



**Universidad Michoacana de
San Nicolás de Hidalgo**

Facultad de Odontología
División de Estudios de Posgrado

**Pulsioximetría como prueba de diagnóstico en la evaluación
de vitalidad pulpar. Revisión bibliográfica**

Para obtener el diploma de
Especialista en Endodoncia

Presenta

C.D. María del Rosario Ruiz Magallón

Directora

D.S.P. Gabriela López Torres

Codirectora:

D.S.P. Sonia Elizabeth Huerta Ayala

Morelia Mich.
Diciembre, 2024.

Índice

Resumen	8
Abstract	9
Glosario	10
Introducción	13
Planteamiento del problema	14
Objetivo general	14
Objetivos específicos.....	14
Justificación.....	14
Metodología.....	15
Criterios de inclusión	15
Criterios de exclusión	15
1. Marco Teórico.....	16
1.1 Desarrollo del diente	16
1.1.1 Formación embrionaria del diente.....	16
2. Complejo Dentinopulpar	17
2.1 Dentina.....	17
2.1.1 Estructura histológica de la dentina	18
2.1.2 Matriz inorgánica y orgánica	18
2.2 Túbulos dentinarios.....	18
2.2.1 Estructura de los túbulos dentinarios	19
2.2.2 Contenido de los túbulos dentinarios	19
2.3 Clasificación de la matriz de la dentina	19
2.3.1 Dentina primaria.....	20
2.3.2 Dentina secundaria	20
2.3.3 Dentina terciaria.....	20
2.4 Histofisiología Pulpar.....	20

2.4.1 Funciones de la pulpa dental	20
2.4.2 Elementos celulares de la pulpa sana.....	21
2.4.3 Zonas topográficas de la pulpa	24
2.4.4 Inervación del complejo dentino pulpar	25
2.5 Bases fisiológicas del dolor dentinario	28
2.6 Circulación.....	32
2.6.1 Circulación en la pulpa inflamada	33
3. Diagnóstico clínico en endodoncia.....	35
3.1 Definición y objetivos del diagnóstico en endodoncia	35
4. Clasificación de estados pulpares.....	36
4.1 Pulpa normal	38
4.2 Pulpitis reversible	40
4.3 Pulpitis irreversible	41
4.4 Necrosis pulpar	44
5. Pruebas diagnósticas en endodoncia	46
5.1 Test de sensibilidad pulpar	46
5.1.1 Pruebas térmicas	48
5.1.2 Test pulpar eléctrico.....	54
5.1.3 Pruebas de vitalidad pulpar.....	56
6. Pulsioximetría	61
6.1 Perspectiva histórica.	61
6.2 Principio y funcionamiento.....	62
6.3 Forma de uso	63
6.4 Objetivos específicos de la oximetría de pulso.....	64
7. Resultados.....	69
8. Discusión	74

Referencias bibliográficas.....	78
---------------------------------	----

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de patologías pulpares y periapicales. (Ortiz N, 2020)	39
Tabla 2. Pulpitis irreversible sintomática y asintomática. (Ortiz N, 2020)	43
Tabla 3. Necrosis pulpar (Ortiz N, 2020.....	44
Tabla 4. Tratamiento previamente iniciado y tratado. (Ortiz N, 2020)	45
Tabla 5. Relación de revistas consultadas	72
Tabla 6. Comparación de saturación de oxígeno en diferentes estados pulpares por diversos autores.	74

Índice de figuras

Figura: 1. Formación del diente (65).....	17
Figura 2. Túbulos dentinarios (59).....	19
Figura 3. Ilustración de la capa de odontoblasto y la región subodontoblástica de la pulpa dental (58).	22
Figura 4. Zonas morfológicas de la pulpa (58).	25
Figura 5. Sistema sensitivos del nervio trigémino y otros sistemas sensitivos relacionados (61).....	26
Figura 6. velocidad de conducción de fibras mielínicas y amielínicas (61).....	28
Figura 7. Esquema representativo de dolor nociceptivo e inflamatorio sano, dolor neuropático y dolor disfuncional (64).....	29
Figura 8. Esquema representativo de la clasificación del dolor orofacial internacional (64).	30
Figura 9. Localización de las fibras A y C en la Pulpa dental (58).	31
Figura10. Esquema que muestra la convergencia de información de las fibras sensitivas de los dientes al cerebro (58).	32
Figura: 11. Esquema de vía de transmisión del dolor del trigémino y su modificación del mensaje antes de la respuesta final (58).	34
Figura 12. Esquema representativo de los diferentes tipos de patologías y formas de dolor del diente (64).....	37

Figura 15. Colocación de palitos de hielo (Jafarzadeh & Abbott, 2010).	49
Figura 16: Cloruro de etilo (Jafarzadeh & Abbott, 2010).....	49
Figura 17. Aplicación de hielo seco (Jafarzadeh & Abbott, 2010).	50
Figura 20. Prueba con gutapercha (Jafarzadeh & Abbott, 2010).....	53
Figura 21. Instrumento calentado (Jafarzadeh & Abbott, 2010).	53
Figura 22. Calor por fricción (Jafarzadeh & Abbott, 2010).....	54
Figura 23. Aislamiento para prueba eléctrica (Ford & Patel,2004).	55
Figura 24. Principio de la flujometría laser Doppler (Vaghela & Sinha, 2011).	59
Figura 25. Flujometría laser Doppler aparato comercial (Karayilmaz & Kirzioğlu, 2011).	60
Figura 26. Uso de férulas personales basadas en impresión de silicona (Karayilmaz & Kirzioğlu, 2011).....	60
Figura 27. Mecanismo de oxímetro de pulso dental (Gopikrishna , Tinagupta & Kandaswamy, 2007)	64
Figura 28. Uso de la pulsioximetría (Pozzobon, de Sousa Vieira, Alves, Reyes-Carmona, Teixeira, de Souza, et al., 2011).....	64
Figura 29. Grafica que muestra el periodo de artículos analizados.....	70
Figura 30. Grafica donde se observa el porcentaje de revistas consultadas.....	71
Figura 31. Gráfica de representación porcentual de artículos analizados respecto a su tipo de metodología.	73

DEDICATORIAS

Quiero dedicar esta tesis a Dios por permitirme culminar hoy con éxito mi tan anhelada especialidad, por darme las fuerzas en todo momento y no soltarme en las peores circunstancias.

A mi padre, pues sin él no lo habría logrado, gracias por el apoyo que recibí en todo momento en cuanto a sus posibilidades y salud se lo permitió.

A mi tía Rosalía, cuyo papel fue madre apoyándome, educándome e impulsándome a seguir adelante, aunque se quedó en el camino su esencia me impulsó a continuar.

A mis hijos Alexa, Julio, Daniela y Héctor a quienes les agradezco su apoyo y comprensión a tan pequeña edad siendo parte fundamental de mi trayecto profesional y académico gracias por estar conmigo.

A mi esposo, que gracias a cada una de sus palabras me impulso a seguir adelante como persona y en lo académico.

A mi hermana Ana que a pesar de la distancia siempre me ha apoyado emocionalmente y que me dio ánimos de seguir con mi especialidad.

Agradecimientos

Quiero agradecer de manera especial a las doctoras Adriana Lucía Arenas Pérez, Gabriela López Torres y Sonia Elizabeth Huerta Ayala por confiar en mí para realizar este proyecto; por haber sido pacientes y por ser las personas que me dieron las explicaciones necesarias para culminar mi tesis, gracias por sus enseñanzas.

Agradezco a mis profesores que me forjaron en el camino de esta especialidad, así como a mis revisores que me apoyaron en este proyecto para culminarlo.

Agradezco a esta institución por abrirme las puertas para poder continuar mi educación, a mis compañeros por compartir conmigo sus conocimientos, pero con profundo agradecimiento a Gabriela Tirado Serrano por ser mi compañera y amiga e impulsarme para seguir con este proyecto, espero nuestra amistad siga por toda la eternidad.

Y por último agradezco a mis pacientes, que a pesar del tiempo que me lleve en esta actualización, me esperaron y siguen recomendándome; gracias.

Con todo cariño y gratitud.

María del Rosario Ruiz Magallón

Resumen

El objetivo de este estudio fue realizar una revisión de la literatura científica que describiera la importancia del uso de la oximetría de pulso para el diagnóstico de la vitalidad pulpar. Para ello, se utilizaron los motores de búsqueda PubMed, Google Académico, Journal of Endodontics y la biblioteca virtual de la U.M.S.N.H. Se seleccionaron estudios relevantes y recientes que aportan evidencia científica sobre la eficacia y aplicabilidad de esta tecnología en el campo odontológico. Esta revisión respalda y cuestiona el uso de la oximetría de pulso, y destaca su potencial como un método eficaz para evaluar la vitalidad pulpar mediante la detección de la circulación sanguínea y la oxigenación. Diversos estudios han demostrado que la oximetría de pulso proporciona mediciones precisas de la saturación de oxígeno en la pulpa dental, lo cual es fundamental para determinar su estado de salud. Además, la capacidad de esta técnica para diferenciar entre pulpas sanas y afectadas por patologías permite una intervención más rápida y precisa. La oximetría de pulso se presenta como una alternativa no dolorosa para los pacientes en la detección de la vitalidad pulpar y en el diagnóstico de patologías pulpares; de ahí que, esta característica es particularmente relevante en comparación con otros métodos tradicionales de prueba de vitalidad pulpar, que pueden ser incómodos o invasivos. La comodidad del paciente es un factor importante en la elección de las pruebas diagnósticas, y la oximetría de pulso ofrece una opción menos intrusiva y más tolerable.

Palabras clave: oximetría de pulso, diagnóstico en endodoncia, prueba de vitalidad pulpar, prueba de diagnóstico dental.

Abstract

The objective of this study was to conduct a review of the scientific literature describing the importance of using pulse oximetry for the diagnosis of pulp vitality. To do so, the search engines PubMed, Google Scholar, Journal of Endodontics and the U.M.S.N.H. virtual library were used. Relevant and recent studies were selected that provide scientific evidence on the effectiveness and applicability of this technology in the dental field.

This review supports and questions the use of pulse oximetry, and highlights its potential as an effective method for assessing pulp vitality by detecting blood circulation and oxygenation. Various studies have shown that pulse oximetry provides accurate measurements of oxygen saturation in the dental pulp, which is essential for determining its health status. In addition, the ability of this technique to differentiate between healthy and pathologically affected pulps allows for faster and more accurate intervention.

Pulse oximetry is presented as a painless alternative for patients in the detection of pulp vitality and in the diagnosis of pulp pathologies; hence, this feature is particularly relevant compared to other traditional methods of pulp vitality testing, which can be uncomfortable or invasive.

Patient comfort is an important factor in the choice of diagnostic tests, and pulse oximetry offers a less intrusive and more tolerable option.

Keywords: pulse oximetry, endodontic diagnosis, pulp vitality test, dental diagnostic test.

Glosario

1. **Absceso periapical**

Acumulación de exudado purulento (pus) en el área alrededor del ápice de la raíz del diente, causado por una infección. Puede presentar síntomas como dolor, hinchazón y sensibilidad.

2. **Células de defensa de la pulpa dental**

Células especializadas en la pulpa que participan en la respuesta inmune del diente y en la protección contra infecciones y lesiones.

3. **Células mesenquimatosas indiferenciadas**

Células madre presentes en la pulpa dental que pueden diferenciarse en diversos tipos celulares, incluyendo odontoblastos, en respuesta a necesidades específicas de reparación.

4. **Centro pulpar**

Área central de la pulpa dental que contiene vasos sanguíneos y nervios. Es fundamental para la nutrición y la sensibilidad del diente.

5. **Circulación en la pulpa inflamada**

Alteración en el flujo sanguíneo de la pulpa dental durante la inflamación, que puede llevar a cambios en la vitalidad y en la respuesta del diente a estímulos.

6. **Circulación normal**

Flujo sanguíneo regular en la pulpa dental, esencial para mantener la salud y la vitalidad del tejido pulpar.

7. **Dentina**

Tejido calcificado que forma la mayor parte del diente, situado debajo del esmalte y rodeando la pulpa dental. Se caracteriza por su estructura tubular y su capacidad para responder a estímulos.

8. **Dentina primaria**

Tipo de dentina formada durante el desarrollo del diente y hasta el final del período de erupción. Se desarrolla antes de la formación de la dentina secundaria y terciaria.

9. Dentina secundaria

Tipo de dentina que se forma después del período de erupción del diente y continúa formándose lentamente a lo largo de la vida. Su formación es una respuesta natural a la exposición continua a estímulos.

10. Dentina terciaria

Tipo de dentina que se produce como respuesta a estímulos traumáticos o patológicos. Se forma como una reacción defensiva para proteger la pulpa dental ante cualquier irritante.

11. Dolor dentinario

Sensación dolorosa originada en la dentina, generalmente debido a la exposición a estímulos físicos, químicos o biológicos.

12. Fibroblastos

Células presentes en la pulpa dental que producen fibras colágenas y la matriz extracelular. Son fundamentales para la estructura y la reparación del tejido pulpar.

13. Flujiometría láser Doppler

Técnica diagnóstica que mide el flujo sanguíneo en la pulpa dental utilizando un láser, proporcionando información sobre la vitalidad pulpar y la perfusión sanguínea.

14. Necrosis pulpar

Muerte del tejido pulpar, generalmente como resultado de una infección prolongada o daño severo.

15. Odontoblastos

Células especializadas situadas en la capa más externa de la pulpa dental, que forman la dentina. Su actividad es crucial para la producción y mantenimiento de la dentina.

16. Periodontitis apical

Inflamación de los tejidos que rodean el ápice de la raíz dental, causada por infecciones pulpares. Puede ser sintomática o asintomática y se clasifica según los síntomas presentes.

17. Pulpa dental

Tejido blando situado en el centro del diente que contiene nervios, vasos sanguíneos y células. Es esencial para la nutrición, la formación y la sensibilidad del diente.

18. Pulpitis irreversible

Inflamación severa de la pulpa dental que no puede ser revertida y requiere tratamiento endodóntico. Puede presentar síntomas como dolor intenso y prolongado.

19. Pulpitis reversible

Estado inflamatorio de la pulpa dental que puede ser tratado eficazmente si se elimina la causa de la inflamación. La pulpa aún es capaz de recuperarse.

20. Pulsioximetría

Método no invasivo que mide la saturación de oxígeno en la pulpa dental mediante la emisión de luz a través del tejido, ayudando a evaluar la vitalidad pulpar y la circulación.

21. Test de sensibilidad pulpar

Prueba diagnóstica utilizada para evaluar la respuesta de la pulpa dental a estímulos externos, como frío, calor o electricidad, para determinar su vitalidad.

22. Túbulos dentinarios

Pequeños canales en la dentina que contienen prolongaciones de los odontoblastos y líquidas dentinarias. Son cruciales para la sensibilidad dental y la comunicación con la pulpa.

23. Zona de odontoblastos

La capa más externa de la pulpa dental, donde se encuentran los odontoblastos que forman la dentina. Es crucial para la producción continua de dentina.

24. Zona pobre en células (acelular)

Área de la pulpa dental que contiene pocas células y se encuentra justo por debajo de la capa de odontoblastos. Sirve como una región de soporte estructural.

25. Zona rica en células

Región de la pulpa dental que contiene una alta concentración de células, principalmente fibroblastos y células mesenquimatosas. Participa activamente en la respuesta a lesiones y en la reparación.

Introducción

La evaluación clínica de la vitalidad pulpar es esencial para determinar la viabilidad del tejido pulpar y para establecer la base para cualquier intervención endodóntica. Dado que la pulpa dental está encapsulada en tejido duro, la determinación directa de su vitalidad se convierte en un desafío (6).

La vitalidad pulpar refleja principalmente la integridad del suministro vascular al diente, siendo la dentina pulpar también rica en fibras sensoriales, principalmente fibras A-delta y C (11). Muchas pruebas convencionales de vitalidad, como las térmicas y eléctricas, dependen de la estimulación de estas fibras nerviosas. Sin embargo, es más preciso describirlas como pruebas de sensibilidad pulpar, ya que no logran evaluar directamente el suministro sanguíneo al diente (12).

La evaluación de la vitalidad pulpar tiene un rol trascendente en el tratamiento de dientes traumatizados y es esencial para lograr un diagnóstico rápido y preciso en situaciones clínicas complejas (8). La detección de necrosis pulpar tras una lesión por luxación se ha basado en la sensibilidad pulpar, cambios de color coronal y alteraciones radiográficas del ligamento periodontal. Sin embargo, la evaluación del flujo sanguíneo pulpar en presencia de cambios patológicos es una tarea compleja, especialmente debido a las limitaciones de las pruebas eléctricas y térmicas, que a menudo generan resultados subjetivos (13).

La pulsioximetría surge como una herramienta prometedora en la evaluación de la vitalidad pulpar; este método no invasivo utiliza oxímetros de pulso, los cuales emplean diodos emisores de luz roja e infrarroja para medir la absorción de oxihemoglobina y desoxihemoglobina, permitiendo la determinación de la saturación de oxígeno y las lecturas de pulso en tiempo real en diversos tejidos (7).

A pesar de que los valores obtenidos en los dientes suelen ser menores que los obtenidos en el dedo del paciente, se ha observado que este fenómeno puede deberse, en parte, al aislamiento de la pulpa por los tejidos duros circundantes (8). La pulsioximetría, al considerar la vascularización funcional y la microcirculación como criterios de vitalidad pulpar, podría ofrecer una evaluación más precisa, especialmente en casos donde las pruebas convencionales podrían generar resultados inexactos, como

en dientes traumatizados con tejido vascular preservado, pero con daño en las fibras nerviosas (14).

Planteamiento del problema

Las pruebas de sensibilidad pulpar son ampliamente empleadas en la práctica endodóntica para evaluar la vitalidad de los tejidos pulpaes y orientar la toma de decisiones respecto del tratamiento. No obstante, estas pruebas presentan varias limitaciones, entre las cuales se destacan su inexactitud y la incomodidad que pueden generar en los pacientes, ya que generalmente implican estímulos térmicos o eléctricos que a menudo dolorosas, lo que se ve exacerbado en pacientes que ya presentan dolor dental al momento de acudir a consulta. Esta situación puede afectar la capacidad del clínico para obtener un diagnóstico certero, lo cual incrementa el riesgo de realizar intervenciones inapropiadas o imprecisas, afectando negativamente tanto el tratamiento como la experiencia clínica del paciente.

Objetivo general

Identificar la utilidad de la oximetría de pulso como herramienta de diagnóstico pulpar en el campo de la endodoncia, mediante una revisión exhaustiva de la literatura científica.

Objetivos específicos

- Analizar la eficacia de la pulsioximetría en la evaluación de la vitalidad pulpar en dientes sanos y en presencia de patologías pulpaes.
- Conocer la capacidad de la pulsioximetría para diagnosticar la vitalidad pulpar en dientes traumatizados.
- Comparar la especificidad y sensibilidad de la pulsioximetría con otras pruebas.
- Identificar, a través de la pulsioximetría, diferentes niveles de saturación de oxígeno ante distintos estados pulpaes.

Justificación

A partir de la inexactitud y el malestar que causan las pruebas tradicionales de sensibilidad pulpar surge la necesidad de alternativas diagnósticas más efectivas y menos invasivas. La pulsioximetría, que mide la saturación de oxígeno en los tejidos, ofrece una posible solución al problema, ya que permite evaluar la vitalidad pulpar de manera objetiva, no invasiva y sin causar dolor. Al motivar a la utilización de la pulsioximetría, los endodoncistas podrían obtener información más precisa sobre el

estado de los tejidos pulpares, lo que mejoraría la confiabilidad del diagnóstico sin someter al paciente a molestias adicionales.

La revisión bibliográfica sobre esta tecnología permitirá comprender mejor sus aplicaciones, ventajas y limitaciones en comparación con los métodos tradicionales. Además, proporcionará una base científica sólida para que los profesionales de la odontología consideren la implementación de la pulsioximetría como herramienta diagnóstica en su práctica clínica, mejorando la precisión del diagnóstico y la experiencia del paciente en el consultorio.

Metodología

Se realizó una búsqueda exhaustiva de la literatura científica para identificar artículos que analizan la pulsioximetría como prueba de diagnóstico en la vitalidad pulpar, la cual se realizó en los siguientes buscadores Pubmed y Google Académico, así como en la revista Journal of Endodontics, utilizando las siguientes palabras clave: oximetría de pulso como prueba de diagnóstico en endodoncia, oxímetro de pulso en odontología, oxímetro de pulso en la vitalidad de la pulpa dental.

Cada artículo fue revisado por título y resumen, analizándose los textos completos de los estudios y aplicándose criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión

- Estudios con seres humanos.
- Estudios que informan el uso de pulsioximetría para determinar el nivel de saturación de oxígeno en pulpas dentales sanas o bien comprometidas.
- Estudios comparativos.
- Revisiones críticas.

Criterios de exclusión

- Estudios donde se utilice de manera directa el oxímetro de pulso durante procedimientos dentales.
- Ensayos in vitro.
- Informe de casos.

1. Marco Teórico

1.1 Desarrollo del diente

El desarrollo del diente se inicia en la sexta semana de vida intrauterina derivándose de dos capas germinativas ectodermo y mesodermo con gran contribución en la cresta neural, interactuando entre ambos, constituyendo el ectomesenquima, y localizándose en los arcos faríngeos de la cabeza y el cuello en la parte inferior del ectodermo oral, compuesto por una capa de epitelio oral, formando una banda tipo hendidura donde estarán los futuros arcos dentarios y donde se desarrollará la papila dental a partir del mesodermo, la cual dará origen, por un lado a los cementoblastos, odontoblastos y fibroblastos y por otro lado el ectodermo que formará el esmalte y los ameloblastos (1).

En la región posterior del proceso alveolar, del epitelio mesenquimal proliferan dos láminas: vestibular y dentaria. La lámina vestibular, tiene forma de cuña de células que, posteriormente se separa para formar el vestíbulo oral y la lámina dentaria; esta comienza una actividad proliferativa intensa y localizada dando origen a la formación a una serie de crecimientos epiteliales en el ectomesenquima (1).

1.1.1 Formación embrionaria del diente

Este órgano es de origen mesodérmico con características histológicas y fisiopatológicas definidas, el vínculo que tienen es que uno es tejido mineralizado y el otro tejido es la pulpa es el tejido conectivo laxo localizado en el interior de la dentina y que este último se va modificando al pasar los años (4).

Cada tejido se describe por separado para describir bien los componentes de cada zona y su características y funciones

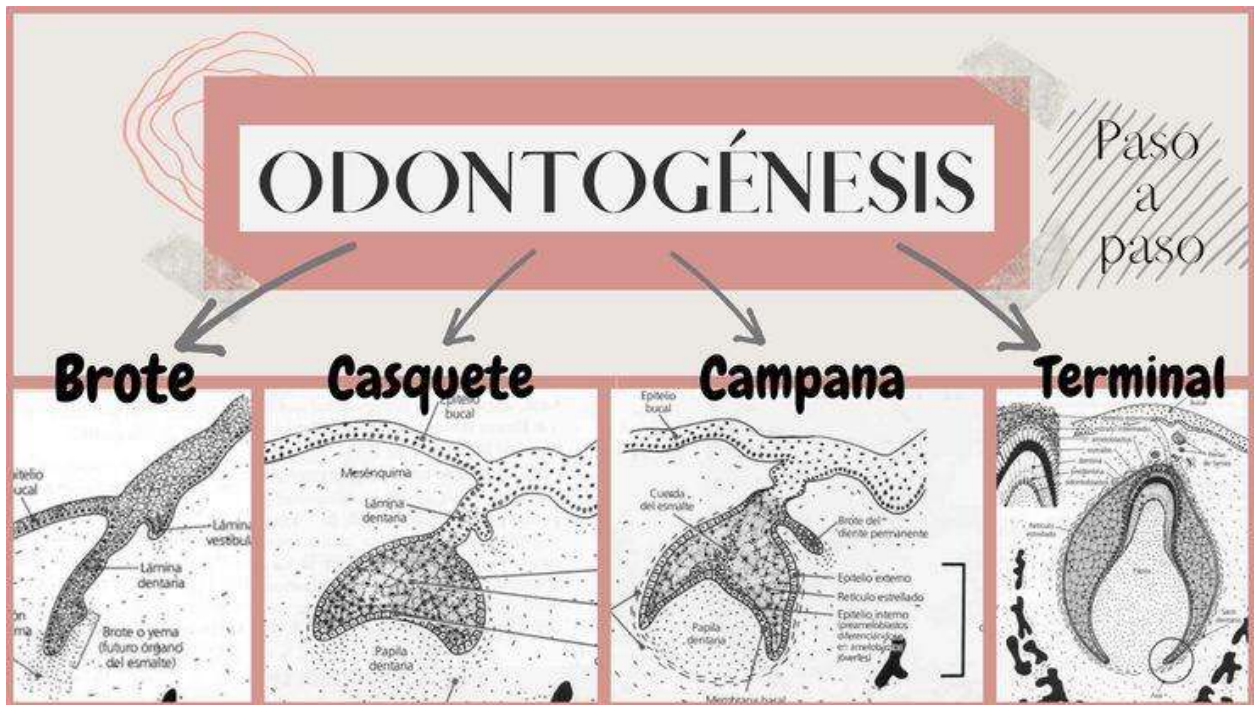


Figura: 1. Formación del diente (71).

2. Complejo Dentinopulpar

Es una estructura clave en la anatomía dental. Está compuesto por la dentina y la pulpa dental, ya que estas dos entidades están intrínsecamente conectadas, formando una unidad funcional que asegura tanto la integridad estructural del diente como la vitalidad del tejido pulpar.

La dentina, como tejido mineralizado, protege la pulpa subyacente, además de que desempeña una función esencial en la absorción de fuerzas masticatorias; mientras que la pulpa, rica en células, vasos sanguíneos y nervios, es responsable de la nutrición y sensorialidad del diente (65).

2.1 Dentina

La dentina, un componente esencial del complejo dentino-pulpar, desempeña un papel fundamental en la estructura dental y la protección de la pulpa dental subyacente. Este tejido mineralizado constituye una barrera protectora, rodeando la pulpa y proporcionando resistencia mecánica al diente.

La dentina está compuesta por un 70% de matriz inorgánica, principalmente constituida por hidroxiapatita. Este mineral aporta la rigidez característica a la dentina,

contribuyendo a su función de soporte y protección. La presencia de hidroxiapatita confiere a la dentina su naturaleza mineralizada, esencial para la integridad estructural del diente.

La matriz orgánica constituye el 18% de la dentina, y está compuesta principalmente por colágeno. Este componente orgánico proporciona flexibilidad y tenacidad a la dentina, permitiendo cierta adaptabilidad estructural en respuesta a las fuerzas externas. La combinación de matriz inorgánica y orgánica asegura una composición equilibrada que garantiza tanto resistencia como flexibilidad, características esenciales para la función dental (14).

El agua representa el 12% restante de la composición dentinaria, esta presencia de agua en la dentina no solo contribuye a su capacidad de absorber impactos, sino que también desempeña un papel crucial en la regulación de la hidratación del tejido dental. La proporción adecuada de agua en la dentina es esencial para mantener sus propiedades físicas y químicas óptimas (3).

2.1.1 Estructura histológica de la dentina

La estructura histológica de la dentina es fundamental para comprender su función dentro del complejo dentino-pulpar, dado que este tejido mineralizado, ubicado entre el esmalte y la pulpa dental, posee una organización única que le permite desempeñar su papel de soporte y protección en el diente.

2.1.2 Matriz inorgánica y orgánica

La estructura histológica de la dentina revela una complejidad en su composición. La matriz inorgánica, dominada por cristales de hidroxiapatita, confiere resistencia y rigidez a este tejido mineralizado, mientras que la matriz orgánica, compuesta principalmente por colágeno, aporta flexibilidad y tenacidad. Esta dualidad en la composición de la dentina sustenta su integridad estructural y desempeña un papel crucial en la función mecánica del diente.

2.2 Túbulos dentinarios

Los túbulos dentinarios, con diámetros que oscilan entre 1μ y 3μ , atraviesan la dentina desde la unión con el esmalte hasta la cavidad pulpar, confiriéndole permeabilidad. En la corona, adoptan una forma curva en S debido al apiñamiento de los

odontoblastos, dividiéndose en ramas terminales durante la fase inicial de la ontogénesis y proyectándose en múltiples prolongaciones (3).

2.2.1 Estructura de los túbulos dentinarios

La dentina se divide en tres regiones principales: la dentina peritubular, que rodea la prolongación odontoblástica de los túbulos dentinarios; la dentina intertubular, que constituye la mayor parte del tejido dentinario y proporciona resistencia tensional; y la dentina intratubular, que recubre las paredes internas de los túbulos y es más dura que la intertubular (4).

2.2.2 Contenido de los túbulos dentinarios

Estos están ocupados por extensiones de los odontoblastos, que están acompañadas por líquido tisular, también conocido como fluido dentinario. Este fluido está presente en la dentina primaria y ausente en la dentina secundaria, que presenta una formación irregular (5).

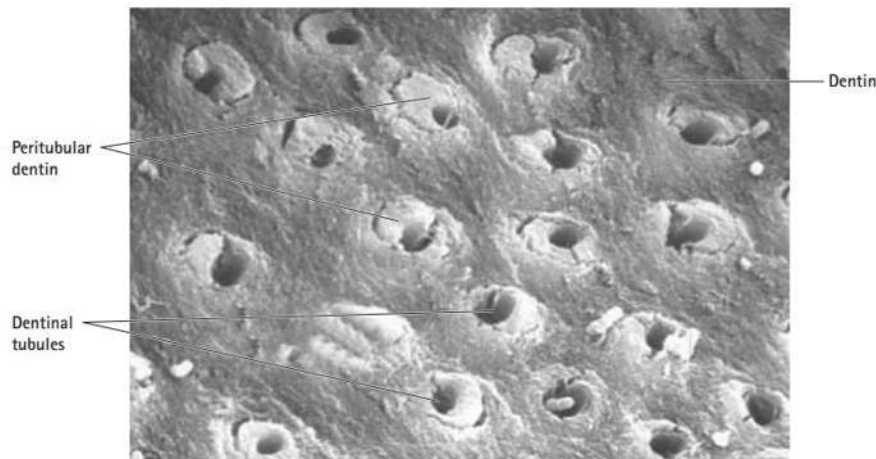


Figura 2. Túbulos dentinarios (59).

2.3 Clasificación de la matriz de la dentina

La matriz de la dentina, es un componente clave de la estructura dental, se clasifica en diferentes tipos según su formación y función a lo largo de la vida del diente; en este sentido, esta clasificación refleja las adaptaciones de la dentina a los cambios fisiológicos y las agresiones externas que puede enfrentar. La dentina primaria, secundaria y terciaria representan distintas etapas de desarrollo y respuesta del tejido ante estímulos, cada una con características estructurales y funcionales únicas.

2.3.1 Dentina primaria

Es la que se forma durante el desarrollo del diente hasta que erupcionan. Se secreta a una velocidad muy rápida y forma la mayor parte del diente (6).

2.3.2 Dentina secundaria

Después de la erupción dental, los odontoblastos continúan depositando dentina, pero este proceso se ralentiza debido a una síntesis más lenta. La dentina secundaria se forma a lo largo de toda la vida del individuo, principalmente influenciada por la actividad de masticación (6).

2.3.3 Dentina terciaria

Esta se forma a partir de un estímulo. Puede ser de origen reactivo, ocasionado por la preparación de cavidades o, de origen reparativo si las células se dañan irreversiblemente y el odontoblasto muere; suelen ser remplazados por células similares (6).

2.4 Histofisiología Pulpar

Pulpa dental: es un tejido de origen mesenquimatoso constituida por 25% de materia orgánica y 75% agua; es un tejido conectivo laxo vascularizado e innervado que se encuentra contenido del espacio central del diente.

2.4.1 Funciones de la pulpa dental

La pulpa dental desempeña un papel fundamental en la salud y el funcionamiento dental, ya que sus funciones son variadas, abarcando desde la formación del diente hasta la defensa contra agresiones externas. Como un tejido altamente especializado, la pulpa dental participa en la producción de dentina, en la nutrición de los tejidos duros del diente, y en la percepción sensorial, además, actúa como una barrera inmunológica, respondiendo a infecciones y lesiones.

Formativa

La pulpa dental es la responsable de formar la dentina, el tejido duro que recubre el interior del diente y le da resistencia y protección. La pulpa forma dentina durante el desarrollo del diente y también durante toda la vida de este, en respuesta a estímulos externos o internos (2).

Inductora de producción de esmalte

La pulpa dental también participa en la inducción de la producción de esmalte, el tejido más duro del cuerpo humano que recubre la superficie externa del diente y le da brillo y estética. La pulpa dental interactúa con las células del epitelio dental que se encargan de secretar el esmalte durante la formación del diente (4).

Nutritiva

La pulpa dental contiene vasos sanguíneos que le proporcionan nutrientes y oxígeno al diente, así como también eliminan los desechos metabólicos. La pulpa dental también mantiene el equilibrio hídrico del diente, evitando su deshidratación y fragilidad (2).

Sensitiva

La pulpa dental contiene fibras nerviosas que le dan sensibilidad al diente, permitiendo detectar estímulos térmicos, táctiles, químicos o eléctricos. La pulpa dental también transmite señales de dolor cuando el diente está dañado o inflamado, alertando al individuo de la necesidad de atención dental (4).

Defensa

La pulpa dental tiene una función de defensa frente a las agresiones externas, como las bacterias que causan la caries dental. La pulpa dental activa mecanismos de respuesta inmunitaria, como la producción de anticuerpos, la liberación de mediadores inflamatorios y la formación de dentina reaccionaria o reparativa, que intentan aislar y eliminar el agente agresor (2).

2.4.2 Elementos celulares de la pulpa sana

En el contexto de la anatomía dental, el análisis de los elementos celulares de la pulpa sana constituye un punto central para comprender la estructura y la funcionalidad de este tejido vital. La pulpa dental, situada en el núcleo del diente, alberga una diversidad de células que desempeñan roles fundamentales en la salud y el mantenimiento del tejido dentario (14).

Desde los odontoblastos como responsables de la formación de dentina hasta células del sistema inmunitario que salvaguardan la pulpa de agresiones externas, cada elemento celular desempeña un papel importante en la preservación y respuesta adaptativa de la pulpa dental ante diversos estímulos.

- **Odontoblastos**

Son células diferenciales de la pulpa dental estas se encuentran alrededor de la pulpa. Estos pertenecen a la pulpa dental y la dentina en esta última por sus prolongaciones y está conectado a otros odontoblastos por medio de microtubulillos el proceso odontoblástico ocupa toda la longitud de los túbulos dentinarios en las primeras fases del desarrollo mientras que en los dientes de un adulto se presentan variaciones de acuerdo a la edad y actividad funcional (7).

- **Fibroblastos**

Son las células más abundantes del tejido conectivo especialmente en la corona dental, son células multifuncionales que sintetizan y secretan la mayor parte de los componentes colágeno y sustancia fundamental, tienen la capacidad de degradarlo ante una respuesta del medio interno. Estas células pueden tener potencial para originar nuevos odontoblastos para la periferia de la pulpa cuando se necesite (4).

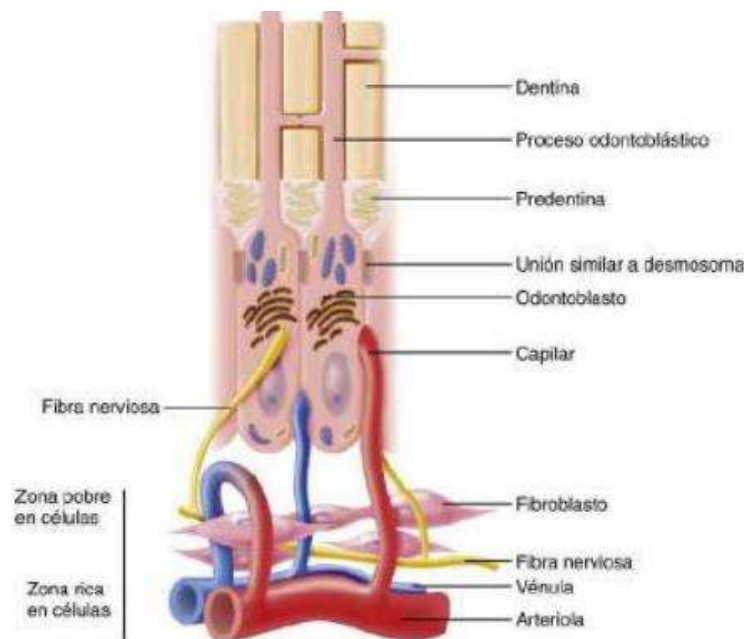


Figura 3. Ilustración de la capa de odontoblasto y la región subodontoblástica de la pulpa dental (58).

- **Células mesenquimales indiferenciadas**

Estas células derivan del ectodermo, poseen abundante citoplasma y prolongaciones, constituye a las células de reserva de la pulpa por la capacidad de diferenciarse de lo

odontoblastos o fibroblastos. Están por debajo de los odontoblastos y disminuyen de acuerdo con la edad (7).

- **Células de defensa de la pulpa dental**

El examen detallado de las células de defensa en el entorno de la pulpa dental revela un sistema inmunológico intrincado y altamente especializado que desempeña un papel crucial en la protección y preservación de este tejido vital. Las células de defensa presentes en la pulpa dental constituyen una barrera activa contra las amenazas externas, ya que el ambiente bucal está constantemente expuesto a diversos microorganismos y condiciones ambientales.

- **Linfocitos:** Son las células responsables en la respuesta inmunológica hay 2 tipos de linfocitos B y T. Linfocitos B normalmente están ausentes y los únicos que están presentes en la pulpa sana son los linfocitos T. Éstos, participan en la respuesta inicial inmunológica iniciando su actividad mediante mecanismos inmunológicos por la liberación de antígenos derivados de las caries, liberando linfoquinas que provocan vasodilatación pulpar. La combinación entre ambos linfocitos origina que se dé una diferenciación y los linfocitos B produzcan anticuerpos, propiciando respuesta inflamatoria (7).
- **Macrófagos:** Son los monocitos que han abandonado el torrente sanguíneo y entran en los tejidos; normalmente se encuentran fagocitando células muertas que al ser ingeridas por los macrófagos son eliminadas por enzimas lisosomales. Cuando son activadas adquieren mayor movilidad y capacidad fagocitaria aumentando el número para defender la pulpa; algunas de estas actúan como células presentadoras a los linfocitos T (7).
- **Mastocitos:** Se encuentran en tejidos conectivos; se suelen localizar en tejidos con inflamación crónica. Estas células poseen gránulos con histamina y heparina que son importantes mediadores inflamatorios (8).
- **Células dendríticas:** Estas células accesorias del sistema inmunológico, similares a las que se encuentran en la epidermis, nombradas células de Langerhans, están distribuidas en tejidos conjuntivos como la pulpa. Su función es presentar antígenos. Estas se encuentran en la predentina, pero cuando hay un estímulo, migran hacia la zona del estímulo antigénico (8).

- **Sustancia fundamental:** Es la que está constituida por proteoglicanos formados por un núcleo proteico. Es un medio que transporta nutrientes a las células provenientes de arterias, y sirve para eliminar los desechos de las células. Con la edad, este llega a disminuir (4).

2.4.3 Zonas topográficas de la pulpa

La pulpa dental, es el núcleo blando del diente, y se divide en cuatro zonas distintivas, cada una con características anatómicas y funcionales específicas.

- **Capa de odontoblastos**

Se encuentra inmediatamente subyacentes a la predentina, está compuesto por odontoblastos en empalizada. Además, se encuentran capilares sanguíneos y fibras nerviosas. En la parte más coronal los odontoblastos son de forma cilíndricas y altos esto se da en pulpas jóvenes, en la porción media son más cúbicos y en la porción apical se presenta de forma celular aplanada. Pueden pasar entre ellos algunas terminaciones nerviosas del complejo de Raschkow pasan por los odontoblastos (4).

- **Zona pobre en células (acelular)**

Conocida también como zona Well, esta se encuentra debajo de la capa de odontoblastos. Es una zona estrecha que se encuentra libre de células. Es atravesada por fibras nerviosas amielínicas y procesos citoplasmáticos de los fibroblastos. Esta zona no es evidente en pulpas jóvenes que han formado dentina rápidamente o pulpas viejas que presentan tejido de reparación (8).

- **Zona rica en células**

Aquí hay un alto contenido de fibroblastos, en esta zona pueden incluirse algunos macrófagos, células dendríticas y también pueden estar presentes células madre mesenquimatosas. Esta zona predomina en la pulpa coronal más que en la radicular. La división celular es rara pero cuando muere el odontoblasto migran células de esta zona para sustituir el odontoblasto (8).

- **Centro pulpar**

El centro pulpar, situado en el núcleo más profundo de la pulpa dental, representa el epicentro anatómico y funcional de esta estructura vital. Esta región central alberga una red intrincada de fibras nerviosas, vasos sanguíneos y células especializadas, desempeñando un papel crucial en la transmisión de estímulos sensoriales y en la

nutrición del tejido circundante. La complejidad del centro pulpar reside en su capacidad para responder a diversos estímulos externos, ya sean térmicos, químicos o mecánicos. Además, este centro es fundamental para la formación y reparación de la dentina, el tejido duro que constituye la mayor parte de la estructura dental. El entendimiento profundo del centro pulpar es esencial para abordar cuestiones relacionadas con la salud dental, como la sensibilidad, la respuesta inflamatoria y los procesos de regeneración (13).

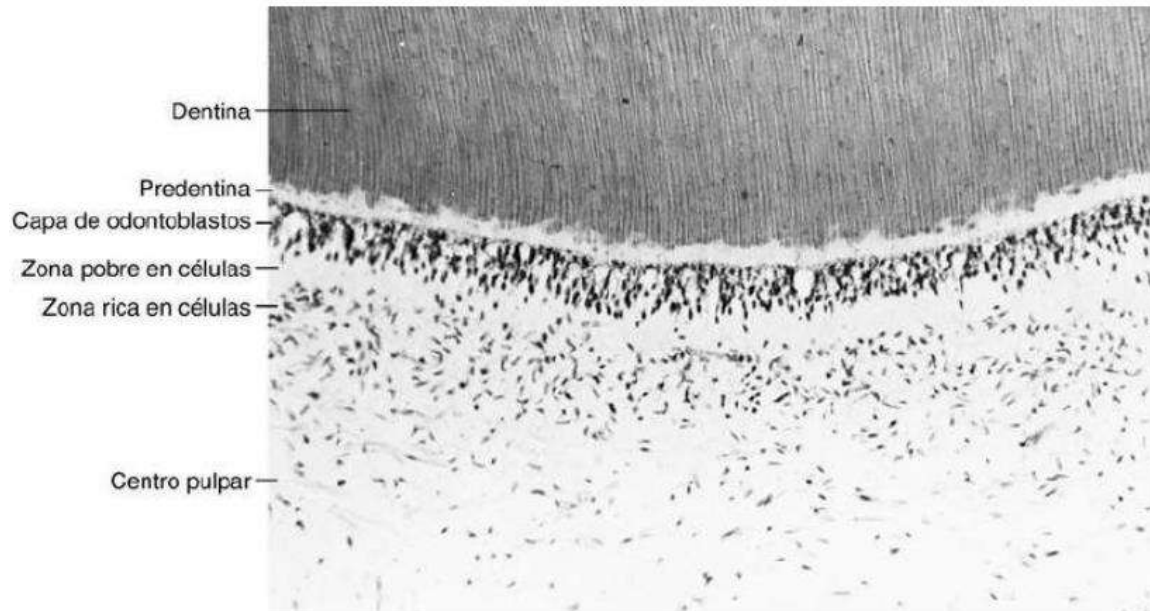


Figura 4. Zonas morfológicas de la pulpa (58).

2.4.4 Inervación del complejo dentino pulpar

El nervio trigémino es responsable de transmitir la información sensitiva proveniente de la cara, los senos paranasales, los dientes y la parte anterior de la cavidad oral. Se divide en tres ramas: la rama oftálmica, que es exclusivamente sensitiva; la rama maxilar, también sensitiva; y la rama mandibular, que posee funciones tanto sensitivas como motoras (61).

Las fibras sensitivas de las ramas maxilar y mandibular del nervio trigémino inervan la pulpa dental y, cuando un proceso carioso afecta esta región, las fibras nerviosas se vuelven sensibles a cambios de temperatura y presión, lo que provoca un dolor intenso debido al edema asociado (61).

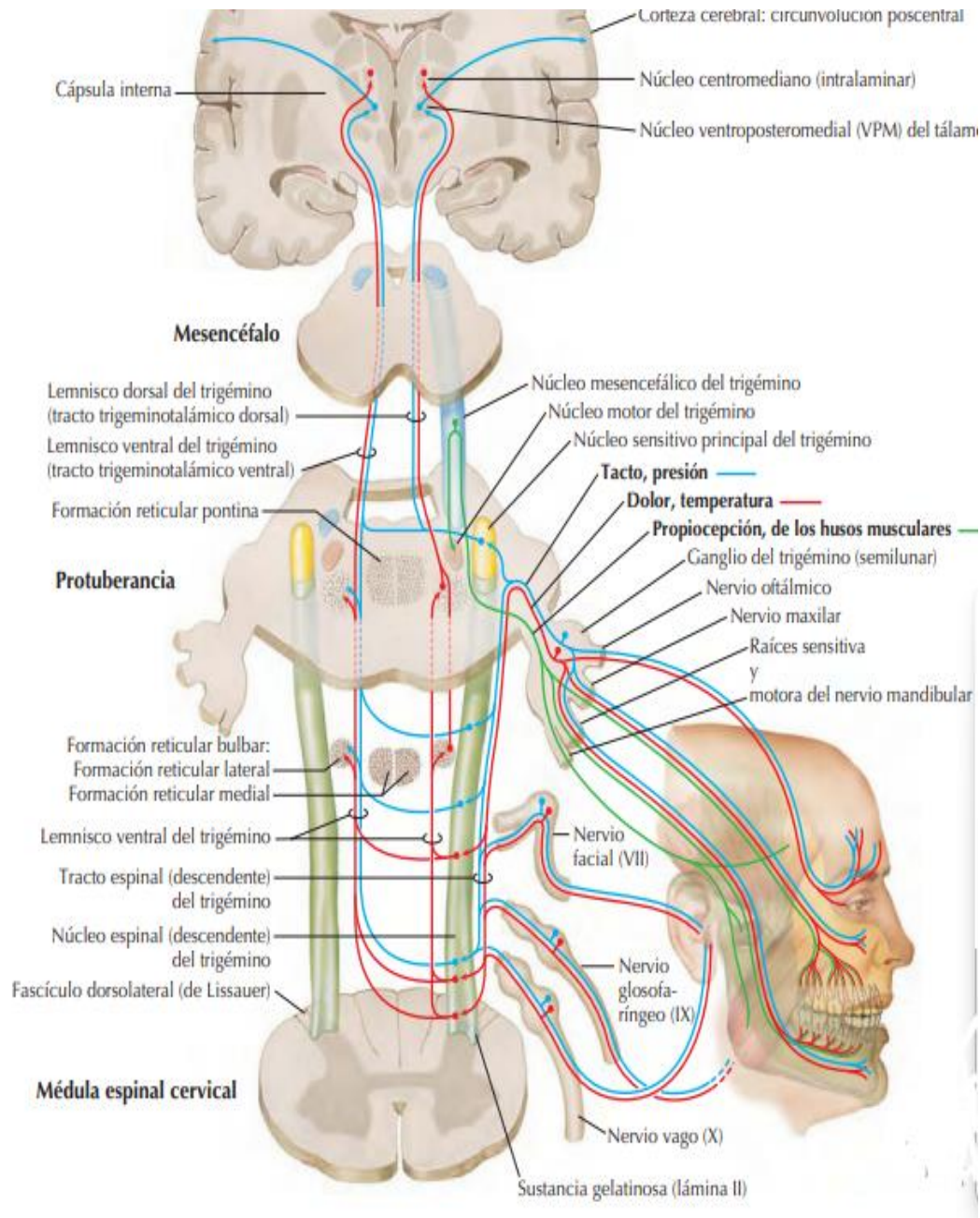


Figura 5. Sistema sensitivos del nervio trigémino y otros sistemas sensitivos relacionados (61).

Los axones de las neuronas sensitivas primarias penetran el tronco encefálico a través del tracto descendente medular y terminan en el núcleo medular. A partir de ahí, los axones que cruzan desde el núcleo medular se proyectan hacia el lemnisco ventral del trigémino y alcanzan el núcleo ventroposteromedial del tálamo, desde donde se

dirigen hacia la corteza sensitiva primaria lateral y otros núcleos talámicos encargados de procesar la nocicepción (61).

La nocicepción se regula mediante neuronas aferentes primarias que detectan estímulos capaces de dañar los tejidos y transmiten esta información desde la periferia hacia centros integradores ubicados en la médula espinal o el tronco encefálico. Posteriormente, esta señal asciende mediante neuronas de orden superior hasta el cerebro, donde el estímulo se percibe como dolor, generando respuestas reflejas protectoras (62). Además de transmitir información hacia el sistema nervioso central, estas fibras aferentes primarias liberan neurotransmisores, como neuropéptidos de sustancia P y CGRP (gen de la calcitonina) en la periferia, los cuales facilitan la pérdida vascular, vasodilatación y el reclutamiento de neutrófilos, mastocitos y plaquetas, amplificando así la respuesta nociceptiva (62).

Las neuronas sensitivas llamadas nociceptivas detectan dolor, constituyendo la base principal del dolor y las sensaciones dolorosas con diferentes propiedades e intensidades son activadas y transmitidas por cada terminación nerviosa de cada diente (8).

Los estímulos nocivos son transmitidos por las neuronas sensoriales del nervio trigémino, llevando señales desde tejidos lesionados o inflamados, lo que resulta en una percepción dolorosa. El diente cuenta con una rica inervación compuesta por una gran cantidad de axones tanto mielínicos como amielínicos (8, 63). La velocidad de propagación del estímulo aumenta con el diámetro del axón y la presencia de la vaina de mielina, ya que en las fibras mielínicas el potencial de acción se desplaza de manera saltatoria de un nódulo a otro. En contraste, en las fibras amielínicas, el potencial de acción se transmite a través de segmentos adyacentes despolarizados de la membrana, lo que requiere un reinicio continuo del potencial de acción en cada punto, resultando en una propagación más lenta (61).

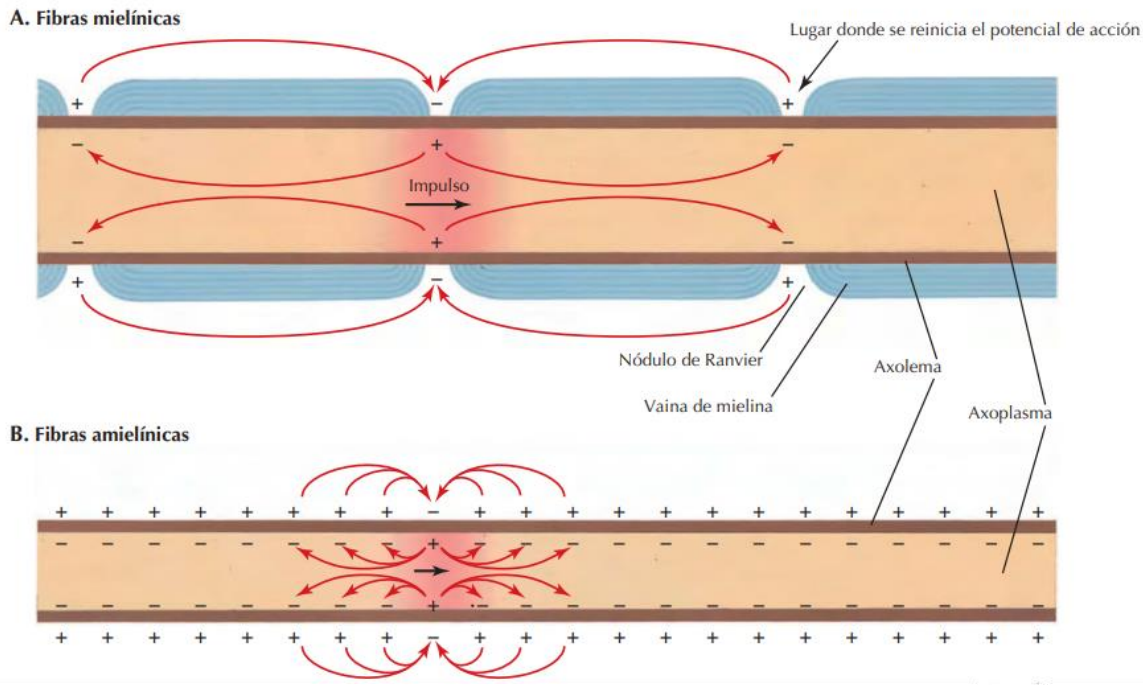


Figura 6. velocidad de conducción de fibras mielínicas y amielínicas (61).

2.5 Bases fisiológicas del dolor dentinario

El dolor es un fenómeno subjetivo que no solo implica respuestas fisiológicas sensoriales, sino también aspectos emocionales y conductuales en los pacientes. Considerado una herramienta de defensa, el dolor permite que los mecanismos neuronales del cuerpo permanezcan en estado de alerta ante posibles amenazas a los tejidos. En odontología, las causas comunes de dolor incluyen las caries no tratadas, que pueden llevar a la inflamación de la pulpa dental, una condición conocida como pulpitis (64).

Otra forma de dolor odontogénico es la hipersensibilidad dentinaria, caracterizada por una respuesta breve y aguda a estímulos exógenos, que no se relaciona con una causa orgánica evidente (64).

Cuando un estímulo externo impacta sobre la dentina expuesta o sobre un diente con pulpitis, se genera una sensación dolorosa. El sistema nervioso central (SNC) convierte estos estímulos ambientales en señales electroquímicas, las cuales se transforman en potenciales eléctricos que, al llegar a la corteza cerebral, se perciben como dolor (64). Existen tres mecanismos que explican el dolor: nociceptivo, neuropático y nociplástico.

El dolor nociceptivo es un dolor no neural, originado en un tejido específico, y es activado por nociceptores. Por su parte, el dolor neuropático se relaciona con una lesión o enfermedad del sistema somatosensorial, mientras que el dolor nociplástico es el resultado de una alteración en la nocicepción sin evidencia de daño tisular identificable (64).

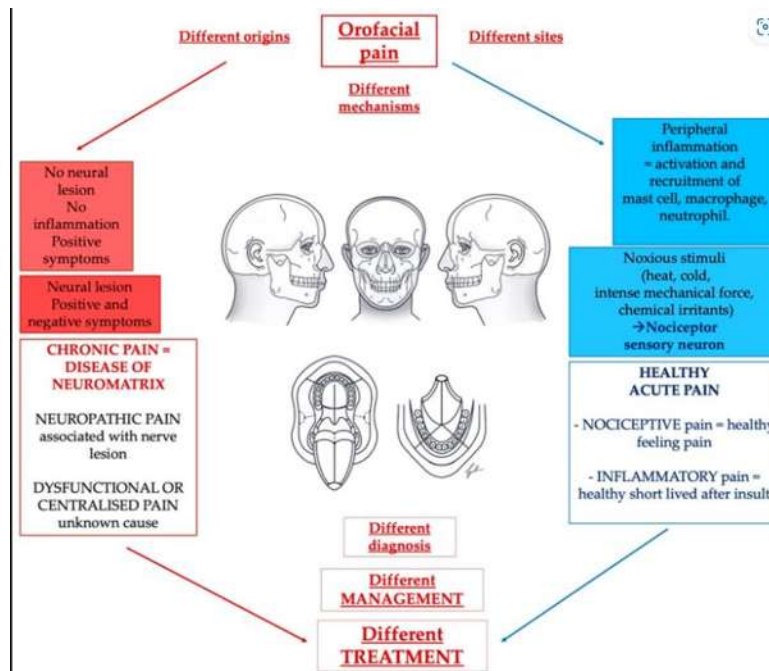


Figura 7. Esquema representativo de dolor nociceptivo e inflamatorio sano, dolor neuropático y dolor disfuncional (64).

El dolor orofacial, que se origina principalmente en las regiones de la cara y la boca, involucra una amplia variedad de estructuras anatómicas con una compleja vascularización e innervación. Dentro de este contexto, el dolor de origen dental es el tipo de dolor orofacial más frecuente y, en la mayoría de los casos, suele ser de naturaleza inflamatoria (64).

La complejidad de la innervación en esta región es la razón por la cual los pacientes a menudo tienen dificultades para localizar con precisión el origen del dolor, lo que puede llevarlos a buscar atención dental incluso cuando el estímulo doloroso proviene de fuera del sistema odontomasticatorio. La clasificación internacional del dolor orofacial tiene

como objetivo identificar las seis categorías principales de trastornos que pueden afectar esta región, facilitando así un diagnóstico adecuado y un tratamiento específico (64).

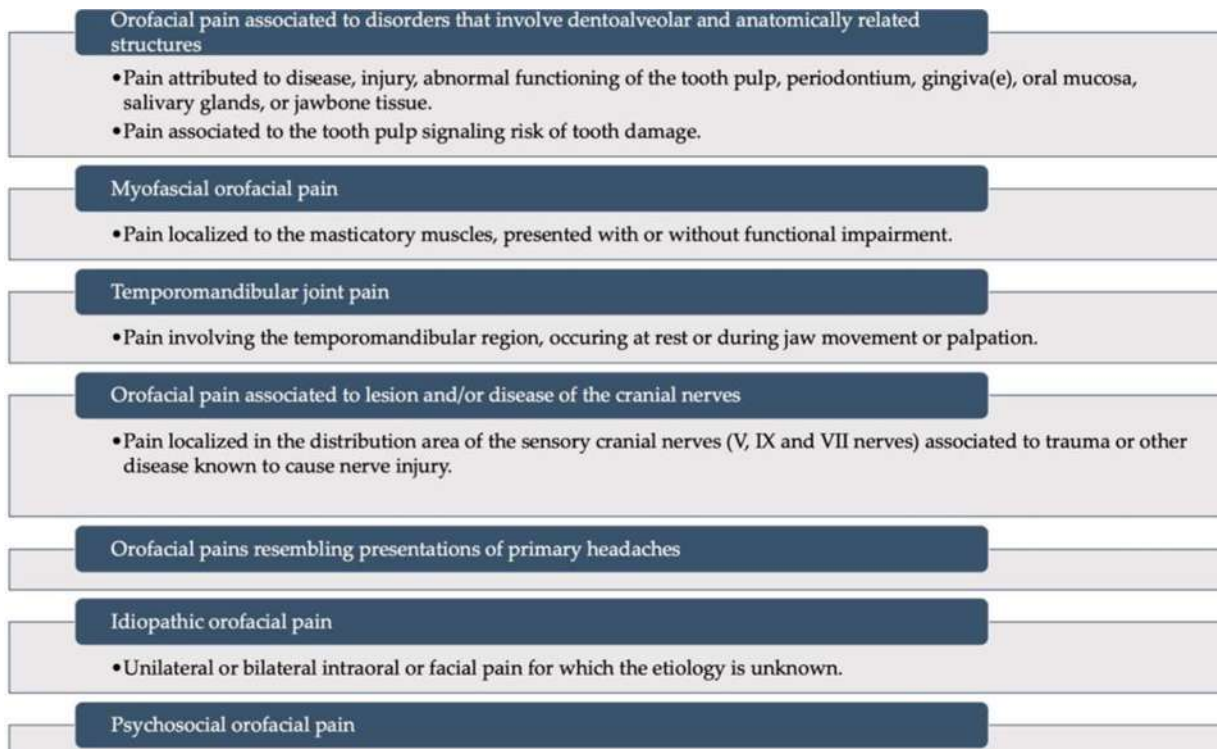


Figura 8. Esquema representativo de la clasificación del dolor orofacial internacional (64).

La innervación de la pulpa contiene neuronas aferentes y eferentes autónomas unas transmiten impulsos sensitivos y otras regulan las reacciones inflamatorias del diente la microcirculación.

La innervación simpática es derivada del ganglio cervical superior junto al nervio carotideo interno llevan la misma trayectoria y se unen al nervio trigémino en el ganglio para así innervar los dientes. Las fibras simpáticas dan lugar en el momento que la pulpa dental lo establece. En los dientes adultos las fibras forman plexos alrededor de las arteriolas y la estimulación de dichas fibras dan como resultado vasoconstricción y disminución del flujo sanguíneo. Estas fibras contienen noradrenalina y neuropéptido Y (8).

Las neuronas sensoriales entran a la pulpa dental a través del foramen apical siguiendo el sistema de riego llegando la mayoría a la dentina coronal abriéndose en forma de abanico para formar el plexo nervioso de Raschknov se anastomosan con terminaciones nerviosas libres y terminan llegando a la capa de células odontoblásticas (9, 28).

Hay dos tipos de células nerviosas: fibras A y C. En las fibras A, se encuentran las fibras A δ mielínicas y A β mielínicas, y las C amielínicas (28).

Las fibras A δ se localizan en la dentina a nivel de los cuernos pulpares. Son de diámetro pequeño y su conducción es rápida en comparación de las fibras las fibras C. Estas fibras transmiten el dolor directamente al tálamo lo que da un dolor agudo, rápido y localizable. Las fibras C se encuentran ubicadas en el núcleo de la pulpa y se extienden a la zona libre de células. Antes de llegar al tálamo hay interferencias en su trayectoria dando como resultado un dolor lento, sordo y doloroso (9 ,28).

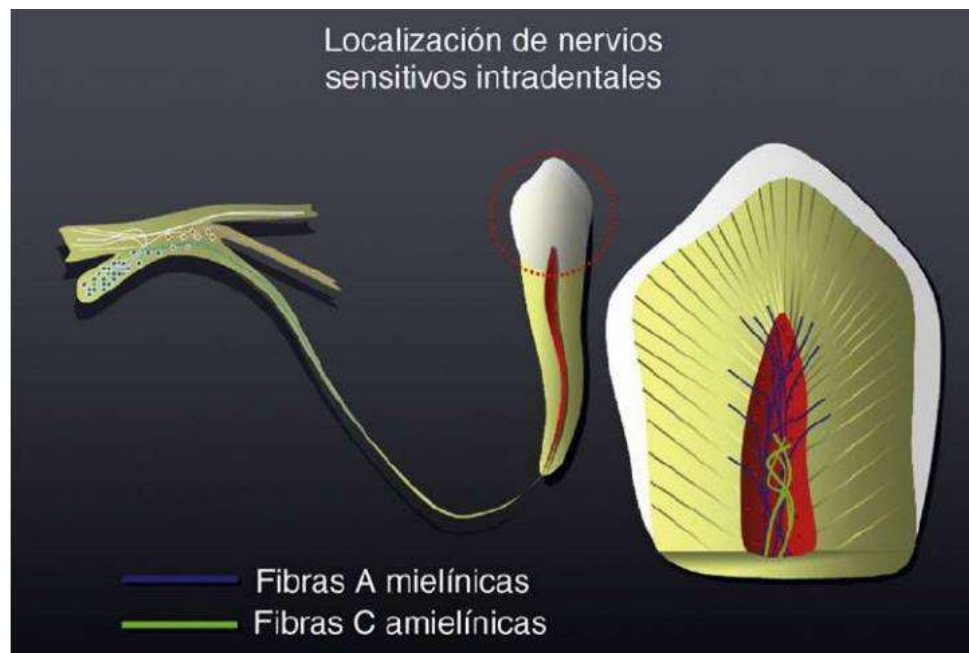


Figura 9. Localización de las fibras A y C en la Pulpa dental (58).

Las fibras A δ y C transmiten señales al SNC. Las fibras C terminan en el caudal del tallo cerebral del trigémino y, el tálamo, solo manda la retransmisión de los impulsos de las fibras C que transmite en la corteza cerebral y al Hipotálamo. Las fibras A δ

terminan en el núcleo caudal del complejo ventrobasal del tálamo el cual se transmite en otras áreas del tálamo y corteza sensorial (10).

La corteza cerebral es el centro de procesamiento de la información de datos recordando datos de almacenamiento de dolor (10).

El movimiento del líquido en los túbulos dentinarios es el acontecimiento fundamental en despertar el dolor dentinario ocasionado por estímulos del exterior. Los estímulos productores de dolor como el calor y el frío, un chorro de aire y sondaje con la punta del explorador tienen la capacidad de desplazar el líquido (11, 28).

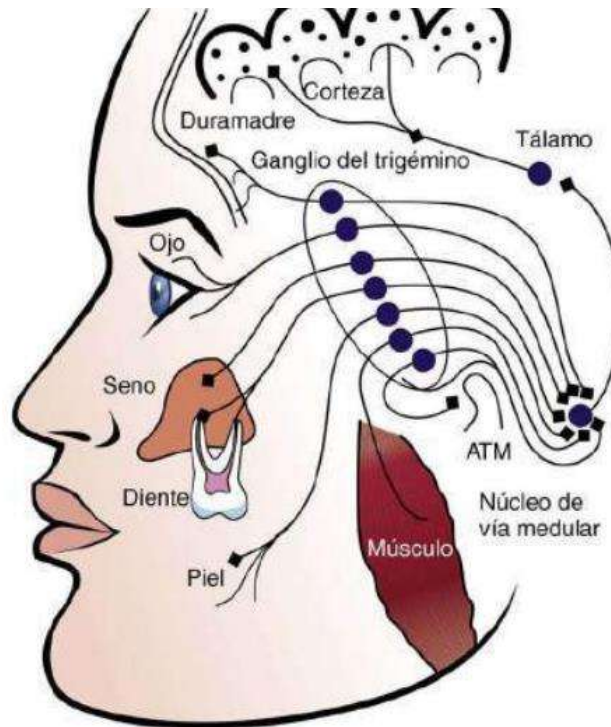


Figura10. Esquema que muestra la convergencia de información de las fibras sensitivas de los dientes al cerebro (58).

2.6 Circulación

La sangre procedente de la arteria dental tiene su paso por medio de arteriolas de 100µm de diámetro o de calibre más pequeño estos pasan por los orificios apicales acompañados por nervios, los vasos menores entran a la pulpa por medio de canales laterales o accesorios los cuales están inervados por nervios autónomos y sensitivos (8).

La regulación del flujo sanguíneo se encuentra bajo regulación neuronal, las arteriolas viajan hacia coronal a través de la porción central de la pulpa emitiendo ramas

que se extienden lateralmente hacia la capa odontoblástica, al entrar a pulpa coronal las arteriolas abren en abanico hacia la dentina disminuyendo el calibre dando lugar formando una red subodontoblástica. El flujo coronal es el doble que el de la parte de la raíz (8).

La sangre pasa por el plexo capilar a las vénulas pos-capilares y luego a vénulas mayores. Las vénulas tienen paredes delgadas y una capa muscular irregular. Las vénulas colectoras se forman progresivamente más grandes acercándose a la parte central de la pulpa (8).

El flujo de sangre cuando esta sin movimiento es alto con un volumen de 0.15 a 0.60 ml/min/g de tejido en el volumen sanguíneo representando el 3% de peso húmedo en la pulpa. En el flujo sanguíneo se ha visto que es mayor en su capa periférica y su consumo de oxígeno es más alto que el centro de la pulpa. El tono vascular sanguíneo en la pulpa se encuentra regulado en condiciones normales por mecanismos neuronales, pacrinos y endocrinos que mantienen una vasoconstricción (8).

En la pulpa existe una variedad en la regulación neuronal. El tono que da vasoconstricción en la pulpa es de origen simpático, siendo mínimo en la pulpa dental en reposo y, el vasodilatador esta dado por neuropéptidos sensitivos. En la pulpa dental, existen receptores α -adrenérgicos. Cuando se estimula el tronco simpático cervical ocasiona vasoconstricción y disminución del flujo sanguíneo pulpar que se invierte en el bloqueo del α -receptor. También el neuropéptido con noradrenalina que aporta este mismo estímulo es el. Después estímulos eléctricos se observa un aumento de flujo sanguíneo esto es ocasionado por la liberación de neuropéptidos sensitivos ocasionando una vasodilatación (8).

2.6.1 Circulación en la pulpa inflamada

La inflamación de la pulpa es consecuencia de la baja distensibilidad la cual es la relación entre el cambio de volumen y cambio de presión intersticial. En consecuencia una pulpa poco distensible, un aumento de volumen de sangre dará lugar a un aumento relativo de la presión hidrostática (8).

La estimulación de las fibras nerviosas aferentes de la pulpa desencadena la liberación de varios péptidos neuronales, como el gen relacionado con la calcitonina, el neuropéptido P y la neuroquinina, los cuales provocan vasodilatación en la pulpa dental

y liberación de mediadores inflamatorios desde los fibroblastos. Este proceso atrae células inmunitarias y promueve la inflamación neurogénica.

A medida que la inflamación progresa, se liberan mediadores adicionales, como histamina, bradicinina, prostaglandinas y leucotrienos, que activan los nociceptores y generan potenciales de acción, provocando respuestas dolorosas intensificadas y prolongadas, conocidas como hiperalgesia. Además, los estímulos que normalmente no serían dolorosos en un diente sano pueden producir dolor en este contexto, lo que se denomina alodinia (63).

Cuando hay una reacción inflamatoria lo que se presenta es vasodilatación y aumento de permeabilidad vascular ocasionando el aumento de presión del líquido intersticial de la pulpa comprimiendo los vasos sanguíneos y disminuyendo el flujo sanguíneo. Al iniciarse una inflamación localizada el flujo sanguíneo aumenta lo que desarrolla necrosis tisular (8).

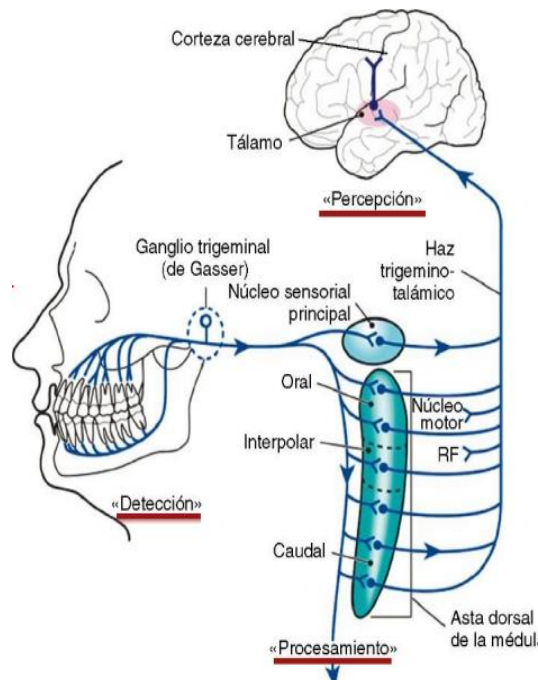


Figura: 11. Esquema de vía de transmisión del dolor del trigémino y su modificación del mensaje antes de la respuesta final (58).

3. Diagnóstico clínico en endodoncia

El origen del término "diagnóstico" se remonta a la palabra griega "diagnostiko", que denota la capacidad de relacionar una enfermedad con elementos tangibles o comprender de manera profunda la conexión entre una patología y sus manifestaciones, permitiendo así diferenciar una enfermedad de otra (21,22).

La obtención de un diagnóstico preciso requiere la realización de una exhaustiva historia clínica, durante la cual se recopilen datos cruciales como el inicio del dolor o malestar principal del paciente, así como información sobre procedimientos restaurativos previos y posibles traumatismos. Este proceso se ve respaldado por una evolución clínica, que incluye estudios radiográficos detallados de los dientes y los tejidos circundantes (23).

En el año 2008, la Asociación Americana de Endodoncia llevó a cabo una convención con el propósito de estandarizar la terminología utilizada en el diagnóstico endodóntico. El objetivo principal de esta iniciativa fue unificar los criterios y reducir las discrepancias en los diagnósticos terapéuticos, centrándose especialmente en los signos y síntomas presentes en cada paciente. Posteriormente, en 2009, el Journal of Endodontics estableció formalmente la terminología en el ámbito del diagnóstico endodóntico, consolidando así un marco común para la práctica clínica (24).

3.1 Definición y objetivos del diagnóstico en endodoncia

El diagnóstico en endodoncia es una fase importante que implica la evaluación minuciosa del estado pulpar y periapical, permitiendo la identificación precisa de patologías y la planificación de tratamientos efectivos. (13).

El diagnóstico en endodoncia se refiere al proceso de identificación y evaluación de las condiciones que afectan la pulpa dental y los tejidos periapicales. Implica la recopilación de datos clínicos, radiográficos y, en algunos casos, pruebas específicas para determinar la naturaleza y gravedad de las patologías pulpares y periapicales.

El sistema sensorial y la inervación del diente son complejos; aunque las patologías dentales están bien definidas, la transmisión de señales nociceptivas sigue siendo un área con mecanismos subyacentes poco claros. Esta falta de comprensión dificulta un diagnóstico preciso que deriva en tratamientos inadecuados, excesivos o, en

algunos casos, la omisión de un tratamiento necesario, lo que complica el manejo eficaz del dolor dental (64).

Estudios clínicos han demostrado la importancia del diagnóstico preciso en la endodoncia. Según una revisión de literatura realizada por Nair. (1995), la tasa de éxito de los tratamientos endodónticos mejora significativamente cuando se basa en un diagnóstico cuidadoso respaldado por pruebas clínicas y radiográficas (11).

Datos epidemiológicos recopilados por la Asociación Americana de Endodoncia indican que las principales razones para buscar tratamiento endodóntico están relacionadas con pulpitis irreversible y necrosis pulpar. Estas estadísticas destacan la relevancia del diagnóstico en la gestión de condiciones pulpares (11).

El diagnóstico en endodoncia, fundamentado en datos y estadísticas, es esencial para el éxito de los tratamientos. No solo proporciona una comprensión profunda de las condiciones pulpares y periapicales, sino que también orienta decisiones terapéuticas que mejoran la eficacia y la longevidad de las intervenciones endodónticas (24).

4. Clasificación de estados pulpares

La pulpa dental puede experimentar diferentes estados, y su clasificación es esencial para determinar el enfoque terapéutico adecuado. La Asociación Americana de Endodoncia (AAE) propone una clasificación que incluye pulpitis reversible, pulpitis irreversible, necrosis pulpar y pulpa normal (25).

En términos de estadísticas, estudios epidemiológicos han demostrado que la pulpitis reversible es una condición común en pacientes que buscan tratamiento endodóntico (Pozzobon et al., 2011). Se estima que alrededor del 30% de los casos de dolor dental están asociados con pulpitis reversible (18).

La pulpitis irreversible, por otro lado, puede llevar a complicaciones más severas, como la necrosis pulpar. Datos clínicos indican que la pulpitis irreversible puede progresar a necrosis en un porcentaje significativo de casos, especialmente si no se aborda adecuadamente, según Varela et al., (2009) (14).

La necrosis pulpar, caracterizada por la muerte del tejido pulpar, puede tener consecuencias graves, incluida la formación de lesiones periapicales. Estudios longitudinales han revelado que, sin tratamiento, la necrosis pulpar puede progresar a periodontitis apical en un número significativo de casos (Bender et al., 2020).

Las patologías pulpares dentales se describen a menudo mediante características específicas, siendo el tipo de dolor que provocan una de las formas más representativas para diferenciarlas. En el caso de la pulpitis reversible, el dolor suele presentarse al contacto y al frío, de manera que puede asemejarse a los síntomas de una neuralgia del trigémino. En cambio, la pulpitis irreversible genera un dolor pulsátil, parecido al dolor miofascial o incluso a una migraña. Una historia clínica deficiente y un diagnóstico inadecuado pueden conducir a un tratamiento incorrecto, afectando negativamente la atención del paciente (64).

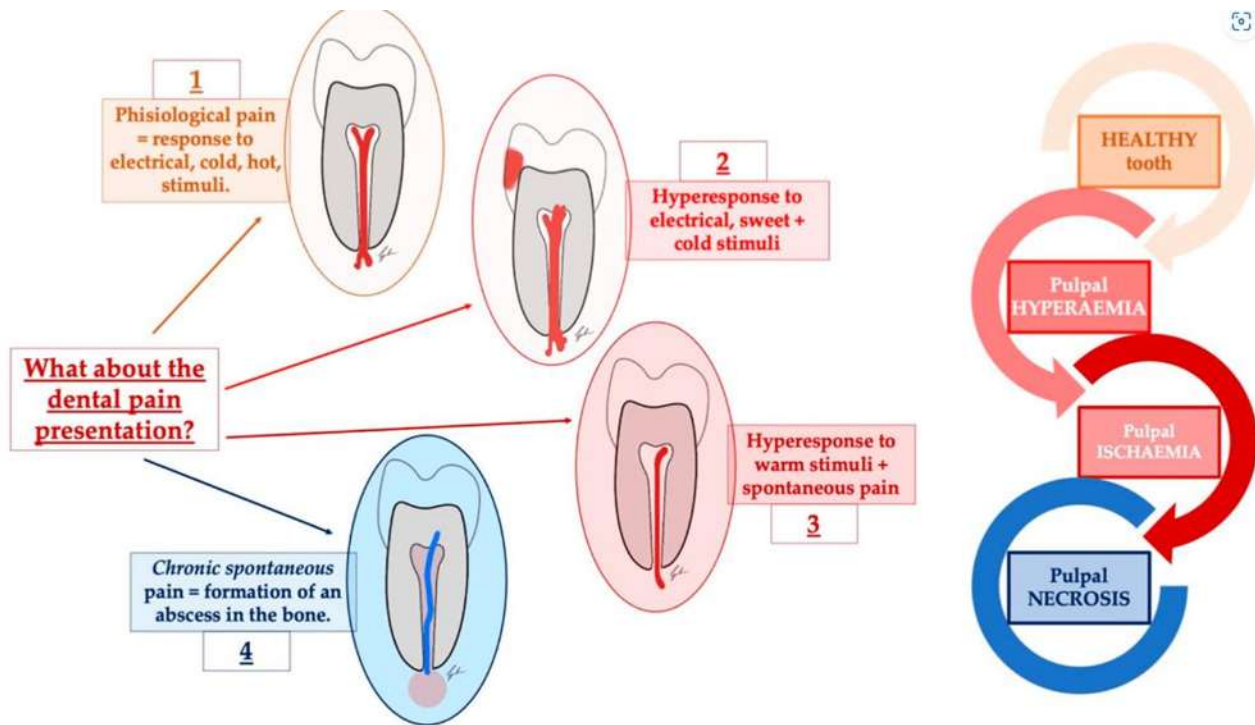


Figura 12. Esquema representativo de los diferentes tipos de patologías y formas de dolor del diente (64)

La clasificación de estados pulpares sirve como un marco para el diagnóstico, orientando las decisiones terapéuticas. Un diagnóstico preciso basado en esta clasificación mejora la tasa de éxito de los tratamientos endodónticos, como es mencionado por Varela et al., (2009) (14).

4.1 Pulpa normal

La pulpa normal, también conocida como pulpa sana, se caracteriza por su condición asintomática, lo que implica la ausencia de sintomatología o signos clínicos que indiquen algún problema en la pieza dental. Aunque es común asociar la vitalidad de la pulpa con pruebas de sensibilidad, es importante señalar que esta no siempre se puede determinar de manera precisa mediante exámenes clínicos o estímulos, ya que la pulpa podría estar afectada y aun así responder de manera aparentemente normal (26).

Las características distintivas de una pulpa sana son diversas y se manifiestan en diferentes aspectos clínicos y radiográficos:

- **Signos clínicos normales:** La pulpa normal se encuentra dentro de los valores clínicos normales y, no presenta sintomatología. Es decir, el paciente no experimenta dolor, molestias o alteraciones perceptibles en la pieza dental (26).
- **Calcificación pulpar o fibrosis según la edad:** Dependiendo de la edad de la pieza dental, la pulpa puede o no presentar calcificación pulpar o fibrosis. Estos cambios son parte del proceso natural de envejecimiento dental y no indican necesariamente patologías (26).
- **Respuesta a pruebas térmicas o estímulos eléctricos:** La pulpa sana responderá de manera adecuada a pruebas térmicas o estímulos eléctricos, y esta respuesta será breve y normal. La capacidad de reacción ante estos estímulos sugiere una función pulpar adecuada (25).
- **Ausencia de dolor al calor:** A diferencia de las pulpas afectadas, una pulpa normal no responde con dolor al ser sometida a estímulos térmicos, como calor. Esta falta de sensibilidad dolorosa es un indicativo de su salud (26).
- **Tolerancia a la percusión, palpación y masticación:** La pulpa normal no provoca dolor ni molestias al ser sometida a percusión, palpación o durante el proceso de masticación. Estas acciones cotidianas no generan respuestas dolorosas, lo que sugiere una pulpa en buen estado (26).
- **Radiografías sin cambios:** Las radiografías dentales no revelarán alteraciones significativas en una pulpa normal. La estructura y densidad radiográfica serán coherentes con la salud pulpar (26).

En conjunto, estas características definen una pulpa dental en estado de normalidad, resaltando la importancia de evaluar no solo la ausencia de sintomatología, sino también diversos aspectos clínicos y radiográficos para establecer la salud pulpar de manera integral (26).

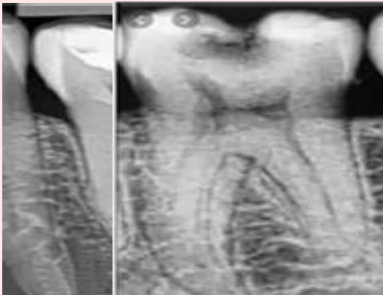
Pulpa normal	Pulpitis reversible
Generalidades: ▪ categoría de diagnóstico clínico, donde el tejido pulpar se encuentra libre de síntomas y responden normalmente a las pruebas de sensibilidad pulpar.	Generalidades: ▪ Su diagnóstico clínico es basado en hallazgos objetivos y subjetivos, indicando que la inflamación puede resolverse y la pulpa podría regresar a la normalidad. ▪ Hace referencia a cuando se presenta la inflamación inicial, si se elimina el factor irritante la pulpa puede revertir a su estado normal.
Características clínicas: ✓ Clínicamente libre de síntomas. ✓ Responde positivamente dentro de parámetros normales a las pruebas de sensibilidad. ✓ Signos clínicos dentro de parámetros normales. ✓ No evidencia de sintomatologías espontáneas. ✓ No evidencia de caries o microfiltración. ✓ Adaptación adecuada de las restauraciones existentes. ✓ No evidencias de cambios de color.	Características clínicas: ✓ No existen antecedentes de dolor espontáneo. ✓ Dolor transitorio de leve a moderado provocado por estímulos fríos, calor o dulces. ✓ Pruebas de sensibilidad térmicas y eléctricas positivas (duele un poco más y se quita rápido). ✓ Obturaciones fracturadas, desadaptadas o caries. ✓ No evidencia de dolor a la palpación y Percusión.
Características radiográficas: ✓ No se observan cambios en los tejidos periapicales. ✓ Por factores fisiológicos, puede haber o no evidencia de mineralización pulpar. ✓ No se observa presencia de reabsorción, caries o exposición mecánica de la pulpa.	Características radiográficas: ✓ Ausencia de cambios periapicales. ✓ Relación con agente etiológico (caries, restauraciones profundas sin compromiso directo de tejido pulpar).
	

Tabla 1. Clasificación de patologías pulpares y periapicales. (Ortiz N, 2020)

4.2 Pulpitis reversible

Es un estado de la pulpa en la cual se presenta una inflamación leve y que eliminando los factores irritantes puede volver a la normalidad. Su diagnóstico se basa en los datos que proporciona el paciente (subjetivos) y objetivos, y sus características son las siguientes (25):

- Son resultado de caries, restauraciones deficientes, restauraciones recién colocadas y traumas.
- La respuesta del dolor leve a moderado, lo cual puede darse con estímulos térmicos o a la presión al masticar.
- La respuesta del dolor se resuelve en segundos retirando los estímulos.
- Es negativo a la percusión y la palpación.
- Radiográficamente no presenta alteraciones.
- Se distingue de una hipersensibilidad (26).

En el caso de la pulpitis reversible, Neville et al. (2024) comentan que la inflamación es leve y, al eliminar los factores irritantes, la pulpa puede recuperar su estado normal, por lo que es necesario considerar que esta forma de pulpitis se caracteriza por una respuesta aguda a estímulos como el frío o los alimentos dulces, donde el dolor desaparece rápidamente una vez que se elimina el estímulo (60).

Clínicamente, estos dientes no muestran movilidad ni sensibilidad a la percusión, y los pacientes suelen relatar episodios de dolor que se resuelven en pocos segundos tras el cese del estímulo; de allí que la detección temprana y el manejo adecuado de los factores irritantes, como caries o restauraciones defectuosas, son esenciales para revertir este tipo de inflamación y evitar su progresión a un estado irreversible (60).

Además, la evaluación de la pulpitis reversible incluye tanto la observación de signos clínicos como la interpretación de los datos subjetivos proporcionados por el paciente; a menudo, la respuesta de la pulpa a las pruebas de vitalidad, como la prueba de frío o el test eléctrico, es clave para el diagnóstico (60). Un aspecto fundamental es la ausencia de dolor prolongado tras la aplicación del estímulo, lo que distingue a la pulpitis reversible de la irreversible. Sin embargo, es necesario monitorear la evolución de la condición, ya que, si no se trata, la inflamación puede intensificarse y llevar a un daño irreversible de la pulpa.

4.3 Pulpitis irreversible

El diagnóstico de la pulpitis irreversible se basa en hallazgos que refiere el paciente y que se encuentran en la exploración clínica donde la pulpa vital está inflamada y no tiene la capacidad de regenerarse. Si la pulpa dental no se trata esta avanza a un estado patológico que es la necrosis pulpar que puede o no afectar los tejidos periapicales.

En la pulpitis irreversible, la inflamación ha avanzado a un punto en el que la pulpa no puede recuperarse, incluso si se eliminan los estímulos nocivos, por lo que, teniendo en cuenta las aportaciones de Neville et al. (2024), en esta etapa, el dolor suele ser más persistente y severo, y los pacientes tienden a experimentar molestias prolongadas tras la aplicación de estímulos térmicos, como el calor. A menudo, la invasión bacteriana es el factor determinante que convierte una pulpitis reversible en irreversible, lo que puede llevar a la destrucción del tejido pulpar y la necesidad de un tratamiento endodóntico para evitar complicaciones más serias, como infecciones en los tejidos periapicales.

Es por lo que el diagnóstico de la pulpitis irreversible requiere una combinación de pruebas de vitalidad pulpar, evaluación clínica y radiográfica, y el juicio clínico del profesional (60). En muchos casos, la pulpitis irreversible puede no presentar signos evidentes en las radiografías, lo que torna indispensable la interpretación cuidadosa de los síntomas reportados por el paciente. La intervención temprana en la pulpitis irreversible es fundamental para prevenir complicaciones graves, como infecciones que se extienden al hueso alveolar o incluso causar condiciones sistémicas serias, como la sepsis.

Se han clasificado 2 tipos de pulpitis irreversible las cuales son sintomática y asintomática (25,26).

Pulpitis irreversible sintomática.

El dolor pulpar se manifiesta con un rango que varía desde mínimo hasta intenso, persistiendo incluso después de retirar el estímulo inicial. Este dolor puede intensificarse al exponer la zona afectada al frío o al calor, adoptando una naturaleza sorda y aguda que dependerá de las fibras nerviosas involucradas en la respuesta del paciente (16).

Las causas subyacentes de la odontalgia pulpar son diversas y pueden incluir caries profundas, restauraciones dentales, fracturas dentarias y exposición pulpar. La caries

profunda es particularmente relevante, ya que puede desencadenar procesos inflamatorios en la pulpa dental, contribuyendo al desarrollo de la odontalgia (26).

En términos de diagnóstico, la respuesta a la percusión puede variar, siendo variable en diferentes casos. Radiográficamente, la condición puede presentarse de manera normal, con caries profundas siendo la única manifestación visible (18).

- Se caracteriza por dolor mínimo a fuerte el cual llega a persistir aun después de retirar el estímulo.
- Cuando hay exposición al frío o al calor el dolor se tiende a prolongar siendo un dolor sordo y agudo. Esto será dado de acuerdo con las fibras nerviosas que respondan (27).
- Su origen es por caries profundas, restauraciones, fracturas y exposición pulpar.
- Dolor a la percusión.
- Radiográficamente puede ser normal, solo apreciarse caries profunda e inflamación extendida a zona periapical que se aprecia con ensanchamiento del espacio del ligamento periodontal (25).

A pesar de la prevalencia de la odontalgia pulpar, las estadísticas específicas pueden variar según la población y las condiciones de salud oral en diferentes regiones. Es fundamental considerar la importancia de la detección temprana y el tratamiento oportuno de la odontalgia pulpar para prevenir complicaciones adicionales y mejorar la calidad de vida de los pacientes.

Pulpitis irreversible asintomática

En algunos casos, la inflamación pulpar puede desarrollarse sin manifestar sintomatología evidente, causada por caries dentales. Radhakrishnan et al. (2020), señalan que esta condición, aunque inicialmente asintomática, puede evolucionar y requerir tratamiento de conductos (16).

Es importante destacar que la ausencia de síntomas no indica la ausencia de problemas, y la falta de sensibilidad puede deberse a la fase inicial del proceso inflamatorio.

Investigaciones han revelado que ciertos casos de inflamación pulpar asintomática pueden progresar hacia la necrosis pulpar si no se abordan adecuadamente (25, 26). La prevalencia de casos asintomáticos puede variar según la población y las condiciones de

salud oral en diferentes regiones. La detección temprana de la inflamación pulpar, incluso en ausencia de síntomas evidentes, es decisivo para prevenir complicaciones y garantizar intervenciones eficaces.

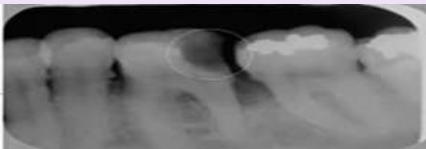
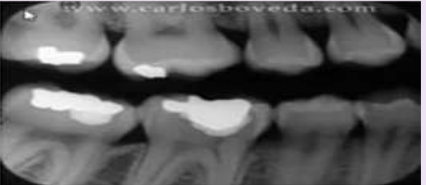
<i>Pulpitis irreversible sintomática</i>	<i>Pulpitis irreversible asintomática</i>
Generalidades: - Diagnóstico clínico basado en hallazgos subjetivos y objetivos que indican que el tejido pulpar está en proceso inflamatorio y es incapaz de cicatrizar. - Este Dx indica que la pulpa aún tiene vitalidad, pero esta severamente inflamada por lo que no tendrá la capacidad de revertirse a un estado de pulpa sana.	Generalidades: - Diagnóstico clínico basado en hallazgos subjetivos y objetivos que indican que la pulpa inflamada es incapaz de cicatrizar. - Con características adicionales como carencia de sintomatología, sin embargo, el proceso inflamatorio puede avanzar hasta la necrosis.
Características clínicas: ✓ Dolor de característica agudo, severo, intermitente, pulsátil, localizado, referido o irradiado, relacionado con cambios posturales y de aparición nocturna. ✓ Prueba de sensibilidad térmicas y eléctricas positivas. ✓ El dolor permanece después de retirar el estímulo. ✓ Dolor a la percusión y a la palpación. ✓ Puede presentar caries. ✓ Requiere toma de analgésicos.	Características clínicas: ✓ Caries de larga evolución, profunda con o sin exposición pulpar aparente. ✓ Recubrimiento pulpar directo. ✓ Restauraciones profundas. ✓ Reparaciones cavitarias. ✓ Persistencia de una agresión de baja intensidad y larga duración. ✓ Puede progresar sin síntomas clínicos hacia una necrosis pulpar. ✓ Dolor ocasional localizado de leve a moderado de corta duración que aumenta con cambios térmicos o presión sobre el tejido pulpar expuesto.
Características radiográficas: ✓ Posible engrosamiento del espacio del ligamento periodontal. ✓ Posible engrosamiento del espacio del ligamento periodontal. ✓ Zona radiolúcida de la corona compatible con caries. ✓ Imagen radiopaca compatible con restauraciones.	Características radiográficas: ✓ Sin alteración periapical. ✓ Posible engrosamiento del espacio del ligamento periodontal. ✓ Zonas radiolúcidas en la corona compatible asociada a caries, restauraciones profundas o traumas. ✓ En algunos casos se relaciona con la imagen de osteítis condensante, incremento en los patrones del trabéculado ósea, radio-opacidad-periapical.
 	

Tabla 2. Pulpitis irreversible sintomática y asintomática. (Ortiz N, 2020)

4.4 Necrosis pulpar

La pulpitis irreversible, que se manifiesta como daño por caries, representa una condición dental seria con implicaciones potenciales para la salud bucal. Esta situación puede evolucionar hacia una periodontitis apical si no se aborda adecuadamente (18, 26). A continuación, se detallan sus características clínicas y las implicaciones asociadas:

- **Síntomas variables:** La pulpitis irreversible puede presentarse con síntomas que varían desde dolor intenso hasta la ausencia de dolor. Esta variabilidad en la sintomatología puede dificultar la identificación temprana de la condición (26).
- **Malestar al masticar:** Los pacientes pueden experimentar malestar al masticar, ya que la estimulación de la zona afectada puede desencadenar molestias (26).
- **Respuesta ocasional al calor:** Aunque el frío suele no provocar respuesta, en algunos casos la pulpitis irreversible puede mostrar respuesta ocasional al calor. Este comportamiento puede ser indicativo de la complejidad de la condición (26).
- **Presencia de tejido en descomposición:** La degeneración pulpar puede dar lugar a la descomposición del tejido, lo que puede manifestarse como cambios de coloración en el diente afectado (25,26).
- **Extensión a tejidos periapicales:** Sin tratamiento pulpar, la condición puede propagarse hacia los tejidos periapicales, generando periodontitis apical. Esto puede manifestarse con movilidad dental y dolor a la percusión (25, 26).

Necrosis pulpar:	
Generalidades:	
▪ Categoría del Dx clínico que indica la muerte del tejido pulpar, usualmente presenta respuestas negativas ante los test de sensibilidad. ▪ Es el resultado final de la pulpitis irreversible y en otros casos un trauma oclusal. ▪ Se caracteriza por la descomposición de tejido conjuntivo pulpar, sistema microvascular y linfático, elementos celulares y en última instancia las fibras nerviosas.	
Características clínicas:	
✓ Translucidez dental alterada por hemolisis de glóbulos rojos durante el proceso de descomposición del tejido pulpar. ✓ Cambio de color coronal, con tonalidad parda, verdosa y grisácea. ✓ Caries profundas, restauraciones desadaptadas, microfiltración o exposición al medio oral. ✓ Usualmente no responden a las pruebas de sensibilidad. ✓ Pueden dar falsos positivos: en dientes multirradiculares donde no hay necrosis total de todos los conductos, por fibras nerviosas remanentes en apical y estimulación de fibras del periodonto a la prueba eléctrica.	
	

Tabla 3. Necrosis pulpar (Ortiz N, 2020)

La literatura odontológica y los estudios clínicos han documentado la prevalencia de casos de pulpitis irreversible y su relación con la falta de tratamiento oportuno. Las investigaciones han destacado la importancia de la identificación temprana de esta condición para evitar complicaciones que podrían afectar la salud bucal a largo plazo.

En términos de tratamiento, la endodoncia es la opción principal para abordar la pulpitis irreversible y prevenir la progresión hacia una periodontitis apical, dado que la endodoncia busca extirpar el tejido pulpar afectado y sellar el conducto radicular para prevenir la entrada de bacterias y la propagación de la infección (47).

Por tanto, la pulpitis irreversible con indicación de muerte pulpar es una condición dental que requiere atención clínica inmediata. La falta de tratamiento es una circunstancia que lleva a complicaciones adicionales, y la identificación temprana junto con la intervención endodóntica adecuada son esenciales para preservar la salud dental y prevenir consecuencias más graves.

<i>Tratamiento previamente iniciado (solo apertura)</i>	<i>Tratamiento previamente tratado (Tx fracasado)</i>
Generalidades:	Generalidades:
Hallazgo clínico que indica que el diente ha recibido un Tx endodóntico parcial, pulpotomía o pulpectomía.	Categoría de diagnóstico clínico que indica que el diente ha sido endodónticamente tratado y los conductos radiculares obturados con diferentes materiales.
Características clínicas:	Características clínicas:
✓ Tx endodóntico iniciado, apertura cameral en estado de inicio variable. ✓ Relativa presencia de signos y síntomas.	Es posible evaluar la calidad y condición del diente previamente tratado, condición que puede sugerir actividad bacteriana que promueve formación o persistencia de patologías periapicales, es decir, con infección o libre de infección.
Características radiográficas:	Características radiográficas
✓ Apariencia radiográfica variable. ✓ Relativo al estado periapical.	Establece pautas de calidad de la obturación endodóntica previa, adecuado o inadecuado, evidencia de aberraciones del Tx previo (instrumentos fracturados, escalones o perforaciones).
	

Tabla 4. Tratamiento previamente iniciado y tratado. (Ortíz N, 2020)

C.D. María del Rosario Ruiz Magallón

5. Pruebas diagnósticas en endodoncia

Las pruebas diagnósticas en endodoncia constituyen un conjunto de herramientas para evaluar el estado de la pulpa dental y determinar la necesidad de intervenciones terapéuticas. El diagnóstico se construye en función de un conjunto de observaciones. Se emplean diversas técnicas para evaluar la condición de la pulpa dental afectada o enferma (29).

5.1 Test de sensibilidad pulpar

La evaluación de la sensibilidad pulpar, mediante pruebas que exploran la respuesta a estímulos térmicos y mecánicos, desempeña un papel crucial en la caracterización detallada del estado de la pulpa dental. Investigaciones, como las realizadas por Radhakrishnan et al. (2020), resaltan la importancia de estas pruebas en la identificación y diagnóstico de condiciones específicas, como la pulpitis reversible (16,27).

Datos recopilados en estudios longitudinales revelan que las pruebas de sensibilidad pulpar poseen una alta sensibilidad y especificidad en la detección de cambios en la pulpa dental (Pozzobon et al., 2011). Estas evaluaciones determinan si hay una respuesta neural en la pulpa dental. Pruebas como las pruebas térmicas y las pruebas eléctricas pulpares se consideran pruebas de sensibilidad, ya que analizan si las fibras nerviosas de la pulpa pueden reaccionar ante un estímulo cuando se aplica al diente (18, 27). La variabilidad en las respuestas térmicas y mecánicas, según estudios como el de Farughi et al. (2021), refuerza la idea de que estas pruebas diagnostican condiciones, y ofrecen una visión individualizada de la salud pulpar (19).

Se ha observado que la inclusión sistemática de estas pruebas en la evaluación clínica aumenta la precisión del diagnóstico en comparación con enfoques basados solo en la historia clínica y la inspección visual (Ortíz et al., 2020). Estos hallazgos refuerzan la noción de que las pruebas de sensibilidad pulpar son esenciales para un diagnóstico integral y preciso (17).

En términos prácticos, la sensibilidad de una prueba pulpar se define como la proporción de personas con un resultado positivo en la prueba que tienen la enfermedad, dividido por el total de personas con la enfermedad que fueron sometidas a la prueba. En

otras palabras, una prueba con una sensibilidad del 0,80 tiene un 80% de posibilidades de proporcionar un resultado positivo cuando se realiza en individuos con la enfermedad (27,28).

La especificidad, en el caso de una prueba de vitalidad pulpar, indica la capacidad de la prueba para identificar dientes vitales. Se define como la proporción de pacientes con un resultado negativo en la prueba que no tienen la enfermedad, dividido por el total de personas examinadas que no padecen la enfermedad. Así, una prueba con una especificidad del 0,80 tiene un 80% de posibilidades de proporcionar resultados negativos cuando se realiza en personas sin enfermedad (27,28).

Dado que el examen directo del tejido pulpar no es factible, se recurre a métodos indirectos para determinar su estado de salud, siendo las pruebas de sensibilidad pulpar las más utilizadas. Entre ellas, destacan las pruebas térmicas y eléctricas, que estimulan los nervios pulpares mediante la variación de temperatura o la conducción de corriente eléctrica (30).

La evaluación de la respuesta sensorial de la pulpa se realiza a través de pruebas que buscan medir la capacidad de la pulpa para responder a estímulos. El término "sensibilidad" se ajusta adecuadamente a estas pruebas clínicas, como las térmicas y eléctricas, ya que no se centran en detectar el suministro de sangre a la pulpa dental (23). Los resultados cualitativos de estas pruebas se utilizan para estimar la "vitalidad" y el estado de salud de la pulpa, y se pueden clasificar en tres tipos de respuestas.

En una pulpa normal, la respuesta al estímulo de la prueba de sensibilidad no es pronunciada ni exagerada, y no persiste en el tiempo. La presencia de pulpitis se evidencia cuando hay una respuesta exagerada que provoca dolor. La pulpitis puede ser reversible o irreversible, dependiendo de la gravedad y persistencia del dolor. Se tiende a considerar que el dolor leve y de corta duración indica pulpitis reversible, mientras que el dolor intenso y persistente sugiere pulpitis irreversible. La ausencia de respuestas a las pruebas de sensibilidad generalmente se relaciona con la probabilidad de necrosis pulpar, indicando que el diente carece de pulpa o ha sido sometido a tratamiento de conducto previo (23).

5.1.1 Pruebas térmicas

Las pruebas de sensibilidad cumplen diferentes funciones diagnósticas, a grandes rasgos, una respuesta al frío suele indicar una pulpa vital, independientemente de su estado normal o anormal. Por otro lado, una respuesta aumentada al calor sugiere patología pulpar o periapical que podría requerir intervención endodóntica (28).

Test de frío

Se ha señalado que, en términos generales, las pruebas de frío son métodos más precisos para evaluar las pulpas en comparación con las pruebas de calor. No obstante, la fiabilidad de una prueba de frío para determinar el estado de la pulpa, como la distinción entre necrosis pulpar y una pulpa sana, puede ser cuestionable. Esto se debe a que los dientes con espacios pulpares calcificados alojan pulpas normales y saludables, pero los estímulos fríos tienden a no excitar las terminaciones nerviosas debido al efecto aislante de una capa más gruesa de dentina (31, 32).

Las pruebas de frío también se emplean para diferenciar entre pulpitis reversible e irreversible, en términos generales, la respuesta a un estímulo frío se evalúa como positiva o negativa (31). Diversos métodos se utilizan para llevar a cabo pruebas de frío, entre ellos:

Palitos de hielo

Se trata de una forma sencilla de aplicar un estímulo frío a un diente, utilizando astillas de hielo o palitos de hielo. Estos se pueden crear congelando agua en cartuchos de anestésicos locales usados. Aunque el hielo genera una temperatura de 0 °C, no se considera específicamente exacto, en particular, en el caso de en dientes adultos, dientes posteriores con depósitos significativos de dentina secundaria o reparadora.

En este método, se utiliza una gasa húmeda colocada contra la superficie bucal, comparando la reacción entre el diente sometido a prueba y un diente de control, la barra de hielo se coloca en una gasa para evitar que el calor de los dedos del operador derrita prematuramente el hielo.

Se coloca hacia el tercio cervical o medio y se mantiene en contacto con el diente durante aproximadamente 5 segundos o hasta que el paciente comienza a sentir dolor. La secuencia de la prueba debe iniciar desde el diente más posterior y avanzar hacia los

dientes anteriores para evitar que el agua del hielo derretido gotee en dirección posterior y afecte a un diente que aún no ha sido evaluado (27, 28).



Figura 15. Colocación de palitos de hielo (Jafarzadeh & Abbott, 2010).

Aerosoles refrigerantes.

Existen diversos aerosoles refrigerantes disponibles, los cuales se basan en sustancias como diclorodifluorometano (DDM), Tetrafluoroetano (TFE) o una combinación de propano y butano (PBM). La reducción de temperatura que proporcionan estos productos varía en función de su composición y puede situarse entre -20 y -50 °C.

En particular, el cloruro de etilo (cloro etano), con una temperatura de -12,3 °C, se presenta como un gas inflamable incoloro o un líquido refrigerado con un ligero olor dulce. Este compuesto está disponible en forma de aerosol comprimido y se emplea comúnmente en medicina como refrigerante para la piel. Una aplicación típica implica rociar una gasa de algodón con el aerosol, lo que da lugar a la formación de cristales de hielo antes de su aplicación en el diente (27, 28).



Figura 16: Cloruro de etilo (Jafarzadeh & Abbott, 2010)

Dióxido de carbono (CO₂) congelado.

El dióxido de carbono (CO₂) es una sustancia química compuesta por dos átomos de oxígeno unidos a un solo átomo de carbono. Aunque es gaseoso, cuando se encuentra en su estado sólido, se conoce como 'hielo seco'. Este gas se utiliza ampliamente como agente refrigerante, y su punto de ebullición es de 72 °C.

En el contexto de las pruebas, se puede preparar una barra sólida de gas CO₂ introduciendo dicho gas en un cilindro de plástico personalizado. Posteriormente, esta barra se aplica a la superficie bucal del diente durante la evaluación. Este enfoque resulta particularmente eficaz al examinar dientes que han sido sometidos a restauraciones metálicas (27, 28).



Figura 17. Aplicación de hielo seco (Jafarzadeh & Abbott, 2010).

Tetrafluoroetano (TFE).

En el mercado se le puede localizar bajo el nombre comercial de Green Endo-Ice, este producto posee una temperatura de -26.2 °C, se trata de un refrigerante de halo alcano que no presenta potencial de agotamiento de la capa de ozono y comparte características termodinámicas similares al diclorodifluorometano (DDM).

La aplicación de este material implica rociarlo sobre una bolita de algodón, que posteriormente se aplica en el tercio medio de la superficie vestibular o labial de la corona dental, es esencial mantenerlo en contacto con la superficie durante al menos 5 segundos o hasta que el paciente comience a experimentar sensaciones dolorosas (22, 28).

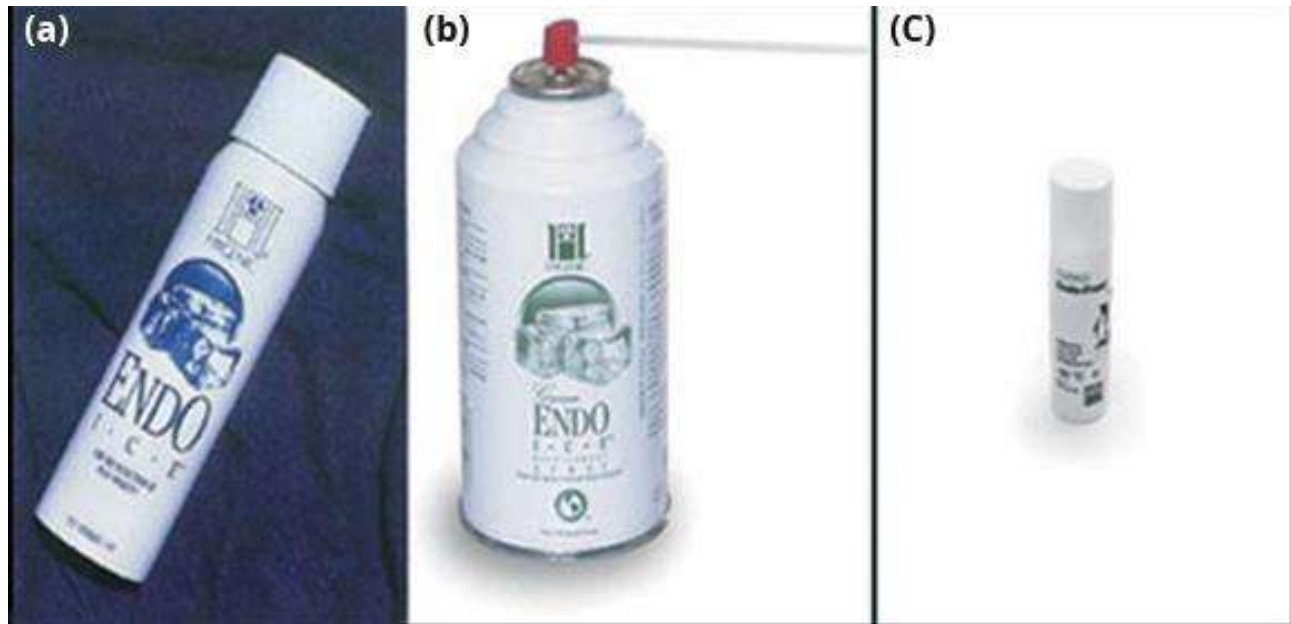


Figura 18. Endo ice para prueba de frío (Jafarzadeh & Abbott, 2010)

Baño de agua fría.

En el procedimiento de prueba de frío, se tiene la posibilidad de aislar un diente o un conjunto de dientes utilizando un dique de goma, seguido de la aplicación de inyecciones de agua fría en cada diente, este enfoque implica sumergir el diente en agua fría, lo que lo convierte en un método eficaz para evaluar la respuesta pulpar. Aunque requiere más tiempo, esta variante de prueba de frío resulta efectiva al sumergir simultáneamente toda la corona dental, convirtiéndola en un método confiable para evaluar la sensibilidad térmica y estimular una pulpa inflamada (27).



Figura 19. Prueba con agua fría (Jafarzadeh & Abbott, 2010)

Test de calor

Cuando se administra un estímulo frío a un diente con una pulpa normal, se desencadena una respuesta rápida que tiene una duración limitada. Similarmente, la aplicación de calor en estos casos produce una sensación similar, pero con una velocidad más lenta. El calor provoca la expansión del fluido, estimulando las fibras A δ ; sin embargo, al aplicar calor a una pulpa inflamada, el aumento de la presión puede estimular las fibras C y generar un dolor prolongado. El dolor inducido por el calor suele indicar una pulpa altamente inflamada o parcialmente necrótica. Por lo tanto, en presencia de un pequeño absceso pulpar, el calor puede intensificar los síntomas, mientras que el frío puede aliviar el dolor (27).

Existen diversas pruebas de calor que pueden realizarse, como las siguientes:

Gutapercha

Se calienta una barra de gutapercha, preferiblemente con una llama abierta o un calentador eléctrico hasta que se ablanda y brille. Luego, se aplica a la superficie recubierta de vaselina del diente de prueba. Se supone que con esta técnica se puede alcanzar una temperatura de la superficie del diente de hasta que la gutapercha se ablanda a 65 °C y se calienta en dispositivos de administración hasta 200 °C. La aplicación en el tercio medio de la superficie vestibular/labial de la corona generalmente produce una respuesta en menos de 2 segundos.

Sin embargo, esta prueba es complicada de usar en dientes posteriores debido al acceso limitado. Además, el calentamiento excesivo puede provocar daños en la pulpa. La aplicación prolongada de calor resultará en una estimulación bifásica de las fibras A δ inicialmente, seguida de las fibras pulpares C. La activación de las fibras C causa un dolor persistente, por lo que las pruebas de calor no deben durar más de 5 segundos (27,28).



Figura 20. Prueba con gutapercha (Jafarzadeh & Abbott, 2010)

Instrumentos de mano calentados

La sonda se calienta mediante una llama y se coloca cerca de la superficie bucal de la corona sin entrar en contacto directo con el diente, aprovechando el calor radiante generado por el instrumento calentado. Debido a las complicaciones vinculadas con el control de la temperatura del instrumento calentado y las posibles preocupaciones de seguridad asociadas con su uso en la cavidad oral del paciente, en general, no se aconseja este tipo de prueba de calor(27).



Figura 21. Instrumento calentado (Jafarzadeh & Abbott, 2010).

Fuentes de calor eléctricas

Existen varios dispositivos disponibles para aplicar un estímulo térmico a los dientes, como el Touch'N Heat (SybronEndo, Orange, CA, EE. UU.) o los dispositivos System B (SybronEndo). Se recomienda llevar a cabo la prueba en la superficie del diente, asegurándose de que esté lubricado para prevenir adherencias y quemaduras en

el esmalte. Por ejemplo, al utilizar el dispositivo System B, la temperatura se ajusta a 150 °F. Esta evaluación se puede realizar sin causar daño a los tejidos duros y blandos del diente (27).

Calor friccional

El calor por fricción se logra utilizando una copa de goma, similar a las utilizadas en procedimientos de profilaxis, aplicada a la cara bucal de un diente sin pasta profiláctica. La copa se gira dentro de una pieza de mano dental para generar calor por fricción (27,28).



Figura 22. Calor por fricción (Jafarzadeh & Abbott, 2010).

La utilización de agua caliente, administrada mediante una jeringa irrigadora bajo aislamiento con dique de goma, se ha descrito como un método de prueba que implica el aislamiento de un solo diente. En este procedimiento, el diente se sumerge en agua muy caliente aplicada con una jeringa durante 5 segundos o hasta que el paciente manifiesta dolor (27,28).

5.1.2 Test pulpar eléctrico

En cuanto a la prueba pulpar eléctrica (EPT), su funcionamiento se basa en la premisa de que los estímulos eléctricos generan un cambio iónico a través de la membrana neural, induciendo un potencial de acción. Un resultado positivo se debe a un cambio iónico en el líquido dentinario dentro de los túbulos, provocando la despolarización local desde las terminaciones nerviosas A δ intactas. El probador de pulpa eléctrico, un instrumento con baterías está conectado a una sonda aplicada al diente en investigación.

Este instrumento produce un estímulo eléctrico pulsante, con una intensidad inicial muy baja para evitar una estimulación excesiva y malestar. La intensidad del estímulo se aumenta gradualmente, y se toma nota de la lectura en la pantalla digital cuando el paciente reconoce una sensación de calor o hormigueo. Aunque la lectura no proporciona una medida cuantitativa de la salud pulpar, indica que las fibras A δ están lo suficientemente sanas para funcionar. El aislamiento de los dientes es crucial durante la EPT, y se deben tomar medidas para prevenir la propagación de impulsos eléctricos a los dientes adyacentes o al tejido gingival. La aplicación de un medio conductor al electrodo asegura que la corriente máxima pase desde el electrodo hasta la superficie del diente. Es esencial que el electrodo quede plano contra la superficie del diente. La EPT solo ofrece información sobre el estado de los nervios pulpaes y no determina directamente la vitalidad vascular de la pulpa (23,28,33, 34, 35, 36).



Figura 23. Aislamiento para prueba eléctrica (Ford & Patel,2004).

En cuanto a la especificidad de las pruebas pulpaes eléctricas, se observa menos variabilidad en los hallazgos, lo que sugiere una mayor consistencia para identificar dientes sin enfermedad, es decir, pulpa vital. Además, parece que las pruebas de calor tienen valores predictivos positivos más bajos que las pruebas de frío o eléctricas. En consecuencia, la ausencia de respuesta a una prueba de calor parece ser menos indicativa de una pulpa vital (26).

Las respuestas a las pruebas pulpaes térmicas y eléctricas no son cuantitativas y, por ende, no proporcionan información sobre la salud o el grado de inflamación de la pulpa. Esto plantea dudas sobre los beneficios de utilizar estas pruebas en la práctica

diaria. Las pruebas térmicas son subjetivas y dependen totalmente de la respuesta del paciente, sin un método preciso para evaluar la sensibilidad del diente bajo prueba ni compararlo con mediciones anteriores (36,37,40).

Existen situaciones que pueden afectar la fiabilidad de las pruebas, como respuestas prematuras o falsos positivos en pacientes ansiosos, la conducción de corriente a través de restauraciones metálicas, la falta de secado adecuado antes de la prueba, y la posible falta de respuesta en dientes traumatizados (36,37).

5.1.3 Pruebas de vitalidad pulpar

Las pruebas más tradicionales para evaluar la vitalidad pulpar incluían la palpación y la percusión. Aunque estas pruebas pueden ser confiables para detectar la inflamación en el espacio del ligamento periodontal y ofrecer información sobre la relación entre el diente y el hueso circundante, indicando desplazamiento lateral o intrusivo, no pueden distinguir entre enfermedades pulpares y periodontales (38).

Un metaanálisis exhaustivo conducido por Anusha et al. (2017) arrojó resultados reveladores al evidenciar una impresionante tasa de precisión del 90% en la aplicación de estas pruebas. Este hallazgo subraya la eficacia y confiabilidad de las pruebas de vitalidad pulpar, consolidando su posición como herramienta fundamental en el diagnóstico endodóntico (20).

Los datos obtenidos de este metaanálisis respaldan de manera contundente la integración sistemática de las pruebas de vitalidad pulpar en la práctica clínica. La alta precisión reflejada en las estadísticas aboga por su aplicación regular como parte integral del proceso diagnóstico. Esta integración no solo potencia la capacidad de los profesionales para identificar tempranamente patologías pulpares, sino que también facilita una planificación de tratamiento más precisa y personalizada.

Un enfoque específico en el electro diagnóstico, respaldado por estudios como el de Radhakrishnan et al. (2020), muestra cómo estas pruebas no solo sirven como herramienta de detección sino también como una ventana a las complejidades de la salud pulpar. Este nivel de detalle contribuye significativamente a la toma de decisiones clínicas informadas (16).

Estos resultados respaldan la idea de que las pruebas de vitalidad pulpar no solo son herramientas diagnósticas sino también estratégicas. La alta precisión no solo implica

una capacidad de detección temprana, sino que también ofrece una oportunidad única para abordar patologías en sus primeras etapas, antes de que se agraven. Este enfoque proactivo se alinea con la filosofía de la odontología preventiva y respalda la entrega de atención odontológica centrada en el paciente.

De este modo, los datos y estadísticas provenientes de metaanálisis respaldan de manera significativa la confiabilidad y eficacia de las pruebas de vitalidad pulpar. Estos resultados refuerzan su papel como una herramienta valiosa en el diagnóstico endodóntico, permitiendo a los profesionales una evaluación detallada y precisa de la salud pulpar.

La evaluación de la vitalidad pulpar se considera más adecuada cuando se realiza de manera no invasiva, indolora, objetiva, económica, confiable y reproducible. Aunque las pruebas de sensibilidad son las más comunes para este propósito, una limitación significativa radica en que monitorean la vitalidad de la pulpa de manera indirecta al medir la respuesta del nervio pulpar, no del sistema vascular. Dado que los dientes con pulpa vital son aquellos con un adecuado suministro vascular, se ha sugerido evaluar el estado circulatorio del tejido pulpar para una evaluación más precisa de la vitalidad pulpar (39).

Como alternativa para evaluar la capacidad de respuesta de la inervación pulpar, se han propuesto pruebas que miden directamente el flujo sanguíneo dentro de la pulpa dental, como la flujometría láser Doppler y la oximetría de pulso. Estas pruebas ofrecen una evaluación más directa del flujo sanguíneo, superando algunas limitaciones asociadas con las pruebas de sensibilidad pulpar.

Sin embargo, es importante destacar que las pruebas de vitalidad pueden no reflejar completamente el verdadero estado de salud de la pulpa dental en situaciones clínicas donde la pulpa está enferma, pero mantiene un suministro de sangre viable. Es decir, cuando el flujo sanguíneo aún es detectable positivamente. A pesar de sus ventajas, las pruebas de vitalidad no están exentas de limitaciones y su aplicación requiere técnicas precisas, lo que plantea interrogantes sobre los beneficios prácticos de su uso diario (26, 37, 39).

Flujometría laser Doppler.

La Flujometría Láser Doppler (LDF) se presenta como un método no invasivo para evaluar y medir el flujo sanguíneo en el tejido pulpar. En este enfoque, se dirige un haz

de luz láser hacia el diente en estudio mediante una sonda de fibra óptica colocada en la superficie dental. La luz láser atraviesa los prismas del esmalte hasta la unión esmalte-dentina y los túbulos dentinarios en forma de S, actuando como guías de luz hasta llegar a la pulpa.

La luz absorbida por los glóbulos rojos en el plexo capilar se dispersa y experimenta un cambio de frecuencia según el principio Doppler, generando una señal que mide el flujo sanguíneo (número de glóbulos rojos multiplicado por la velocidad media). Un fotodetector detecta la proporción de luz desplazada por el efecto Doppler.

La señal detectada es amplificada para su análisis, y se utiliza un cálculo matemático basado en el análisis de Fourier para obtener información más significativa. El análisis de Fourier de los rastros revela una frecuencia de latidos del corazón en el diente vital, diferenciándolo del diente no vital de manera efectiva.

Este enfoque se considera más objetivo y confiable que las pruebas de sensibilidad para evaluar y seguir el estado pulpar de dientes traumatizados. La LDF permite evaluar los cambios dinámicos en el flujo sanguíneo al detectar el movimiento de las células sanguíneas en un pequeño volumen de tejido (aproximadamente 1 mm³).

El rayo láser utilizado tiene una baja potencia, oscilando entre 1 y 2 mW, y se pueden generar láseres de diferentes longitudes de onda mediante fuentes específicas, como láser de helio-neón para 633 nm, o láseres de diodos semiconductores para 780 y 810 nm.

Estudios han demostrado que, aunque un láser de 750 nm penetra más profundamente, puede asociarse con una contaminación de la señal no pulpar proveniente de los tejidos circundantes. (23, 36,41, 42, 43, 44).

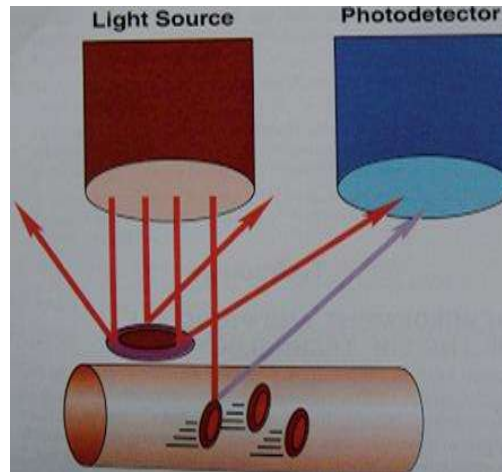


Figura 24. Principio de la flujometría láser Doppler (Vaghela & Sinha, 2011).

De este modo, es posible establecer diferentes intervalos de ancho de banda para filtrar la señal reflejada, siendo una frecuencia más amplia más sensible al movimiento de los glóbulos rojos en un rango más extenso, la sonda LDF, que entra en contacto con el diente, incluye fibras ópticas emisoras y receptoras, presentando una disposición triangular en la cual una de las configuraciones implica una fuente y dos detectores. Es esencial calibrar las sondas para garantizar lecturas precisas, ya que cualquier obstrucción o interferencia en el paso de la luz podría afectar la eficacia del LDF, como es el caso de las restauraciones, especialmente las coronas de cobertura total (23).

La flujometría láser Doppler se introdujo hace más de 30 años y se ha propuesto como un medio alternativo para evaluar la vitalidad pulpar. No obstante, su aplicabilidad clínica aún no ha sido determinada. Además, este método es costoso y requiere equipo sensible a la técnica. Un estudio que evaluó la viabilidad del método en la práctica clínica observó resultados variables e inciertos en condiciones no muy estandarizadas. Otra limitación es su utilidad solo en dientes con una cámara pulpar ubicada significativamente por encima del margen gingival (29).

En el contexto de traumatismos dentales, el uso de LDF ha demostrado ser más valioso en comparación con la evaluación de la vitalidad en pulpas sanas, especialmente en casos con antecedentes de traumatismos o lesiones por luxación.

En estas situaciones, la LDF puede detectar la revascularización en pocas semanas, brindando la oportunidad de identificar dientes "en riesgo" después del trauma y permitiendo iniciar el tratamiento de manera oportuna antes de que el diente sufra pérdida debido a necrosis pulpar e infección.

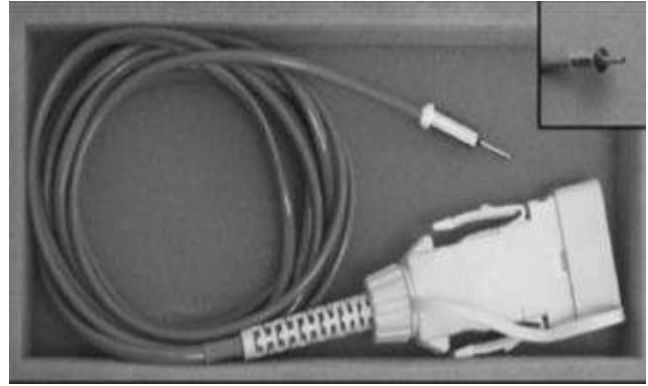


Figura 25. Flujiometría laser Doppler aparato comercial (Karayilmaz & Kirzioğlu, 2011).



Figura 26. Uso de férulas personales basadas en impresión de silicona (Karayilmaz & Kirzioğlu, 2011).

Pulsioximetría

La pulsioximetría es una técnica no invasiva fundamental en la monitorización de la oxigenación en pacientes, especialmente en entornos clínicos, desde su desarrollo, ha revolucionado el cuidado de la salud al permitir la medición continua y precisa de la saturación de oxígeno en la sangre, proporcionando información crítica para la toma de

decisiones médicas. Siendo el tema principal de este estudio, la pulsioximetría será abordada de manera independiente.

6. Pulsioximetría

6.1 Perspectiva histórica.

En 1935, Carl Matthes desarrolló el primer dispositivo para la medición continua de la saturación de oxígeno en sangre in vivo mediante la transiluminación del tejido. Utilizó dos longitudes de onda de luz: una sensible a los cambios en la saturación de oxígeno y la otra, en el rango infrarrojo, para compensar las variaciones en el grosor del tejido, el contenido de hemoglobina y la intensidad de la luz. Sin embargo, este dispositivo presentaba limitaciones, ya que era difícil de calibrar y no proporcionaba valores absolutos (43).

En 1940, JR Squire ideó una técnica de calibración que implicaba comprimir el tejido para eliminar la sangre, y esta técnica se incorporó a la primera generación de oxímetros de pulso utilizados en quirófanos (43).

En la década de 1940, Glen Millikan acuñó el término "oxímetro" para describir un auricular liviano diseñado para detectar la saturación de oxígeno de la hemoglobina. Inicialmente utilizado en la investigación de aviación para abordar problemas hipóxicos a gran altura, dispositivos similares se emplearon posteriormente durante la anestesia para identificar episodios de desaturación arterial en pacientes. En 1964, el cirujano Robert Shaw construyó un oxímetro de oído autocalibrable, comercializado por Hewlett Packard en 1970 para su uso en laboratorios de fisiología y cateterismo cardíaco (43).

En 1972, Takuo Aayogi de Nihon Kohden Corp. inventó el oxímetro de pulso. Este dispositivo se utilizó principalmente en el ámbito médico para registrar los niveles de saturación de oxígeno mediante la colocación de la sonda del sensor en los dedos de las manos, los pies y la oreja. Mientras trabajaba en un monitor de gasto cardíaco de dilución de colorante utilizando un densitómetro de oído, Aayogi observó artefactos debidos al flujo pulsátil. Intentando eliminar estas variaciones, descubrió que las relaciones de absorbencia de estas pulsaciones a diferentes longitudes de onda variaban con la saturación de oxígeno. Así, pudo minimizar el componente pulsátil equilibrando la señal de luz roja con una señal de luz infrarroja, donde el tinte no tenía absorción. Dado que

esta compensación dependía de la saturación de oxígeno, incorporó la técnica de reducción de ruido en su señal para medir la saturación de oxígeno (43,45).

Kahan et al. construyeron y probaron una sonda dental utilizando un oxímetro, el Biox 3740 se encontró que las lecturas de la onda de pulso de los dientes eran sincronizadas con el dedo pero no consistentes llegando a la conclusión que el instrumento comercial era decepcionante y que no tenía un valor después Gopikrishna desarrolló un soporte de sensor de oxímetro hecho a medida y mostró la utilidad de la sonda dental del oxímetro en la evaluación de la vitalidad de la pulpa concluyendo que el oxímetro de pulso es un método adjetivo y preciso para evaluar la vitalidad de la pulpa

6.2 Principio y funcionamiento.

La pulsioximetría es un método no invasivo para evaluar la saturación de oxígeno y la frecuencia del pulso en un tejido. Este proceso implica el uso de dos diodos emisores de luz, uno rojo y otro infrarrojo, que operan en ciclos de encendido/apagado de 500. Estas emisiones lumínicas son capturadas por un fotodiodo receptor y, a través de circuitos electrónicos, se convierten en mediciones de la saturación arterial de oxígeno (SaO₂) y la frecuencia del pulso (48, 50, 53).

El principio de la pulsioximetría se basa en una modificación de la ley de Beer Lambert, que establece la relación entre la absorción de luz por un soluto, su concentración y las propiedades ópticas en una longitud de onda específica. La técnica también depende de las características de absorbancia de la hemoglobina en las longitudes de onda de luz roja e infrarroja.

En la región roja, la oxihemoglobina absorbe menos luz que la desoxihemoglobina, y viceversa en la región infrarroja. Las ondas de luz roja e infrarroja se emplean para translaminar el tejido y detectar los picos de absorción relacionados con la circulación sanguínea, lo que permite determinar la saturación de oxígeno y las frecuencias del pulso.

Este método evalúa la absorción de luz roja e infrarroja mediante un oxímetro de pulso, midiendo así los niveles de saturación de oxígeno en la sangre arterial. No obstante, es crucial que la sonda se ajuste a la forma y los contornos anatómicos de los dientes seleccionados al aplicar la pulsioximetría en endodoncia (20, 43, 45, 48, 49, 50, 53).

El sistema consta de un fotodetector y dos diodos emisores de luz (LED). Uno de los LED emite luz roja (640 nm), mientras que el otro emite luz infrarroja (960 nm) hacia el tejido vascular. La hemoglobina oxigenada y desoxigenada absorben diferentes cantidades de luz roja e infrarroja. Los cambios pulsátiles en el volumen sanguíneo generan modificaciones periódicas en la cantidad de luz roja e infrarroja absorbida por el tejido vascular antes de llegar al fotodetector.

La pulsioximetría utiliza esta información para calcular la frecuencia del pulso y la SaO₂. La sangre arterial que fluye a través de los vasos altera la trayectoria de la luz, modificando la cantidad de luz detectada y permitiendo determinar la frecuencia del pulso. Las amplitudes de la luz infrarroja y roja se miden después de ser modificadas por la sangre arterial y se comparan con las amplitudes originales transmitidas, lo que proporciona una medida de absorbancia. La relación entre la absorbancia de cada longitud de onda determina el porcentaje de oxigenación de la sangre. En los dientes, la saturación de oxígeno suele ser inferior que en otros tejidos vascularizados (16, 44, 46, 47, 50, 52, 53).

6.3 Forma de uso

El sensor se posiciona en la cara palatina, mientras que la sonda se sitúa en la cara labial de la corona dental, en el tercio central de la corona. Colocar el dispositivo en el tercio gingival podría afectar los resultados debido a interrupciones en la circulación gingival, trauma o sangrado gingival y, además, hay menos tejido pulpar disponible en la región incisal para una detección eficiente del pulso (42, 51). Un requisito crítico para la aplicación exitosa del oxímetro de pulso en odontología es que los sensores se ajusten al tamaño, la forma y la anatomía del diente, asegurándose de que el LED y el fotodetector estén alineados de manera paralela. La sonda debe sujetarse de manera firme al diente para garantizar mediciones precisas. Tanto el paciente como la sonda deben permanecer inmóviles para obtener grabaciones razonables, por lo que a menudo se necesitarán varios intentos de posicionamiento de la sonda antes de obtener una grabación válida, debido al posible movimiento de la sonda en la superficie del diente (50, 54).

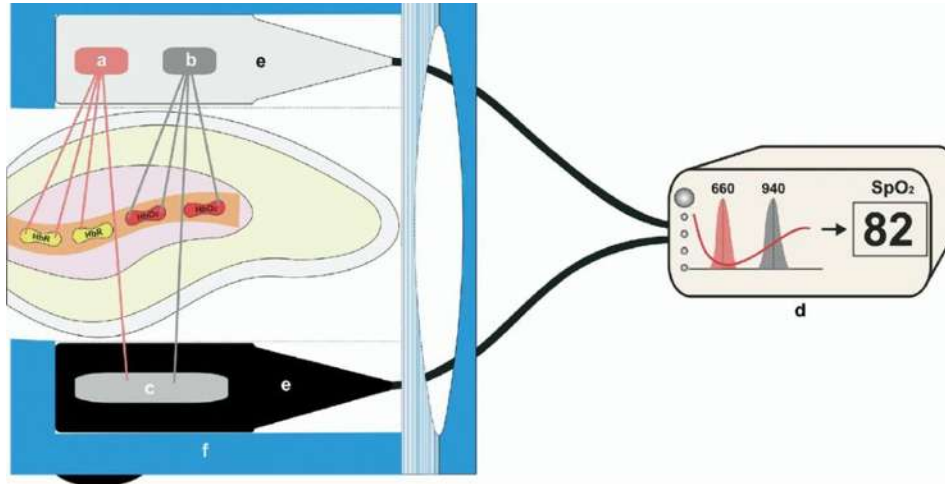


Figura 27. Mecanismo de oxímetro de pulso dental (Gopikrishna , Tinagupta & Kandaswamy, 2007)

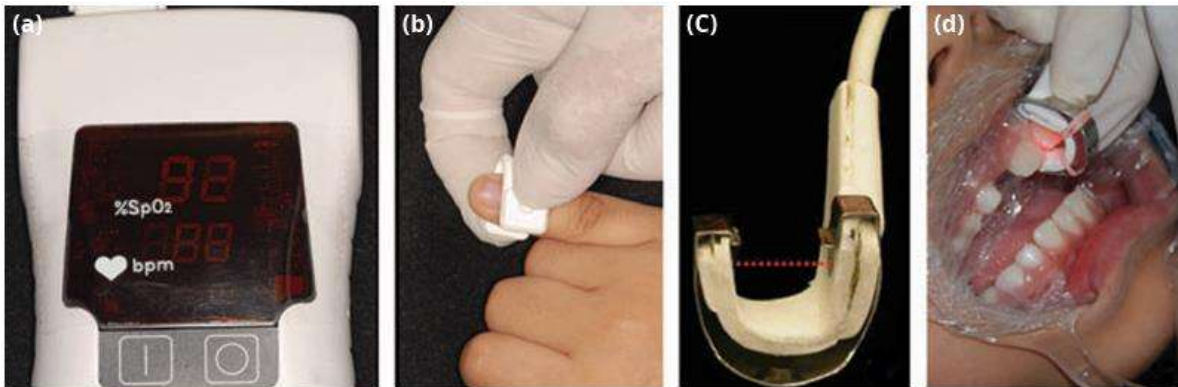


Figura 28. Uso de la pulsioximetría (Pozzobon, de Sousa Vieira, Alves, Reyes-Carmona, Teixeira, de Souza, et al., 2011)

6.4 Objetivos específicos de la oximetría de pulso

Para comenzar a entender acerca de la oximetría de pulso y su importancia en el diagnóstico de la vitalidad pulpar ha sido necesario recopilar información reciente que establece un punto de partida la cual se engloba una serie de estudios, hallazgos y reflexiones de autores los cuales están relacionados con la propuesta de trabajo.

La oximetría de pulso ha tenido avances significativos en la medicina, pero en la odontología han sido mínimos (18). A pesar de ser una prueba no invasiva, en el campo

de la odontología, la prueba de oximetría de pulso para la evaluación de la vitalidad pulpar es poco utilizada, y existe escasa información al respecto, por lo que se siguen realizando pruebas de sensibilidad para el diagnóstico; éstos, son métodos con los que se reproduce la sintomatología del paciente, representando con frecuencia dolor y posibles falsos positivos y negativos en algunas patologías (57,18).

En 2009 Jafarzadeh et al., realizaron una investigación revisando la literatura para discutir el uso y la aplicación del oxímetro de pulso en la detección de enfermedades pulpares. Se revisaron artículos que describieran el uso de la oximetría de pulso general y aplicación en odontología analizando las indicaciones de uso, limitaciones, diseños y valor de la prueba. Los resultados fueron que, los usos más frecuentes del oxímetro en odontología son para detectar vitalidad pulpar en dientes traumatizados, valoración de dientes primarios e inmaduros permanentes. Las limitaciones son el exceso de dióxido, trastornos en la hemoglobina, movimientos de la sonda, desajuste de los sensores en el diente. El valor de la prueba es de 70 a 100%; con una alta sensibilidad y especificidad (50).

En 2011 Pozzobón et al., realizaron una investigación analizando la efectividad del oxímetro de pulso mediante una sonda personalizada para determinar la saturación de oxígeno en dientes permanentes y temporales, comparándose con el dedo índice de ellos mismos. Se utilizaron dos oxímetros de pulso, uno de ellos se utilizó para medición del dedo índice 84 pacientes en edades de cuatro a 13 años; el otro fue modificado, para medir un total de 123 dientes. Los participantes fueron divididos en tres grupos: el primer grupo eran solo con dientes temporales, el segundo grupo con dientes permanentes y el tercer grupo con dientes tratados endodónticamente. El registro se tomó de los 30 segundos a 3 minutos entre cada diente, demostrándose que todas las pulpas del estudio se presentaron con una saturación normal (registrando valores de saturación del dedo índice fue de 92.85% y en dientes de 85.27%). Los dientes con tratamientos de conductos no presentaron respuesta. Concluyeron que la oximetría es de utilidad para detectar dientes vitales y con tratamiento de endodoncia, además, se observó que la saturación del dedo índice es más alta que la saturación en dientes (18).

En 2012 Dastmalchi et al., en Irán realizaron una investigación con el objetivo de diseñar una sonda a medida para el oxímetro de pulso para odontología y así, valorar su

eficacia en dientes al compararla con el probador eléctrico y la prueba de frío. Se incluyeron 24 pacientes de 18 a 50 años. Se incluyeron 24 premolares de un solo conducto, valorándose con radiografías; se verificó que todos los dientes incluidos presentaran ápices cerrados, que no tuvieran caries ni restauraciones extensas, pero que requirieran tratamiento de conductos por necesidad protésica. A los participantes se les realizaron cuatro pruebas: frío, eléctrica, calor y posteriormente se realizó la oximetría con la sonda personalizada. El resultado obtenido fue que las pruebas de frío, calor y eléctrica demostraron irregularidades, lo que significa que no son fiables. Además, la prueba más exacta fue el oxímetro de pulso con una mayor sensibilidad, pero con menor especificidad; la prueba que menor sensibilidad tuvo fue la de frío, pero con mayor especificidad. Concluyeron que la oximetría de pulso es una prueba fiable que determina el estado actual de la pulpa dental y las pruebas de sensibilidad suelen ser inexactas en un diagnóstico (49).

En 2014 Bruno et al., realizaron una investigación a partir de la literatura, con el propósito de establecer una medida de la saturación de oxígeno en pulpas sanas. Este análisis se basó en estudios longitudinales que tienen información sobre su uso, usando las palabras claves oxímetro y oximetría. Se encontraron 295 artículos, pero solo 6 cumplieron con los objetivos. Los hallazgos fueron que los incisivos superiores tienen oxigenación de 87.73% y los incisivos laterales 87.24% (tres artículos), el canino 87.26% (cuatro artículos), cuando la media de saturación es de 87% en piezas anteriores. De esta manera, se llegó a la conclusión de que el oxímetro de pulso Hp sirve como prueba de diagnóstico para el uso rutinario en la detección de vitalidad pulpar y el valor obtenido sirve como referencia para los dientes permanentes, así como valorar el estado pulpar (46).

En 2017 Anusha et al., realizaron una investigación en el departamento de odontología conservadora y endodoncia Narayana Dental College and Hospital Nellore Andhra, en India. Realizaron una comparación de los distintos niveles de saturación de oxígeno ante diferentes estados de salud pulpar. La muestra fue de 100 personas (20 personas por grupo), divididos de la siguiente manera: pulpa sana, pulpitis reversible, pulpitis irreversible, necrosis pulpar y diente con tratamiento de conductos. Los hallazgos mostraron que el dedo índice registró 98% de oxigenación, los dientes sanos 94.6 %, los dientes con pulpitis reversible 94.6 %, los dientes con pulpitis irreversible 94.6 %, los dientes con necrosis pulpar 94.6 % y los dientes con tratamiento de conductos 94.6 %.

pulpitis reversible 85.45%, pulpitis irreversible 81.6%, necrosis pulpar 70.7% y diente con tratamiento de endodoncia 0%. Se llegó a la conclusión que el oxímetro de pulso es un instrumento de diagnóstico exacto para la vitalidad, con el que se detectan patologías, al igual que la necrosis pulpar, pero es necesario elaborar una sonda personalizada para tener buenas lecturas (20).

En 2020 Lambert et al., realizaron una revisión sistemática de la literatura para identificar los valores promedios de saturación en dientes anteriores. Se utilizaron bases electrónicas como Library Online y Medline, encontrándose 251 artículos, de los que solo 19 cumplieron con los objetivos planteados. En esta revisión se obtuvo que 84.84% es para incisivos centrales, para incisivos laterales es de 89.29 % al igual que caninos y, la saturación más baja es de 77.52%. Se concluyó que los valores de referencia informados son relevantes para valorar los cambios de estado pulpa (55).

En 2020, en la India, Janini et al., realizaron una investigación, analizando la precisión diagnóstica de la oximetría de pulso en comparación con las pruebas de frío, calor y eléctrica, para lograr identificar el estado real de las piezas que necesitan tratamiento de conductos, elaborándose una sonda personalizada. En este estudio, se incluyeron 79 piezas de un solo conducto que requerían tratamiento de conductos a cada pieza se le realizó la prueba con un lapso de 2 minutos entra en la prueba de frío calor eléctrica dando como resultado que el oxímetro de pulso en especificidad y sensibilidad maneja alto nivel seguido de la prueba de frío, calor y eléctrica llegando a la conclusión que el oxímetro de pulso tiene grandes beneficios pero se demostró que realizándose con una sonda personalizada da mejores resultados (51).

El mismo grupo de investigación, en el 2020, realizó un estudio para valorar la precisión diagnóstica con el oxímetro de pulso personalizado en comparación con pruebas térmicas y eléctricas obteniendo el nivel de saturación de oxígeno en dientes sanos, no sanos y con pulpitis irreversible. El estudio se realizó en 37 dientes de pacientes entre 18 y 50 años tomándose los dientes incisivos y premolares de un conducto donde obtuvieron en precisión diagnóstica 100% oxímetro de pulso, prueba de frío 66% prueba de calor 49% y eléctrica 45%. La saturación de oxígeno del dedo fue mayor a la de los dientes con un 98% en los dientes con pulpitis irreversible 81.88%, dientes sanos 88.6 dientes no vitales 72.27%. se concluyó que el soporte hecho a medida

es eficaz para la toma de lecturas el cual detecta circulación pulpa y saturación de oxígeno (45).

En 2021 Schotte et al., realizaron una revisión de la literatura para identificar qué factores pueden alterar en la medición del oxímetro de pulso en cavidad oral buscando la importancia y los rangos de saturación en el diagnóstico dental. Realizando una revisión bibliográfica en las plataformas Pubmed Google académico y JOE. Los artículos analizaron los rangos de saturación promedio en los diferentes estados pulpares, en los que arrojó pulpa normal 87%, pulpitis reversible 85.4% a 87% pulpitis irreversible 81.6% a 83.1% y necrosis de 70 a 75%. Se concluyó que el oxímetro de pulso es un dispositivo que puede dar grandes beneficios en el diagnóstico sirve para diferente tipo de traumatismos y para diferentes pacientes tanto jóvenes como adultos en cualquier patología pero una desventaja es son los pacientes fumadores o con anemias que pueden alterar las lecturas y para poder realizar el procedimiento siempre va a ser necesario una sonda hecha a medida (22).

En 2021 Farughi et al. analizaron la eficacia de las pruebas para comparar la sensibilidad y la especificidad de la oximetría de pulso, flujometría Doppler, termometría, pruebas de frío, y prueba eléctrica dónde se seleccionaron 20 premolares inferiores sanos que necesitarían tratamiento de conductos pero que no presentará necrosis ni destrucción de la corona. Las pruebas se realizaron con una duración de 7 segundos por cada prueba y entre cada prueba de 1 minuto. Se obtuvieron los siguientes resultados: en la prueba de frío, que fue la más aceptada en las pruebas de sensibilidad se obtuvo especificidad 1 y en sensibilidad 1, en las pruebas de vitalidad la que obtuvo mejores resultados fue la oximetría de pulso con sensibilidad de 1 y especificidad de 0.54%, la flujometría tuvo una especificidad de 0.27 más baja y la termometría obtuvo una sensibilidad de 0.11 y especificidad de 0.27, siendo la prueba menos precisa. Ellos concluyeron que se necesitan más avances en las pruebas de vitalidad (19).

En 2021 Zivili et al., realizaron una investigación en el departamento de patología dental y bucal de la universidad de ciencias de la salud en Lituania, desarrollando una sonda universal para realizar la comparación del dedo índice con pulpas vitales sanas. Este estudio se realizó con 128 piezas dentales sanas dividiéndose en 8 grupos los cuales constaron de incisivos, caninos, premolares y molares superiores e inferiores

tomándose la muestra con una sonda personalizada. Los resultados fueron que, en el dedo índice la oxigenación fue de 97.22% y en la pulpa de 93.17% lo cual llevó a la conclusión de que el oxímetro de pulso es eficaz en la detección de la vitalidad pulpar (56).

En 2022 Daghustani et al., realizaron esta investigación buscando información con base a las pruebas diagnósticas de vitalidad pulpar (flujometría Doppler y pulsioximetría) como pruebas confiables, buscando sus diferencias. Se realizó una búsqueda exhaustiva en base de datos Medline y Google Scholar, sin restricción en idioma y edad, en la que se concluyó que la pulsioximetría es un método no invasivo que puede medir el suministro de sangre en las piezas dentales cuando el paquete nervioso es afectado pero la circulación no. La flujometría Doppler, es útil en la primera infancia y ambas técnicas miden el estado de la circulación pulpar (42).

Ventajas

1. Método eficaz y objetivo para evaluar la vitalidad de la pulpa dental (42).
2. Útil en situaciones de lesiones por impacto donde el suministro sanguíneo permanece intacto pero el suministro nervioso está comprometido (44).
3. La circulación pulpar puede detectarse de manera independiente a la circulación gingival (43).
4. Las lecturas del pulso pulpar son reproducibles (46).
5. Existen oxímetros comerciales más pequeños y asequibles disponibles para su uso clínico de rutina en consultorios dentales convencionales (45).

Desventajas

1. No se distingue la absorción de fondo asociada con la sangre venosa y los componentes tisulares (43).
2. Las sondas deben adaptarse específicamente a la anatomía de un diente, ya que los valores de saturación de oxígeno de los dientes a menudo se registran por debajo de las lecturas del paciente (33).

7. Resultados

En esta revisión bibliográfica se analizaron 52 artículos que cumplen con los criterios de inclusión.

Periodo de tiempo

Se realizó en la búsqueda de agosto 2023 a enero 2024 dónde se analizaron 52 artículos científicos que cumplieron con los requisitos de inclusión anteriormente mencionados en la siguiente gráfica se muestra el periodo de búsqueda y análisis de los artículos consultados.



Figura 29. Grafica que muestra el periodo de artículos analizados.

Revistas científicas

Fueron incluidos 52 artículos los cuales se tomaron de diferentes revistas científicas representándose en la siguiente gráfica:



Figura 30. Grafica donde se observa el porcentaje de revistas consultadas.

Revistas científicas consultadas

<i>Revista Científica</i>	<i>Número</i>	<i>Temática</i>
<i>Journal endodontic</i>	19	Endodoncia
<i>Medicina Kaunas</i>	1	Medicina
<i>Restor Dent Endodontic</i>	1	Endodoncia
<i>Journal Interdisciplinary dentistry</i>	1	Odontología
<i>Journal Oral Rehabilitación</i>	1	Rehabilitación Oral
<i>Dent traumatology</i>	3	Traumatología dental
<i>Journal of Family Medicine and Primary Care</i>	1	Medicina
<i>Jornadas de Investigación en Odontología</i>	1	Odontología
<i>Int. J. Clin. Pediatric Dentistry</i>	4	Odontopediatría
<i>Acta Odontológica Scand</i>	1	Odontología
<i>Brazilian Dental Science</i>	1	Odontología
<i>Asociación Americana de Endodoncia.</i>	2	Endodoncia
<i>Revista Surg Oral Med. Oral. Rad.</i>	1	Endodoncia
<i>J. Prosthe Dent.</i>	1	Prostodoncia
<i>Revista científica odontológica</i>	2	Odontología

<i>Revista de Investigación Clínica Odontológica</i>	1	Odontología
<i>Endodontics Topics</i>	3	Endodoncia
<i>Odontoestomatol topics</i>	1	Odontología
<i>Endodontics Journal Iran</i>	1	Endodoncia
<i>Australian Dent Journal</i>	1	Odontología
<i>Rev. Cubana de Estomatología</i>	1	Odontología
<i>Int. J. Vibron Rest. Public Health</i>	1	Salud pública.
<i>Australian Endodontics Journal</i>	1	Endodoncia
<i>Journal of Clínica Diagnosis</i>	1	Odontología
<i>Journal of Dentistry</i>	1	Odontología

Tabla 5. Relación de revistas consultadas

Tipo de investigación revisada

De acuerdo con la metodología que se llevó se dividieron los artículos en:

1. Metaanálisis
2. Búsqueda sistemática
3. Estudio retrospectivo
4. Estudio transversal comparativo.

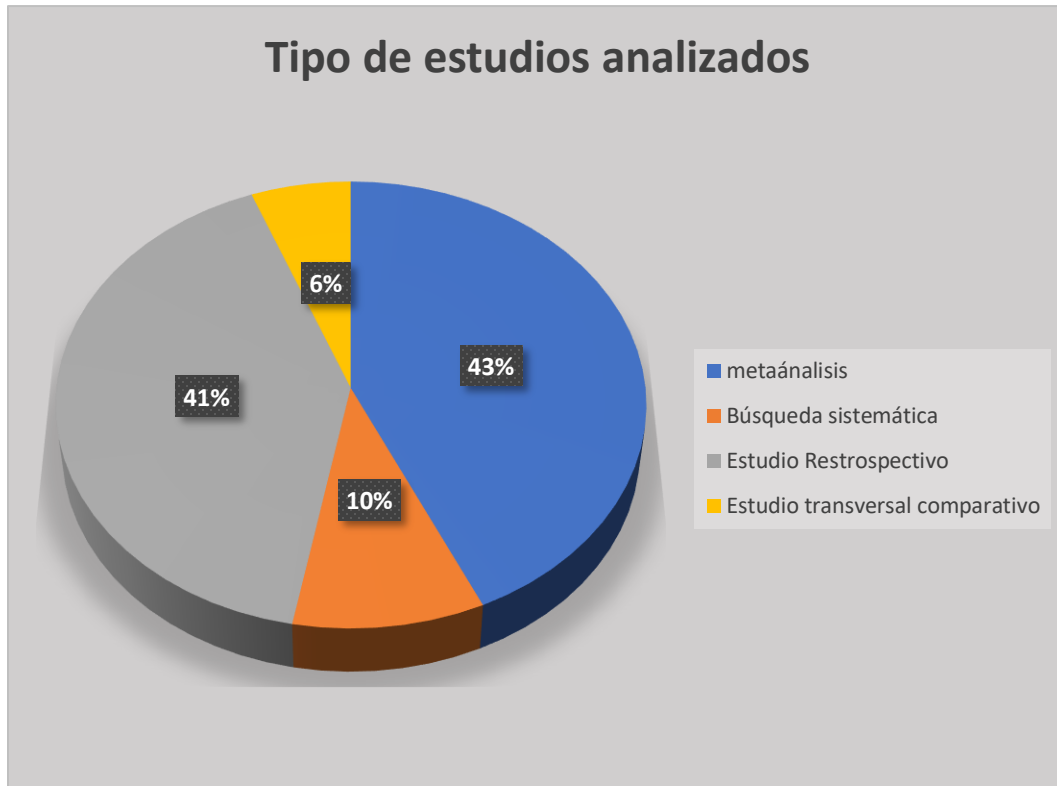


Figura 31. Gráfica de representación porcentual de artículos analizados respecto a su tipo de metodología.

Datos obtenidos de artículos analizados

De los artículos que se analizaron se obtuvieron datos de relevancia que respaldan la presente investigación en la cual el oxímetro de pulso tiene utilidad en la medición de la saturación de oxígeno en los diferentes estados pulpares obteniendo los siguientes resultados:

AUTOR	AÑO DE PUBLICACIÓN.	RANGOS DE SATURACIÓN DE OXÍGENO EN DIFERENTES ESTADOS PULPARES.
Munshi et al.	2002	Pulpa sana 81%
Calil et al.	2008	Pulpas sanas caninos 90.69% incisivos 91.29%
Pozzobón et al.	2010	Pulpas sanas 85.27%
Setzer et al.	2012	Pulpa sana 92.2% Pulpitis reversible 87.4% Pulpitis irreversible 83.1% Necrosis pulpar 74.6%
Bruno et al.	2014	Pulpas sanas 87.73%

De la Sotta- Rubio et al.	2015	Pulpitis reversible 85.3% irreversible 83.2 %	Pulpitis Necrosis pulpar 79%
Kong et al.	2016	Pulpa sana 97 %	
Bargrizan	2016	Pulpas sanas 84.80%	
Anusha et al.	2017	Pulpa sana 94.6 % reversible 85.4% irreversible 81.6%	Pulpitis Pulpitis Necrosis pulpar 70.7 %
Mishra et al.	2019	Pulpa sana 84 % irreversible 83 %	Pulpitis
Lambert et al.	2020	Dientes anteriores: central 84.85 % y canino 89%	incisivo incisivo lateral saturación más baja 77.52%
Grabliauskienė et al	2021	Pulpa sana 93.17%	
Schotte-Hernández et al.	2022	Pulpa normal 87 % reversible 85.4-87% 81.6 83.1%	Pulpitis Pulpitis irreversible Necrosis pulpar 70 % - 75%

Tabla 6. Comparación de saturación de oxígeno en diferentes estados pulpares por diversos autores.

8. Discusión

La pulsioximetría ha sido ampliamente promovida como una técnica no invasiva para medir la saturación de oxígeno en la pulpa dental, siendo una herramienta valiosa en el diagnóstico endodóntico, no obstante, a pesar de su promesa, existen diversas opiniones sobre su efectividad y aplicabilidad en la práctica clínica. Mientras que estudios como el de Pozzobon et al. (2011) subrayan la capacidad de la pulsioximetría para detectar tempranamente alteraciones en la microcirculación pulpar y consideran esta técnica como un complemento esencial para el diagnóstico de condiciones como la pulpitis irreversible, no todos los investigadores están igualmente convencidos de su utilidad generalizada (51).

Por ejemplo, Schotte y Martínez (2021) expresan un fuerte optimismo respecto al potencial del oxímetro de pulso en odontología, destacando su capacidad para evaluar tanto dientes temporales como permanentes, especialmente en casos de traumatismos dentales (21). Sin embargo, en contraste, estudios como el de Farughi (2021) presentan

una visión más crítica al señalar que, aunque la pulsioximetría es efectiva, no alcanza el nivel de precisión necesario cuando se compara con otras pruebas diagnósticas, como la flujometría, que ellos consideran menos precisa pero mejor aceptada en términos de sensibilidad pulpar (19).

Por otro lado, Bruno et al. (2014) realizaron una revisión crítica que respalda la importancia de la pulsioximetría en la evaluación de la salud pulpar, argumentando que esta técnica ofrece una medición precisa de la saturación de oxígeno que puede ser crucial para detectar alteraciones en la perfusión sanguínea (46).

Pero, por otra parte, esta afirmación choca con la visión de Karayilmaz (2010), quien argumenta que la flujometría Doppler supera a la pulsioximetría y a los métodos eléctricos en términos de precisión diagnóstica (44). Esta discrepancia destaca la necesidad de una mayor investigación comparativa entre estas técnicas para determinar cuál es la más confiable en diferentes contextos clínicos.

El estudio de Bargrizan et al. (2016) apoya la eficacia de la pulsioximetría en dientes permanentes inmaduros, lo que es particularmente relevante en casos de trauma dental. No obstante, esta afirmación contrasta con los estudios que cuestionan su precisión en otros contextos, sugiriendo que la eficacia de la pulsioximetría podría estar limitada a situaciones específicas y no ser aplicable de manera universal en todos los casos endodónticos (47).

Además, Calil et al. (2008) confirmaron la utilidad de la pulsioximetría como una alternativa no invasiva, lo que podría suponer una ventaja significativa frente a métodos más invasivos. Sin embargo, esta visión optimista no aborda plenamente las limitaciones prácticas señaladas por otros estudios, como las dificultades en la calibración de los dispositivos o la interferencia de pigmentos dentales, que Bruno et al. (2014) consideran factores críticos que llegan a comprometer la precisión de las lecturas (46, 48).

Finalmente, la falta de una sonda diseñada específicamente para uso dental es un problema recurrente mencionado en varios estudios. Schotte y Martínez (2021) identifican esta carencia como uno de los principales obstáculos para la adopción más amplia de la pulsioximetría en odontología (21).

Aunque la tecnología es prometedora, la necesidad de sondas personalizadas sigue siendo un desafío importante, este aspecto técnico, junto con otras limitaciones,

como las señaladas por Jafarzadeh (2009) respecto a la interferencia con el dióxido de carbono y trastornos de la hemoglobina, pone en duda la aplicabilidad universal de la pulsioximetría en la odontología general y en el diagnóstico endodóntico en particular (27).

De esta forma, aunque la pulsioximetría tiene un lugar destacado en la odontología moderna, su eficacia y utilidad siguen siendo objeto de debate. La diversidad de opiniones y hallazgos en la literatura científica refleja la necesidad de un enfoque más crítico y una investigación continua para refinar y validar su uso en diferentes contextos clínicos. La integración de la pulsioximetría con otros métodos diagnósticos parece ser el camino más viable para mejorar la precisión en la evaluación de la vitalidad pulpar, garantizando un diagnóstico más confiable y un tratamiento más efectivo para los pacientes.

9. Conclusiones

El diagnóstico en endodoncia se considera como un arte y una ciencia fundamentales. La clasificación de los estados pulpares, desde la normalidad hasta la necrosis pulpar, establece la base para la identificación precisa de las condiciones pulpares. Las pruebas diagnósticas, como las de vitalidad pulpar que han demostrado una precisión destacada del 90% (Farughi et al., 2021), ofrecen a los profesionales la capacidad de evaluar de manera temprana y precisa el estado de la pulpa (19).

La sensibilidad pulpar y la pulsioximetría, utilizadas como instrumentos de diagnóstico, amplían la capacidad de los profesionales para comprender las respuestas de la pulpa a diversos estímulos y evaluar la saturación de oxígeno, respectivamente. Estas herramientas, respaldadas por datos y estadísticas sólidas, son bases sólidas en la toma de decisiones clínicas.

Esta investigación ha profundizado en la anatomía y fisiología de la dentina y la pulpa dental, y ha trazado un camino claro para el diagnóstico preciso en endodoncia. Estos conocimientos enriquecen la comprensión teórica, y tienen aplicaciones prácticas directas, que mejoran la calidad de la atención odontológica y allanan el camino hacia futuras investigaciones y avances en este campo de la odontología.

10. Recomendaciones para futuras investigaciones

La recomendación fundamental para los profesionales de la odontología es la integración activa de los conocimientos derivados de esta investigación en sus prácticas

clínicas diarias. La aplicación cuidadosa y consciente de las pruebas diagnósticas, como las de vitalidad y sensibilidad pulpares, junto con una comprensión completa de la histofisiología pulpar, mejorará la precisión en el diagnóstico y conducirá a una atención más efectiva y personalizada para los pacientes que presentan diversas condiciones pulpares.

Es importante continuar la investigación en el campo de la endodoncia, explorando nuevas tecnologías y métodos diagnósticos que puedan mejorar aún más la capacidad de los profesionales para evaluar y abordar las condiciones pulpares. La búsqueda constante de innovación contribuirá a la evolución del campo, ofreciendo herramientas más avanzadas y eficientes para el diagnóstico y tratamiento de patologías pulpares.

La implementación de la oximetría de pulso beneficia a los profesionales, teniendo un impacto positivo en la experiencia del paciente. La introducción de métodos diagnósticos más precisos y eficientes puede conducir a una atención más rápida, menos invasiva y más centrada en las necesidades específicas de cada individuo.

Además, es importante desarrollar sondas hechas a medida donde se pueda observar los diferentes estados pulpares a detalle basados en los hallazgos de la literatura. La comprensión detallada de la histofisiología pulpar proporciona una base sólida para la exploración de tratamientos más específicos y personalizados. Investigar cómo las terapias pueden adaptarse a las características individuales de la pulpa dental podría resultar en avances significativos en la eficacia y la durabilidad de los tratamientos endodónticos

Referencias bibliográficas

1. Leache EB. Odontopediatria: Masson; 2001.
2. Seltzer S, Bender IB. Pulpa dental: El Manual Moderno; 1987.
3. Orban BJ, Sicher H, Velázquez T. Histología y embriología bucales de Orban: La Prensa Médica Mexicana; 1980.
4. Gómez de Ferraris ME, Campos Muñoz A. *Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Emcodental*. 3ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2009.
5. Holland GR. Morphological features of dentine and pulp related to dentine sensitivity. Arch Oral Biol. 1994;39 Suppl:3s-11s.
6. Murray PE, About I, Lumley PJ, Franquin JC, Remusat M, Smith AJ. Human odontoblast cell numbers after dental injury. J Dent. 2000;28(4):277-85. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(99\)00078-0](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(99)00078-0)
7. Navarro M. Conceptos Actuales sobre el Complejo Dentino-Pulpar.(2010). Sección: Carlos Bóveda, Endodoncia Odontoinvitado Obtenido de: http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_49.htm.
8. Berman LH, Hargreaves KM. Cohen. Vías de la Pulpa: Elsevier Health Sciences; 2022.
9. Abd-Elmeguid A, Yu DC. Dental pulp neurophysiology: part 1. Clinical and diagnostic implications. J Can Dent Assoc. 2009;75(1):55-9. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19239745/>
10. Bender IB. Pulpal pain diagnosis--a review. J Endod. 2000;26(3):175-9. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11199715/>
11. Nair PN. Neural elements in dental pulp and dentin. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1995;80(6):710-9. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8680980/>
12. Krauser JT. Hypersensitive teeth. Part I: Etiology. J Prosthet Dent. 1986;56(2):153-6. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3463742/>
13. Fernández, M. A. I, RECUBRIMIENTO O ENCAPSULACIÓN PULPAR. Revista Científica Odontológica [Internet]. 2008; 4(2):52-55. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=324228003003>
14. Leonardo MR. Endodoncia, tratamiento de conductos radiculares: Principios técnicos y biológicos. Vol. 1. Editora Artes Médicas; 2005.

15. Varela JN, Santangelo G. Patología pulpar y periapical. 2009. Disponible en: https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/153006/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1
16. Radhakrishnan S, Munshi AK, Hegde AM. Pulse oximetry: a diagnostic instrument in pulpal vitality testing. *J Clin Pediatr Dent*. 2002;26(2):141-5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11874005/>
17. Ortiz N. Clasificación de patologías pulpares y periapicales. 2020. Universidad de El Salvador. Odontología. Disponible en: <https://www.udocz.com/apuntes/527808/clasificacion-de-patologias-pulpares-periapicales>
18. Pozzobon MH, de Sousa Vieira R, Alves AM, Reyes-Carmona J, Teixeira CS, de Souza BD, et al. Assessment of pulp blood flow in primary and permanent teeth using pulse oximetry. *Dent Traumatol*. 2011;27(3):184-8. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21342436/>
19. Farughi, A., Rouhani, A., Shahmohammadi, R., & Jafarzadeh, H. (2021). Clinical comparison of sensitivity and specificity between sensibility and vitality tests in determining the pulp vitality of mandibular premolars. *Australian endodontic journal: the journal of the Australian Society of Endodontology Inc*, 47(3), 474–479. <https://doi.org/10.1111/aej.12506>
20. Anusha B, Madhusudhana K, Chinni SK, Paramesh Y. Assessment of pulp oxygen saturation levels by pulse oximetry for pulpal diseases—A diagnostic study. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. 2017;11(9): ZC36. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29207830/>
21. Schotte-Hernández AS, Martínez-Arroniz FJ. Oxímetro de pulso como prueba de diagnóstico pulpar. *Rev Invest Clin Odontol*. 2021;1(1). <https://revistaodontologica.com/articulo.php?id=114819>
22. Rechenberg DK, Zehnder M. Molecular diagnostics in endodontics. *Endodontic Topics*. 2014;30(1):51-65. <https://doi.org/10.1111/etp.12057>
23. Chen E, Abbott PV. Dental pulp testing: a review. *International journal of dentistry*. 2009; 2009:365785. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20339575/>

24. Glickman GN. AAE Consensus Conference on Diagnostic Terminology: background and perspectives. Journal of endodontics. 2009;35(12):1619-20. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19932336/>
25. Castillo L, Diez M. Clasificación clínica de patología pulpar y periapical basada en la propuesta de la Asociación americana de endodoncia de diciembre de 2009. Endodoncia (Mex)[Internet]. 2009;12(35):40-3. [Clasificación Clínica de Patología Pulpar y Periapical Basada en La Propuesta de La | PDF | Medicina CLINICA | Odontología](#)
26. Levin LG, Law AS, Holland GR, Abbott PV, Roda RS. Identify and define all diagnostic terms for pulpal health and disease states. J Endod. 2009;35(12):1645-57. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19932339/>
27. Jafarzadeh H, Abbott P. Review of pulp sensibility tests. Part I: general information and thermal tests. International endodontic journal. 2010;43(9):738-62. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20609022/>
28. Gopikrishna V, Pradeep G, Venkateshbabu N. Assessment of pulp vitality: a review. IntJPediatricDent.2009;19(1):3-15. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19120505/>
29. Mejåre IA, Axelsson S, Davidson T, Frisk F, Hakeberg M, Kvist T, et al. Diagnosis of the condition of the dental pulp: a systematic review. Int Endod J. 2012;45(7):597-613. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22329525/>
30. Patro S, Meto A, Mohanty A, Chopra V, Miglani S, Das A, et al. Diagnostic Accuracy of Pulp Vitality Tests and Pulp Sensibility Tests for Assessing Pulpal Health in Permanent Teeth: A Systematic Review and Meta-Analysis. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(15). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35954958/>
31. Ehrmann EH. Pulp testers and pulp testing with reference to the use of dry ice. Aust Dent J. 1977;22(4):272-9. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/277144/>
32. Shabahang S. State of the art and science of endodontics. J Am Dent Assoc. 2005;136(1):41-52; quiz 89-90. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15693495/>
33. Dummer PM, Tanner M, McCarthy JP. A laboratory study of four electric pulp testers. Int Endod J. 1986;19(4):161-71. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3462154/>

34. Myers JW. Demonstration of a source of error with an electric pulp tester. J Endod. 1998;24(3):199-200. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9558588/>
35. Modaresi J, Aghili H, Dianat O, Younessian F, Mahjour F. The Effect of Orthodontic Forces on Tooth Response to Electric Pulp Test. Iran Endod J. 2015;10(4):244-7. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4609662/>
36. Pitt Ford TR, Patel S. Technical equipment for assessment of dental pulp status. EndodonticTopics.2004;7(1):2-13. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1601-1546.2004.00063.x?msocid=09fc6b7ba9be616714e77986a89f60e3>
37. Alghaithy RA, Qualtrough AJ. Pulp sensibility and vitality tests for diagnosing pulpal health in permanent teeth: a critical review. Int Endod J. 2017;50(2):135-42. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26789282/>
38. Abu-Tahun I, Rabah'ah A, Khraisat A. A review of the questions and needs in endodontic diagnosis. Odontostomatol Trop. 2012;35(140):11-20. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23513508/>
39. Jafarzadeh H, Udoeye CI, Kinoshita J. The application of tooth temperature measurement in endodontic diagnosis: a review. J Endod. 2008;34(12):1435-40. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19026869/>
40. Jespersen JJ, Hellstein J, Williamson A, Johnson WT, Qian F. Evaluation of dental pulp sensibility tests in a clinical setting. J Endod. 2014;40(3):351-4. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24565651/>
41. Gazelius B, Lindh-Strömberg U, Pettersson H, Öberg PA. Laser Doppler technique-a future diagnostic tool for tooth pulp vitality. Int Endod J. 1993;26(1):8-9. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8473039/>
42. Center ASPH. Differences Between Laser Doppler Flowmetry and Pulse Oximetry in Endodontics. 2022. <http://dx.doi.org/10.52533/JOHS.2022.21205>
43. Vaghela DJ, Sinha AA. Pulse oximetry and laser Doppler flowmetry for diagnosis of pulpal vitality. Journal of interdisciplinary dentistry. 2011;1(1):14-21. https://scholar.google.com.mx/scholar?cluster=13239569767630503223&hl=es&as_sdt=0,5

44. Karayilmaz H, Kirzioğlu Z. Comparison of the reliability of laser Doppler flowmetry, pulse oximetry and electric pulp tester in assessing the pulp vitality of human teeth. J Oral Rehabil. 2011;38(5):340-7. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20868433/>
45. Janani K, Palanivelu A, Sandhya R. Diagnostic accuracy of dental pulse oximeter with customized sensor holder, thermal test, and electric pulp test for the evaluation of pulp vitality: an in vivo study. Brazilian dental science. 2020;23(1):8 p.- p. https://www.researchgate.net/publication/338959944_Diagnostic_accuracy_of_dental_pulse_oximeter_with_customized_sensor_holder_thermal_test_and_electric_pulp_test_for_the_evaluation_of_pulp_vitality_-_An_in_vivo_study
46. Bruno KF, Barletta FB, Felipe WT, Silva JA, Gonçalves de Alencar AH, Estrela C. Oxygen saturation in the dental pulp of permanent teeth: a critical review. J Endod. 2014;40(8):1054-7. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25069907/>
47. Bargrizan M, Ashari MA, Ahmadi M, Ramezani J. The use of pulse oximetry in evaluation of pulp vitality in immature permanent teeth. Dent Traumatol. 2016;32(1):43-7. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26358664/>
48. Calil E, Caldeira CL, Gavini G, Lemos EM. Determination of pulp vitality in vivo with pulse oximetry. Int Endod J. 2008;41(9):741-6. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18554185/>
49. Dastmalchi N, Jafarzadeh H, Moradi S. Comparison of the efficacy of a custom-made pulse oximeter probe with digital electric pulp tester, cold spray, and rubber cup for assessing pulp vitality. J Endod. 2012;38(9):1182-6. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22892732/>
50. Jafarzadeh H, Rosenberg PA. Pulse oximetry: review of a potential aid in endodontic diagnosis. Journal of endodontics. 2009;35(3):329-33. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19249589/>
51. Janani K, Ajitha P, Sandhya R, Subbaiyan H, Jose J. Efficiency of new custom-made pulse oximeter sensor holder in assessment of actual pulp status. Journal of Family Medicine and Primary Care. 2020;9(7):3333. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33102292/>
52. De la Rosa Reyes M, Gaitán-Fonseca CI, Cepeda-Arguelles O, Bermudez-Jiménez C, Aguilera-Galaviz LA, editors. OXIMETRÍA DE PULSO Y SU USO EN

EL DIAGNÓSTICO PULPAR. Conference Proceedings, Jornadas de Investigación en Odontología; 2021.

https://www.researchgate.net/publication/351118935_Oximetria_de_pulso_y_su_eficacia_para_diagnosticar_vitalidad_pulpar Pulse oximetry and its use in diagnosing pulp vitality

53. Caldeira CL, Barletta FB, Ilha MC, Abrão CV, Gavini G. Pulse oximetry: a useful test for evaluating pulp vitality in traumatized teeth. Dent Traumatol. 2016;32(5):385-9. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27140332/>
54. Gopikrishna V, Tinagupta K, Kandaswamy D. Evaluation of efficacy of a new custom-made pulse oximeter dental probe in comparison with the electrical and thermal tests for assessing pulp vitality. J Endod. 2007;33(4):411-4. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17368329/>
55. Lambert P, Miguens SAQ, Jr., Solda C, Sganzerla JT, Reichert LA, Estrela C, et al. Reference values for pulp oxygen saturation as a diagnostic tool in endodontics: a systematic review and meta-analysis. Restor Dent Endod. 2020;45(4):e48. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33294413/>
56. Grabliauskienė Ž, Zamaliauskienė R, Lodienė G. Pulp Vitality Testing with a Developed Universal Pulse Oximeter Probe Holder. Medicina (Kaunas). 2021;57(2). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33498652/>
57. Noblett WC, Wilcox LR, Scamman F, Johnson WT, Diaz-Arnold A. Detection of pulpal circulation in vitro by pulse oximetry. J Endod. 1996;22(1):1-5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8618078/>
58. Hargreaves KM, Berman LH. Cohen. Vías de la Pulpa + Expert Consult: Elsevier Health Sciences Spain; 2016
59. Gopikrishna V. Grossman's Endodontic Practice: Wolters Kluwer Health (India); 2021.
60. Neville BW, Damm DD, Allen CM, Chi AC. *Oral and Maxillofacial Pathology*. 5th ed. St. Louis: Elsevier; 2024. 978-0-323-78981-3.
61. Moreno FA. Atlas de neurociencia, DL Felten, AN Shetty, Netter. 2. a edición, Elsevier España SL, Barcelona (2010). Elsevier Doyma; 2010.
62. Melzack W, Wall P. Tratado del dolor. Madrid: Elsevier España; 2007.

63. Allison JR, Stone SJ, Pigg M. The painful tooth: mechanisms, presentation and differential diagnosis of odontogenic pain. *Oral Surgery*. 2020;13(4):309-20. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ors.12481?msocid=09fc6b7ba9be616714e77986a89f60e3>
64. Labanca M, Gianò M, Franco C, Rezzani R. Orofacial Pain and Dentistry Management: Guidelines for a More Comprehensive Evidence-Based Approach. *Diagnostics*. 2023;13(17):2854. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37685392/>
65. Moore KL, Persaud TVN, Torchia MG. *Elsevier Health Sciences*. 24 marzo 2016. 544 p.
66. Kong HJ, Shin TJ, Hyun HK, Kim YJ, Kim JW, Shon WJ. Oxygen saturation and perfusion index from pulse oximetry in adult volunteers with viable incisors. *Acta Odontol Scand*. 2016;74(5):411-5. <https://doi.org/10.3109/00016357.2016.1171898>
67. Setzer FC, Kataoka SH, Natrielli F, Gondim-Junior E, Caldeira CL. Clinical diagnosis of pulp inflammation based on pulp oxygenation rates measured by pulse oximetry. *J Endod*. 2012;38(7):880-3. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22703647/>
68. Mishra S, SSharma D, Bhusari C. Assessing inflammatory status of pulp in irreversible pulpitis cases with pulse oximeter and dental hemogram. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2019;43(5):314-9. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31560589/>
69. De La Sotta-Rubio E, Gonzáles-Mendoza J. Concordancia en el diagnóstico pulpar a través del método de sangrado clínico y el oxímetro de pulso. *Revista científica odontológica*. 2015;3(1):273-9. <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/odontologica/article/view/94>
70. Kahan RS, Gulabivala K, Snook M, Setchell DJ. Evaluation of a pulse oximeter and customized probe for pulp vitality testing. *J Endod*. 1996;22(3):105-9. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8618088/>
71. Autor desconocido. Canales de calcio activados por voltaje en odontología [Internet]. YouTube; 2023 [citado 3 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://youtu.be/9ehKI6jRz9E?si=b6wKSJIB14LAKLk>

Maria Del Rosario Ruiz Magallón

Pulsioximetría como prueba de diagnóstico en la evaluación de vitalidad pulpar. Revisión bibliográfica

 **Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo**

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:410524471

84 Páginas

Fecha de entrega

29 nov 2024, 12:57 p.m. GMT-6

24,079 Palabras

143,274 Caracteres

Fecha de descarga

29 nov 2024, 1:11 p.m. GMT-6

Nombre de archivo

Pulsioximetría como prueba de diagnóstico en la evaluación de vitalidad pulpar. Revisión bibliográfica.pdf

Tamaño de archivo

2.4 MB

23% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Fuentes principales

23%  Fuentes de Internet

8%  Publicaciones

0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión



Texto oculto

137 caracteres sospechosos en N.º de páginas

El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	Especialidad endodoncia	
Título del trabajo	Pulsioximetría como prueba de diagnóstico en la evaluación de la vitalidad pulpar. Revisión bibliográfica	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	María del Rosario Ruiz Magallón	0510948e@umich.mx
Director	Gabriela López Torres	Gabriela.lopez.torres@umich.mx
Codirector	Sonia Elizabeth Huerta Ayala	Sonia.huerta@umich.mx
Coordinador del programa	Luis Alberto Pantoja Villa	Luis.pantoja@umich.mx

Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	no	

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Traducción al español	SI	
Traducción a otra lengua	NO	
Revisión y corrección de estilo	SI	
Análisis de datos	NO	
Búsqueda y organización de información	NO	
Formateo de las referencias bibliográficas	NO	
Generación de contenido multimedia	NO	
Otro	NO	

Datos del solicitante	
Nombre y firma	María del Rosario Ruiz Magallón 
Lugar y fecha	Morelia Michoacán a 28 de noviembre 2024