



**Universidad  
Europea** VALENCIA

**Grado en ODONTOLOGÍA**

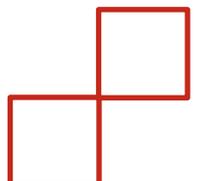
**Trabajo Fin de Grado**

**“Inteligencia artificial en ortodoncia, una  
revisión sistemática”**

**Presentado por: Salvatore Cammalleri**

**Tutor/es: Rafael Fernandez Sabater**

**Campus de Valencia**  
Paseo de la Alameda, 7  
46010 Valencia  
[universidadeuropea.com](http://universidadeuropea.com)



A te, nonno.

## ÍNDICE GENERAL:

<b>1. ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KEYWORDS (Palabras claves).....</b>	<b>1</b>
<b>3. LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS.....</b>	<b>1</b>
<b>4. RESUMEN/ABSTRACT.....</b>	<b>2</b>
<b>5. INTRODUCCION .....</b>	<b>5</b>
<b>5.1. Conceptos.....</b>	<b>5</b>
5.1.1. Ortodoncia .....	5
5.1.2. Inteligencia artificial .....	5
<b>5.2 Los tipos de IA mas comunes.....</b>	<b>7</b>
5.2.1. ANN.....	7
5.2.2. ML.....	7
5.2.3 CNN .....	7
5.2.4. DL .....	8
5.2.5. DSSs .....	8
<b>5.3. Redes neuronales.....</b>	<b>9</b>
5.3.1. Redes neuronales en medicina.....	9
<b>5.4. IA en odontología.....</b>	<b>10</b>
5.4.1. Ortodoncia .....	10
5.4.1.1 Aplicaciones en ortodoncia.....	10
5.4.2. Endodoncia .....	13
5.4.3. Implantología.....	13
5.4.4. Prótesis .....	13
<b>6. JUSTIFICACIÓN, HIPOTESIS Y OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
<b>6.1. Justificación.....</b>	<b>14</b>
<b>6.2 Hipótesis .....</b>	<b>14</b>
<b>6.3. Objetivos .....</b>	<b>14</b>
6.3.1. Objetivo general:.....	14
6.3.2. Objetivos específicos:.....	14
<b>7. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
<b>7.1. Protocolo.....</b>	<b>15</b>
<b>7.2. Pregunta PICO .....</b>	<b>15</b>
<b>7.2. Estrategia de búsqueda y fuentes de información.....</b>	<b>15</b>
<b>7.3. Criterios de elegibilidad .....</b>	<b>16</b>
7.3.1. Criterios de inclusión .....	16
7.3.2. Criterios exclusión .....	16
<b>7.4 Proceso de selección de los estudios.....</b>	<b>16</b>
<b>7.5 Proceso de recopilación de datos y lista de datos .....</b>	<b>16</b>
<b>7.6 Estudio y valoración de sesgo.....</b>	<b>16</b>
<b>8. RESULTADOS .....</b>	<b>17</b>
<b>8.1 Selección de los estudios. Flowchart.....</b>	<b>17</b>

8.2 Análisis de las características de los estudios revisados .....	19
8.3 Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo .....	24
8.4 Síntesis de resultados .....	25
<b>9.DISCUSION.....</b>	<b>28</b>
<b>10.CONCLUSIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>11. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>37</b>
<b>12.ANEXOS.....</b>	<b>41</b>
12.1 Lista de verificación prisma 2020: .....	41
12.2 Checklist para estudios analíticos trasversales.....	43
12.3 Formato paper .....	44

## 1. **ÍNDICE DE ABREVIATURAS**

- IA: Inteligencia artificial
- ANN: Red neuronal artificial
- NB: Redes bayesianas
- ML: Aprendizaje automático
- CNN: Redes neuronales convuncionales
- DL: Aprendizaje profundo
- DSSs: Sistema en la ayuda para toma de decisiones
- “PRISMA”: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and MetaAnalyses
  - “JBI”: Instituto Joanna Briggs

## 2. **KEYWORDS (Palabras claves)**

"Orthodontic\*", "Artificial intelligence", "Cephalometry", "Extraction", "Diagnosis", "Malocclusion", "Alghoritm" and "Machine learning",

## 3. **LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS**

Figura 1: Diagrama de flujo prisma 2020.....	17
Tabla 1: Características generales de los estudios.....	19
Tabla 2: Valoración critica del sesgo en estudios.....	21
Tabla 3: Valoración critica del sesgo en estudios.....	22
Tabla 4: valoración critica del sesgo en estudios.....	23
Tabla 5: Resultados.....	25

#### **4. RESUMEN/ABSTRACT**

**Título:** **“Inteligencia artificial en ortodoncia, una revisión sistemática”**

**Objetivo general:** evaluar si la IA es útil o efectiva en el campo de la ortodoncia.

**Objetivos específicos:** analizar si la IA es efectiva en el diagnóstico y toma de decisiones en ortodoncia y revisar la aplicación de la inteligencia artificial en ortodoncia.

#### **Materiales y métodos:**

Para realizar este trabajo se han realizado varias búsquedas en dos bases de datos (PubMed y Scopus) sin aplicar limitaciones. Se han aplicado los criterios de inclusión y exclusión, los artículos se han leído de manera completa y se han analizado también mediante lectura crítica (JBI).

**Criterios de inclusión:** artículos donde se habla de ortodoncia y inteligencia artificial en ortodoncia.

**Criterios de exclusión:** artículos de odontología general, revisiones sistemáticas, meta-análisis y artículos de medicina general

#### **Resultados:**

En los 17 artículos analizados se ha visto como la IA se aplica en muchos campos de la ortodoncia como: tomar la decisión de extracción de un diente, en valorar la maduración esquelética de un individuo, en predecir el tamaño dental, en clasificar los pacientes si necesitan un tratamiento de ortodoncia, en la detección de hipertrofia adenoidea, en la detección de puntos cefalométricos y en predecir los cambios faciales después de una cirugía ortognática. Se han visto tasas de éxito muy altas.

#### **Discusión:**

En la discusión se evidencia que IA ayuda a los ortodontistas en múltiples tareas, sobre todo en el diagnóstico y en la toma de decisiones clínicas. Los estudios concuerdan que IA es una herramienta prometedora en ortodoncia. Se

concluye afirmando que la IA ha demostrado de ser una ayuda importante para dentistas y ortodontistas ya que muestra efectividad y tasas de éxito altas aunque se afirma que se necesitan mas datos y estudios para aun mejorar su rendimiento y precisión. IA puede aplicarse en múltiples campos de la ortodoncia y por supuesto puede asistir a la hora de diagnosticar y tomar decisiones en el día a día de los profesionales.

## **ABSTRACT**

**Title:** "Artificial intelligence in orthodontics, a systematic review".

**General objective:** to evaluate whether AI is useful or effective in the field of orthodontics.

**Specific objectives:** to analyze whether AI is effective in diagnosis and decision making in orthodontics and to review the application of artificial intelligence in orthodontics.

### **Materials and methods:**

In order to carry out this systematic review, two researches were conducted using two databases (PubMed and Scopus) without applying any limit of years or language. Inclusion and exclusion criteria have been applied , the articles have been read in their entirety and have also been analyzed through critical reading (JBI).

**Inclusion criteria:** articles of orthodontics and artificial intelligence in orthodontics.

**Exclusion criteria:** general dentistry articles, systematic reviews, meta-analysis and general medicine articles.

### **Results:**

In the 17 analyzed articles we have seen how AI is applied in many fields of orthodontics such as: making the decision to extract a certain tooth, in assessing the skeletal growth of an individual, in predicting the size of a particular tooth, in classifying patients if they need orthodontic treatment, in

detecting adenoid hypertrophy, in detecting cephalometric points and in predicting facial changes after orthognathic surgery.

**Discussion:**

In the discussion, it is evident that AI helps orthodontists in multiple tasks, especially in diagnosis and in clinical decision making. The studies agree that AI is a promising tool in orthodontics. It is concluded that AI has proven to be an important aid for dentists and orthodontists as it shows effectiveness and high success rates although it is stated that more data and studies are needed to further improve its performance and accuracy. AI can be applied to multiple tasks in orthodontics and of course can assist in the day-to-day diagnosis and decision making of practitioners.

## **5. INTRODUCCION**

### **5.1. Conceptos**

#### **5.1.1. Ortodoncia**

La palabra ortodoncia proviene del griego ORTHOS (enderezar) y de ODONTO (diente).

Es aquella rama de la odontología que se ocupa de la prevención, diagnóstico y tratamiento de las malposiciones dentarias y todos los trastornos relacionados con ellas.(1)

#### **5.1.2. Inteligencia artificial**

En los últimos años se ha visto la llegada de opciones nuevas y más estéticas en el tratamiento de ortodoncia como son: el flujo digital, la aparición de nuevos dispositivos de anclaje y nuevos métodos de imagen, los cuales proporcionan tanto a los pacientes como a los profesionales un nuevo enfoque orientado a la mejoría del tratamiento. (2)

Para que el proceso, no solo de diagnóstico, si no también de tratamiento sea más preciso y eficiente, el uso de la Inteligencia artificial en ortodoncia ha crecido significativamente en los últimos años. (2)

La inteligencia artificial está presente en muchas áreas de nuestra vida diaria, de hecho los algoritmos basados en IA están incluidos en la tecnología cotidiana y se utilizan ampliamente. Por ejemplo, la IA se utiliza en motores de búsqueda de Internet, como asistentes con reconocimiento de voz en línea e incluso imágenes de plataformas como las redes sociales.(2)

La IA en sí es un término general que describe a las computadoras que imitan la inteligencia humana. Se caracteriza por técnicas matemáticas y estadísticas que permiten a las máquinas mejorar sus habilidades mediante el uso de algoritmos autoadaptables. La arquitectura de los algoritmos está inspirada en las redes neuronales biológicas del cerebro humano. (3)

Para apreciar el impacto de la IA en la ortodoncia, primero es importante discernir algunos términos clave relacionados con la IA. (2)

El principal objetivo de la IA es ofrecer a una máquina la capacidad de tener su propia inteligencia. Dicho de otra manera, la IA tiene como objetivo que una máquina pueda aprender a través de los datos para resolver problemas por sí misma. El aprendizaje automático es la columna vertebral principal de la IA. De hecho, depende de algoritmos para predecir resultados basados en conjuntos de datos. (2)

Las técnicas de IA más utilizadas incluyen: (2)

- ANN: Red neuronal artificial
- NB: Redes bayesianas,
- ML: Aprendizaje automático
- CNN: Redes neuronales convuncionales,
- DL: Aprendizaje profundo
- DSSs: Sistema en la ayuda para toma de decisiones.

## **5.2 Los tipos de IA mas comunes**

### **5.2.1. ANN**

Los modelos de ANN se basan en redes neuronales biológicas donde las neuronas están conectadas entre ellas. Sabemos que cada neurona está formada por un axón y las dendritas donde el axón actúa como trasmisor y las dendritas como receptores, mientras el núcleo contiene la información que se va a transferir. (4)

Las redes neuronales tienen varias capas: capa de entrada, de salida y capas ocultas. Hay que explicar que la información entra en el sistema mediante la capa de entrada, viene procesada a través de las capas ocultas y es enviada mediante la capa de salida. (4)

### **5.2.2. ML**

ML es un tipo de IA que se centra en el desarrollo de algoritmos que representan de una mejor manera un conjunto de datos precisos. A diferencia de la programación clásica, en la que un algoritmo se puede codificar explícitamente utilizando características conocidas, ML usa subconjuntos de datos para generar un algoritmo que puede usar combinaciones nuevas o de diferentes características.(5)

En ML, hay cuatro métodos de aprendizaje de uso común, cada uno útil para resolver diferentes tareas: aprendizaje supervisado, no supervisado, semisupervisado y por refuerzo. (5)

### **5.2.3 CNN**

CNN es un tipo de modelo de aprendizaje profundo para procesar datos como las imágenes. Está diseñado para aprender de forma automática y adaptativa, jerarquías espaciales de características desde abajo a patrones de alto nivel. CNN es una construcción matemática que generalmente se compone de tres tipos de capas (o bloques de construcción): convolución, agrupación y capas conectadas. Las dos primeras, capas de convolución y agrupación,

realizan la extracción de las características, mientras que la tercera, una capa completamente conectada, ordena las características extraídas al final. (6)

#### **5.2.4. DL**

Un subconjunto de técnicas de aprendizaje automático asigna características de entrada a una salida. Este proceso de mapeo ocurre dentro de múltiples capas conectadas que contienen múltiples neuronas. (7)

Cada neurona es una unidad de procesamiento matemático que, combinada con todas las demás neuronas, está diseñada para aprender la relación entre las características de entrada y la salida. (7)

#### **5.2.5. DSSs**

Los DSS son aplicaciones que relacionan los datos de salud de los pacientes individuales con bases de conocimiento establecidas y, por tanto, ayudan a la toma de decisiones clínicas y a la gestión de la salud. (8)

Los DSSs pueden utilizar cualquier dato pero tienen que ser en un formato legible por la máquina. Los DSSs no toman decisiones sobre la atención médica, pero proporcionan información que puede ser relevante para un problema médico del paciente o presentan opciones terapéuticas en el manejo de la enfermedad que permiten la toma de decisiones compartida. (8)

#### **5.2.6. NB**

Las redes bayesianas se están utilizando ampliamente para representar dominios de conocimiento en presencia de la incertidumbre derivada de la aleatoriedad. Las redes bayesianas pueden utilizarse como ayuda para el análisis y la toma de decisiones en la interpretación de los resultados de una prueba diagnóstica (por ejemplo, una mamografía), signos y síntomas cuando se sabe que la incertidumbre es un factor dominante. Una red bayesiana es un modelo gráfico que representa relaciones probabilísticas entre variables de interés. (9)

En la práctica médica clínica, los profesionales pueden calcular las probabilidades mediante el teorema de Bayes sin necesidad de un ordenador para un diagnóstico específico con parámetros limitados (es decir, unas pocas probabilidades condicionales). (9)

Sin embargo, si los factores que modifican la probabilidad de la enfermedad tienen interacciones, la complejidad de estos cálculos puede aumentar exponencialmente, lo que dificulta su resolución sin apoyo computacional. En este caso, las redes bayesianas pueden ser útiles. (9)

### **5.3. Redes neuronales**

#### **5.3.1. Redes neuronales en medicina**

Estas redes neuronales son modelos matemáticos que realmente pueden simular el funcionamiento del cerebro humano y pueden entrenarse con los conjuntos de datos clínicos y usarse para una variedad de tareas en el diagnóstico médico y dental. (10)

A pesar de la literatura cada vez más rica sobre la IA en la salud, la investigación se centra principalmente en: cáncer, enfermedades del sistema nervioso y enfermedades cardiovasculares. (11)

Se ha demostrado que un sistema de IA es confiable para ayudar al diagnóstico de cáncer, para restaurar el control del movimiento en pacientes con cuadriplejía y también para diagnosticar la enfermedad cardíaca a través de la imágenes diagnósticas. (11)

## 5.4. IA en odontología

### 5.4.1. Ortodoncia

Varios informes han indicado que la IA tiene el potencial de proporcionar un diagnóstico de alta calidad y ayuda a la toma de decisiones para planificar el tratamiento en el campo de la ortodoncia. (12)

En comparación a los procedimientos tradicionales, la IA simplifica protocolos complejos, ahorra tiempo y proporciona resultados objetivos predecibles. Las tareas principales en que se puede utilizar la IA son varias y entre ellas encontramos: predecir la edad ósea de un determinado paciente, hacer frente a la toma de decisiones clínicas, como la extracción de dientes o no, la identificación automática de puntos de referencia en cefalometrias, detección de hipertrofias adenoideas, necesidad de tratamiento ortodóntico y también en el ámbito de la cirugía ortognática. (12)

#### 5.4.1.1 Aplicaciones en ortodoncia

**Extracción de dientes:** la extracción de dientes es una de las decisiones más críticas y controvertidas en el tratamiento de ortodoncia porque se trata de una acción irreversible. Estas decisiones se basan en evaluaciones clínicas, fotografías del paciente, modelos de estudio y radiografías. (13)

Una decisión errónea puede conducir a resultados no deseados, como una estética no deseable, una oclusión inadecuada, anomalías funcionales relacionadas con la masticación y el habla y, en el peor de los casos, un tratamiento inacabado.(13)

Hasta hoy, la decisión de extraer dientes no está formalizada ni estandarizada, y depende de la experiencia del profesional. Esto suele provocar una variabilidad en el proceso de toma de decisiones.(13)

**Maduración esquelética:** uno de los elementos básicos del tratamiento de ortodoncia es el tiempo ya que en individuos con anomalías ortodónticas graves, cuyo crecimiento y desarrollo se han completado, se recomienda el tratamiento ortodóntico asistido por cirugía ortognática. La determinación del

momento ideal de inicio del tratamiento puede ser tan crucial como la selección del tratamiento específico. Si el tratamiento puede iniciarse en la fase óptima de crecimiento y desarrollo del paciente con un protocolo adecuado, cabe esperar la respuesta más favorable posible. El crecimiento y el desarrollo pueden determinarse por la edad cronológica, la menarquia, los cambios de voz, los indicadores antropométricos como el aumento de la altura y la maduración esquelética. Dado que la edad cronológica por sí sola no es suficiente, se han desarrollado diversos indicadores de maduración esquelética. (14)

Tradicionalmente, el estándar de oro para determinar los periodos de crecimiento y desarrollo de los individuos se conseguía mediante radiografías de mano-muñeca o también con la ayuda de las etapas de maduración de las vértebras cervicales.(14)

**Análisis cefalométrico:** la clasificación esquelética es una parte importante del diagnóstico ortodóncico y la planificación del tratamiento, evaluada por las posición vertical y anteroposterior de los maxilares en las cefalometrias. A pesar de ser el procedimiento más crucial y sensible en el análisis cefalométrico, la identificación de los puntos de referencia requiere mucho tiempo y tiene un alto potencial de errores y variabilidad. (15)

**Hipertrofia adenoidea:** las adenoides son un agregado de tejido linfático situado en la vía aérea nasofaríngea posterior. Suelen aparecer en la primera infancia, entre los 6 y los 10 años, y desaparecen a los 16 años. La hipertrofia adenoidea, un agrandamiento patológico de las amígdalas nasofaríngeas, es la causa más frecuente de obstrucción nasal en la infancia y se asocia con la morfología de "cara adenoidea" que presenta arco maxilar estrecho, mordida cruzada posterior, mandíbula retrognática y gran altura facial. La prevalencia de la hipertrofia adenoidea es del 34% en la población pediátrica general y varía entre el 42% y el 70% en poblaciones pediátricas. La hipertrofia adenoidea puede estar causada por infecciones frecuentes de las vías respiratorias superiores, y suele provocar congestión nasal, respiración por la boca, ronquidos y otitis media. (16)

**Predicción de la morfología facial en cirugía ortognática:** el rostro desempeña un importante papel como medio de comunicación no verbal en la transmisión de emociones y pensamientos en la vida social. Si existe una dismorfología de la región maxilofacial, como el paladar hendido, o una distorsión morfológica de la cara debida a una deformación de la mandíbula, puede causar una grave inadaptación socio-psicológica. Desde este punto de vista socio-psicológico, la mejora de la morfología de los tejidos blandos faciales se considera un objetivo terapéutico importante en el tratamiento ortodóncico moderno . Al planificar el tratamiento de pacientes con maloclusión, la predicción de los cambios de perfil y/o faciales que se producirán tras el tratamiento es de suma importancia a la hora de juzgar si un método de tratamiento es adecuado,(es decir, extracción o no de dientes, tratamiento con o sin cirugía ortognática). (17)

**Necesidad de tratamiento ortodóncico:** la maloclusión es uno de los principales problemas dentales. Se han desarrollado varios índices para clasificar a los pacientes en categorías respecto a la necesidad de tratamiento ortodóncico. Algunos índices son complicados, especialmente para los dentistas no ortodóncicos. Además, la asociación entre estos índices es imprecisa y se sabe que los juicios sobre la necesidad de tratamiento ortodóncico varían sustancialmente entre los distintos estudios. En los últimos 30 años se han desarrollado aplicaciones informáticas para ayudar al clínico en el proceso de toma de decisiones. El apoyo en la decisión clínica se ha definido como "cualquier programa informático diseñado para ayudar a los profesionales de la salud a tomar decisiones clínicas, a tratar con datos médicos sobre los pacientes o con los conocimientos de medicina necesarios para interpretar dichos datos". (18)

**Predicción del tamaño dentario:** predecir el tamaño de los dientes no erupcionados durante el periodo de dentición mixta es importante para gestionar la oclusión en desarrollo de los niños en crecimiento. Una predicción precisa puede ayudar a determinar si el espacio disponible es suficiente para permitir que los dientes permanentes erupcionen libremente con buena alineación en sus respectivas arcadas. Normalmente se utilizan diferentes métodos de predicción

como la medición directa del tamaño de los dientes no erupcionados en las radiografías, los cálculos a partir de ecuaciones y tablas de predicción y una combinación de mediciones radiográficas y tablas de predicción aunque se afirma que el esquema de Moyers ha logrado una amplia aceptación clínica debido a su simplicidad y facilidad de aplicación. (19)

Hay que añadir que en odontología se ha extendido mucho el uso de la inteligencia artificial, no solo en el campo de la ortodoncia. (12)

#### **5.4.2. Endodoncia**

En endodoncia se ha extendido mucho el uso de la IA para múltiples tareas. Entre ellas encontramos la detección de lesiones periapicales, detección de fracturas radiculares, detección de la longitud de trabajo, detección de morfología radicular, predicción de retratamientos y de tratamientos con células indiferenciadas. (20)

#### **5.4.3. Implantología**

La IA tiene el potencial de reconocer el tipo de implante, predecir el éxito del implante mediante el uso de factores de riesgo del paciente y criterios de ontología. Se utiliza también para determinar con precisión el módulo elástico de la interfaz del hueso del implante, optimizar los diseños de implantes y predecir la osteointegración con un éxito variable hasta 80,5% entre los estudios. (21)

#### **5.4.4. Prótesis**

La combinación de tecnologías de IA en prótesis puede conducir a una amplia variedad de opciones novedosas, como generar un diseño de superficie oclusal para coronas que tengan en cuenta las facetas de desgaste intraorales existentes, diseñadores automáticos para dentaduras postizas completas o parciales y determinar el perfil de emergencia. (22)

## **6. JUSTIFICACIÓN, HIPOTESIS Y OBJETIVOS**

### **6.1. Justificación**

Esta revisión sistemática presenta para los odontólogos y ortodoncistas las posibles aplicaciones de la inteligencia artificial en ortodoncia para que entiendan que es una alternativa fiable en el diagnóstico y una ayuda en la toma de decisiones en ortodoncia.

### **6.2 Hipótesis**

La hipótesis de este trabajo considera que la utilización de la inteligencia artificial ayuda a odontólogos y ortodoncistas en el diagnóstico y en la toma de decisiones en un plan de tratamiento ortodóncico de un determinado paciente.

### **6.3. Objetivos**

#### **6.3.1. Objetivo general:**

-Evaluar si la IA es útil o efectiva en el campo de la ortodoncia.

#### **6.3.2. Objetivos específicos:**

-Analizar si la IA es efectiva en el diagnóstico y toma de decisiones en ortodoncia

-Revisar la aplicación de la inteligencia artificial en ortodoncia

## **7. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **7.1. Protocolo**

La siguiente revisión sistemática se desarrolló según la guía Prisma (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and MetaAnalyses). (23)

### **7.2. Pregunta PICO**

La pregunta clínica en formato "PICO" ( P=población, I=intervención, C=comparación, O= resultados) en la siguiente revisión sistemática fue:

Población: imágenes diagnosticas de pacientes ortodoncicos

Intervención: inteligencia artificial

Comparación: -

Resultados: efectividad de la inteligencia artificial en ortodoncia

### **7.2. Estrategia de búsqueda y fuentes de información**

Se describe a continuación la metodología de búsqueda, los criterios y procedimientos empleados.

El presente trabajo se llevó a cabo a través una revisión sistematica de la literatura científica en dos bases de datos informáticas: PubMed y Scopus con el fin de alcanzar los objetivos predeterminados.

Los términos "Orthodontic\*", "Artificial intelligence", "Cephalometry", "Extraction", "Diagnosis", "Malocclusion", "Algorithm" y Machine learning", se han seleccionado para escribir este estudio. Los términos fueron asociados buscándolos en "Title and abstract", realizando así una búsqueda mas fácil. En la búsqueda no se han puesto limites de año ni limite de idioma.

### **7.3. Criterios de elegibilidad**

#### **7.3.1. Criterios de inclusión**

- En este estudio se consideraron artículos donde se habla de ortodoncia
- Inteligencia artificial en ortodoncia

#### **7.3.2. Criterios exclusión**

- Artículos de odontología general
- Revisiones sistemáticas
- Meta-análisis
- Artículos de medicina general

### **7.4 Proceso de selección de los estudios**

Dos revisores ( S.C. y R.F.S.) examinaron los artículos y después de haber leído los títulos y los resúmenes se han seleccionado aquellos que se adecuaban a los criterios de inclusión y exclusión.

### **7.5 Proceso de recopilación de datos y lista de datos**

Se ha realizado mediante lectura crítica, estudiando los diferentes contenidos de los artículos y la información que se ha extraído de ellos se ha basado en los objetivos de la investigación.

La búsqueda se completó con una revisión de las referencias bibliográficas de los artículos seleccionados para identificar estudios adicionales no encontrados en la búsqueda inicial, para rescatar estudios potencialmente relevantes para la realización del trabajo.

### **7.6 Estudio y valoración de sesgo**

El riesgo de sesgo en los estudios se refleja en las tablas de evaluación de la calidad (tablas II,III y IV). Para los estudios se utilizó el instrumento estandarizado de valoración crítica del Instituto Joanna Briggs (JBI) (24), que

incorpora 8 preguntas. Las posibles respuestas son: "Si", "No", "no está claro", "no es aplicable". Se han considerado, teniendo en cuenta las respuestas, que los estudios se consideraban con alto riesgo de sesgo si presentaban un total de 50% o menos de "Si". Se consideraron estudios con riesgo moderado de sesgo aquellos con un porcentaje entre 50% y 80% de "Si", mientras que aquellos estudios con riesgo de sesgo bajo obtuvieron un porcentaje de 80% o mas de "Si".

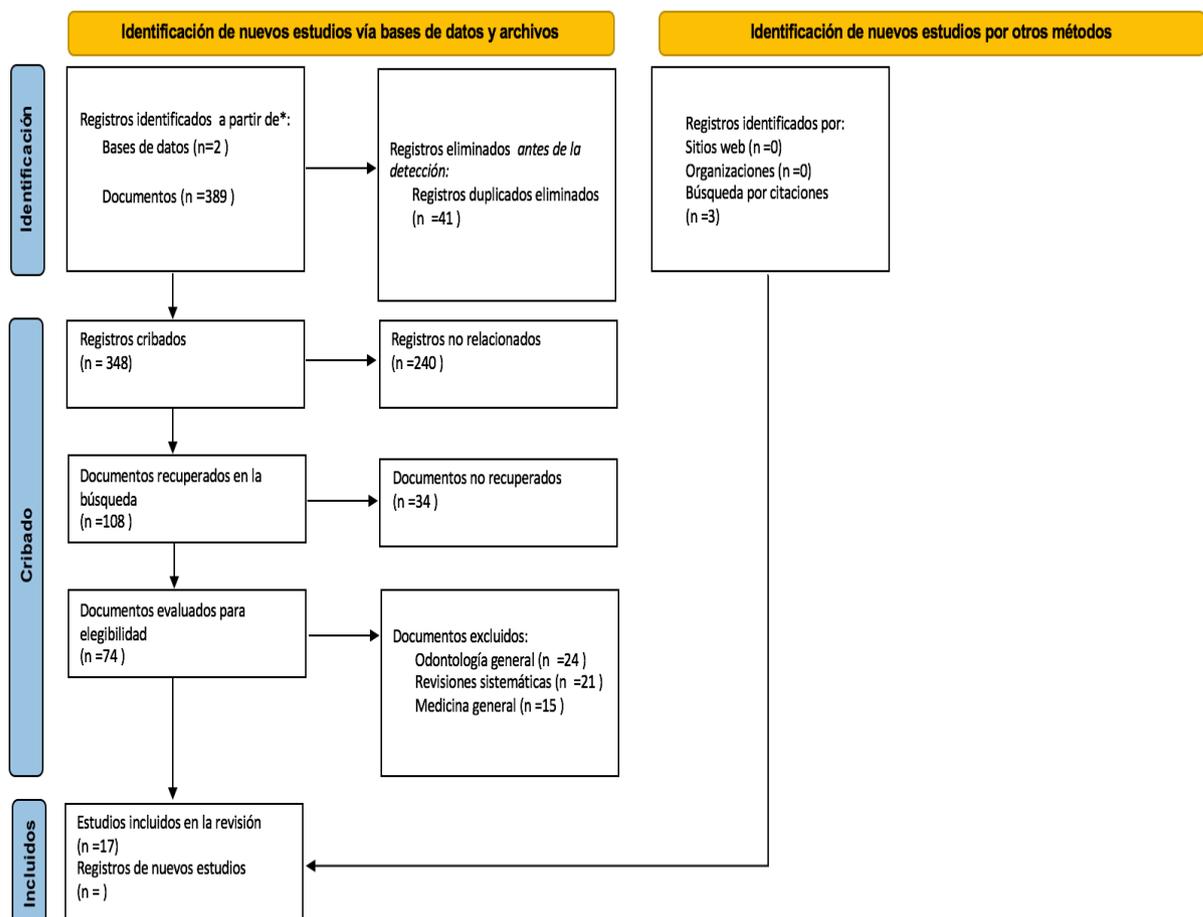
En las tablas de la evaluación del sesgo, el punto 9 y 10 dan una visión amplia de la calidad de los artículos para saber si es un candidato a la elección en esta revisión.

## 8. RESULTADOS

### 8.1 Selección de los estudios. Flowchart

FIGURA 1: Diagrama de flujo prisma 2020.

PRISMA 2020 flow diagram for new systematic reviews which included searches of databases, registers and other sources



El proceso de selección de los estudios se presenta en la Fig. 1. Se identificaron un total de 389 estudios de los cuales se excluyeron 41 duplicados. Después de haber leído título y abstract se excluyeron 240 artículos. Se descartaron 34 artículos donde no se encontró el texto completo y otros 60 artículos se excluyeron analizando los criterios de inclusión y exclusión. A la revisión se han añadido también 3 estudios seleccionados mediante la revisión de la bibliografía de los estudios analizados. La muestra final está formada por 17 artículos.

## 8.2 Análisis de las características de los estudios revisados

<b>Tabla I: Características generales de los estudios</b>				
<b>Autores</b>	<b>Año publicación</b>	<b>Tipo de estudio</b>	<b>Tipo de IA</b>	<b>N. de radiografías</b>
Suhail et al (13)	2020	Estudio analítico transversal	ML	287
Ki-Jung et al. (25)	2016	Estudio analítico transversal	ML	156
Takada K.(26)	2016	Estudio analítico transversal	ML	156
Kök et al.(14)	2020	Estudio analítico transversal	NB ANN	300
Seo et al. (27)	2021	Estudio analítico transversal	CNN	600
Dong-Wook et al. (28)	2021	Estudio analítico transversal	ML	455
Yu et al. (15)	2020	Estudio analítico transversal	CNN	5890
Lee et al. (29)	2021	Estudio analítico transversal	NB CNN	400
Bulatova et al.(30)	2021	Estudio analítico transversal	CNN	110
Zhao et al. (31)	2021	Estudio analítico transversal	CNN	937
Shen et al. (32)	2020	Estudio analítico transversal	DL	688
Liu et al.(16)	2021	Estudio analítico transversal	DL	1023
Tanikawa et al.(17)	2021	Estudio analítico transversal	DL	137
Ter Horst et al. (33)	2021	Estudio analítico transversal	DL	133
Moghimi et al. (19)	2012	Estudio analítico transversal	ANN	106
El-Dawlatly et al. (34)	2020	Estudio analítico transversal	DSSs	51
Thanathornwong (18)	2018	Estudio analítico transversal	NB	1000

En la tabla I se describen las características generales de los estudios. Los 17 artículos elegidos para esta revisión sistemática fueron estudios analíticos transversales, cuyos años de publicación varían entre el 2012 y 2021. En la tabla se puede también apreciar el tipo de IA que cada estudio ha utilizado para llegar a la tarea preestablecida y el número de radiografías tomadas a los pacientes.

<b>TABLA II : Valoración crítica del sesgo en estudios (24)</b>	Suhail et al.(13)	Ki-Jung et al. (25)	Takada K. (26)	Kök et al. (14)	Seo et al. (27)	Dong-Wook et al.(28)
1. Were the criteria for inclusion in the sample clearly defined?	Si	Si	Si	Si	Si	Si
2. Were the study subjects and the setting described in detail?	Si	Si	No	No	Si	Si
3. Was the exposure measured in a valid and reliable way?	Si	Si	Si	Si	Si	Si
4. Were objective, standard criteria used for measurement of the condition?	Si	Si	Si	Si	Si	Si
5. Were confounding factors identified?	Si	Si	Si	Si	Si	Si
6. Were strategies to deal with confounding factors stated?	Si	Si	Si	Si	Si	Si
7. Were the outcomes measured in a valid and reliable way?	Si	Si	Si	Si	Si	Si
8. Was appropriate statistical analysis used?	Si	Si	Si	Si	Si	Si
9. Overall appraisal:	INCLUDE	INCLUDE	INCLUDE	INCLUDE	INCLUDE	INCLUDE
10. Total (%) and quality rating*	8/8 100%	8/8 100%	7/8 87,5%	7/8 87,5%	8/8 100%	8/8 100%

<b>TABLA III : Valoración crítica del sesgo en estudios(24)</b>	Zhao et al. (31)	Shen et al. (32)	Liu et al. (16)	El-Dawlatly et al.(34)	Thanathornwong(18)	Moghini et al.(19)
1. Were the criteria for inclusion in the sample clearly defined?	Na	Na	Si	Si	Na	Si
2. Were the study subjects and the setting described in detail?	Si	No	Si	Si	Si	Si
3. Was the exposure measured in a valid and reliable way?	Si	Si	Si	Si	Si	Si
4. Were objective, standard criteria used for measurement of the condition?	Si	Na	Si	Si	Si	Si
5. Were confounding factors identified?	Si	Si	Si	Si	Si	Si
6. Were strategies to deal with confounding factors stated?	Si	Si	Si	Si	Si	Si
7. Were the outcomes measured in a valid and reliable way?	Si	Si	Si	Si	Si	Si
8. Was appropriate statistical analysis used?	Si	Si	Si	Si	Si	Si
9. Overall appraisal:	INCLUDE	INCLUDE	INCLUDE	INCLUDE	INCLUDE	INCLUDE
10.Total (%) and quality rating*	7/7 100%	5/6 83.4%	8/8 100%	8/8 100%	7/7 100%	8/8 100%

<b>TABLA IV : Valoración crítica del sesgo en estudios(24)</b>	Yu et al.(15)	Lee et al.(29)	Bulatova et al. (30)	Tanikawa et al. (17)	Ter Horst et al.(33)
1. Were the criteria for inclusion in the sample clearly defined?	Na	Na	Si	Si	Si
2. Were the study subjects and the setting described in detail?	Si	Na	Na	Si	Si
3. Was the exposure measured in a valid and reliable way?	Si	Si	Si	Si	Si
4. Were objective, standard criteria used for measurement of the condition?	Si	Si	Si	Si	Si
5. Were confounding factors identified?	Si	Si	Si	Si	Si
6. Were strategies to deal with confounding factors stated?	Si	Si	Si	Si	Si
7. Were the outcomes measured in a valid and reliable way?	Si	Si	Si	Si	Si
8. Was appropriate statistical analysis used?	Si	Si	Si	Si	Si
9. Overall appraisal:	INCLUDE	INCLUDE	INCLUDE	INCLUDE	INCLUDE
10.Total (%) and quality rating*	7/7 100%	6/6 100%	7/7 100%	8/8 100%	8/8 100%

### **8.3 Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo**

En las tablas II, III y IV se evalúa el sesgo de los artículos. En esta revisión sistemática para evaluar el riesgo de sesgo de los artículos, se ha utilizado el checklist de la JBI (24) elegido para estudios analíticos transversales. Se han registrado valores de sesgo bajos en todos los artículos, con porcentajes mayores de 80%. Estos valores nos señalan que, durante la realización de los estudios, los investigadores han cometido una cantidad de errores que se puede considerar baja. Se puede afirmar que estos estudios se han realizado de manera correcta y que son utilizables para esta revisión sistemática, proporcionando información adecuada con suficiente evidencia científica.

## 8.4 Síntesis de resultados

<b>TABLA V: Resultados</b>				
<b>Articulo</b>	<b>Factor analizado</b>	<b>Tasa de éxito</b>	<b>Efectividad</b>	<b>Utilidad/Función</b>
Suhail et al. (13)	Extracción/no extracción	93% al 98%	Si	Predicción de diagnóstico y tratamiento en extracción/no extracción.
Ki-Jung et al.(25)	Extracción/no extracción	93%	Si	Referencia para profesionales menos expertos.
Takada K. (26)	Extracción/no extracción	93%	SI	Alta utilidad en ortodoncia.
Kök et al.(14)	Maduración vertebra cervical	-	Si	Ahorrar tiempo y nuevo enfoque digital.
Seo et al.(27)	Maduración vertebra cervical	>90%	Si	Diagnostico y tratamientos mas precisos.
Dong-Wook et al. (28)	Maduración vertebra cervical	-	Si	Evaluar el momento óptimo del tratamiento para pacientes en crecimiento.
Yu et al.(15)	Puntos cefalometricos	>90%	Si	Diagnostico mas rápido.
Lee et al. (29)	Puntos cefalometricos	>82%	Si	Ahorrar tiempo y ayuda para ortodoncistas menos expertos.
Bulatova et al.(30)	Puntos cefalometricos	-	Si	Buena herramienta también con grandes bases de datos en investigación.
Zhao et al.(31)	Detección de hipertrofia adenoidea	95%	Si	Alta precisión, muy útil con niños.
Shen et al. (32)	Detección de hipertrofia adenoidea	Hasta 94%	Si	Muy útil aunque necesita otras investigaciones.

Liu et al. (16)	Detección de hipertrofia adenoidea	-	Si	Aliviar carga de trabajo.
Tanikawa et al.(17)	Predicción de morfología facial después de una cirugía ortognatica	100% con un error máximo de 2mm	Si	Sistemas de IA clínicamente aceptables.
Ter Horst et al.(33)	Predicción de morfología facial después de una cirugía ortognatica	92% con un error máximo de 2mm	Si	Alto grado de precisión en predecir el perfil de los tejidos blandos tras la cirugía.
Moghimi et al.(19)	Predicción tamaño dental	-	Si	Herramienta prometedora para predecir el tamaño de dientes no erupcionados.
El-Dawlatly et al.(34)	Planificación de tratamiento en pacientes con mordida profunda	94.4%	Si	Necesidad de tratamiento de la sobremordida en la dentición permanente.
Thanathornwong(18)	Necesidad de tratamiento de ortodoncia	-	Si	Clasificación de pacientes en aquellos que necesitaban/no tratamiento de ortodoncia.

En la tabla V se han resumido las variables analizadas en los estudios, en este caso la tasa de éxito y la efectividad.

En los estudios sobre la decisión de realizar extracciones o no se ha visto una alta tasa de éxito (hasta 98%) y por supuesto efectividad de la IA en este tipo de diagnóstico con una precisión que es aproximadamente igual a la obtenida por diferentes expertos. (26)

Se ha visto, en los estudios sobre la detección de la maduración de la vertebra cervical, una tasa de éxito mayor de 90% y se afirma que la IA es útil ya que puede ayudar a los ortodontistas en realizar diagnósticos y planes de tratamiento precisos.(27)

Para la detección de puntos cefalometricos, se ha constatado en los estudios una tasa de éxito mayor de 90% pudiendo afirmar que la IA es capaz de ayudar a los dentistas sin experiencia en el trazado cefalométrico y también en grandes bases de datos con fines de investigación. (29,30)

Se ha visto, en los estudios de detección de hipertrofia adenoidea, un porcentaje de éxito de hasta 95%, con lo cual se puede afirmar que esto es de gran utilidad ya que la IA tiene una alta precisión y estabilidad en la detección de la hipertrofia de adenoides. (31)

En la tabla se describió también un porcentaje de éxito de hasta 100% con un error máximo de 2mm cuando la IA va a predecir el aspecto facial después de una cirugía ortognática. Se puede afirmar que es útil ya que nos da resultados clínicamente aceptables.(17)

Se ha visto la utilidad de la IA en la predicción del tamaño dental de caninos y premolares no erupcionados, aunque no se ha encontrado una tasa de éxito específica. Los autores afirman que la IA es una herramienta prometedora también en este tipo de mediciones. (19)

En los estudios sobre la necesidad de tratamiento se ha visto que la IA puede tener un porcentaje de éxito hasta 94.4%y que tiene un alto grado de

precisión a la hora de afirmar si un paciente necesita o no tratamiento de ortodoncia. (18,34)

## **9.DISCUSION**

### **Extracciones/no**

Como se ha comentado en la introducción, una parte importante de la planificación del tratamiento de ortodoncia es la decisión sobre las extracciones y los dientes que se van a extraer ya que una decisión errónea podría acarrear muchos problemas durante el tratamiento de ortodoncia. Hoy en día no existe una fórmula para el plan de tratamiento, la decisión depende del profesional en muchos casos. Recientemente, han habido muchos estudios sobre inteligencia artificial donde los autores han intentado resolver este problema.(25,26)

En la literatura se ha visto que IA, en este tipo de aplicación, se ha centrado específicamente en resultados binarios, es decir, extracción frente a no extracción ya que la decisión binaria es mucho más fácil de estandarizar. (13)

Por esto en el estudio de Suhail et al. se han añadido otras variables como: relación sagital, relación vertical, relación transversal, relación de tejidos blandos y condiciones en el arco dentario. (13)

Suhail et al. afirman que la IA puede mejorar su precisión de predicción añadiendo nuevos parámetros por lo que los ortodoncistas podrían aumentar sus conocimientos y experiencia clínica. (13)

Los autores concluyen que la IA es capaz de predecir el procedimiento de extracción/no extracción con una precisión que es aproximadamente igual a la obtenida por diferentes expertos. (13)

### **Maduración de la vertebra cervical**

Según Kök et al. la relación entre la edad cronológica y las edades óseas determinadas a partir de la radiografía de mano-muñeca y de las vértebras cervicales puede utilizarse clínicamente para determinar el crecimiento y el desarrollo de los individuos aunque la edad cronológica es un indicador débil de

maduración y que las vértebras cervicales podrían servir como un mejor indicador para este fin. (14)

En el estudio de Seo et al. se ha visto una tasa de éxito mayor del 90% afirmando que IA puede ayudar los ortodoncistas en realizar una evaluación precisa, reducir los errores manuales, el tiempo necesario para el diagnóstico y en evaluar fácilmente las etapas de crecimiento. (27)

Según Dong-Wook et al. la precisión de la predicción era baja cuando se utilizaban únicamente las características de la vertebra cervical, por esto se ha decidido utilizar datos adicionales de los pacientes, como la edad cronológica y el sexo y se demostró que aumentaba la precisión de la predicción. La precisión aumento aun mas cuando además de las variables escritas anteriormente, se añadieron las características morfométricas de las vertebra cervicales. (28)

Además, Dong-Wook et al. concluyeron diciendo que puede utilizarse la clasificación de Angle, el patrón esquelético, el momento de la menarquia y el estadio de desarrollo dental, para mejorar la precisión de la predicción. (28)

Seo et al. afirman lo mismo ya que el uso de más datos puede ayudar a crear tipos de IA con un rendimiento superior al 95%. (27)

### **Detección puntos cefalometricos**

En ortodoncia, el diagnóstico y la planificación del tratamiento son especialmente importantes porque muchos tratamientos son irreversibles o causan efectos secundarios irreversibles, como la reabsorción radicular apical y la recesión gingival. (15)

La cefalometría se utiliza como un criterio muy importante en el diagnóstico y la planificación del tratamiento de la ortodoncia. Sin embargo, la falta de certeza sobre la definición de los puntos de referencia cefalométricos provoca una variabilidad de errores debido a las tendencias individuales que intervienen en la medición. El trazado de los puntos de referencia cefalométricos de forma manual es una tarea que requiere mucho tiempo, por lo que debe reducirse su requerimiento de tiempo para que sea productivo. Por lo tanto, es necesario establecer un marco automático de análisis ortodóncico que pueda

estimar y analizar rápidamente puntos de referencia cefalométricos precisos y fiables.(29)

Lee et al afirman que la IA puede también proporcionar las regiones de confianza con una precisión de 95%, así el dentista puede calibrar intuitivamente la precisión del punto de referencia calculado por el sistema, especialmente según su ubicación y tamaño. (29)

Según Bulatova et al, todas las imágenes diagnósticas tienen que tener una buena calidad ya que una calidad no adecuada de la imagen, un incorrecto ángulo de foto, objetos no esqueléticos (como las varillas metálicas de la máquina del cefalostato) y marcas innecesarias pueden afectar a la precisión de la IA, ya que ésta no se entrenó inicialmente para reconocer dichos objetos en la imagen.(30)

Se pueden evidenciar otros problemas en el estudio de Lee et al, donde se ve que hay puntos de referencia difíciles de identificar como el punto A y Gonion. El punto A por su localización, ya que se sitúa en la concavidad del reborde anterior del maxilar superior y está influenciado por la posición de la cabeza, lo que dificulta el trazado. El punto gonion también es difícil de identificar por la IA debido a la limitación del cefalograma lateral de 2D, cuando ambas hemi-mandíbulas no están exactamente superpuestas, el punto podría marcarse en la hemi-mandíbula izquierda o derecha y así reducir la precisión. Por esto los autores afirman que, si se implementa un mecanismo que tenga en cuenta las características espaciales, la IA puede aumentar aun mas su rendimiento. (29)

Para intentar solucionar las limitaciones de la radiografía 2D, Yu et al afirman que con las futuras especificaciones y la disponibilidad de datos, la incorporación de la IA al análisis de la CBCT será una valiosa adición dado que el uso de la CBCT se ha popularizado recientemente y que su construcción de datos está todavía en la fase inicial. (15)

Yu et al afirman que la IA no solo puede trabajar con un conjunto pequeño de datos, si no también en una perspectiva epidemiológica. La IA puede ser una herramienta útil para analizar grandes conjuntos de datos para cualquier estudio futuro. (15)

El rendimiento de la IA puede mejorar con la suma de nuevos datos como los componentes esqueléticos y la severidad de la discrepancia esquelética. Sin embargo, se necesitan más investigaciones que comparen IA y el enfoque original con la detección de puntos de referencia y estudios adicionales para mejorar el rendimiento. (15,29,30)

### **Detección de hipertrofia adenoidea**

Los niños con hipertrofia adenoidea suelen presentarse en las clínicas de ortodoncia con una queja principal de maloclusión o insatisfacción con su perfil. Los ortodoncistas recomiendan encarecidamente un examen radiográfico a sus pacientes para los trastornos respiratorios del sueño y la hipertrofia de adenoides en la práctica clínica. (31)

El método estándar para el diagnóstico de la hipertrofia adenoidea era la endoscopia nasal con fibra óptica. Aunque puede proporcionar una información diagnóstica inestimable, no es adecuado para el diagnóstico en las clínicas dentales, ya que es demasiado caro y requiere mucho tiempo en comparación con el examen radiográfico. (16)

Muchos estudios han demostrado la alta fiabilidad de las radiografías cefalométricas (examen rutinario realizado por los ortodoncistas), a la hora de detectar la hipertrofia adenoidea. (16,31). Por esto Liu et al afirman que la IA es capaz de detectar la hipertrofia adenoidea con alta precisión y reducir el tiempo de diagnóstico, lo que podría servir como una herramienta de cribado fiable para la derivación. Los resultados de Liu et al muestran que la IA se desempeñó de manera similar a los expertos humanos con una velocidad de detección más rápida. Por lo tanto, según Liu et al. la IA puede ser una herramienta útil para aliviar la carga de trabajo de los dentistas en la detección temprana y mejorar la precisión del diagnóstico en la hipertrofia adenoidea. (16)

Los varios estudios analizados en esta revisión sistemática concuerdan con la idea que la IA puede trabajar no solo con un conjunto pequeño de datos como pueden ser los pacientes de una determinada clínica dental, si no también con un conjunto de datos mas amplio como pueden ser estudios clínicos/epidemiológicos relevantes, así como para exámenes de salud a nivel

comunitario/poblacional. También puede mejorar aún más el rendimiento añadiéndose algunos datos fundamentales como puede ser la historia clínica de un determinado paciente. (31,32)

### **Predicción de morfología facial después de una cirugía ortognática**

Como se ha comentado en la introducción, al planificar el tratamiento de pacientes con maloclusión, la predicción de los cambios de perfil y/o faciales que se producirán tras el tratamiento es de suma importancia a la hora de juzgar si un método de tratamiento es adecuado o no. Comparando los estudios analizados tenemos una tasa de éxito que varía desde 92% hasta 100% considerando un error máximo de 2mm. (17)

En cuanto a los cambios faciales las diferencias en la distancia absoluta media entre el tejido blando real y la predicción fueron significativamente inferiores a 3 mm para todas las zonas anatómicas y oscilaron entre 0,65 mm (mentón) y 1,17 mm (labio superior). (17)

Se evidenció en el estudio de Tanikawa et al que la comisura bucal mostró un movimiento significativo tras la cirugía ortognática. De hecho la predicción para la comisura de la boca mostró un error mayor, lo que significa que el movimiento de los tejidos duros y blandos en la comisura bucal es complejo. A pesar de ello en el estudio de Ter Horst et al. se ha podido comprobar, en la predicción de la morfología facial, principalmente en una cirugía de avance mandibular, una mayor precisión para la región del labio inferior en comparación con la región de la barbilla. (17,33)

En la literatura se ha podido comprobar que las razones conocidas para que las simulaciones de la región de los labios sean menos precisas son: la diferente tonicidad, longitud, postura y masa de los labios. Los algoritmos basados en la IA pueden dar lugar a una simulación de los labios adheridos al tejido duro en lugar del efecto de deslizamiento más realista de los labios sobre el tejido duro. (33)

En su estudio, Ter Horst et al, además afirman que la zona con menor precisión de simulación fue la del mentón y que podría atribuirse a dos factores:

el primero es que durante la adquisición de imágenes es difícil dejar que los músculos del mentón se relajaran completamente, el segundo fue el esfuerzo muscular mental habitual que los sujetos con hipoplasia mandibular habían mostrado antes de la operación. La IA tiene la capacidad de utilizar relaciones complejas y de aprender automáticamente de estas, lo que permite reducir el error al máximo.(33)

Se puede afirmar que con una mayor disponibilidad de casos, la IA mejorará y logrará una mayor precisión de las simulaciones. De hecho, un posible método para conseguirlo, es establecer una plataforma de intercambio de datos y planificación quirúrgica basada en la web a la que varios centros puedan cargar datos preoperatorios según un protocolo estandarizado para obtener simulaciones de tejidos blandos basadas en IA para su planificación quirúrgica virtual. (33)

Después de la cirugía, los datos postoperatorios resultantes también podrían cargarse en esta plataforma, de modo que las discrepancias entre el resultado postoperatorio simulado y el real pudieran calcularse automáticamente. Este enfoque innovador ampliaría la base de datos de casos históricos y acercaría las simulaciones de tejidos blandos basadas en IA y la planificación quirúrgica virtual a los cirujanos en la práctica diaria. (33)

Los estudios analizados concuerdan que, la predicción de la morfología facial después de una cirugía con ortognática, evaluada con IA tiene resultados predecibles y clínicamente aceptable ya que un error dentro del rango de 2mm no afecta gravemente a la planificación del tratamiento ni a la comunicación con el paciente, aunque se necesitan más estudios para que el modelo mejore aún más su rendimiento. (17,33)

### **Predicción tamaño dental**

Como se ha afirmado en la introducción es muy importante predecir el tamaño dental de los dientes no erupcionados para evaluar sus dimensiones y la correcta colocación en el arco dentario. Un método de predicción basado en IA no debería dar lugar a ninguna diferencia entre la anchura prevista y la real de los caninos y premolares permanentes. Sin embargo, los métodos de

predicción no son 100% precisos y pueden sobreestimar o subestimar los tamaños reales de los dientes no erupcionados. La sobreestimación en 1 mm de las anchuras reales de los caninos y premolares permanentes es mejor que la subestimación para evitar el apiñamiento y no debería afectar seriamente a una decisión de extracción. (19)

En el estudio de Mohgimi et al. la IA seleccionó los primeros molares e incisivos mandibulares y los incisivos centrales maxilares como dientes de referencia para predecir los tamaños de los caninos y premolares mandibulares y maxilares no erupcionados. Los parámetros del sistema varían en función de si la predicción se refiere a dientes no erupcionados de la mandíbula o del maxilar; así, el dentista selecciona primero el objetivo de la predicción (es decir, la mandíbula o el maxilar) y luego carga una fotografía digital del molde correspondiente. La IA es una herramienta prometedora para predecir los tamaños de caninos y premolares no erupcionados, en particular, la técnica puede ajustarse en función de los datos. (19)

### **Necesidad y planificación de tratamiento de ortodoncia**

La toma de decisiones clínicas requiere que el profesional aplique los conocimientos acumulados a una cantidad específica de información del paciente, pero, con demasiada frecuencia, las decisiones se basan en conocimientos limitados y deben tomarse durante un periodo de tiempo limitado y la información en la que se basan es incompleta o imperfecta. Por esto los sistemas de IA se utilizan ampliamente. En el estudio de Thanathornwong se ha visto como hubo un alto grado de acuerdo entre los juicios de los ortodontistas y los resultados producidos por IA. (18)

La IA logró un alto grado de precisión en la clasificación de los pacientes en grupos que necesitaban y no necesitaban tratamiento de ortodoncia. (18)

De acuerdo con estas afirmaciones el estudio de El-Dawlatly et al, analizó un sistema de IA para predecir la planificación de un tratamiento de ortodoncia, en la mordida profunda. Se vio como las decisiones de tratamiento generadas por la IA coincidieron con el plan de tratamiento real con muy buena

concordancia en casi todos los pacientes, lo que representó un 82% de concordancia. (34)

Los estudios concluyen afirmando que la IA demostró ser una herramienta efectiva para la planificación del tratamiento en pacientes con sobremordida profunda y para clasificar los pacientes que necesitan o no un tratamiento de ortodoncia, considerando así la IA como una futura herramienta para los ortodontistas. (18,34)

Las limitaciones de esta revisión sistemática son: el hecho de no centrarse en una tarea específica analizada por la IA y por supuesto un número reducido de artículos para cada factor analizado.

Al tratarse de una tecnología reciente, serán necesarias futuras investigaciones más exhaustivas para saber el alcance real de la IA en ortodoncia.

## **10.CONCLUSIONES**

1. La IA ha demostrado de ser una ayuda importante para dentistas y ortodoncistas ya que sus porcentaje de éxito son altas. Podemos afirmar que con la adjunta de datos adicionales y nuevos estudios, la IA todavía puede aun aumentar su precisión y efectividad.
2. La IA, como se ha visto en esta revisión sistemática, puede aplicarse en múltiples tareas de la ortodoncia y por esto puede asistir a la hora de diagnosticar y en la toma de decisiones en el día a día de los profesionales.

## **11. BIBLIOGRAFIA**

1. Quirós Oscar. Introducción a la ortodoncia. Acta odontol. venez [Internet]. 2004 Sep; 42( 3 ): 230-231.

2. Monill-González A, Rovira-Calatayud L, d'Oliveira N, Ustrell-Torrent J. Artificial intelligence in orthodontics: Where are we now? A scoping review. *Orthodontics & Craniofacial Research*. 2021;24(S2):6-15.

3. Kunz, F., Stellzig-Eisenhauer, A., Zeman, F. and Boldt, J., 2019. Artificial intelligence in orthodontics. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte der Kieferorthopädie*, 81(1), pp.52-68.

4. Renganathan V. Overview of artificial neural network models in the biomedical domain. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31602991/>

5. Choi R, Coyner A, Kalpathy-Cramer J, Chiang M, Campbell J. Introduction to Machine Learning, Neural Networks, and Deep Learning [Internet]. Disponible: <https://tvst.arvojournals.org/article.aspx?articleid=276234>  
4

6. Yamashita, R., Nishio, M., Do, R. K. G., & Togashi, K. (2018). *Convolutional neural networks: an overview and application in radiology. Insights in to Imaging*.

7. Georgevici, A. I., & Terblanche, M. (2019). *Neural networks and deep learning: a brief introduction. Intensive Care Medicine*. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00134-019-05537-w>

8. Yu, P. P. (2015). *Knowledge Bases, Clinical Decision Support Systems, and Rapid Learning in Oncology. Journal of Oncology Practice*, 11(2), 206–211.

9. Simões, Priscyla Waleska; Silva, Geraldo Doneda da; Moretti, Gustavo Pasquali; Simon, Carla Sasso; Winnikow, Erik Paul; Nassar, Silvia Modesto et al. (2015). *Metanálise do uso de redes bayesianas no diagnóstico de câncer de mama. Cadernos de Saúde Pública*, 31(1), 26–38.

10. Khanagar S, Al-Ehaideb A, Vishwanathaiah S, Maganur P, Patil S, Naik S et al. Scope and performance of artificial intelligence technology in orthodontic diagnosis, treatment planning, and clinical decision-making - A systematic review. *Journal of Dental Sciences*. 2021;16(1):482-492.
11. Jiang F, Jiang Y, Zhi H, et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology* 2017;2.
12. Liu J, Chen Y, Li S, Zhao Z, Wu Z. Machine learning in orthodontics: Challenges and perspectives. *Adv Clin Exp Med*. 2021;30(10):1065–1074.
13. Suhail, Yasir; Upadhyay, Madhur; Chhibber, Aditya; Kshitiz, (2020). *Machine Learning for the Diagnosis of Orthodontic Extractions: A Computational Analysis Using Ensemble Learning*. *Bioengineering*, 7(2), 55–.
14. Kök H, Acilar A, İzgi M. Usage and comparison of artificial intelligence algorithms for determination of growth and development by cervical vertebrae stages in orthodontics. *Progress in Orthodontics*. 2019;20(1).
15. Yu H, Cho S, Kim M, Kim W, Kim J, Choi J. Automated Skeletal Classification with Lateral Cephalometry Based on Artificial Intelligence. *Journal of Dental Research*. 2020;99(3):249-256.
16. Liu J, Li S, Cai Y, Lan D, Lu Y, Liao W et al. Automated Radiographic Evaluation of Adenoid Hypertrophy Based on VGG-Lite. *Journal of Dental Research*. 2021;100(12):1337-1343.
17. Tanikawa C, Yamashiro T. Development of novel artificial intelligence systems to predict facial morphology after orthognathic surgery and orthodontic treatment in Japanese patients. *Scientific Reports*. 2021;11(1).
18. Thanathornwong B. Bayesian-Based Decision Support System for Assessing the Needs for Orthodontic Treatment. *Healthcare Informatics Research*. 2018;24(1):22.

19. Moghimi, S.; Talebi, M.; Parisay, I. (2012). *Design and implementation of a hybrid genetic algorithm and artificial neural network system for predicting the sizes of unerupted canines and premolars. The European Journal of Orthodontics, 34(4), 480–486.*

20. Aminoshariae A, Kulild J, Nagendrababu V. Artificial Intelligence in Endodontics: Current Applications and Future Directions. *Journal of Endodontics.* 2021;47(9):1352-1357.

21. Revilla-León M, Gómez-Polo M, Vyas S, Barmak B, Galluci G, Att W et al. Artificial intelligence applications in implant dentistry: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 2021;.

22. Bernauer, S.A.; Zitzmann, N.U.; Joda, T. The Use and Performance of Artificial Intelligence in Prosthodontics: A Systematic Review. *Sensors* 2021, 21, 6628.

23. Matthew J. Page; Joanne E. McKenzie; Patrick M. Bossuyt; Isabelle Boutron; Tammy C. Hoffmann; Cynthia D. Mulrow et al. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas . *Revista Española de Cardiología, ( ), –*

24. Moola S, Munn Z, Tufanaru C, Aromataris E, Sears K, Sfetcu R, et al. Chapter 7: Systematic reviews of etiology and risk . In: Aromataris E, Munn Z (Editors). *JBIC Manual for Evidence Synthesis.* JBI, 2020.

25. Jung, Seok-Ki; Kim, Tae-Woo (2016). *New approach for the diagnosis of extractions with neural network machine learning. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 149(1), 127–133.*

26. Takada K. Artificial intelligence expert systems with neural network machine learning may assist decision-making for extractions in orthodontic treatment planning. *Journal of Evidence Based Dental Practice.* 2016;16(3):190-192.

27. Seo H, Hwang J, Jeong T, Shin J. Comparison of Deep Learning Models for Cervical Vertebral Maturation Stage Classification on Lateral

Cephalometric Radiographs. *Journal of Clinical Medicine*. 2021;10(16):3591.

28. Kim D, Kim J, Kim T, Kim T, Kim Y, Song I et al. Prediction of hand-wrist maturation stages based on cervical vertebrae images using artificial intelligence. *Orthodontics & Craniofacial Research*. 2021;24(S2):68-75.

29. Lee J, Yu H, Kim M, Kim J, Choi J. Automated cephalometric landmark detection with confidence regions using Bayesian convolutional neural networks. *BMC Oral Health*. 2020;20(1).

30. Bulatova G, Kusnoto B, Grace V, Tsay T, Avenetti D, Sanchez F. Assessment of automatic cephalometric landmark identification using artificial intelligence. *Orthodontics & Craniofacial Research*. 2021;24(S2):37-42.

31. Zhao T, Zhou J, Yan J, Cao L, Cao Y, Hua F et al. Automated Adenoid Hypertrophy Assessment with Lateral Cephalometry in Children Based on Artificial Intelligence. *Diagnostics*. 2021;11(8):1386.

32. Shen Y, Li X, Liang X, Xu H, Li C, Yu Y et al. A deep-learning-based approach for adenoid hypertrophy diagnosis. *Medical Physics*. 2020;47(5):2171-2181.

33. ter Horst R, van Weert H, Loonen T, Bergé S, Vinayahalingam S, Baan F et al. Three-dimensional virtual planning in mandibular advancement surgery: Soft tissue prediction based on deep learning. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2021;49(9):775-782.

34. El-Dawlatly M, Abdelmaksoud A, Amer O, El-Dakroury A, Mostafa Y. Evaluation of the efficiency of computerized algorithms to formulate a decision support system for deepbite treatment planning. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2021;159(4):512-521.

## 12. ANEXOS

### 12.1 Lista de verificación prisma 2020:

4

J.J. Yepes-Nunˆez et al. / Rev Esp Cardiol. 2021;xx(x):xxx-xxx

Tabla 1

Lista de verificación PRISMA 2020

Sección/tema	Ítem n.8	Ítem de la lista de verificación	Localización del ítem en la publicación
<b>TÍTULO</b>			
Título	1	Identifique la publicación como una revisión sistemática.	Portada
<b>RESUMEN</b>			
Resumen estructurado	2	Vea la lista de verificación para resúmenes estructurados de la declaración PRISMA 2020 (tabla 2).	2
<b>INTRODUCCIÓN</b>			
Justificación	3	Describa la justificación de la revisión en el contexto del conocimiento existente.	14
Objetivos	4	Proporcione una declaración explícita de los objetivos o las preguntas que aborda la revisión.	14
<b>MÉTODOS</b>			
Criterios de elegibilidad	5	Especifique los criterios de inclusión y exclusión de la revisión y como se agruparon los estudios para la síntesis.	16
Fuentes de información	6	Especifique todas las bases de datos, registros, sitios web, organizaciones, listas de referencias y otros recursos de búsqueda o consulta para identificar los estudios. Especifique la fecha en la que cada recurso se buscó o consultó por última vez.	15
Estrategia de búsqueda	7	Presente las estrategias de búsqueda completas de todas las bases de datos, registros y sitios web, incluyendo cualquier filtro y los límites utilizados.	15
Proceso de selección de los estudios	8	Especifique los métodos utilizados para decidir si un estudio cumple con los criterios de inclusión de la revisión, incluyendo cuantos autores de la revisión cribaron cada registro y cada publicación recuperada, si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	16
Proceso de extracción de los datos	9	Indique los métodos utilizados para extraer los datos de los informes o publicaciones, incluyendo cuantos revisores recopilaron datos de cada publicación, si trabajaron de manera independiente, los procesos para obtener o confirmar los datos por parte de los investigadores del estudio y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	16
Lista de los datos	10a	Enumere y defina todos los desenlaces para los que se buscaron los datos. Especifique si se buscaron todos los resultados compatibles con cada dominio del desenlace (por ejemplo, para todas las escalas de medida, puntos temporales, análisis) y, de no ser así, los métodos utilizados para decidir los resultados que se debían recoger.	16
	10b	Enumere y defina todas las demás variables para las que se buscaron datos (por ejemplo, características de los participantes y de la intervención, fuentes de financiación). Describa todos los supuestos formulados sobre cualquier información ausente ( <i>missing</i> ) o incierta.	16
Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales	11	Especifique los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios incluidos, incluyendo detalles de las herramientas utilizadas, cuantos autores de la revisión evaluaron cada estudio y si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	16
Medidas del efecto	12	Especifique, para cada desenlace, las medidas del efecto (por ejemplo, razón de riesgos, diferencia de medias) utilizadas en la síntesis o presentación de los resultados.	-
Métodos de síntesis	13a	Describa el proceso utilizado para decidir que estudios eran elegibles para cada síntesis (por ejemplo, tabulando las características de los estudios de intervención y comparándolas con los grupos previstos para cada síntesis (ítem n.8 5).	-
	13b	Describa cualquier método requerido para preparar los datos para su presentación o síntesis, tales como el manejo de los datos perdidos en los estadísticos de resumen o las conversiones de datos.	-
	13c	Describa los métodos utilizados para tabular o presentar visualmente los resultados de los estudios individuales y su síntesis.	-
	13d	Describa los métodos utilizados para sintetizar los resultados y justifique sus elecciones. Si se ha realizado un metaanálisis, describa los modelos, los métodos para identificar la presencia y el alcance de la heterogeneidad estadística, y los programas informáticos utilizados.	-
	13e	Describa los métodos utilizados para explorar las posibles causas	-

de heterogeneidad entre los resultados de los estudios (por ejemplo, análisis de subgrupos, meta regresión).

13f Describa los análisis de sensibilidad que se hayan realizado para evaluar

RECESP-101666; No. of Pages 10

J.J. Yepes-Nunˆez et al. / Rev Esp Cardiol. 2021;xx(x):xxx-xxx

5

Tabla 1 (Continuaci3n)  
Lista de verificaci3n PRISMA 2020

Secci3n/tema	Ítem n.8	Ítem de la lista de verificaci3n	Localizaci3n del ítem en la publicaci3n
Evaluaci3n del sesgo en la publicaci3n	14	Describa los m3todos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo debido a resultados faltantes en una s3ntesis (derivados de los sesgos en las publicaciones).	
Evaluaci3n de la certeza de la evidencia	15	Describa los m3todos utilizados para evaluar la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace.	
<b>RESULTADOS</b>			
Selecci3n de los estudios	16a	Describa los resultados de los procesos de b3squeda y selecci3n, desde el numero de registros identificados en la b3squeda hasta el n3mero de estudios incluidos en la revisi3n, idealmente utilizando un diagrama de flujo (ver figura 1).	17
	16b	Cite los estudios que aparentemente cumplian con los criterios de inclusi3n, pero que fueron excluidos, y explique por qu3 fueron excluidos.	18
Características de los estudios	17	Cite cada estudio incluido y presente sus características.	19
Riesgo de sesgo de los estudios individuales	18	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo para cada uno de los estudios incluidos.	21
Resultados de los estudios individuales	19	Presente, para todos los desenlaces y para cada estudio: a) los estadísticos de resumen para cada grupo (si procede) y b) la estimaci3n del efecto y su precisi3n (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza), idealmente utilizando tablas estructuradas o gráfic0s.	25
Resultados de la s3ntesis	20a	Para cada s3ntesis, resuma brevemente las características y el riesgo de sesgo entre los estudios contribuyentes.	
	20b	Presente los resultados de todas las s3ntesis estadísticas realizadas. Si se ha realizado un metaanálisis, presente para cada uno de ellos el estimador de resumen y su precisi3n (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza) y las medidas de heterogeneidad estadística. Si se comparan grupos, describa la direcci3n del efecto.	
	20c	Presente los resultados de todas las investigaciones sobre las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios.	
	20d	Presente los resultados de todos los an3lisis de sensibilidad realizados para evaluar la robustez de los resultados sintetizados.	
Sesgos en la publicaci3n	21	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo debido a resultados faltantes (derivados de los sesgos de en las publicaciones) para cada s3ntesis evaluada.	
Certeza de la evidencia	22	Presente las evaluaciones de la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace evaluado.	
<b>DISCUSI3N</b>			
Discusi3n	23a	Proporcione una interpretaci3n general de los resultados en el contexto de otras evidencias.	28
	23b	Argumente las limitaciones de la evidencia incluida en la revisi3n.	28
	23c	Argumente las limitaciones de los procesos de revisi3n utilizados.	35
	23d	Argumente las implicaciones de los resultados para la pr3ctica, las pol3ticas y las futuras investigaciones.	35
<b>OTRA INFORMACI3N</b>			
Registro y protocolo	24a	Proporcione la informaci3n del registro de la revisi3n, incluyendo el nombre y el n3mero de registro, o declare que la revisi3n no ha sido registrada.	
	24b	Indique donde se puede acceder al protocolo, o declare que no se ha redactado ning3n protocolo.	
	24c	Describa y explique cualquier enmienda a la informaci3n proporcionada en el registro o en el protocolo.	
Financi3n	25	Describa las fuentes de apoyo financiero o no financiero para la revisi3n y el papel de los financiadores o patrocinadores en la revisi3n.	
Conflicto de intereses	26	Declare los conflictos de intereses de los autores de la revisi3n.	
Disponibilidad de datos, c3digos y otros materiales	27	Especifique qu3 elementos de los que se indican a continuaci3n est3n disponibles al p3blico y donde se pueden encontrar: plantillas de formularios de extracci3n de datos, datos extraídos de los estudios incluidos, datos utilizados para todos los an3lisis, c3digo de an3lisis, cualquier otro material utilizado en la revisi3n.	

## 12.2 Checklist para estudios analíticos trasversales

### JBI CRITICAL APPRAISAL CHECKLIST FOR ANALYTICAL CROSS SECTIONAL STUDIES

Reviewer \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Author \_\_\_\_\_ Year \_\_\_\_\_ Record Number \_\_\_\_\_

	Yes	No	Unclear	Not applicable
1. Were the criteria for inclusion in the sample clearly defined?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Were the study subjects and the setting described in detail?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Was the exposure measured in a valid and reliable way?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Were objective, standard criteria used for measurement of the condition?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. <u>Were</u> confounding factors identified?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Were strategies to deal with confounding factors stated?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Were the outcomes measured in a valid and reliable way?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Was appropriate statistical analysis used?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Overall appraisal: Include  Exclude  Seek further info

## 12.3 Formato paper

### **Titulo: "Inteligencia artificial en ortodoncia, una revisión sistemática"**

**Autores:** Salvatore Cammalleri, Prof. Dr. Rafael Fernández Sabater.

**Email:** salvosc971@gmail.com

#### **Abstract**

#### **Objetivos:**

**Objetivo general:** evaluar si la IA es útil o efectiva en el campo de la ortodoncia

**Objetivos específicos:** analizar si la IA es efectiva en el diagnóstico y toma de decisiones en ortodoncia.

Revisar la aplicación de la inteligencia artificial en ortodoncia.

**Materiales y métodos:** para realizar este trabajo se han realizado varias búsquedas en dos bases de datos (PubMed y Scopus) sin aplicar limitaciones. Se han aplicado los criterios de inclusión y exclusión, los artículos se han leído de manera completa y analizados también mediante lectura crítica (JBI).

Criterios de inclusión: artículos donde se habla de ortodoncia y inteligencia artificial en ortodoncia.

Criterios de exclusión: artículos de odontología general, revisiones sistemáticas, meta-análisis y artículos de medicina general

**Resultados:** en los 17 artículos analizados se ha visto como la IA se aplica en muchos campos de la ortodoncia como: tomar la decisión de extracción de un diente, en valorar la maduración esquelética de un individuo, en predecir el tamaño dental, en clasificar los pacientes si necesitan un tratamiento de ortodoncia, en la detección de hipertrofia adenoidea, en la detección de puntos cefalométricos y en predecir los cambios faciales después de una cirugía ortognática. Se registraron tasas de éxito muy altas.

**Discusión:** en la discusión se evidencia que IA ayuda a los ortodontistas en múltiples tareas, sobre todo en el diagnóstico y en la toma de decisiones clínicas. Los estudios concuerdan que IA es una herramienta prometedora en ortodoncia. Se concluye afirmando que la IA ha demostrado de ser una ayuda importante para dentistas y ortodontistas ya que muestra efectividad y tasas de éxito altas aunque se afirma que se necesitan más datos y estudios para aún mejorar su rendimiento y precisión. IA puede aplicarse en múltiples campos de la ortodoncia y por supuesto puede asistir a la hora de diagnosticar y tomar decisiones en el día a día de los profesionales.

### **“Inteligencia artificial en ortodoncia, una revisión sistemática”**

**Keywords:** "Orthodontic\*", "Artificial intelligence", "Cephalometry", "Extraction", "Diagnosis", "Malocclusion", "Algorithm" y Machine learning"

**Introducción:** la palabra ortodoncia proviene del griego ORTHOS ( enderezar) y de ODONTO (diente).

Es aquella rama de la odontología que se ocupa de la prevención, diagnóstico y tratamiento de las malposiciones dentarias y todos los trastornos relacionados con ellas. (1) Para que el proceso, no solo de diagnóstico, si no también de tratamiento sea más preciso y eficiente, el uso de la Inteligencia Artificial en ortodoncia ha crecido significativamente en los últimos años. (2) La IA en sí es un término general que describe a las computadoras que imitan la inteligencia humana. Se caracteriza por técnicas matemáticas y estadísticas que permiten a las máquinas mejorar sus habilidades mediante el uso de algoritmos autoadaptables. (3). Las técnicas de IA más utilizadas incluyen (2): ANN: Red neuronal artificial, NB: Redes bayesianas, ML: Aprendizaje automático, Cnn: Redes neuronales convolucionales,, DL: Aprendizaje profundo y DSSs: Sistema en la ayuda para toma de decisiones. A pesar de la literatura cada vez más rica sobre IA en la salud, la investigación se centra principalmente en: cáncer, enfermedades del sistema nervioso y enfermedades cardiovasculares.(4)

**IA en ortodoncia:** en comparación a los procedimientos tradicionales, la IA simplifica protocolos complejos, ahorra tiempo y proporciona resultados objetivos predecibles. Las tareas principales en que se puede utilizar la IA son varias y entre ellas encontramos: predecir la edad ósea de un determinado paciente, hacer frente a la toma de decisiones clínicas, como la extracción de dientes o no, la identificación automática de puntos de referencia en cefalometrias, detección de hipertrofias adenoideas, necesidad de tratamiento ortodóncico y también en el ámbito de la cirugía ortognática. (5)

**Extracción de dientes:** extraer un diente es una de las decisiones más críticas y controvertidas en el tratamiento de ortodoncia porque se trata de un acción irreversible. Una decisión errónea puede conducir a resultados no deseados, como una estética no deseable, una oclusión inadecuada, anomalías funcionales relacionadas con la masticación y el habla y, en el peor de los casos, un tratamiento inacabado.(6)

**Maduración esquelética:** la determinación del momento ideal de inicio del tratamiento puede ser tan crucial como la selección del tratamiento específico. Si el tratamiento puede iniciarse en la fase óptima de crecimiento y desarrollo del paciente con un protocolo adecuado, cabe esperar la respuesta más favorable posible.(7)

**Análisis cefalométrico:** la clasificación esquelética es una parte importante del diagnóstico ortodóncico y la planificación del tratamiento, evaluada por las cefalometrias. A pesar de ser el procedimiento más crucial y sensible en el análisis cefalométrico, la identificación de los puntos de referencia requiere mucho tiempo y tiene un alto potencial de errores y variabilidad.(8)

**Hipertrofia adenoidea:** la hipertrofia adenoidea se asocia con la morfología de "cara adenoidea" que presenta arco maxilar estrecho, mordida cruzada posterior, mandíbula retrognática y gran altura facial.(9)

**Predicción de la morfología facial en cirugía ortognática:** al planificar el tratamiento de pacientes con maloclusión, la predicción de los cambios de perfil y/o faciales que se producirán tras el tratamiento es de suma importancia a la hora de juzgar si un método de tratamiento es adecuado. (10)

**Necesidad de tratamiento ortodóncico:** se han desarrollado varios índices para clasificar a los pacientes en categorías respecto a la necesidad de tratamiento ortodóncico. La asociación entre estos índices es imprecisa y se sabe que los juicios sobre la necesidad de tratamiento ortodóncico varían sustancialmente entre los distintos estudios. Debido a este problema, en los últimos años, se han desarrollado aplicaciones informáticas para ayudar al clínico en el proceso de toma de decisiones.(11)

**Predicción del tamaño dentario:** : predecir el tamaño de los dientes no erupcionados durante el periodo de dentición mixta es importante para gestionar la oclusión en desarrollo de los niños en crecimiento.

Normalmente se utilizan diferentes métodos de predicción aunque se afirma que el esquema de Moyers ha logrado una amplia aceptación clínica debido a su simplicidad y facilidad de aplicación.(12)

**IA en odontología:** en endodoncia se ha visto su utilidad en detección de la longitud de trabajo, detección de morfología radicular, predicción de retratamientos y de tratamientos con células indiferenciadas.

En implantología la IA tiene el potencial de reconocer el tipo de implante y predecir la osteointegración con un éxito variable hasta 80,5% entre los estudios. Mientras en prótesis la IA se utiliza para diseño automático de dentaduras postizas completas o parciales y determinar el perfil de emergencia.(13,14,15)

**Justificación:** esta revisión sistemática presenta para los odontólogos y ortodoncistas las posibles aplicaciones de la inteligencia artificial en ortodoncia para que entiendan que es una alternativa fiable en el diagnóstico y una ayuda en la toma de decisiones en ortodoncia.

**Hipótesis:** la hipótesis de este trabajo considera que la utilización de la inteligencia artificial ayuda a odontólogos y ortodoncistas en el diagnóstico y en la toma de decisiones en un plan de tratamiento ortodóncico de un determinado paciente.

## Objetivos:

**Objetivo general:** evaluar si la IA es útil o efectiva en el campo de la ortodoncia

**Objetivos específicos:** analizar si la IA es efectiva en el diagnóstico y toma de decisiones en ortodoncia, revisar la aplicación de la inteligencia artificial en ortodoncia.

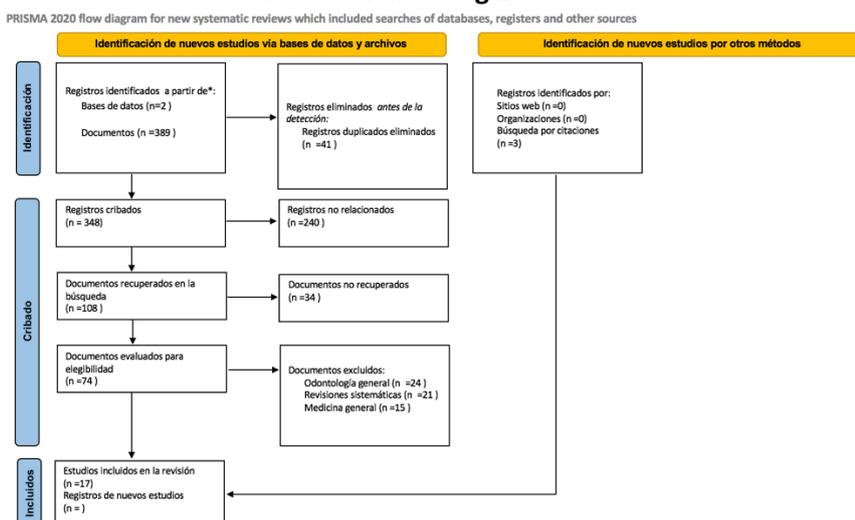
**Materiales y métodos:** la siguiente revisión sistemática se desarrolló según la guía Prisma (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and MetaAnalyses) (16) y con la siguiente pregunta PICO: Población: imágenes diagnósticas de pacientes ortodóncicos, intervención: inteligencia artificial, resultados: efectividad de la inteligencia artificial en ortodoncia. El presente trabajo se llevó a cabo a través de una revisión bibliográfica de la literatura científica en dos bases de datos informáticas: PubMed y Scopus con el fin de alcanzar los objetivos específicos predeterminados. Los términos "Orthodontic\*", "Artificial intelligence", "Cephalometry", "Extraction", "Diagnosis", "Malocclusion", "Algorithm" y "Machine learning", se han seleccionado para escribir este estudio. Los términos fueron asociados buscándolos en "Title and abstract", realizando así una búsqueda más fácil. En la búsqueda no se han puesto límites de año ni límites de idioma.

**Criterios de inclusión:** en este estudio se consideraron artículos donde se habla de ortodoncia, Inteligencia artificial en ortodoncia.

**Criterios exclusión:** artículos de odontología general, revisiones sistemáticas, meta-análisis, artículos de medicina general. El proceso de recopilación de datos y lista de datos se ha realizado mediante lectura crítica, estudiando los diferentes contenidos de los artículos y la información que se ha extraído de ellos se ha basado en los objetivos de la investigación. La búsqueda se completó con una revisión de las referencias bibliográficas de los artículos seleccionados para identificar estudios adicionales no encontrados en la búsqueda inicial, para rescatar estudios potencialmente relevantes para la realización del trabajo. Para el estudio y valoración de sesgo estudios se utilizó el instrumento estandarizado de valoración crítica del Instituto Joanna Briggs (JBI) (17), que incorpora 8 preguntas. Las posibles respuestas son: "Si", "No", "no está claro", "no es aplicable". Se ha considerado, teniendo en cuenta las respuestas, que un estudio se consideraba con alto riesgo de sesgo si presentaba un total de 50% o menos de "Si". Se consideraron estudios con riesgo moderado de sesgo aquellos con un porcentaje entre 50% y 80% de "Si", mientras que los estudios con riesgo de sesgo bajo obtuvieron un porcentaje de 80% o más de "Si".

## Resultados

### Selección de los estudios. Flowchart. Fig 1



El proceso de selección se presenta en la Fig. 1. Se identificaron un total de 389 estudios de los cuales se excluyeron 41 duplicados. Después de haber leído título y abstract se excluyeron 240 artículos. Se descartaron 34 artículos donde no se encontró el texto completo y otros 60 artículos se excluyeron analizando los criterios de inclusión y exclusión. A la revisión se han añadido también 3 estudios seleccionados mediante la revisión de la bibliografía de los estudios analizados. La muestra final está formada por 17 artículos.

<b>Tabla I: Características generales de los estudios</b>				
<b>Autores</b>	<b>Año publicación</b>	<b>Tipo de estudio</b>	<b>Tipo de IA</b>	<b>N de radiografías</b>
Suhail et al (6)	2020	Estudio analítico transversal	ML	287
Ki-Jung et al. (18)	2016	Estudio analítico transversal	ML	156
Takada K.(19)	2016	Estudio analítico transversal	ML	156
Kök et al.(7)	2020	Estudio analítico transversal	NB ANN	300
Seo et al. (20)	2021	Estudio analítico transversal	CNN	600
Dong-Wook et al. (21)	2021	Estudio analítico transversal	ML	455
Yu et al. (8)	2020	Estudio analítico transversal	CNN	5890
Lee et al. (22)	2021	Estudio analítico transversal	NB CNN	400
Bulatova et al.(23)	2021	Estudio analítico transversal	CNN	110
Zhao et al. (24)	2021	Estudio analítico transversal	CNN	937
Shen et al. (25)	2020	Estudio analítico transversal	DL	688
Liu et al.(9)	2021	Estudio analítico transversal	DL	1023
Tanikawa et al.(10)	2021	Estudio analítico transversal	DL	137
Ter Horst et al. (26)	2021	Estudio analítico transversal	DL	133
Moghimi et al. (12)	2012	Estudio analítico transversal	ANN	106
El-Dawlatly et al. (27)	2020	Estudio analítico transversal	DSSs	51

Thanathornwong (11)	2018	Estudio analítico transversal	NB	1000
---------------------	------	-------------------------------	----	------

En la tabla I se describen las características generales de los estudios. Los 17 artículos elegidos para esta revisión sistemática fueron estudios analíticos trasversales, cuyos años de publicación varían entre el 2012 y 2021. En la tabla se destacan el tipo de IA que cada estudio ha utilizado para llegar a la tarea preestablecida y el número de radiografías tomadas a los pacientes.

**Valoración de sesgo:** en este trabajo para evaluar el riesgo de sesgo en los artículos, se ha utilizado el checklist de la JBI(17) elegido para estudios analíticos trasversales. Se han registrado valores de sesgo bajos en todos los artículos, con porcentajes mayores de 80%. Estos valores nos señalan que, durante la realización de los estudios, los investigadores han cometido una cantidad de errores que se puede considerar baja. Se puede afirmar que estos estudios se han realizado de manera correcta y que son utilizables para este trabajo proporcionando información adecuada con suficiente evidencia científica.

TABLA II: Resultados		
Artículo	Factor analizado	Tasa de éxito
Suhail et al. (6)	Exo/no exo	93% al 98%
Ki-Jung et al.(18)	Exo/no exo	93%
Takada K. (19)	Exo/no exo	93%
Kök et al. (7)	Maduración vertebra cervical	-
Seo et al. (20)	Maduración vertebra cervical	>90%
Dong-Wook et al.(21)	Maduración vertebra cervical	-
Yu et al. (8)	Puntos cefalometricos	>90%
Lee et al. (22)	Puntos cefalometricos	>82%
Bulatova et al. (23)	Puntos cefalometricos	-
Zhao et al. (24)	Detección de hipertrofia adenoidea	95%
Shen et al. (25)	Detección de hipertrofia adenoidea	Hasta 94%
Liu et al. (9)	Detección de hipertrofia adenoidea	-
Tanikawa et al. (10)	Predicción de morfología facial después de una cirugía ortognatica	100% con un error máximo de 2mm
Ter Horst et al.(26)	Predicción de morfología facial después de una cirugía ortognatica	92% con un error máximo de 2mm
Moghimi et al.(12)	Predicción tamaño dental	-
El-Dawlatly et al. (27)	Planificación de tratamiento en pacientes con mordida profunda	94.4%
Thanathornwong (11)	Necesidad de tratamiento de ortodoncia	-

Tabla II: en los estudios sobre la decisión de realizar extracciones o no se ha visto una alta tasa de éxito (hasta 98%) y por supuesto efectividad de la IA en este tipo de diagnosis con una precisión que es aproximadamente igual a la obtenida por diferentes expertos. (19) Se ha visto, en los estudios sobre la detección de la maduración de la vertebra cervical, una tasa de éxito >90% y se afirma que la IA es útil ya que puede ayudar a los ortodoncistas en realizar diagnósticos y planes de tratamiento precisos.(20) Para la detección de puntos cefalometricos, se ha constatado en los estudios una tasa de éxito >90% pudiendo afirmar que IA es capaz de ayudar los dentistas sin experiencia en el trazado cefalométrico y tambien en grandes bases de datos con fines investigativos.(22,23) Se ha visto, en los artículos de detección de hipertrofia adenoidea, un porcentaje de éxito hasta 95%, con lo cual se puede afirmar que esto nos da una gran ayuda ya que IA tiene una alta precisión y estabilidad en la detección de la hipertrofia de adenoides. (24) En la tabla se describe también un porcentaje de éxito hasta 100% con un error máximo de 2mm cuando IA va a predecir el aspecto facial después de una cirugía ortognatica. Podemos afirmar que es útil ya que nos da resultados clínicamente aceptables. (10) Se ha visto la utilidad de la IA en la predicción del tamaño dental de caninos y premolares no erupcionados, aunque no se ha encontrado una tasa de éxito

específica. Los autores afirman que IA es una herramienta prometedora también en este tipo de mediciones. (12) En los estudios sobre la necesidad de tratamiento se ha visto que IA puede tener un porcentaje de éxito hasta 94.4% y que tiene un alto grado de precisión a la hora de afirmar si un paciente necesita o no tratamiento de ortodoncia. (11,27)

#### **DISCUSION:**

**Extracciones/no:** en la literatura se ha visto que IA, en este tipo de aplicación, se ha centrado específicamente en resultados binarios, es decir, extracción frente a no extracción ya que la decisión binaria es mucho más fácil de estandarizar. (6) Suhail et al. afirman que la IA puede mejorar su precisión de predicción añadiendo nuevos parámetros por lo que los ortodontistas podrían aumentar sus conocimientos y experiencia clínica. (6) Los autores concluyen que la IA es capaz de predecir el procedimiento de extracción/no extracción con una precisión que es aproximadamente igual a la obtenida por diferentes expertos. (6,18,19)

**Maduración de la vertebra cervical:** según Kök et al. la relación entre la edad cronológica y las edades óseas determinadas a partir de la radiografía de mano-muñeca y de las vértebras cervicales puede utilizarse clínicamente para determinar el crecimiento y el desarrollo de los individuos aunque la edad cronológica es un indicador débil de maduración y que las vértebras cervicales podrían servir como un mejor indicador para este fin. (7) En el estudio de Seo et al. se ha visto una tasa de éxito mayor del 90% afirmando que IA puede ayudar los ortodontistas en realizar una evaluación precisa, reducir los errores manuales, el tiempo necesario para el diagnóstico y en evaluar fácilmente las etapas de crecimiento. (20) Según Dong-Wook et al. la precisión de la predicción era baja cuando se utilizaban únicamente las características de la vertebra cervical, por esto se ha decidido utilizar datos adicionales de los pacientes, como la edad cronológica y el sexo y se demostró que aumentaba la precisión de la predicción.(21) Seo et al. afirman lo mismo ya que el uso de más datos puede ayudar a crear tipos de IA con un rendimiento superior al 95%. (20)

**Detección puntos cefalométricos:** la cefalometría se utiliza como un criterio muy importante en el diagnóstico y la planificación del tratamiento de la ortodoncia. La falta de certeza sobre la definición de los puntos de referencia cefalométricos provoca una variabilidad de errores debido a las tendencias individuales que intervienen en la medición. (22) Lee et al afirman que la IA puede también proporcionar las regiones de confianza con una precisión de 95%, así el dentista puede calibrar intuitivamente la precisión del punto de referencia calculado por el sistema, especialmente según su ubicación y tamaño.(22) Según Bulatova et al, todas las imágenes diagnosticas tienen que tener una buena calidad ya que una

calidad no adecuada de la imagen, un incorrecto ángulo de foto, objetos no esqueléticos (como las varillas metálicas de la máquina del cefalostato) y marcas innecesarias pueden afectar a la precisión de la IA, ya que ésta no se entrenó inicialmente para reconocer dichos objetos en la imagen.(23) Se han podido evidenciar otros problemas en el estudio de Lee et al, donde se ve que hay puntos de referencia difíciles de identificar como el punto A y Gonion, sea por su localización sea para la limitación de la cefalometría en 2D. Por esto los autores afirman que, si se implementa un mecanismo que tenga en cuenta las características espaciales, la IA puede aumentar aun mas su rendimiento. (22) Yu et al afirman que la IA no solo puede trabajar con un conjunto pequeño de datos, si no también en una perspectiva epidemiológica. La IA puede ser una herramienta útil para analizar y crear grandes conjuntos de datos para cualquier estudio futuro.(8) El rendimiento de la IA puede mejorar con la suma de nuevos datos como los componentes esqueléticos y la severidad de la discrepancia esquelética. Sin embargo, se necesitan más investigaciones que comparen IA y el enfoque original con la detección de puntos de referencia y estudios adicionales para mejorar el rendimiento. (8,22,23)

**Detección de hipertrofia adenoidea:** los niños con hipertrofia adenoidea suelen presentarse en las clínicas de ortodoncia con una queja principal de maloclusión o insatisfacción con su perfil. Los ortodontistas recomiendan un examen radiográfico a sus pacientes para los trastornos respiratorios del sueño y la hipertrofia de adenoides. Existe una alta probabilidad de que estos niños presenten arcadas dentales estrechas, paladares profundos, ángulos mandibulares aumentados, mandíbulas retrognáticas y perfiles convexos. Estos rasgos faciales también se denominan "facies adenoidea". (24) El método estándar para el diagnóstico de la hipertrofia adenoidea era la endoscopia nasal con fibra óptica, aunque muchos estudios han demostrado la alta fiabilidad de las radiografías cefalométricas, a la hora de detectar la hipertrofia adenoidea. (9,24). Por esto Liu et al afirman que la IA es capaz de detectar la hipertrofia adenoidea con alta precisión y reducir el tiempo de diagnóstico, lo que podría servir como una herramienta de cribado fiable para la derivación. Los resultados de Liu et al muestran que la IA se desempeñó de manera similar a los expertos humanos con una velocidad de detección más rápida. Por lo tanto, según Liu et al. la IA puede ser una herramienta útil para aliviar la carga de trabajo de los dentistas en la detección temprana y mejorar la precisión del diagnóstico en la hipertrofia adenoidea. (9) También puede mejorar aún más el rendimiento añadiéndose algunos datos fundamentales como puede ser la historia clínica de un determinado paciente. (24,25)

**Predicción de morfología facial después de una cirugía ortognática:** comparando los estudios analizados se ha visto una tasa de éxito que varía desde 92% hasta 100% considerando un error máximo de 2mm. En cuanto a los cambios faciales las diferencias en la distancia absoluta media entre el tejido blando real y la predicción fueron significativamente inferiores a 3 mm para todas las zonas anatómicas y oscilaron entre 0,65 mm (mentón) y 1,17 mm (labio superior). (10) Se evidenció en el estudio de Tanikawa et al que la comisura bucal mostró un movimiento significativo tras la cirugía ortognática. De hecho la predicción para la comisura de la boca mostró un error mayor, lo que significa que el movimiento de los tejidos duros y blandos en la comisura bucal es complejo.(10) En la literatura se ha podido comprobar que las razones conocidas para que las simulaciones de la región de los labios sean menos precisas son: la diferente tonicidad, longitud, postura y masa de los labios. Los algoritmos basados en la IA pueden dar lugar a una simulación de los labios adheridos al tejido duro en lugar del efecto de deslizamiento más realista de los labios sobre el tejido duro. (26). Se puede afirmar que con una mayor disponibilidad de casos, la IA mejorará y logrará una mayor precisión de las simulaciones. (26) Los estudios analizados concuerdan que, la predicción de la morfología facial después de una cirugía con ortognática, evaluada con IA tiene resultados predecibles y clínicamente aceptable ya que un error dentro del rango de 2mm no afecta gravemente a la planificación del tratamiento ni a la comunicación con el paciente, aunque se necesitan mas estudios para que el modelo mejore aun mas su rendimiento. (10,26)

**Predicción tamaño dental:** como se ha afirmado en la introduccion es muy importante predecir el tamaño dental de los dientes no erupcionados para evaluar sus dimensiones y la correcta colocación en el arco dentario. Un método de predicción basado en IA no debería dar lugar a ninguna diferencia entre la anchura prevista y la real de los caninos y premolares permanentes. La sobreestimación en 1 mm de las anchuras reales de los caninos y premolares permanentes es mejor que la subestimación para evitar el apiñamiento y no debería afectar seriamente a una decisión de extracción. (12) Los parámetros del sistema varían en función de si la predicción se refiere a dientes no erupcionados de la mandíbula o del maxilar; así, el dentista selecciona primero el objetivo de la predicción (es decir, la mandíbula o el maxilar) y luego carga una fotografía digital del molde correspondiente. La IA es una herramienta prometedora para predecir los tamaños de caninos y premolares no erupcionados, en particular, la técnica puede ajustarse en función de los datos. (12)

**Necesidad y planificación de tratamiento de ortodoncia:** en el estudio de Thanathornwong se ha visto como hubo un alto grado de acuerdo entre los juicios de los ortodoncistas y los resultados producidos por

IA. La IA logró un alto grado de precisión en la clasificación de los pacientes en grupos que necesitaban y no necesitaban tratamiento de ortodoncia. (11) De acuerdo con estas afirmaciones el estudio de El-Dawlatly et al, analizó un sistema de IA para predecir la planificación de un tratamiento de ortodoncia, en la mordida profunda. Se vio como las decisiones de tratamiento generadas por la IA coincidieron con el plan de tratamiento real con muy buena concordancia en casi todos los pacientes, lo que representó un 82% de concordancia. (27) Los estudios concluyen afirmando que la IA demostró ser una herramienta efectiva para la planificación del tratamiento en pacientes con sobremordida profunda y para clasificar los pacientes que necesitan o no un tratamiento de ortodoncia, considerando así la IA como una futura herramienta para los ortodontistas. (11,27) Se puede concluir afirmando que la IA ha demostrado de ser una ayuda importante para dentistas y ortodontistas ya que sus porcentaje de éxito son altas. Podemos afirmar que con la adjunta de datos adicionales y nuevos estudios, la IA todavía puede aun aumentar su precisión y efectividad. La IA, como se ha visto en esta revisión sistemática, puede aplicarse en múltiples tareas de la ortodoncia y por esto puede asistir a la hora de diagnosticar y en la toma de decisiones en el día a día de los profesionales.

#### **BIBLIOGRAFIA:**

1. Quirós Oscar. introduccion a la ortodoncia. Acta odontol. venez [Internet]. 2004 Sep; 42( 3 ): 230-231.
2. Monill-González, A., Rovira-Calatayud, L., d'Oliveira, N. and Ustrell-Torrent, J., 2021. *Artificial intelligence in orthodontics: Where are we now? A scoping review*
3. Kunz, F., Stellzig-Eisenhauer, A., Zeman, F. and Boldt, J., 2019. Artificial intelligence in orthodontics. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte der Kieferorthopädie*, 81(1),52-68.
4. Jiang F, Jiang Y, Zhi H, et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology* 2017;2.
5. Liu J, Chen Y, Li S, Zhao Z, Wu Z. Machine learning in orthodontics: Challenges and perspectives. *Adv Clin Exp Med*. 2021;30(10):1065–1074.
6. Suhail, Yasir; Upadhyay, Madhur; Chhibber, Aditya; Kshitiz, (2020). *Machine Learning for the Diagnosis of Orthodontic Extractions: A Computational Analysis Using Ensemble Learning*. *Bioengineering*, 7(2), 55–14.
7. Kök H, Acilar A, İzgi M. Usage and comparison of artificial intelligence algorithms for determination of growth and development by cervical vertebrae stages in orthodontics. *Progress in Orthodontics*. 2019;20(1).

8. Yu H, Cho S, Kim M, Kim W, Kim J, Choi J. Automated Skeletal Classification with Lateral Cephalometry Based on Artificial Intelligence. *Journal of Dental Research*. 2020;99(3):249-256.
9. Liu J, Li S, Cai Y, Lan D, Lu Y, Liao W et al. Automated Radiographic Evaluation of Adenoid Hypertrophy Based on VGG-Lite. *Journal of Dental Research*. 2021;100(12):1337-1343.
10. Tanikawa C, Yamashiro T. Development of novel artificial intelligence systems to predict facial morphology after orthognathic surgery and orthodontic treatment in Japanese patients. *Scientific Reports*. 2021;11(1).
11. Thanathornwong B. Bayesian-Based Decision Support System for Assessing the Needs for Orthodontic Treatment. *Healthcare Informatics Research*. 2018;24(1):22.
12. Moghimi, S.; Talebi, M.; Parisay, I. (2012). *Design and implementation of a hybrid genetic algorithm and artificial neural network system for predicting the sizes of unerupted canines and premolars. The European Journal of Orthodontics, 34(4), 480–486.*
13. Aminoshariae A, Kulild J, Nagendrababu V. Artificial Intelligence in Endodontics: Current Applications and Future Directions. *Journal of Endodontics*. 2021;47(9):1352-1357.
14. Revilla-León M, Gómez-Polo M, Vyas S, Barmak B, Galluci G, Att W et al. Artificial intelligence applications in implant dentistry: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2021;.
15. Bernauer, S.A.; Zitzmann, N.U.; Joda, T. The Use and Performance of Artificial Intelligence in Prosthodontics: A Systematic Review. *Sensors* 2021, 21, 6628.
16. Matthew J. Page; Joanne E. McKenzie; Patrick M. Bossuyt; Isabelle Boutron; Tammy C. Hoffmann; Cynthia D. Mulrow et al. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas . *Revista Española de Cardiología*, (), –
17. Moola S, Munn Z, Tufanaru C, Aromataris E, Sears K, Sfetcu R, et al. Chapter 7: Systematic reviews of etiology and risk . In: Aromataris E, Munn Z (Editors). *JBI Manual for Evidence Synthesis*. JBI, 2020.
18. Jung, Seok-Ki; Kim, Tae-Woo (2016). *New approach for the diagnosis of extractions with neural network machine learning. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 149(1), 127–133.*
19. Takada K. Artificial intelligence expert systems with neural network machine learning may assist decision-making for extractions in orthodontic treatment planning. *Journal of Evidence Based Dental Practice*. 2016;16(3):190-192.
20. Seo H, Hwang J, Jeong T, Shin J. Comparison of Deep Learning Models for Cervical Vertebral Maturation Stage Classification on Lateral Cephalometric Radiographs. *Journal of Clinical Medicine*. 2021;10(16):3591.

21. Kim D, Kim J, Kim T, Kim T, Kim Y, Song I et al. Prediction of hand-wrist maturation stages based on cervical vertebrae images using artificial intelligence. *Orthodontics & Craniofacial Research*. 2021;24(S2):68-75.
22. Lee J, Yu H, Kim M, Kim J, Choi J. Automated cephalometric landmark detection with confidence regions using Bayesian convolutional neural networks. *BMC Oral Health*. 2020;20(1).
23. Bulatova G, Kusnoto B, Grace V, Tsay T, Avenetti D, Sanchez F. Assessment of automatic cephalometric landmark identification using artificial intelligence. *Orthodontics & Craniofacial Research*. 2021;24(S2):37-42.
24. Zhao T, Zhou J, Yan J, Cao L, Cao Y, Hua F et al. Automated Adenoid Hypertrophy Assessment with Lateral Cephalometry in Children Based on Artificial Intelligence. *Diagnostics*. 2021;11(8):1386.
25. Shen Y, Li X, Liang X, Xu H, Li C, Yu Y et al. A deep-learning-based approach for adenoid hypertrophy diagnosis. *Medical Physics*. 2020;47(5):2171-2181.
26. ter Horst R, van Weert H, Loonen T, Bergé S, Vinayahalingam S, Baan F et al. Three-dimensional virtual planning in mandibular advancement surgery: Soft tissue prediction based on deep learning. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2021;49(9):775-782.
27. El-Dawlatly M, Abdelmaksoud A, Amer O, El-Dakroury A, Mostafa Y. Evaluation of the efficiency of computerized algorithms to formulate a decision support system for deepbite treatment planning. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2021;159(4):512-521.