas radiculares ubicadas en el tercio cervical, cuentan con el manejo más complejo y el peor pronóstico de supervivencia debido a la inestabilidad biomecánica del segmento y al alto riesgo de contaminación bacteriana a través del surco gingival (Abbott, 2019; Andreasen et al., 2004; Cvek et al., 2002), los datos obtenidos muestran que 100% de las fracturas cervicales analizadas en esta cohorte lograron consolidar una cicatrización biológica ideal mediante la aposición de tejido duro. Este alto nivel de éxito contrasta con estudios retrospectivos masivos, como el de Cvek et al. (2008), en los cuales se ha documentado que hasta un 70% de los dientes con fracturas en el tercio cervical terminan siendo extraídos debido al fracaso terapéutico. Por consiguiente, el hecho de que en la totalidad de los casos cervicales de esta muestra se lograra mantener la función y estabilidad a largo plazo del diente basándose únicamente en la vía conservadora primaria, destaca la posible efectividad del protocolo de inmovilización empleado y refuerza la directriz clínica de agotar siempre los enfoques de mínima intervención.

Respecto a la biología de la reparación, el uso del EDTOI corroboró la resiliencia de los tejidos involucrados. Se evidenció que el 95.1% exhibió curación periodontal fisiológica (Código PH). Por otra parte, respecto a las complicaciones tisulares de los tejidos de soporte, los resultados mostraron eventos aislados de secuelas patológicas, registrándose un caso de reabsorción interna (Código IR) y uno de reabsorción por reemplazo (Código RR). Es de importancia destacar que estas reabsorciones destructivas rara vez son originadas por la fractura radicular per se (Andreasen, 1989). Su aparición está invariablemente asociada al impacto de las luxaciones concomitantes sufridas por el segmento coronal, las cuales generan un daño físico extenso e irreversible en el ligamento periodontal.

Un aspecto terapéutico complementario y de gran importancia, aplicado a la totalidad de la muestra, fue la instrucción de higiene oral durante todo el período de inmovilización. La literatura respalda esta medida clínica, advirtiendo que, si bien las férulas son biomecánicamente necesarias, actúan inevitablemente como nichos retentivos que facilitan la acumulación de placa bacteriana. Diversos autores enfatizan que, si el control de higiene del paciente es deficiente, la carga microbiana alojada en el surco gingival induce inflamación y potencial recesión, creando una vía de entrada directa para que los microorganismos colonicen el rasgo de fractura y el espacio pulpar (Abbott, 2019; Krastl et al., 2022). Esta contaminación bacteriana secundaria ha sido identificada como una de las causas de fracaso a largo plazo, originando reabsorciones radiculares inflamatorias, pérdida de soporte y necrosis en dientes que inicialmente presentaban un pronóstico favorable (Andreasen, 1989; Saroglu & Sonmez, 2008). En consecuencia, la instrucción de higiene oral impartida a los pacientes de esta cohorte puede haber sido un factor predeterminante biológico clave que justifica y respalda la alta tasa de curación observada a lo largo del seguimiento, se hace sugerente por tanto la evaluación periódica de salud periodontal en futuros estudios para contar con un posible factor predictor determinante en la cicatrización.

Finalmente, en el 12.2% de los casos que experimentaron fracaso por necrosis e infección, la intervención endodóntica se limitó de forma estricta al segmento coronal, logrando un 100% de supervivencia. Este abordaje se fundamenta en la biomecánica del trauma: la energía del impacto se disipa en el rasgo de fractura, por lo que el segmento apical rara vez se desplaza y su paquete neurovascular permanece vital (Abbott, 2019; Sheikhezami et al., 2024). Intentar instrumentar el segmento apical en estos casos constituye una sobreintervención que incrementaría el riesgo de extrusión de material hacia el espacio de la fractura, comprometiendo el pronóstico.

Al analizar los factores clínicos asociados al fracaso biológico y la consecuente pérdida de vitalidad pulpar en la muestra estudiada, el desplazamiento del segmento coronal, la demora en la atención inicial y la lesión de tejidos blandos emergen como posibles indicadores predictivos críticos. Los resultados revelan que los dientes con desplazamiento presentaron una tasa de necesidad de tratamiento endodóntico marcadamente superior (22,2%) en comparación con aquellos no desplazados (4,3%). Este hallazgo es plenamente consistente con la literatura clásica y contemporánea, la cual asocia el movimiento del segmento con un mayor estiramiento, compresión o sección del paquete vasculonervioso a nivel de la línea de fractura (Andreasen, 1989; Andreasen et al., 2004; Krastl et al., 2022). Asimismo, el tiempo transcurrido hasta la atención de urgencia mostró ser un factor clínico determinante: los casos que derivaron en endodoncia fueron atendidos, en promedio, cinco días más tarde (8 días) que aquellos que conservaron su vitalidad (3 días). Esta brecha temporal subraya la importancia ineludible de los protocolos de intervención temprana para mitigar los procesos de isquemia pulpar y prevenir la contaminación bacteriana del rasgo de fractura (Abbott, 2019; Andreasen et al., 2004). Por último, la estrecha correlación observada entre las lesiones intraorales y la necesidad de terapia endodóntica (33,3%) sugiere que la magnitud del trauma tisular periférico actúa como un marcador indirecto de la severidad de la energía del impacto recibido por la unidad dentoalveolar, reforzando el valor clínico de registrar sistemáticamente los tejidos blandos al momento de la atención inicial (Eden et al., 2021).

Un aspecto que emergió durante la recolección de la muestra es la alta tasa de abandono de los controles con la consecuente pérdida de seguimiento, una vez superada la fase aguda del tratamiento. Al analizar los casos excluidos de esta cohorte, se evidenció que de los 40 dientes que no alcanzaron el seguimiento mínimo de 6 meses, el 77.5% (n=31) abandonó el monitoreo después de la sesión de retiro de la férula. Este fenómeno refleja una falsa percepción de seguridad por parte del paciente o sus tutores, quienes asumen erróneamente que el retiro del dispositivo de inmovilización equivale a la resolución total del cuadro y alta clínica definitiva. La literatura científica enfatiza que el diente con sus tejidos requiere un monitoreo a largo plazo, puesto que alteraciones patológicas como la necrosis pulpar tardía por filtración bacteriana, el desarrollo de tejido de granulación interfragmentario o la aparición de reabsorciones radiculares pueden manifestarse clínica y radiográficamente meses o incluso años después del impacto inicial (Abbott, 2019; Dhindsa et al., 2024). Por consiguiente, resulta fundamental que el clínico invierta tiempo en la educación del paciente al momento de retirar la férula, reforzando la necesidad de adherirse a protocolos de seguimiento clínico y radiográfico, los cuales exigen

evaluaciones periódicas durante el primer año y controles anuales por un mínimo de cinco años posttrauma.

Respecto al manejo clínico instaurado, el protocolo de inmovilización ejecutado en esta cohorte representa uno de los hallazgos con mayor fuerza analítica y posible relevancia terapéutica de la presente investigación. La totalidad de la muestra fue estabilizada mediante ferulización rígida por un período prolongado, alcanzando un promedio de 144.3 días. Si bien este abordaje difiere diametralmente de las directrices actuales de la IADT, las cuales indican de forma estándar el uso de férulas flexibles por 4 semanas, la evidencia de este estudio sugiere de manera contundente que la inmovilización rígida y extendida opera como una posible determinante para maximizar las tasas de curación por tejido duro.

Estos resultados proporcionan un respaldo empírico al estudio multicéntrico escandinavo de Isaksson et al. (2021), confirmando que la búsqueda de una estabilidad mecánica absoluta funciona como un factor protector indispensable. Al suprimir por completo los micromovimientos en la interfase del rasgo, optimizando la diferenciación osteogénica/cementogénica permitiendo una aposición ininterrumpida de dentina y cemento. Esta respuesta positiva se consolidó a pesar de enfrentar escenarios clínicos altamente adversos y complejos, tales como una muestra compuesta predominantemente por ápices maduros, retrasos prolongados en la atención de urgencia, la coexistencia de luxaciones severas en el segmento coronal y presencia de fracturas a nivel cervical.

A la luz de los hallazgos expuestos y de las limitaciones inherentes a los diseños observacionales retrospectivos, se hace evidente la necesidad de dirigir la futura investigación en traumatología dental hacia estudios prospectivos y multicéntricos. Un área de investigación deberá enfocarse en clarificar la influencia exacta del tipo de material y la duración de la ferulización sobre los patrones de curación, así como la incorporación de métodos de diagnóstico avanzados (flujometría) para evaluar objetivamente la perfusión vascular pulpar. La adopción masiva de los índices MEBDTI y EDTOI y su integración sistemática en los registros odontológicos electrónicos a nivel mundial resultaría fundamental para consolidar plataformas de información y desarrollar modelos de pronóstico basados en inteligencia artificial (Eden et al., 2025).

CONCLUSIÓN

En conclusión, las fracturas radiculares presentan un pronóstico biológico altamente favorable bajo un enfoque conservador. La validación clínica del "código de barras" universal proporcionado por los índices MEBDTI y EDTOI sienta un precedente metodológico útil y eficaz. Se recomienda su adopción en futuros estudios multicéntricos para unificar criterios, eliminar ambigüedades y consolidar la evidencia en la traumatología dental.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

A pesar de los hallazgos descritos, es necesario reconocer ciertas limitaciones inherentes al diseño observacional retrospectivo de este estudio. En primer lugar, la dependencia de registros clínicos históricos conlleva la dificultad de recuperar información completa en la totalidad de los casos, lo que se reflejó en la necesidad de excluir pacientes por datos insuficientes. Sumado a esto, la pérdida de seguimiento en algunos casos impidió evaluar la evolución a largo plazo de la cohorte inicial completa. Adicionalmente, la naturaleza retrospectiva impidió contar con una estandarización absoluta en la periodicidad de los controles de todos los pacientes; citaciones estandarizadas habrían permitido aplicar el EDTOI de manera iterativa, evaluando los cambios biológicos en el pronóstico y la cicatrización control por control. Por otra parte, en cuanto a la aplicabilidad de los índices de Eden (MEBDTI y EDTOI), aunque demuestran ser una herramienta relevante, su implementación generalizada presenta desafíos. Su correcta utilización exige un entrenamiento y capacitación previa del personal de salud. Además, el registro inicial del trauma debe realizarse en el momento exacto de la atención de urgencia, un escenario clínico frecuentemente caracterizado por el estrés y la falta de tiempo. Por consiguiente, si este sistema de codificación no se encuentra previamente automatizado e integrado en la ficha clínica electrónica de uso diario, su llenado manual resulta complejo y poco práctico, dificultando su adopción rutinaria por parte del odontólogo tratante.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, P. V. (2019). Diagnosis and management of transverse root fractures. *Journal of Endodontics*, 45(12), S13-S27.
- Andreasen, F. M. (1989). Pulpal healing after luxation injuries and root fracture in the permanent dentition. *Endodontics & Dental Traumatology*, 5(3), 111-131.
- Andreasen, J. O. (1970). Etiology and pathogenesis of traumatic dental injuries. A clinical study of 1,298 cases. *Scandinavian Journal of Dental Research*, 78(4), 329-342.
- Andreasen, J. O., & Hjørting-Hansen, E. (1967). Intraalveolar root fractures: radiographic and histologic study of 50 cases. *Journal of Oral Surgery*, 25(5), 414-426.
- Andreasen, J. O., Andreasen, F. M., Mejäre, I., & Cvek, M. (2004). Healing of 400 intra-alveolar root fractures. 1. Effect of pre-injury and injury factors such as sex, age, stage of root development, fracture type, location of fracture and severity of dislocation. *Dental Traumatology*, 20(4), 192-202.
- Andreasen, J. O., Andreasen, F. M., & Tsilingaridis, G. (2018). Root fractures. En J. O. Andreasen, F. M. Andreasen, & L. Andersson (Eds.), *Textbook and Color Atlas of Traumatic Injuries to the Teeth* (5.^a ed., pp. 377-412). Wiley Blackwell
- Bornstein, M. M., Wölner-Hanssen, A. B., Sendi, P., & von Arx, T. (2009). Comparison of intraoral radiography and limited cone beam computed tomography for the assessment of root-fractured permanent teeth. *Dental Traumatology*, 25(6), 571-577.
- Bourguignon, C., Cohenca, N., Lauridsen, E., Flores, M. T., O'Connell, A. C., Day, P. F., ... & Levin, L. (2020). International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. Fractures and luxations. *Dental Traumatology*, 36(4), 314-330.
- Çalışkan, M. K., & Pehlivan, Y. (1996). Prognosis of root-fractured permanent incisors. *Endodontics & Dental Traumatology*, 12(3), 129-136.
- Cvek, M., Andreasen, J. O., & Borum, M. K. (2001). Healing of 208 intra-alveolar root fractures in patients aged 7-17 years. *Dental Traumatology*, 17(2), 53-62.

- Cvek, M., Mejàre, I., & Andreasen, J. O. (2002). Healing and prognosis of teeth with intra-alveolar fractures involving the cervical part of the root. *Dental Traumatology*, 18(2), 57-65.
- Cvek, M., Mejàre, I., & Andreasen, J. O. (2004). Conservative endodontic treatment of teeth fractured in the middle or apical part of the root. *Dental Traumatology*, 20(5), 261-269.
- Cvek, M., Tsilingaridis, G., & Andreasen, J. O. (2008). Survival of 534 incisors after intra-alveolar root fracture in patients aged 7-17 years. *Dental Traumatology*, 24(4), 379-387.
- Demiriz, L., Arıkan, V., & Sönmez, H. (2016). Treatment of a horizontal root fracture using MTA: 2-year follow-up. *International Journal of Applied Dental Sciences*, 2(2), 90-92.
- Dhindsa, A., Garg, S., & Singla, S. (2024). Management of root fractures in young immature permanent teeth. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 17(3), 354-356
- Eden, E., Baysal, M., & Andersson, L. (2020). Eden Baysal Dental Trauma Index: Face and content validation. *Dental Traumatology*, 36(2), 117-123.
- Eden, E., Onetto, J. E., & O'Connell, A. C. (2021). Extension of a novel diagnostic index to include soft tissue injuries: Modified Eden Baysal Dental Trauma Index. *Dental Traumatology*, 37(6), 749-757.
- Eden, E., Onetto, J. E., Lauridsen, E., & Andersson, L. (2025). Simplified registration of clinician-important traumatic dental injury outcomes using a new index. *Dental Traumatology*.
- Erdem, A. P., Ozdas, D. O., Dincol, E., Sepet, E., & Aren, G. (2009). Case series: Root healing with MTA after horizontal fracture. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 10(2), 110-113.
- Heithersay, G. S., & Kahler, B. (2013). Healing responses following transverse root fracture: a historical review and case reports showing healing with (a) calcified tissue and (b) dense fibrous connective tissue. *Dental Traumatology*, 29(4), 253-265.
- Heithersay, G. S., & Alvino, L. (2025). Contrasting responses following transverse root fractures in two maxillary central incisors: (a) marginal breakdown with superimposed

infection and (b) transient internal surface and tunnelling resorption. A case report of management with a 34-year 9-month follow-up. *Dental Traumatology*.

- Isaksson, H., Koch, G., Bakland, L. K., & Andreasen, J. O. (2021). Effect of splinting times on the healing of intra-alveolar root fractures in 512 permanent teeth in humans: A Scandinavian multicenter study. *Dental Traumatology*, 37(5), 672-676.
- Jacobsen, I., & Kerekes, K. (1980). Diagnosis and treatment of pulp necrosis in permanent anterior teeth with root fracture. *Scandinavian Journal of Dental Research*, 88(5), 370-376.
- Kahler, B., & Heithersay, G. S. (2008). An evidence-based appraisal of splinting of luxated, avulsed and root fractured teeth. *Dental Traumatology*, 24(1), 2-10.
- Kahnberg, K. E. (1996). Intra-alveolar transplantation. I. A 10-year follow-up of a method for surgical extrusion of root fractured teeth. *Swedish Dental Journal*, 20, 165-172.
- Kirzioglu, Z., Koseler Sentut, T., Karayilmaz, H., & Ozay Erturk, S. (2008). Case series: a clinical study of 27 cases of dentoalveolar root fractures in children and adolescents. *European Archives of Paediatric Dentistry*.
- Koidou, V. P., & Lambrianidis, T. (2014). Endodontic and prosthetic management of a mid-root and crown fracture of a maxillary central incisor. *Balkan Journal of Dental Medicine*, 18, 144-149.
- Krastl, G., Weiger, R., Filippi, A., Van Waes, H., Ebeleseder, K., Ree, M., ... & Dummer, P. M. H. (2022). Endodontic management of traumatized permanent teeth: a comprehensive review. *International Endodontic Journal*, 55(S4), 1221-1245.
- Majorana, A., Pasini, S., Bardellini, E., & Keller, E. (2002). Clinical and epidemiological study of traumatic root fractures. *Dental Traumatology*, 18(2), 77-80.
- Malmgren, O., Malmgren, B., & Frykholm, A. (1991). Rapid orthodontic extrusion of crown root and cervical root fractured teeth. *Endodontics & Dental Traumatology*, 7(2), 49-54.
- May, J. J., Cohenca, N., & Peters, O. A. (2013). Contemporary management of horizontal root fractures to the permanent dentition: diagnosis—radiologic assessment to include cone-beam computed tomography. *Journal of Endodontics*, 39(3), S20-S25.

- Nagendrababu, V., Chong, B. S., McCabe, P., Shah, P. K., Priya, E., Jayaraman, J., ... & Dummer, P. M. H. (2020). PRICE 2020 guidelines for reporting case reports in Endodontics: a consensus-based development. *International Endodontic Journal*, 53(5), 619-626.
- Orhan, K., Aksoy, U., & Kalender, A. (2010). Cone-beam computed tomographic evaluation of a spontaneously healed root fracture. *Journal of Endodontics*, 36(9), 1584-1587.
- Pedrosa, N. O. M., et al. (2023). Healing and long-term prognosis of root fractured teeth: A retrospective study. *Dental Traumatology*.
- Pissiotis, A., Vandas, A. P., & Papagiannoulis, L. (2007). Longitudinal study on types of injury, complications and treatment in permanent traumatized teeth with single and multiple dental trauma episodes. *Dental Traumatology*.
- Rechenberg, D. K. (2019). Management of root fractures. En K. W. Neuhaus & A. Lussi (Eds.), *Management of Dental Emergencies in Children and Adolescents* (pp. 91-102). Wiley Blackwell.
- Roig, M., Espona, J., Mercadé, M., & Duran-Sindreu, F. (2011). Horizontal root fracture treated with MTA, a case report with a 10-year follow-up. *Dental Traumatology*, 27(6), 460-463.
- Saroglu, I., & Sonmez, H. (2008). Horizontal root fracture followed for 6 years. *Dental Traumatology*, 24(1), 117-119.
- Sha, X., Jin, L., Han, J., Li, Y., Zhang, L., & Qi, S. (2022). Comparison between periapical radiography and cone beam computed tomography for the diagnosis of anterior maxillary trauma in children and adolescents. *Dental Traumatology*, 38(1), 62-70.
- Sheikhnezami, M., Shahmohammadi, R., Jafarzadeh, H., & Azarpazhooh, A. (2024). Long-term outcome of horizontal root fractures in permanent teeth: A retrospective cohort study. *Journal of Endodontics*, 50(5), 579-589.
- Sobczak-Zagalska, H., Ogonowska-Paul, D., Bartmański, M., & Adamska, P. (2024). Management of complex root fractures in young patients—Case series and a literature review. *Journal of Clinical Medicine*, 13(22), 6753.

- Tronstad, L. (1988). Root resorption - etiology, terminology and clinical manifestations. *Endodontics & Dental Traumatology*, 4(6), 241-252.