



TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Odontología

ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE LLM`s EN EL DIAGNÓSTICO DE LA HIPERCEMENTOSIS

Madrid, curso académico 2025/2026

Nº identificativo: 01

RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Grado analiza la hipercementosis, una alteración no neoplásica caracterizada por el depósito excesivo de cemento radicular, y evalúa tanto su prevalencia como el potencial de la inteligencia artificial (IA) en su diagnóstico. Esta condición, generalmente asintomática, se detecta de forma incidental en estudios radiográficos y puede tener implicaciones clínicas relevantes en endodoncia, cirugía oral y ortodoncia.

El estudio se estructuró en dos partes. En primer lugar, se realizó una revisión sistemática y metaanálisis siguiendo las directrices PRISMA, incluyendo diez estudios observacionales con un total de 14.881 pacientes. Los resultados mostraron una prevalencia combinada aproximada del 3,9% a nivel de paciente, aunque con alta heterogeneidad entre estudios. A nivel dentario, la prevalencia fue considerablemente menor (alrededor del 0,25%), lo que confirma que se trata de un hallazgo relativamente poco frecuente. La variabilidad observada se atribuye a diferencias metodológicas, criterios diagnósticos y técnicas de imagen empleadas.

En segundo lugar, se evaluó el rendimiento de distintos chatbots de IA en la respuesta a preguntas sobre hipercementosis. La precisión osciló entre el 53,1% y el 72,7%, mostrando un rendimiento moderado-alto, aunque insuficiente para su uso autónomo en contextos clínicos o académicos. No obstante, la repetibilidad fue elevada, lo que indica consistencia en las respuestas.

En conclusión, la hipercementosis presenta una prevalencia moderada a nivel de paciente, pero baja a nivel dentario, y la IA constituye una herramienta prometedora como apoyo diagnóstico, aunque aún requiere supervisión experta y mayor validación científica.

PALABRAS CLAVE

Hipercementosis, Prevalencia, Revisión sistemática, Meta-análisis, Inteligencia artificial, Diagnóstico radiográfico

ABSTRACT

This undergraduate thesis analyzes hypercementosis, a non-neoplastic condition characterized by excessive cementum deposition on the root surface, and evaluates both its prevalence and the potential role of artificial intelligence (AI) in its diagnosis. This condition is typically asymptomatic and is often detected incidentally in radiographic examinations. Despite its benign nature, it may have important clinical implications in endodontics, oral surgery, and orthodontics.

The study was structured in two main parts. First, a systematic review and meta-analysis were conducted following PRISMA guidelines, including ten observational studies with a total of 14,881 patients. The findings showed a pooled prevalence of approximately 3.9% at the patient level, although with considerable heterogeneity among studies. At the tooth level, the prevalence was significantly lower (around 0.25%), confirming that hypercementosis is a relatively uncommon radiographic finding. The variability across studies was attributed to differences in methodology, diagnostic criteria, and imaging techniques.

Second, the performance of different AI-based chatbots was evaluated in answering questions related to hypercementosis. Accuracy ranged from 53.1% to 72.7%, indicating a moderate-to-high performance, although still insufficient for independent use in clinical or academic settings. However, the results demonstrated high reproducibility, suggesting consistency in responses.

In conclusion, hypercementosis shows a moderate prevalence at the patient level but remains rare at the tooth level. AI represents a promising supportive diagnostic tool, although it still requires expert supervision and further scientific validation before routine clinical implementation.

KEYWORDS

Hypercementosis, Prevalence, Systematic review, Meta-analysis, Artificial intelligence, Radiographic diagnosis

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	OBJETIVOS	7
3.	MÉTODOS	9
4.	RESULTADOS	13
5.	DISCUSIÓN	23
6.	CONCLUSIONES	28
7.	SOSTENIBILIDAD	30
8.	BIBLIOGRAFIA	32

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. LA HIPERCEMENTOSIS: MARCO TEÓRICO

La hipercementosis es una condición no neoplásica caracterizada por la deposición excesiva de cemento a lo largo de la superficie radicular, generando un engrosamiento anómalo o una morfología bulbosa de la raíz afectada (1,2). Además de en los humanos, esta alteración es común en los équidos (3).

El cemento es un tejido mineralizado que cumple una función esencial en el anclaje del diente al alveolo, al proporcionar la inserción de las fibras del ligamento periodontal (4). No obstante, bajo determinados estímulos locales o sistémicos, la deposición de cemento puede exceder los límites fisiológicos normales y dar lugar a hipercementosis. Histológicamente, la lesión consiste en la aposición de capas concéntricas de cemento secundario acelular o celular sobre la raíz, sin destrucción de los tejidos adyacentes (5,6).

Clínicamente la hipercementosis suele ser asintomática y se detecta como un hallazgo casual en radiografías de rutina (7). La presentación más común es un engrosamiento del cemento a nivel del tercio apical de la raíz, aunque también pueden observarse formas generalizadas que afectan a toda la extensión de la raíz, particularmente en asociación con enfermedades sistémicas (8,9). La afección puede afectar a un solo diente o a varios dientes, y se ha informado que muestra una predilección por los molares permanentes, especialmente en el arco mandibular (6,10,11).

La etiología es multifactorial e incluye factores locales (como periodontitis apical crónica, enfermedad periodontal, trauma oclusal, bruxismo, dientes impactados o supra-erupción) (2,12) y factores sistémicos (como enfermedad de Paget, síndrome de Gardner, acromegalia, artritis reumatoide, hipotiroidismo o deficiencia de vitamina D) (2,13–15). A pesar de estas asociaciones, la relación causal entre las enfermedades sistémicas y la hipercementosis no está plenamente respaldada por datos epidemiológicos sólidos.

La patogénesis de la hipercementosis aún no se ha dilucidado completamente, pero la evidencia sugiere que representa una respuesta adaptativa de la superficie radicular al estrés mecánico, la inflamación o las alteraciones metabólicas sistémicas (5,6). Se ha asociado una mutación genética de la ectonucleótidopirofosfatasa/fosfodiesterasa 1 (ENPP1), un regulador que controla las concentraciones de fósforo pericelular, con la hipercementosis (16).

1.1.1. Implicaciones clínicas de la hipercementosis

Desde la perspectiva de la práctica clínica, la hipercementosis tiene implicaciones relevantes en distintas disciplinas odontológicas. En endodoncia, la deposición excesiva de cemento puede reducir el diámetro del foramen apical, lo que complica la determinación de la longitud de trabajo y puede aumentar el riesgo de obstrucción apical o de extrusión durante el tratamiento del conducto radicular (17,18). En cirugía oral, la morfología radicular bulbosa puede dificultar la extracción dental al disminuir la movilidad de la raíz, aumentar el riesgo de fractura radicular o requerir una sección quirúrgica (6,19). En ortodoncia, la hipercementosis puede limitar el movimiento dentario y se ha asociado con un mayor riesgo de anquilosis en algunos informes (20,21). Además, en implantología dental la prevalencia de hipercementosis en los dientes planificados para extracción puede requerir protocolos de extracción modificados para preservar la arquitectura del hueso alveolar (22).

1.1.2. Diagnóstico radiográfico de la hipercementosis

Radiográficamente, la hipercementosis se presenta como un engrosamiento bien definido de la superficie radicular, con el espacio del ligamento periodontal preservado y la lámina dura intacta, lo que ayuda a distinguirla del cementoblastoma y de otras lesiones periapicales escleróticas (6,22) (Fig. 1).



Figura 1. Hipercementosis en la raíz distal de un primer molar inferior. Tomado de Pinto et al. (2017).

Aunque la radiografía panorámica sigue siendo la herramienta diagnóstica más utilizada en los estudios epidemiológicos, la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) ofrece una caracterización superior de la aposición del cemento y de la morfología radicular (23,24). Sin embargo, la CBCT sigue siendo menos utilizada en los estudios de prevalencia, probablemente debido a su mayor costo y a las consideraciones relacionadas con la exposición a la radiación.

1.1.3. Diagnóstico diferencial de la hipercementosis

El diagnóstico diferencial de la hipercementosis incluye varias condiciones que afectan la estructura y densidad del cemento radicular o del hueso periapical. La displasia cemento-ósea periapical es una alteración benigna de los tejidos óseos y cementosos que afecta principalmente a personas de mediana edad, mostrando una mezcla de áreas radiolúcidas y radiopacas en la región periapical.



Figura 2. Osteítis condensante. La línea radiopaca del espacio del ligamento periodontal separa la lesión radiopaca de la raíz dentaria (<https://www.pathologyoutlines.com/topic/mandiblemaxillacondensingosteitis.html>)

La osteítis condensante se presenta como una zona de densidad ósea incrementada en los tejidos adyacentes a un foco infeccioso, generalmente asociado a un diente con pulpitis crónica (Fig. 2).

1.1.4. Estado actual del tema: epidemiología de la hipercementosis

Los estudios epidemiológicos han reportado tasas de prevalencia muy variables para la hipercementosis. Los primeros estudios estimaron una prevalencia de aproximadamente 1–3% en poblaciones generales (23,25), mientras que encuestas posteriores observaron tasas cercanas al 10%, dependiendo de la población estudiada y de los criterios diagnósticos aplicados (9,26). Sin embargo, la interpretación de estos

hallazgos se ve complicada por la alta heterogeneidad entre los estudios en cuanto al tamaño de muestra, la metodología y el umbral diagnóstico.

Hasta la fecha, no se ha realizado ninguna revisión sistemática que sintetice los datos globales sobre la prevalencia de la hipercementosis. La literatura existente consiste principalmente en revisiones narrativas, estudios radiográficos retrospectivos y reportes de casos aislados, los cuales carecen de rigor metodológico y de capacidad de generalización. Se necesita una síntesis integral de las estimaciones de prevalencia para aclarar la carga epidemiológica de la hipercementosis, explorar las posibles fuentes de variación entre poblaciones y proporcionar evidencia que oriente la conciencia clínica y la toma de decisiones. Además, comprender la prevalencia de la hipercementosis podría arrojar luz sobre las tendencias relacionadas con el envejecimiento demográfico, las condiciones sistémicas de salud y los cambios en los patrones de tratamiento dental.

1.2. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO APOYO DIAGNÓSTICO EN LA PATOLOGÍA DENTARIA

La inteligencia artificial (IA) y los *Large Language Models*, o Modelos de Lenguaje de Gran Tamaño (LLM`s) se han consolidado como una herramienta de creciente relevancia en la práctica odontológica contemporánea, particularmente en el ámbito del diagnóstico por imagen. La aplicación de algoritmos de aprendizaje automático y profundo ha permitido optimizar la detección y caracterización de patologías dentales mediante el análisis automatizado de imágenes radiográficas y de tomografía volumétrica de haz cónico (CBCT), favoreciendo diagnósticos más precisos, reproducibles y eficientes (27,28). Esta tecnología ofrece especial potencial en el estudio de condiciones infrecuentes, como la hipercementosis, cuya identificación radiográfica puede resultar compleja debido a la variabilidad anatómica y a la superposición de estructuras óseas y dentales (2,29).

En este contexto, la IA aplicada al diagnóstico dental utiliza principalmente redes neuronales convolucionales (CNN), capaces de procesar y clasificar patrones morfológicos con elevada sensibilidad y especificidad (30,31). Estos modelos de aprendizaje profundo han mostrado resultados prometedores en la detección de múltiples patologías odontológicas, con áreas bajo la curva (AUC) superiores a 0,95 en radiografías panorámicas, superando en algunos casos la precisión de observadores humanos (32). Además, la IA contribuye a reducir la variabilidad interobservador, mejora la eficiencia diagnóstica y ofrece la posibilidad de estandarizar los criterios de interpretación radiográfica (33).

Aplicada al estudio de la hipercementosis, la IA podría desempeñar un papel relevante en tres niveles complementarios. En primer lugar, la segmentación automática de raíces y contornos cementarios posibilitaría la detección temprana de engrosamientos radiculares mínimos, que podrían pasar inadvertidos mediante la observación convencional (34). En segundo lugar, el análisis morfométrico cuantitativo permitiría caracterizar la extensión y distribución de la aposición cementaria, diferenciando entre formas localizadas o generalizadas, y estableciendo correlaciones con factores sistémicos o locales (2,34). Finalmente, la integración de algoritmos de IA en plataformas clínicas digitales —que combinen imágenes CBCT, datos clínicos y registros histológicos— podría contribuir a mejorar la planificación terapéutica y la predicción de complicaciones durante procedimientos quirúrgicos o endodóntico (35).

Pese a estos avances, la evidencia científica específica sobre la aplicación de IA en la detección de hipercementosis es todavía limitada. La mayoría de los estudios existentes se centran en patologías más prevalentes, como la caries (36), las lesiones periapicales (37) o la enfermedad periodontal (38). Por tanto, resulta necesario desarrollar bases de datos más amplias y equilibradas que incluyan casos representativos de hipercementosis, así como protocolos estandarizados de validación externa que aseguren la generalización de los modelos (33,34). En este sentido, la IA debe considerarse como un instrumento complementario al juicio clínico, destinado a potenciar la precisión diagnóstica y no a sustituir la interpretación profesional.

En conclusión, la inteligencia artificial representa un avance sustancial en el diagnóstico por imagen odontológico. En el caso particular de la hipercementosis, su potencial radica en la detección automatizada, la caracterización morfométrica precisa y la mejora en la planificación terapéutica, aunque su aplicación clínica aún requiere validación metodológica y consolidación científica.

2. OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Por todo lo ya expuesto anteriormente, el presente estudio tiene como objetivo **evaluar** la prevalencia de la hipercementosis en poblaciones humanas mediante una revisión sistemática y metaanálisis, así como analizar el rendimiento diagnóstico de diferentes chatbots basados en inteligencia artificial en la respuesta a preguntas relacionadas con esta condición.

2.2. Objetivo específico nº 1: Revisión sistemática y metaanálisis

La primera pregunta de investigación diseñada de acuerdo al marco CoCoPop fue: ¿Cuál es la prevalencia de la hipercementosis en poblaciones humanas dentadas a nivel mundial, identificada mediante diagnóstico radiográfico?

El objetivo específico fue determinar la prevalencia global de la hipercementosis a nivel de paciente y de diente mediante la síntesis de estudios observacionales con diagnóstico radiográfico, analizando la heterogeneidad entre estudios y explorando posibles fuentes de variabilidad, incluyendo el tipo de técnica de imagen utilizada y las características metodológicas de los estudios.

2.3. Objetivo específico nº 2: Evaluación de chatbots

La segunda pregunta de investigación fue: ¿Cuál es el grado de precisión y repetibilidad de diferentes chatbots basados en inteligencia artificial al responder preguntas relacionadas con la hipercementosis?

En este caso, el objetivo específico fue analizar la precisión de diferentes chatbots de inteligencia artificial en la respuesta a preguntas relacionadas con la hipercementosis, utilizando una escala de evaluación estandarizada y evaluando la repetibilidad de las respuestas generadas por los chatbots mediante la comparación de múltiples réplicas bajo condiciones controladas.

3. MÉTODOS

3. MÉTODOS

3.1. DISEÑO DEL ESTUDIO

Se realizó un estudio compuesto por dos partes complementarias:

- a) Revisión sistemática y metaanálisis de estudios observacionales destinados a estimar la prevalencia de la hipercementosis en poblaciones humanas dentadas, siguiendo las directrices PRISMA 2020 para revisiones sistemáticas de estudios de prevalencia.
- b) Evaluación del rendimiento diagnóstico de diferentes chatbots basados en inteligencia artificial (IA) para responder preguntas sobre hipercementosis, con el fin de

3.2. REVISIÓN SISTEMÁTICA Y METAANÁLISIS DE PREVALENCIA DE HIPERCEMENTOSIS

3.2.1. Marco metodológico

La revisión se diseñó siguiendo la guía metodológica del Joanna Briggs Institute (JBI) para revisiones sistemáticas de estudios de prevalencia y el marco CoCoPop (Condición–Contexto–Población) (39). La pregunta se formuló tal como sigue: ¿Cuál es la prevalencia de la hipercementosis en poblaciones humanas dentadas a nivel mundial, identificada mediante diagnóstico radiográfico?

3.2.2. Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Se efectuó una búsqueda exhaustiva en las siguientes bases de datos electrónicas:

PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Embase, SciELO, Google Scholar y OpenGris. El periodo de búsqueda abarcó desde el inicio de cada base de datos hasta la última actualización (marzo 2026). Los términos utilizados en la búsqueda fueron una combinación estructurada de términos MeSH y palabras clave (Tabla 1).

Tabla 1. Estrategia de búsqueda en cada una de las bases de datos.

Search strategy
("Hypercementosis"[Mesh] OR hypercementosis[tiab] OR "cementum thickening"[tiab] OR "excessive cementum"[tiab] OR "cementum hyperplasia"[tiab] OR "root hyperplasia"[tiab] OR "cementum deposition"[tiab])AND("Humans"[Mesh] OR human*[tiab] OR dentate[tiab] OR tooth[tiab] OR teeth[tiab] OR dental[tiab])AND("Prevalence"[Mesh] OR prevalence[tiab] OR frequency[tiab] OR epidemiology[Subheading])AND("Radiography, Dental"[Mesh] OR "Cone-Beam Computed Tomography"[Mesh] OR radiograph*[tiab] OR radiographic[tiab] OR "dental imaging"[tiab] OR "CBCT"[tiab] OR "panoramic radiograph"[tiab])

3.2.3. Selección de los estudios

Tres revisores evaluaron los estudios de manera independiente siguiendo las directrices PRISMA 2020, mediante un proceso en dos etapas: (1) revisión de títulos y resúmenes para excluir artículos irrelevantes y (2) evaluación a texto completo de los estudios potencialmente elegibles según criterios de inclusión y exclusión predefinidos. Las discrepancias se resolvieron mediante discusión y consenso.

3.2.4. Extracción de datos

La extracción de datos se realizó en una hoja estandarizada en Excel. Se recopilaban variables metodológicas, demográficas, radiográficas, y los criterios diagnósticos.

3.2.5. Análisis de datos

El análisis cuantitativo tuvo como objetivo estimar la prevalencia combinada (*pooled prevalence*) de hipercementosis a partir de estudios observacionales radiográficos.

Todos los análisis estadísticos primarios se realizaron con OpenMeta[Analyst] (Universidad de Brown, versión 10.10). Para garantizar la solidez de los resultados, las estimaciones combinadas y las medidas de heterogeneidad se verificaron de forma independiente mediante la herramienta web Meta-Analysis Online (<https://metaanalysisonline.com/>; consultada el 29 de marzo de 2026).

3.2.6. Evaluación de riesgo de sesgo

La calidad metodológica y el riesgo de sesgo de los estudios incluidos fueron evaluados de forma independiente por tres revisores mediante una versión modificada de la escala Newcastle–Ottawa (NOS), adaptada específicamente para estudios transversales de prevalencia, por considerarse más adecuada para este tipo de diseños observacionales.

3.3. EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DIAGNÓSTICO DE DIFERENTES CHATBOTS

La segunda parte de este estudio tuvo como objetivo evaluar el rendimiento de distintos chatbots basados en inteligencia artificial en la respuesta a preguntas relacionadas con la hipercementosis. Para ello, se diseñó un estudio observacional comparativo en el que se analizaron tanto la precisión como la repetibilidad de las respuestas generadas.

Se elaboró una base de datos en Microsoft Excel que incluía un total de 20 preguntas, cuidadosamente seleccionadas a partir del contenido teórico desarrollado en el presente trabajo, con el fin de garantizar su validez conceptual y relevancia clínica. Cada pregunta disponía de una respuesta de referencia considerada como estándar (*gold standard*),

utilizada posteriormente para la evaluación de la exactitud de las respuestas generadas por los modelos.

Las preguntas fueron introducidas de manera independiente en cinco sistemas de inteligencia artificial conversacional: ChatGPT, Gemini, DeepSeek, Venice Chat y Claude AI. Cada pregunta fue formulada en cinco ocasiones diferentes a cada chatbot, manteniendo las mismas condiciones de entrada, con el objetivo de evaluar la estabilidad de las respuestas (repetibilidad) y detectar posibles variaciones asociadas al carácter probabilístico de estos modelos generativos.

En total, se obtuvieron 500 respuestas (20 preguntas $\times$ 5 chatbots $\times$ 5 réplicas), que fueron posteriormente evaluadas por examinadores expertos en el área. La valoración se realizó mediante una escala ordinal de tres categorías: 0 (respuesta incorrecta), 1 (respuesta parcialmente correcta o incompleta) y 2 (respuesta correcta). Este sistema de puntuación permitió cuantificar de forma estructurada tanto la exactitud como el grado de adecuación de cada respuesta.

Adicionalmente, para minimizar el sesgo de evaluación, los examinadores aplicaron criterios homogéneos previamente definidos, basados en la concordancia con la respuesta de referencia y en la adecuación del contenido clínico. Esta metodología permitió analizar no solo la precisión global de los modelos, sino también su consistencia interna, proporcionando una evaluación integral del rendimiento de los chatbots en un contexto clínico-teórico.

3.4. BIBLIOGRAFÍA

El manejo de las referencias bibliográficas se ha realizado con el gestor Mendeley, utilizando el sistema Vancouver.

3.5. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Para la elaboración de este trabajo se han utilizado herramientas de inteligencia artificial, bajo la autorización del director, exclusivamente como apoyo en la redacción y revisión lingüística, bajo supervisión crítica del autor. El contenido científico, el análisis de los datos y las conclusiones son responsabilidad íntegra del autor.

4. RESULTADOS

4. RESULTADOS

4.1. REVISIÓN SISTEMÁTICA Y META-ANÁLISIS DE LA PREVALENCIA DE HIPERCEMENTOSIS

4.1.1. Estrategia de búsqueda y proceso de selección

La búsqueda inicial identificó 76 títulos (Fig. 3). Tras la eliminación de duplicados (n = 56), quedaron 20 artículos. De estos, 5 fueron excluidos después de la lectura del resumen por no estar relacionados con el tema (2,40–43), y 15 fueron seleccionados para la revisión a texto completo.

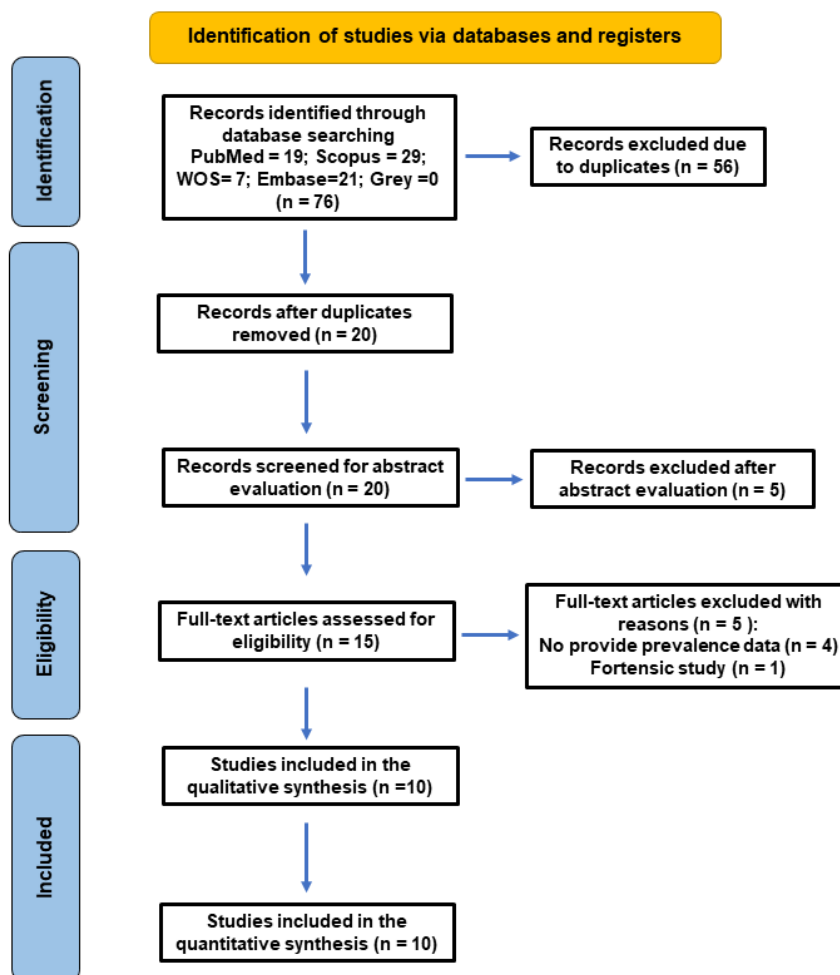


Figura 3. Diagrama de flujo de los estudios incluidos en la revisión sistemática y el metaanálisis.

Tras la lectura a texto completo, varios artículos fueron excluidos (Tabla 2).

Tabla 2. Estudios excluidos y el motivo de exclusión

Razones	Estudios excluidos
Because they did not provide sufficient data for prevalence estimation	Souza et al. 2018 (44) Pallikaraki et al. 2020 (45) Kashmoola et al., 2021 (46) Kammoun et al., 2024 (29)
Forensic descriptive study, non-population-based	Du et al. 2021 (47)

4.1.2. Características de los estudios incluidos

La Tabla 3 muestra las principales características de los 10 estudios finalmente incluidos. La mayoría de los estudios fueron realizados en Asia (9,10,23,48–51), dos en Hispanoamérica (26,52) y uno en Europa (25).

Tabla 3. Características de los estudios incluidos en la revisión.

Autor, año y país	Diseño	Muestra	Tipo de radiografía	Criterios diagnósticos de hipercementosis	Análisis
Bürklein et al., 2012 Germany	Trasversal	800 pacientes 18,589 dientes	Periapical	Engrosamiento de la raíz con espacio PDL y lámina dura intactos	Paciente / Diente
Eren et al., 2017 Turkey	Trasversal	1152 pacientes 29,606 dientes	CBCT	Cemento excesivo, sin pérdida de lámina dura	Paciente / Diente
Luke et al., 2017 United Arab Emirates	Trasversal	425 pacientes	OPG	Engrosamiento de la raíz	Paciente
Patil et al., 2018 Saudi Arabia	Trasversal	642 pacientes 4471 dientes	CBCT	Engrosamiento del cemento	Paciente / Diente
Haghanifar et al., 2019 Iran	Trasversal	8018 pacientes	OPG	Engrosamiento de la raíz	Paciente
Elsayed et al., 2019b Saudi Arabia	Trasversal	815 pacientes (mujeres)	OPG	Engrosamiento radicular bien definido	Paciente
Defne et al., 2021 Turkey	Trasversal	1176 pacientes	OPG	Clasificación morfológica (difusa, focal)	Paciente
Malik et al., 2021 Pakistan	Trasversal	450 pacientes	Periapical	Engrosamiento del cemento	Paciente
Bernal-Ruiz et al., 2023 Mexico	Trasversal	1193 pacientes	OPG	Clasificación morfológica (difusa, focal) con espacio PDL y lámina dura intactos	Paciente
Escuza et al., 2025 Peru	Trasversal	210 pacientes	OPG	Engrosamiento de la raíz	Paciente

CBCT: tomografía computerizada de haz cónico; OPG: ortopantomografía; PDL: ligamento periodontal ligament.

4.1.3. Datos extraídos sobre la prevalencia de hipercementosis

La Tabla 4 presenta los datos extraídos y la prevalencia de hipercementosis por paciente y por diente cuando fue reportada. En la síntesis cuantitativa se incluyeron diez estudios transversales con datos radiográficos, que abarcaron 14.881 pacientes y más de 52.000 dientes evaluados.

Tabla 4. Datos extraídos y compilados que muestran la prevalencia de hipercementosis por paciente y por diente.

Autor, año, país	Muestra	Pacientes con HC	Prevalencia de HC (% pacientes)	Dientes totales	Dientes con HC	Prevalencia de HC (% dientes)
Bürklein et al., 2012 Germany	800	10	1.3	18,589	22	0.12
Eren et al., 2017 Turkey	1152	28	2.4	29,606	42	0.14
Luke et al., 2017 United Arab Emirates	425	43	10.2	---	---	---
Patil et al., 2018 Saudi Arabia	642	31	4.8	4471	43	0.96
Haghanifar et al., 2019 Iran	8018	16	0.2	---	---	---
Elsayed et al., 2019b Saudi Arabia	815 (women)	80	9.8	---	---	---
Defne et al., 2021 Turkey	1176	127	10.8	---	---	---
Malik et al., 2021 Pakistan	450	29	6.4	---	---	---
Bernal-Ruiz et al., 2023 Mexico	1193	194	16.3	---	---	---
Escuza et al., 2025 Peru	210	2	1.0	---	---	---
Overall	14,881	560	Pooled weighted 3.76% (95% CI: 3.46–4.07%)	52,666	107	Pooled weighted 0.20% (95% CI: 0.17–0.24%)

En general, los estudios poblacionales de gran tamaño reportaron prevalencias bajas, mientras que las muestras clínicas o de conveniencia tendieron a mostrar valores más elevados. La mayoría de los estudios con muestreo representativo o aleatorio informaron prevalencias entre 1% y 6%, lo que sugiere una frecuencia relativamente baja en la población general.

La prevalencia bruta ponderada por tamaño muestral a nivel de paciente fue de 3,76% (IC 95%: 3,46–4,07%), equivalente a 560 individuos afectados entre 14.881 evaluados. Sin embargo, el metaanálisis con modelo de efectos aleatorios arrojó una prevalencia combinada de 3,9% (IC 95%: 2,0–7,3%), incorporando la variabilidad entre estudios (τ^2) y generando intervalos de confianza más amplios que reflejan la heterogeneidad existente.

4.1.4. Síntesis cuantitativa y metaanálisis

La síntesis cuantitativa incluyó diez estudios transversales que reportaron la prevalencia de hipercementosis a nivel de paciente (Fig. 4). Se realizó un metaanálisis con modelo

de efectos aleatorios para estimar la prevalencia global, abarcando un total de 14.881 individuos. Utilizando el modelo de efectos aleatorios de DerSimonian–Laird aplicado a proporciones transformadas mediante logit, la prevalencia combinada de hipercementosis fue de 3,9% (IC 95%: 2,0–7,3%).

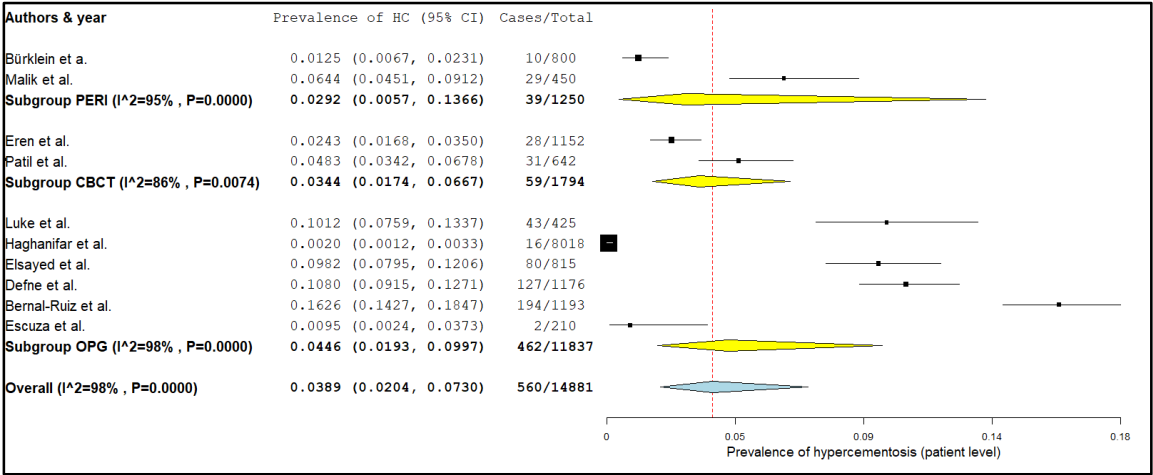
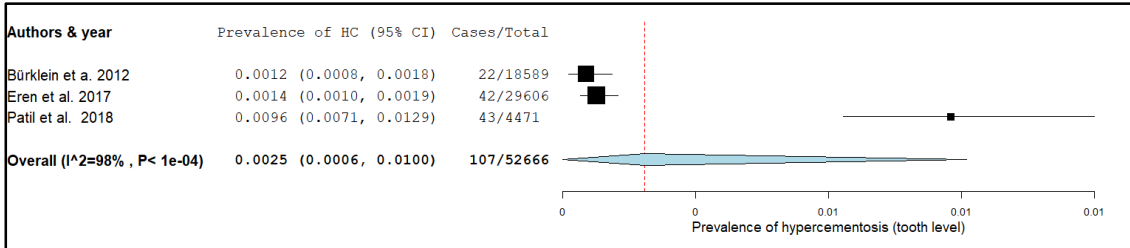


Figura 4. Forest plot del metaanálisis sobre la prevalencia de hipercementosis a nivel de paciente.

Además del análisis a nivel de paciente, se realizó una síntesis cuantitativa independiente para evaluar la prevalencia a nivel de diente (Fig. 5).

Figura 5. Forest plot de las estimaciones de prevalencia de hipercementosis a nivel de diente.



4.1.5. Análisis del riesgo de sesgo

De los 10 estudios incluidos, 6 fueron clasificados con riesgo de sesgo moderado, 3 con alto riesgo y 1 con bajo riesgo. El riesgo moderado dependió de las limitaciones en representatividad y justificación del tamaño muestral. La medición fue generalmente adecuada, pero el análisis estadístico y el sesgo de no respuesta fueron inconsistentes. Solo unos pocos estudios alcanzaron bajo riesgo gracias a muestreo riguroso y metodologías bien definidas. En conjunto, la evidencia incluida presenta un riesgo de sesgo global moderado.

Los resultados de esta revisión sistemáticas acaban de salir publicados en el número de marzo del International Endodontic Journal:

Segura-Raya C, Diaz-Flores V, Martín-Jiménez M, Segura-Egea JJ. Prevalence of Hypercementosis in Radiographic Studies: A Systematic Review and Meta-Analysis With Clinical Implications for Endodontic Assessment. *Int Endod J*. 2026 Mar 23. doi: 10.1111/iej.70147. Epub ahead of print. PMID: 41869868.

4.2. EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DIAGNÓSTICO DE DIFERENTES CHATBOTS

4.2.1 Distribución de las calificaciones del experto

Se analizaron un total de 20 preguntas, cada una evaluada mediante cinco réplicas generadas por cinco chatbots (N nominal = 25 respuestas por pregunta). Las respuestas fueron clasificadas por un experto en una escala ordinal de tres categorías: 0 (Disagree), 1 (parcialmente correcta o incompleta) y 2 (Agree).

La distribución de las calificaciones mostró una elevada proporción de respuestas clasificadas como correctas en varias preguntas, con porcentajes del 100% de puntuaciones “Agree” en algunas de ellas. Los resultados detallados se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Distribución de calificaciones del experto por pregunta.

Pregunta	N evaluadas	n (0)	% (0)	n (1)	% (1)	n (2)	% (2)
1	25	0	0,0	0	0,0	25	100,0
2	25	0	0,0	6	24,0	19	76,0
3	25	0	0,0	0	0,0	25	100,0
4	25	3	12,0	7	28,0	15	60,0
5	25	1	4,0	1	4,0	23	92,0
6	25	0	0	14	56	11	46
7	25	2	8	7	28	16	64
8	25	7	28	0	0	18	72
9	25	1	4	18	72	6	24
10	25	0	0	6	24	19	76
11	25	0	0	0	0	25	100
12	25	2	8	13	52	10	60
13	25	1	4	2	8	21	88
14	25	3	12	10	40	12	48
15	25	0	0	13	52	12	48
16	25	1	4	12	48	12	48
17	25	3	12	14	56	8	32
18	25	6	24	15	60	4	16
19	25	3	12	11	44	11	44
20	25	0	0	5	20	20	80

4.2.2. Precisión de los chatbots

La precisión se definió como la proporción de respuestas con puntuación 2 (Agree). Las estimaciones se expresan como n/N (%) con intervalos de confianza del 95% (IC95%) calculados mediante el método binomial de Wald.

La precisión global varió entre el 53,1% y el 72,7% según el chatbot evaluado (Tabla 6).

Tabla 6. Precisión global de los chatbots (respuestas correctas).

Chatbot	Respuestas correctas	Proporción (%)	IC95%
Chatbot 1	72/99	72,7	64,0–81,5
Chatbot 2	62/99	62,6	53,1–72,2
Chatbot 3	52/98	53,1	43,2–62,9
Chatbot 4	56/99	56,6	46,8–66,3
Chatbot 5	68/99	68,7	59,6–77,8

La figura 6 muestra la precisión de los distintos chatbots en términos de proporción de respuestas correctas con puntuación 2 (Agree) para cada chatbot, junto con sus intervalos de confianza del 95% calculados mediante el método binomial de Wald. Se La línea vertical representa una proporción de referencia de 0,5. Los puntos indican la estimación puntual y las barras horizontales el IC95%.

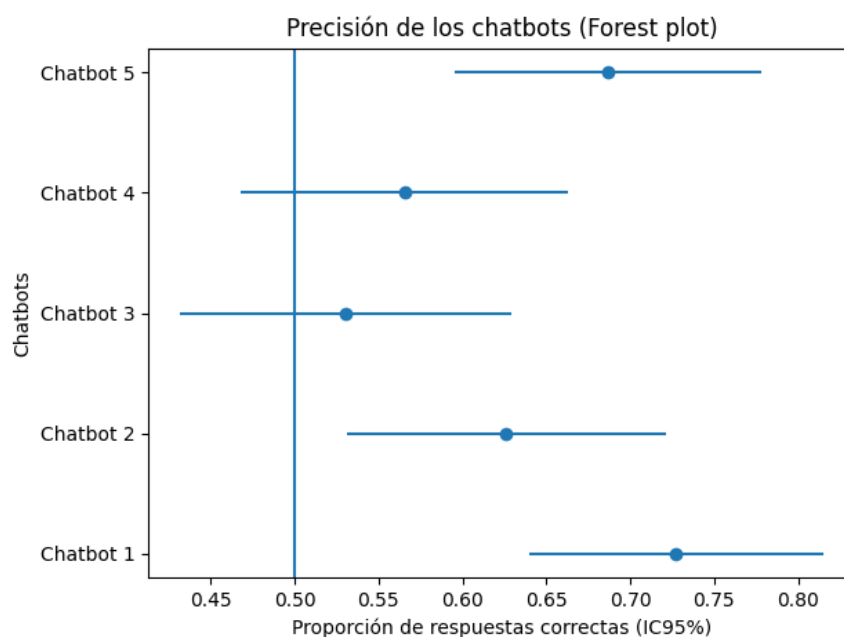


Figura 6. Precisión de los chatbots en la generación de respuestas correctas.

Se observa que el Chatbot 1 y el Chatbot 5 presentan las mayores estimaciones puntuales de precisión, ambas por encima del 70%, mientras que el Chatbot 3 muestra el rendimiento más bajo, cercano al 55%.

Los intervalos de confianza reflejan cierto solapamiento entre modelos, lo que sugiere que algunas diferencias podrían no ser estadísticamente significativas. No obstante, la tendencia general indica un mejor desempeño de los chatbots 1 y 5. La línea vertical en

0,5 actúa como referencia, mostrando que todos los modelos superan este umbral, lo que confirma un rendimiento global moderado-alto.

4.2.3. Repetibilidad de las calificaciones entre réplicas

La consistencia entre las réplicas se evaluó mediante medidas de concordancia ponderadas para variables ordinales (0–2), empleando ponderación cuadrática.

La **repetibilidad global** entre réplicas fue elevada, evidenciando una alta consistencia en las respuestas generadas por los chatbots (Tabla 7). El porcentaje de acuerdo ponderado alcanzó un valor de 0,900 (IC95%: 0,870–0,930), lo que indica que, en términos generales, las respuestas coincidieron en la gran mayoría de las evaluaciones.

Tabla 7. Repetibilidad global entre réplicas (ponderada).

Medida	Estimación IC95%	
Porcentaje de acuerdo ponderado	0,900	0,870–0,930
Brennan y Prediger	0,700	0,609–0,791
Kappa de Fleiss	0,490	0,381–0,600
Kappa generalizado de Conger	0,491	0,382–0,600
AC de Gwet (AC2)	0,794	0,718–0,870
Alfa de Krippendorff	0,491	0,382–0,601

Las medidas de concordancia ajustadas mostraron resultados concordantes, aunque con diferencias entre métricas. El coeficiente AC2 de Gwet fue de 0,794 (IC95%: 0,718–0,870), indicando un nivel de concordancia sustancial. Este valor, superior al de los coeficientes Kappa, sugiere una buena estabilidad de las respuestas incluso considerando posibles efectos de prevalencia o distribución desigual de las categorías.

En conjunto, estos resultados indican que la repetibilidad global de las respuestas es alta, aunque las diferencias entre métricas ponen de manifiesto la influencia de factores como la prevalencia de las categorías y la estructura de los datos. En este contexto, el coeficiente AC2 de Gwet proporciona una estimación más robusta de la concordancia, apoyando la interpretación de una consistencia sustancial en las respuestas generadas.

La **repetibilidad estratificada** por chatbot (ponderada) mostró una elevada consistencia global, aunque con diferencias relevantes entre modelos (Tabla 8).

Tabla 8. Repetibilidad estratificada por chatbot (ponderada)

Chatbot	Medida	Estimación	IC95%
1	% acuerdo ponderado	0,939	0,904–0,975
1	Brennan y Prediger	0,818	0,712–0,925
1	Kappa de Fleiss	0,507	0,303–0,711
1	Kappa de Conger	0,508	0,306–0,710
1	AC de Gwet (AC2)	0,899	0,815–0,984
1	Alfa de Krippendorff	0,512	0,309–0,716
2	% acuerdo ponderado	0,863	0,785–0,941
2	Brennan y Prediger	0,589	0,355–0,824
2	Kappa de Fleiss	0,307	0,029–0,586
2	Kappa de Conger	0,310	0,031–0,588
2	AC de Gwet (AC2)	0,717	0,527–0,908
2	Alfa de Krippendorff	0,315	0,036–0,593
3	% acuerdo ponderado	0,878	0,794–0,961
3	Brennan y Prediger	0,633	0,382–0,884
3	Kappa de Fleiss	0,493	0,249–0,737
3	Kappa de Conger	0,495	0,255–0,734
3	AC de Gwet (AC2)	0,702	0,452–0,952
3	Alfa de Krippendorff	0,499	0,255–0,742
4	% acuerdo ponderado	0,855	0,765–0,945
4	Brennan y Prediger	0,566	0,296–0,835
4	Kappa de Fleiss	0,307	0,081–0,533
4	Kappa de Conger	0,308	0,085–0,532
4	AC de Gwet (AC2)	0,676	0,428–0,923
4	Alfa de Krippendorff	0,314	0,089–0,540
5	% acuerdo ponderado	0,963	0,915–1,000
5	Brennan y Prediger	0,889	0,745–1,000
5	Kappa de Fleiss	0,798	0,580–1,000
5	Kappa de Conger	0,798	0,580–1,000
5	AC de Gwet (AC2)	0,930	0,828–1,000
5	Alfa de Krippendorff	0,800	0,582–1,000

En términos de acuerdo ponderado, todos los chatbots presentaron valores altos (0,855–0,963), destacando el Chatbot 5 con el mayor nivel de concordancia (0,963; IC95%: 0,915–1,000), seguido del Chatbot 1 (0,939; IC95%: 0,904–0,975). Estos resultados indican una alta estabilidad en las respuestas ante réplicas idénticas.

En conjunto, estos hallazgos indican que, aunque todos los modelos presentan una repetibilidad elevada, existen diferencias claras en la estabilidad interna de las respuestas, siendo los chatbots 1 y 5 los más consistentes. La discrepancia entre métricas de concordancia resalta la importancia de utilizar indicadores robustos como el AC2 de Gwet en contextos con distribuciones desequilibradas, evitando la infraestimación de la concordancia asociada a los coeficientes Kappa.

5. DISCUSIÓN

5. DISCUSIÓN

5.1. REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA PREVALENCIA DE HIPERCEMENTOSIS

Esta revisión sistemática y metaanálisis ofrece la primera síntesis integral de la prevalencia de hipercementosis derivada de estudios radiográficos. En conjunto, los resultados indican que, aunque la hipercementosis es poco frecuente a nivel dentario, aproximadamente el 4% de los pacientes presenta al menos un diente afectado. No obstante, los amplios intervalos de confianza y la considerable variabilidad entre estudios obligan a una interpretación cautelosa. En el análisis combinado, la prevalencia estimada a nivel de paciente fue de 3,9% (IC 95%: 2,0–7,3%).

5.1.1. Relevancia clínica: implicaciones para la endodoncia

Aunque la presente revisión tiene un carácter epidemiológico, la identificación de hipercementosis en aproximadamente el 4% de los pacientes puede plantear consideraciones clínicamente relevantes cuando se interpreta dentro de marcos pronósticos endodónticos más amplios. Análisis recientes basados en CBCT han destacado la importancia de los factores anatómicos preoperatorios en la determinación de la complejidad del tratamiento y el pronóstico (57). En estos modelos estructurados, las desviaciones de la anatomía radicular típica se consideran modificadores de la dificultad técnica, más que hallazgos radiográficos incidentales.

Si bien la prevalencia combinada a nivel de paciente ($\approx 3,9\%$) sugiere que la hipercementosis no es infrecuente en evaluaciones radiográficas generales, esta cifra representa la proporción de individuos con al menos un diente afectado y no refleja directamente la exposición procedimental en la práctica endodóntica. En cambio, la prevalencia a nivel de diente (0,25%) ofrece una estimación más pertinente de la probabilidad de que un diente específico sometido a tratamiento endodóntico presente hipercementosis.

5.1.2. Fortalezas y limitaciones

Esta revisión presenta varias fortalezas metodológicas. Se realizó una estrategia de búsqueda exhaustiva en múltiples bases de datos sin restricciones de idioma, complementada con búsquedas manuales, lo que minimiza el riesgo de omitir estudios relevantes. El cribado independiente por duplicado, la extracción estandarizada de datos y la evaluación formal del riesgo de sesgo se llevaron a cabo conforme a las guías establecidas para revisiones de prevalencia (39,58). Además, la realización de síntesis

cuantitativas separadas a nivel de paciente y de diente permitió una comprensión más diferenciada de la carga epidemiológica de la hipercementosis.

Finalmente, no puede descartarse la presencia de sesgo de publicación y efectos de estudios pequeños. Las series clínicas de menor tamaño tendieron a reportar prevalencias más altas, mientras que los conjuntos de datos más amplios se agruparon en torno a estimaciones menores. Aunque este patrón puede reflejar diferencias poblacionales reales, refuerza la necesidad de interpretar los resultados con prudencia.

5.1.3. Implicaciones para futuras investigaciones

Las futuras investigaciones no solo deberían centrarse en refinar las estimaciones de prevalencia, sino también en abordar la variabilidad metodológica identificada en la evidencia actual. El progreso en este campo requiere la adopción de marcos diagnósticos e imagenológicos estandarizados y operativos.

5.2. EVALUACIÓN DE LOS CHATBOTS

El presente estudio evaluó la precisión, variabilidad y repetibilidad de cinco chatbots generativos mediante la respuesta a 20 preguntas, cada una replicada cinco veces por modelo. Los resultados permiten extraer conclusiones relevantes sobre el rendimiento comparativo de estos sistemas y sobre la estabilidad interna de sus respuestas ante preguntas idénticas.

5.2.1. Precisión global de los chatbots

La precisión global osciló entre el 53,1% y el 72,7%, lo que evidencia diferencias sustanciales en el desempeño entre modelos. El Chatbot 1 obtuvo la mayor proporción de respuestas correctas (72,7%), seguido del Chatbot 5 (68,7%), mientras que el Chatbot 3 presentó el rendimiento más bajo (53,1%).

Estos resultados sugieren que, aunque todos los modelos muestran una capacidad considerable para generar respuestas correctas, ninguno alcanza niveles cercanos a la fiabilidad absoluta. Incluso el modelo con mayor precisión presentó aproximadamente un 27% de respuestas no completamente correctas. Desde una perspectiva clínica o académica, esta variabilidad puede tener implicaciones importantes, especialmente en contextos donde la exactitud es crítica.

Además, los intervalos de confianza del 95% muestran cierto solapamiento entre modelos, lo que indica que, aunque existen diferencias numéricas, estas podrían no ser estadísticamente significativas en todos los casos. Sin embargo, la tendencia consistente a favor de los chatbots 1 y 5 sugiere una mayor robustez estructural en su entrenamiento o arquitectura.

5.2.2. Variabilidad por pregunta

La distribución de calificaciones por pregunta muestra que algunas alcanzaron un 100% de respuestas clasificadas como “Agree” (por ejemplo, preguntas 1 y 3), mientras que otras presentaron mayor heterogeneidad (por ejemplo, pregunta 4, con 12% de desacuerdos y 28% de respuestas parciales).

Este patrón sugiere que la dificultad o el grado de ambigüedad inherente a la pregunta influye de manera significativa en el rendimiento de los modelos. Las preguntas más directas o basadas en conocimientos bien establecidos tienden a generar consenso entre chatbots, mientras que aquellas que requieren interpretación, contextualización o matices clínicos producen mayor dispersión en las respuestas.

Desde un punto de vista metodológico, esto confirma que la evaluación del rendimiento de modelos de lenguaje no debe limitarse a métricas globales, sino que debe considerar

el comportamiento específico por tipo de pregunta. La variabilidad temática podría ser un factor determinante en la estabilidad del rendimiento.

5.2.3. Repetibilidad entre réplicas

Uno de los hallazgos más relevantes del estudio es la elevada repetibilidad global, con un porcentaje de acuerdo ponderado del 90,0% y un AC2 de Gwet de 0,794 (IC95% 0,718–0,870), lo que indica una concordancia sustancial.

Es especialmente relevante que el AC2 de Gwet sea notablemente superior al Kappa de Fleiss (0,490), lo que sugiere que la concordancia no está siendo subestimada por efectos de prevalencia o sesgos marginales. Este fenómeno es conocido en estudios de fiabilidad cuando una categoría domina claramente la distribución (como ocurre aquí con la categoría “Agree”).

La repetibilidad estratificada muestra diferencias entre chatbots. El Chatbot 5 presentó la mayor consistencia interna (AC2 = 0,930), seguido del Chatbot 1 (AC2 = 0,899), mientras que los chatbots 2, 3 y 4 mostraron valores más moderados (0,676–0,717). Esto indica que algunos modelos no solo son más precisos, sino también más estables en sus respuestas ante la misma pregunta.

Desde una perspectiva aplicada, la estabilidad es un atributo fundamental. Un modelo que responde de forma diferente ante la misma consulta introduce incertidumbre adicional, lo que puede comprometer su utilidad en entornos académicos o clínicos.

5.2.4. Relación entre precisión y repetibilidad

Un aspecto interesante es la posible correlación entre precisión y repetibilidad. Los modelos con mayor precisión (Chatbots 1 y 5) también mostraron mayor consistencia interna. Esto sugiere que los sistemas mejor entrenados no solo aciertan más, sino que presentan menor variabilidad estocástica en la generación de texto.

Por el contrario, los modelos con menor precisión también mostraron menor acuerdo entre réplicas, lo que podría indicar mayor sensibilidad a la aleatoriedad inherente al proceso generativo.

6. CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

1ª) En relación con el primer objetivo, la hipercementosis presenta una prevalencia global aproximada del 4% a nivel de paciente, mientras que su frecuencia a nivel dentario es considerablemente menor. No obstante, la elevada heterogeneidad entre estudios, junto con la variabilidad en los criterios diagnósticos, técnicas de imagen y estrategias de muestreo, limita la precisión de estas estimaciones. Por tanto, los resultados deben interpretarse con cautela y considerarse como una aproximación orientativa más que como una medida epidemiológica definitiva.

2ª). En relación con el segundo objetivo, los chatbots evaluados mostraron un rendimiento moderado-alto en términos de precisión y una elevada repetibilidad global, lo que indica una consistencia interna aceptable en sus respuestas. Sin embargo, se observaron diferencias entre modelos, siendo algunos más precisos y estables que otros. A pesar de estos resultados, ninguno de los sistemas alcanzó un nivel de fiabilidad suficiente para su uso independiente, por lo que su aplicación debe considerarse complementaria y siempre bajo supervisión experta.

3ª) En conjunto, los hallazgos de este estudio evidencian la necesidad de mejorar la calidad metodológica de los estudios epidemiológicos sobre hipercementosis y de continuar evaluando el papel de la inteligencia artificial en el ámbito odontológico. La estandarización de criterios diagnósticos y el desarrollo de herramientas de IA más precisas podrían contribuir a una mejor comprensión y manejo clínico de esta condición.

7. SOSTENIBILIDAD

7. SOSTENIBILIDAD

El presente Trabajo Fin de Grado se alinea con los principios de sostenibilidad en sus dimensiones ambiental, social y económica, en coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Desde la perspectiva ambiental, se trata de una investigación basada en revisión sistemática y análisis de datos secundarios, lo que minimiza el impacto ecológico al no requerir consumo de recursos clínicos ni generación de residuos sanitarios. Asimismo, el uso de herramientas digitales para la gestión bibliográfica y el análisis de datos contribuye a la reducción del consumo de papel y fomenta prácticas académicas más sostenibles, en línea con el ODS 12 (Producción y consumo responsables).

En el ámbito social, este estudio se vincula directamente con el ODS 3 (Salud y bienestar), al aportar evidencia sobre la prevalencia de la hipercementosis y analizar el potencial de la inteligencia artificial como herramienta de apoyo diagnóstico. Estos avances pueden favorecer una atención odontológica más precisa, accesible y basada en la evidencia, contribuyendo a mejorar la calidad asistencial y a reducir desigualdades en el acceso al conocimiento clínico.

Desde el punto de vista económico, la incorporación de sistemas de inteligencia artificial en el diagnóstico odontológico puede optimizar el uso de recursos sanitarios, mejorar la eficiencia clínica y reducir costes asociados a pruebas innecesarias o errores diagnósticos. En este sentido, el estudio también se relaciona con el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), al promover la integración de tecnologías digitales en el ámbito sanitario. En conjunto, este trabajo impulsa un modelo de odontología más eficiente, innovador y sostenible, con impacto positivo a largo plazo en el sistema de salud.

8. BIBLIOGRAFÍA

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Martín-Torres M, Martín-Francés L, Gracia A, Olejniczak A, Prado-Simón L, Gómez-Robles A, et al. Early Pleistocene human mandible from Sima del Elefante (TE) cave site in Sierra de Atapuerca (Spain): A palaeopathological study. *J Hum Evol* [Internet]. 2011;61(1):1–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhevol.2011.01.004>
2. Massé L, Garot E, Maureille B, Le Cabec A. Insights into the aetiologies of hypercementosis: A systematic review and a scoring system. *Arch Oral Biol*. 2023;146(September 2022):105599.
3. Jensen A, Clarke EJ, Nugent Z, Paice E, Gringel I, Yamamoto K, et al. Inflammation and response to bacterial infection as potential drivers of equine odontoclastic tooth resorption and hypercementosis: A proteomics insight. *Equine Vet J* [Internet]. 2025 Jul 1 [cited 2025 Oct 28];57(4):977–90. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39777419/>
4. Saito MM, Onuma K, Yamakoshi Y. Cementum is key to periodontal tissue regeneration: A review on apatite microstructures for creation of novel cementum-based dental implants. *Genesis* [Internet]. 2023 Jul 1 [cited 2025 Oct 28];61(3–4). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37067171/>
5. Pinheiro BC, Pinheiro TN, Capellozza ALA, Consolaro A. A scanning electron microscopic study of hypercementosis. *J Appl Oral Sci* [Internet]. 2008 [cited 2025 Oct 28];16(6):380–4. Available from: <https://www.scielo.br/j/jaos/a/7x3KwFVPGQgZPqgsYfFgkwh/?lang=en>
6. Consolaro A, Consolaro RB, Francischone LA. Cementum, apical morphology and hypercementosis: a probable adaptive response of the periodontal support tissues and potential orthodontic implications. *Dental Press J Orthod* [Internet]. 2012 [cited 2025 Oct 28];17(1):21–30. Available from: <https://www.scielo.br/j/dpjo/a/GWWhmFDVWMJzzPwc83KM7WGL/?lang=en>
7. Idrovo-Heredia GE, Mejía-Morales SH, Munevar-Niño JC, Gutmann JL. Endodontic Management of Hypercementosis in Conjunction with Asymptomatic Apical Periodontitis: A Case Report. *Open Dent J*. 2019 Sep 25;13(1):296–300.
8. Zhou J, Zhao YF, Xia CY, Jiang L. Periodontitis with hypercementosis: report of a case and discussion of possible aetiologic factors. *Aust Dent J* [Internet]. 2012 Dec [cited 2025 Oct 28];57(4):511–4. Available from:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23186579/>

9. Defne YY, İlknur E, Melike K, Sümeyya B, Fatmanur K, Yener Ü. Prevalence of hypercementosis and frequency of possible etiological factors in a Turkish subpopulation. *Niger J Clin Pract* [Internet]. 2021 Apr [cited 2025 Oct 28];24(4):483–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33851668/>
10. Elsayed SA, Ayed Y, Alolayan AB, Farghal LM, Kassim S. Radiographic evaluation and determination of hypercementosis patterns in Al-Madinah Al-Munawwarah, Saudi Arabia: A retrospective cross-sectional study. *Niger J Clin Pract*. 2019;22(7):957–60.
11. Mupparapu M, Shi KJ, Ko E. Differential Diagnosis of Periapical Radiopacities and Radiolucencies. *Dent Clin North Am*. 2020 Jan 1;64(1):163–89.
12. Bailey SE, Hublin JJ. Dental remains from the Grotte du Renne at Arcy-sur-Cure (Yonne). *J Hum Evol*. 2006 May 1;50(5):485–508.
13. Kupfer IJ. Correlation of Hypercementosis with Toxic Goiter: A Preliminary Report. *J Dent Res* [Internet]. 1951 [cited 2025 Oct 28];30(5):734–6. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/00220345510300051701>
14. Comuzzie AG, Steele DG. Enlarged occlusal surfaces on first molars due to severe attrition and hypercementosis: Examples from prehistoric coastal populations of Texas. *Am J Phys Anthropol* [Internet]. 1989 Jan 1 [cited 2025 Oct 28];78(1):9–15. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ajpa.1330780104>
15. Polisetti N, Neerupakam M, Prathi VS, Prakash J, Vaishnavi D, Beeraka S, et al. Osteonecrosis Secondary to Paget's Disease: Radiologic and Pathologic Features. *J Clin Imaging Sci* [Internet]. 2014 [cited 2025 Oct 28];4(Suppl 2). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25191627/>
16. Thumbigere-Math V, Alqadi A, Chalmers NI, Chavez MB, Chu EY, Collins MT, et al. Hypercementosis Associated with ENPP1 Mutations and GACI. *J Dent Res* [Internet]. 2018 Apr 1 [cited 2025 Oct 28];97(4):432–41. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29244957/>
17. Vardimon AD, Graber TM, Pitaru S. Repair process of external root resorption subsequent to palatal expansion treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* [Internet]. 1993 [cited 2025 Oct 28];103(2):120–30. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8427216/>
18. AlHelal AA, AlHelal FA, Alem MF, Albaiz AM, AlGammlas MY, AlRashed KW, et

- al. Saving a Mandibular Molar With Distal Root Resorption: A Case Report. *Cureus* [Internet]. 2025 Jan 21 [cited 2025 Oct 28];17(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39839209/>
19. Elsayed S, Alolayan A, Farghal L, Ayed Y. Generalised Hypercementosis in a Young Female Seeking Extraction: Revision and Update of Surgical Technique. *J Coll Physicians Surg Pak* [Internet]. 2019 [cited 2025 Oct 28];29(11):1111–3. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31659974/>
 20. Humerfelt A, Reitan K. Effects of hypercementosis on the movability of teeth during orthodontic treatment. *Angle Orthod*. 1966 Jul;36(3):179–89.
 21. Hichijo N, Kudo Y, Tanaka E. Orthodontic treatment of open bite involved in diffuse hypercementosis: A case report. *J Am Dent Assoc* [Internet]. 2021 Feb 1 [cited 2025 Oct 28];152(2):166–75. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33203553/>
 22. Rilna P, Anroop A, Chythanniya V, Anjali S, Rathesha S. Images of Complex Extraction of Hypercementosed Molar. *J Clin Diagnostic Res* [Internet]. 2024 [cited 2025 Oct 28];18(11):ZJ01–2. Available from: www.jcdr.net
 23. Eren Y, Erdal O, Serdar B, Emin KO, Enes G. Evaluation of the frequency and characteristics of hypercementosis in the turkish population with cone-beam computed tomography. *Niger J Clin Pract* [Internet]. 2017 Jun 1 [cited 2025 Oct 28];20(6):724–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28656927/>
 24. Kuwada C, Kikuchi T, Kato A, Naitoh M, Kise Y, Mitani A, et al. Unusual imaging appearance of cemental tear in the maxillary first molar on cone-beam computed tomography: A case report. *Aust Endod J* [Internet]. 2024 Apr 1 [cited 2025 Oct 28];50(1):157–62. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37964478/>
 25. Bürklein S, Jansen S, Schäfer E. Occurrence of hypercementosis in a German population. *J Endod*. 2012;38(12):1610–2.
 26. Escuza Gonzalez SR, Díaz Álvarez AC, Vigo García C. Prevalence of Dental Anomalies in Panoramic Radiographs of Patients Aged 10 To 30 From a Radiographic Center: a Cross-Sectional Study. *Rev Cient Odontol*. 2025;13(1):1–8.
 27. Uzel İ, Ghabchi B, Çoğulu D. Deep learning-based automated detection of supernumerary teeth in pediatric panoramic radiographs. Giuliani A, editor. *PLoS One* [Internet]. 2025 Nov 5 [cited 2025 Nov 6];20(11):e0335845. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41191613/>

28. Akgül EN, Gucyetmez Topal B. Detection of Dens Invaginatus on Panoramic Radiographs Using Deep Learning Algorithms. *Int J Paediatr Dent* [Internet]. 2025 [cited 2025 Nov 6]; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40754680/>
29. Kammoun R, Ghouil S, Chaabani I, Ben Salem K, Ben Alaya T. Dental and jawbone abnormalities linked to amelogenesis imperfecta: A retrospective and analytic study comparing panoramic radiographs. *Spec Care Dent*. 2024;44(3):878–85.
30. Broll A, Goldhacker M, Hahnel S, Rosentritt M. Generative deep learning approaches for the design of dental restorations: A narrative review. *J Dent* [Internet]. 2024 Jun 1 [cited 2025 Nov 6];145. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38608832/>
31. Ahmed N, Abbasi MS, Zuberi F, Qamar W, Halim MS Bin, Maqsood A, et al. Artificial Intelligence Techniques: Analysis, Application, and Outcome in Dentistry - A Systematic Review. *Biomed Res Int*. 2021;2021.
32. Zhu J, Chen Z, Zhao J, Yu Y, Li X, Shi K, et al. Artificial intelligence in the diagnosis of dental diseases on panoramic radiographs: a preliminary study. *BMC Oral Health* [Internet]. 2023 Dec 1 [cited 2025 Nov 6];23(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37270488/>
33. iruvuri AG, Miryala G, Khan Y, Ramalingam NT, Sevugaperumal B, Soman M, et al. Revolutionizing Dental Imaging: A Comprehensive Study on the Integration of Artificial Intelligence in Dental and Maxillofacial Radiology. *Cureus* [Internet]. 2023 Dec 11 [cited 2025 Nov 6];15(12). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38205468/>
34. Pinto AB, Carvalho M, de Farias AC, da Silva Firmino B, da Silva Dias L, Neto JM, et al. Hypercementosis: Diagnostic imaging by radiograph, cone-beam computed tomography, and magnetic resonance imaging. *J Oral Maxillofac Radiol* [Internet]. 2017 [cited 2025 Nov 6];5(3):90. Available from: https://www.researchgate.net/publication/321879813_Hypercementosis_Diagnostic_imaging_by_radiograph_cone-beam_computed_tomography_and_magnetic_resonance_imaging
35. Alharbi SS, Alhasson HF. Exploring the Applications of Artificial Intelligence in Dental Image Detection: A Systematic Review. *Diagnostics (Basel, Switzerland)* [Internet]. 2024 Nov 1 [cited 2025 Nov 6];14(21). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39518408/>

36. Oruç MS, Yetik İŞ, İncekürk ÖK, Çulhaoğlu AK, Kılıçarslan MA, Evli C, et al. Automated differentiation of caries requiring filling and caries necessitating root canal treatment using machine learning. *Oral Radiol* [Internet]. 2025 [cited 2025 Nov 6]; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41175174/>
37. Saber S, Abou El Nasr H, Torky AA, Saif N. Automated assessment of periapical health based on the radiographic periapical index using YOLOv8, YOLOv11, and YOLOv12 one-stage object detection algorithms. *Sci Rep* [Internet]. 2025 Dec 1 [cited 2025 Nov 6];15(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41115912/>
38. Mai HN, Kang S, Go H, Choi YH, Park EY, Kim EK. Clinical validation of a deep learning based application for quantitative assessment of dental plaque in fluorescence imaging. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2025 Oct 1 [cited 2025 Nov 6];29(10). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40956351/>
39. Munn Z, MClinSc SM, Lisy K, Riitano D, Tufanaru C. Methodological guidance for systematic reviews of observational epidemiological studies reporting prevalence and cumulative incidence data. *Int J Evid Based Healthc*. 2015;13(3):147–53.
40. Laganà G, Venza N, Borzabadi-Farahani A, Fabi F, Danesi C, Cozza P. Dental anomalies: Prevalence and associations between them in a large sample of non-orthodontic subjects, a cross-sectional study. *BMC Oral Health*. 2017;17(1):1–7.
41. Bilge NH, Yesiltepe S, Agirman KT, Caglayan F, Bilge OM. Investigation of prevalence of dental anomalies by using digital panoramic radiographs. *Folia Morphol*. 2018;77(2):323–8.
42. Roumeau S, Thevenon J, Ouchchane L, Maqdasy S, Batisse-Lignier M, Duale C, et al. Assessment of oro-dental manifestations in a series of acromegalic patients, the acrodent study. *Endocr Connect*. 2020;9(8):824–33.
43. Gumru B, Akkitap MP, Deveci S, Idman E. A retrospective cone beam computed tomography analysis of cemento-osseous dysplasia. *J Dent Sci* [Internet]. 2021;16(4):1154–61. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jds.2021.03.009>
44. Souza SFC, de Carvalho HLCC, Costa CPS, Thomaz EBAF. Association of sickle cell haemoglobinopathies with dental and jaw bone abnormalities. *Oral Dis*. 2018;24(3):393–403.
45. Pallikaraki G, Sifakakis I, Gizani S, Makou M, Mitsea A. Developmental dental anomalies assessed by panoramic radiographs in a Greek orthodontic population sample. *Eur Arch Paediatr Dent* [Internet]. 2020;21(2):223–8. Available from:

<https://doi.org/10.1007/s40368-019-00476-y>

46. Kashmoola MA, Mustafa NS, Mohd Noor S, Rozaimée R, Abdul Ameer F. Prevalence of Dental Anomalies and Defects: A Clinical Survey. *J Int Dent Med Res*. 2021;572–9.
47. Du H, Li M, Li G, Lyu T, Tian X mei. Specific oral and maxillofacial identifiers in panoramic radiographs used for human identification. *J Forensic Sci*. 2021;66(3):910–8.
48. Luke AM, Kassem RK, Dehghani SN, Mathew S, Shetty K, Ali IK, et al. Prevalence of dental developmental anomalies in patients attending a faculty of dentistry in Ajman, United Arab Emirates. *Pesqui Bras Odontopediatria Clin Integr*. 2017;17(1).
49. Patil SR, Araki K, Yadav N, Ghani HA. Prevalence of hypercementosis in a saudi arabian population: A cone beam computed tomography study. *J Oral Res*. 2018;7(3):94–7.
50. Haghanifar S, Moudi E, Abesi F, Kheirkhah F, Arbabzadegan N, Bijani A. Radiographic Evaluation of Dental Anomaly Prevalence in a Selected Iranian Population. *J Dent (Shiraz, Iran)* [Internet]. 2019;20(2):90–4. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31214635> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC6538895>
51. Malik S, Hassan F, Farooq M, Haq U ul, Faisal A, Kayani SG. Incidence of various dental anomalies in population of Taxilla, Pakistan. *Pakistan J Med Heal Sci*. 2021;15(10):2710–1.
52. Bernal Ruiz MA, Fiori Chíncaro GA. Patterns of Hypercementosis and Their Relationship With Possible Local Etiological Factors in Radiographs of Individuals From a Mexican Population. *Rev Cient Odontol*. 2023;11(3):1–7.
53. Brooks JK, Ghita I, Vallee EM, Charles-Marcel AL, Price JB. Florid hypercementosis synchronous with periodontitis: a case report. *Quintessence Int* [Internet]. 2019 [cited 2026 Feb 12];50(6). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31086857/>
54. Pereira RF, de Oliveira da Mota MS, de Lima Coutinho Mattera MS, Tsosura TVS, Chiba FY, Garbin CAS, et al. Periapical lesions decrease Akt serine phosphorylation and plasma membrane GLUT4 content in rat skeletal muscle. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2015 Nov 23 [cited 2016 Apr 11]; Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26592809>

55. Higgins JPT, Thompson SG. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Stat Med*. 2002;21(11):1539–58.
56. Barendregt JJ, Doi SA, Lee YY, Norman RE, Vos T. Meta-analysis of prevalence. *J Epidemiol Community Health* [Internet]. 2013 [cited 2025 Dec 20];67(11):974–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23963506/>
57. Diaconu OA, Gheorghită LM, Gheorghe AG, Țuculină MJ, Munteanu MC, Iacov CA, et al. A Retrospective Study of CBCT-Based Detection of Endodontic Failures and Periapical Lesions in a Romanian Cohort. *J Clin Med*. 2025 Sep 1;14(18).
58. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Syst Rev*. 2021;10(1):1–11.