

Revisión Narrativa

Precisión de la inteligencia artificial en la detección de caries en radiografías bitewing y periapicales. Revisión narrativa

María del Rosario Munita M.¹, Daniela Vicuña I.²

¹ Estudiante de odontología, Universidad de los Andes

² Cirujano Dentista, MSc, Residente Radiología Oral y Maxilofacial, Universidad de los Andes

Resumen

Objetivos: describir la precisión de la inteligencia artificial (IA) en la detección de caries en radiografías bitewing y periapicales.

Material y método: se realizó una revisión de la literatura en 4 bases de datos (PubMed, EBSCO, Scopus y Google Scholar) y se seleccionaron artículos que tuvieran relación con la precisión de la inteligencia artificial en la detección y diagnóstico de caries en radiografías bitewing y periapicales.

Resultados: inicialmente la búsqueda arrojó 695 artículos, de los cuales se incluyeron 11 luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión. Estos artículos se relacionaban con la precisión de la IA en cuanto a la detección de caries en radiografías bitewing y periapicales, la cual fue medida mediante sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo.

Conclusión: En odontología, se han reportado grandes niveles de precisión del uso de IA en cuanto a la detección de caries en radiografías, por lo que estos algoritmos podrían ser un gran apoyo para los profesionales, disminuyendo la fatiga del operador y realizando diagnósticos estandarizados logrando así, la automatización de estos procesos.

Relevancia: la IA posee un gran potencial en cuanto al diagnóstico por imágenes en odontología, por lo tanto, es de suma importancia conocer sus aplicaciones y resultados para que los profesionales brinden el mejor servicio posible a sus pacientes, aprovechando las bondades de las nuevas tecnologías.

Abstract

Objective: to describe the artificial intelligence (AI) in caries detection using bitewing and periapical radiographs.

Material and methods: it was performed a literature review using 4 databases (PubMed, EBSCO, Scopus and Google Scholar). There were selected articles that had relationship with the precision of AI in caries detection and diagnosis using bitewing and periapical radiographs.

Results: Initially, the search yielded 695 articles, of which 11 were included after applying the inclusion and exclusion criteria. These articles were related to the precision of AI in terms of caries detection in bitewing and periapical radiographs, which was measured by sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value.

Conclusion: In dentistry, high levels of precision in the use of AI have been reported in terms of the detection of caries in radiographs, so these algorithms could be a great support for professionals, reducing operator fatigue and performing standardized diagnoses thus achieving, the automation of these processes.

Correspondencia: María del Rosario Munita

Teléfono: +56962267361

Correo electrónico: mdmunita@miuandes.cl

Relevance: *AI has great potential in terms of diagnostic imaging in dentistry, therefore, it is very important to know its applications and results so that professionals provide the best possible service to their patients, taking advantage of the benefits of new technologies.*

Palabras clave: “Artificial Intelligence”, “Deep learning”, “caries detection”, “bitewing radiographs” y “periapical radiographs”.

Introducción

La inteligencia artificial (IA) es un campo en la ciencia de la ingeniería que estudia la capacidad que tienen las máquinas de imitar al cerebro humano en el proceso de comprensión y comportamiento con el fin de realizar tareas complejas, como la resolución de problemas, reconocimiento de palabras y la toma de decisiones¹⁻³.

Actualmente estas tecnologías se ocupan en muchos servicios que se utilizan diariamente, como, por ejemplo, las búsquedas de Google® o los asistentes virtuales (como Siri, Alexa, etc.). Recientemente, ha aumentado el desarrollo de la IA y sus aplicaciones en todas las áreas de la sociedad ya que es capaz de simplificar procesos y hacerlos más eficientes. El área de la medicina no se ha quedado atrás y se está estudiando su potencial en cuanto a la predicción automática de riesgos de enfermedad, detección de anomalías o patologías, diagnóstico de enfermedades y pronósticos de ellas¹⁻³.

Dentro del área médica, la radiología podría verse beneficiada con este tipo de tecnología, ya que el trabajo del especialista consiste en buscar anomalías o patologías en grandes cantidades de imágenes, lo cual requiere experiencia y tiempo. Las imágenes, al ser digitales, pueden codificarse en lenguaje informático y podrían ser introducidas en estos sistemas para ser analizadas de manera más consistente y rápida, logrando así un diagnóstico más preciso².

Existen dos conceptos relacionados con el aprendizaje automático, “Machine Learning” (ML) y “Deep Learning” (DL), los cuales son algoritmos que analizan datos y modelos que describen ciertas propiedades de estos, permitiendo así la predicción de nuevos datos. Al igual que los radiólogos, que se capacitan mediante la evaluación repetitiva de imágenes, ML y DL pueden ser definidos como sistemas que “aprenden” en base a la experiencia. La diferencia entre ambos conceptos es la complejidad de la red que se utiliza para obtener las características de los datos y también la complejidad de los datos en sí mismos. Para la clasificación de datos numéricos simples, ML suele

ser suficiente, pero para analizar conjuntos de imágenes o datos más complejos, se utiliza DL. La principal ventaja es que el modelo de IA diseñado es capaz de aprender y mejorar a través de la experiencia gracias a los grandes conjuntos de datos que se pueden presentar. En el caso de la radiología, estos datos son las imágenes, por lo tanto, en esta área se utiliza DL¹.

Se ha descrito un tipo particular de DL basado en “convolutional neural networks” (CNN) las cuales son redes que se conectan entre sí y se asemejan a las redes neuronales que posee el cerebro humano. Estas han demostrado gran aplicabilidad en los datos de imágenes, ya que se pueden utilizar para extraer amplia gama de características al pasar una imagen de entrada a través de varias capas de filtrado y se utilizan para procesar grandes cantidades de imágenes^{1,4}.

Según Hwang et al, “la precisión diagnóstica que están logrando estos algoritmos en el área médica, se asemeja a los niveles que alcanza la experticia humana”. Es por esto que, en el campo odontológico, este tipo de tecnología busca beneficiar a los profesionales con el fin de mejorar el servicio de salud y que los pacientes obtengan diagnósticos y tratamientos de manera más rápida y eficiente^{3,4}.

Al ser la caries dental una de las enfermedades más comunes que afectan al ser humano, es de gran importancia estudiar la aplicabilidad de la IA en la detección de caries. El uso de estas tecnologías y su desarrollo en el último tiempo podrían ser altamente provechosas en cuanto a la detección de la enfermedad para lograr diagnósticos precisos y, en consecuencia, indicar los mejores tratamientos.

La pregunta de investigación que surge a continuación es si la IA es precisa en la detección de caries en radiografías bitewing y periapicales, por tanto, se realizará una revisión narrativa para describir la precisión que logra esta tecnología en el ámbito de la radiología oral para detectar lesiones de caries.

Objetivo General

Describir la precisión de la inteligencia artificial en la detección de caries en radiografías bitewing y periapicales.

Objetivos Específicos

Describir el método de detección de caries utilizado en la actualidad.

Describir las aplicaciones actuales y futuras de la inteligencia artificial en la odontología.

Describir la aplicabilidad de la inteligencia artificial en radiología oral.

Material y Método

Se realizó una revisión de la literatura disponible sobre inteligencia artificial y detección de caries en radiografías bitewing y periapicales.

Estrategias de búsqueda

Se realizó una búsqueda en las bases de datos Pubmed, EBSCO, Scopus y Google Scholar durante los meses de marzo y abril de 2021. Se utilizaron las siguientes palabras clave: "Artificial Intelligence", "Deep learning", "caries detection", "bitewing radiographs" y "periapical radiographs". Estas palabras se relacionaron entre sí por los operadores booleanos AND y OR.

Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión fueron artículos en inglés, que trataran sobre el uso de la inteligencia artificial en la detección de caries en radiografías bitewing y periapicales y la disponibilidad del texto completo. No se limitaron las fechas de publicación de los artículos.

Los criterios de exclusión fueron aquellos artículos que no estaban relacionados con la detección de caries en radiografías bitewing y periapicales.

Estrategia de selección

En primer lugar, se realizó la lectura del título para ver la concordancia con el tema de interés. La selección de los artículos se realizó según la disponibilidad de texto completo y en idioma inglés. Luego se realizó la lectura del resumen o abstract y, por último, se evaluó la relación con la pregunta de investigación. Se verificó el cumplimiento de los criterios de inclusión y de exclusión y se eliminaron los artículos que se encontraban duplicados en las bases de datos.

En segundo lugar, los artículos seleccionados se descargaron en PDF y se realizó una lectura completa de ellos.

Análisis crítico de la literatura

Nivel de evidencia

Para analizar el nivel de evidencia y grado de recomendación de los artículos que se incluyeron en esta revisión narrativa, se utilizaron las pautas del Centro de Medicina Basada en la Evidencia de la Universidad de Oxford (CEBM). (Tablas 2,3 y 4)⁵.

Calidad de reporte

Para los estudios sobre pruebas diagnósticas se utilizó la pauta STARD (tabla 5) y para revisiones sistemáticas se utilizó la pauta PRISMA (tabla 6).

Según el nivel de cumplimiento de las pautas, los artículos se clasificaron en excelente, muy buena, buena, regular, mala y muy mala calidad de reporte. Para realizar esto, se asignó puntaje 1 cuando el estudio cumplía el criterio y 0 si no lo cumplía. Finalmente, los puntajes de cada artículo fueron sumados y se calculó el porcentaje de cumplimiento (tabla 7).

Riesgo de sesgo

Fueron utilizadas las pautas desarrolladas por el Centro de Colaboración Cochrane para evaluar el riesgo de sesgo en cada artículo. Se asignó una valoración numérica para el caso de que el estudio cumpla o no cada criterio de la tabla 8. Para clasificar los artículos con alto, moderado o bajo riesgo de sesgo, se sumaron los puntajes que se obtuvieron, como se expresa en la tabla 9⁶.

Consideraciones éticas

Por último, se analizaron las consideraciones éticas de los estudios de acuerdo a las pautas internacionales para la investigación en seres humanos elaboradas por el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS)⁷.

- Aprobación del estudio por un comité de ética.
- Declaración de ausencia de conflicto de interés por parte de los autores.

Resultados

Resultados de búsqueda

En la figura 1 y tabla 10 se resumen los resultados de búsqueda. De los 11 artículos incluidos en esta revisión narrativa, 1 corresponde a revisión sistemática y 10 corresponden a estudios sobre pruebas diagnósticas. De estas últimas se recopiló información que se detalla en la tabla 11.

Nivel de evidencia y grados de recomendación

En los 11 estudios seleccionados, se realizó el análisis del nivel de evidencia y su respectivo grado de recomendación basado en la clasificación propuesta por el Centre for Evidence Based Medicine (CEBM) y los resultados se presentan en la tabla 12.

Calidad de reporte

La calidad de reporte de los estudios seleccionados se midió con las pautas correspondientes para cada uno, STARD para los estudios sobre pruebas diagnósticas y PRISMA para revisiones sistemáticas. El análisis se encuentra resumido en la tabla 13 y el gráfico 1.

Riesgo de sesgo

El riesgo de sesgo de los artículos sobre pruebas diagnósticas que fueron incluidos en este trabajo, fue evaluado por la pauta de The Cochrane Collaboration y los resultados se presentan en la tabla 14 y el gráfico 2.

Aspectos éticos

En cuanto a los aspectos éticos, se evaluaron todos los artículos según el cumplimiento de las siguientes categorías: aprobación del estudio por un comité de ética y declaración de ausencia de conflictos de interés por parte de los autores. Estos datos se presentan en la tabla 15 y en el gráfico 3.

Discusión

Actualmente, la inteligencia artificial se utiliza en el área de la medicina para realizar de manera más eficiente los diagnósticos y a su vez, mejorar la calidad de la atención de los pacientes. Debido a esto surge la necesidad de estudiar este tema en la odontología, ya que los asistentes virtuales podrían beneficiar a profesionales y pacientes^{3,8}.

Un diagnóstico de caries rápido y preciso es decisivo a la hora de implementar tratamientos preventivos en los pacientes. Cuando estas lesiones de caries no son detectadas oportunamente, pueden progresar en severidad comprometiendo eventualmente el complejo pulpodentinario, induciendo dolor y en última instancia el paciente puede llegar a perder la pieza dentaria⁹.

Generalmente los radiólogos en su labor diaria deben analizar grandes cantidades de imágenes e interpretarlas a través de un informe, lo cual requiere tiempo y concentración por parte del profesional. Si esto es realizado varias veces en el día, puede producir fatiga del operador, lo que eventualmente podría traducirse en errores en la interpretación de las imágenes¹⁰.

El error humano podría evitarse con el entrenamiento de una red neuronal compleja que sea capaz de interpretar estas radiografías y realizar diagnósticos de manera estandarizada, pero para realizar esto, es importante determinar la precisión que puede alcanzar la IA en este ámbito, por lo que a continuación se describirá la precisión de esta con los resultados obtenidos en los diferentes estudios seleccionados¹⁰.

Un estudio realizado por Cantu et al. en el que se comparó el rendimiento de un grupo de siete dentistas con experiencia y una red neuronal artificial para detectar lesiones de caries en radiografías bitewing, arrojó que la red neuronal artificial obtuvo una sensibilidad de 75% mientras que los dentistas

obtuvieron solo un 36%. En cuanto a la especificidad, los dentistas alcanzaron un 83%, pero no superaron a la red neuronal artificial, la cual alcanzó un 91%, por lo tanto, la precisión en la detección de caries en este estudio fue superior a la de los profesionales expertos¹¹.

De manera similar, Srivastava et al. estudiaron la viabilidad de la IA como segunda opinión para los dentistas en la detección de caries en radiografías bitewing. Al igual que en el estudio mencionado anteriormente, se comparó el rendimiento de 3 dentistas certificados con una red neuronal (CNN). Los resultados fueron expresados en términos de sensibilidad y VPP. En primer lugar, la sensibilidad de la CNN alcanzó un 80,5% mientras que el promedio que arrojaron los dentistas fue de 41,7%, lo cual demuestra que la CNN pasó por alto muy pocas caries en comparación a los dentistas. En segundo lugar, en cuanto al VPP, la CNN logró un 61,5% mientras que el promedio de los dentistas fue 77,8%. Los autores explican que la mayor cantidad de falsos positivos arrojados por la CNN se condicen con algunas obturaciones que podrían interpretarse como caries en algunos casos, pero a pesar de esto, los resultados demuestran que la CNN que utilizaron alcanzó un gran rendimiento en la predicción y detección de caries¹².

Un grupo de ingenieros en Túnez, guiados por Ben Ali et al. llevaron a cabo un estudio para clasificar radiografías dentales, las cuales presentaban dientes sanos o cariados, asistidos por una red neuronal artificial. Los resultados obtenidos por la red neuronal fueron los siguientes: para las radiografías que presentaban caries, el 96% fueron correctamente clasificadas, mientras que, para las radiografías con ausencia de caries, el 98% fueron clasificadas acertadamente, por lo que concluyeron que el 97% de las predicciones realizadas por la red neuronal eran correctas, lo cual fue interpretado como un buen resultado¹³.

Lee et al. realizaron un estudio el año 2018 con el objetivo de evaluar la eficacia de una red neuronal (CNN) en la detección de caries en radiografías periapicales. Los resultados obtenidos en cuanto a la sensibilidad fueron de 81%, la especificidad alcanzó un 83%, el VPP fue 82,7% y el VPN fue 81,4%. Estos valores sugieren que los algoritmos de la CNN utilizados en el estudio lograron un buen rendimiento en la detección de caries en radiografías periapicales¹⁴.

Hace algunos años ya se hablaba sobre la idea de utilizar IA en la detección de caries. Kositbowoenchai et al. el año 2006 llevaron a cabo un estudio en el que se utilizó una red neuronal artificial con el fin de evaluar el rendimiento de esta para detectar caries. A su vez, se compararon

los resultados con un gold standard (cortes histológicos de dientes analizados en el microscopio). La precisión diagnóstica fue expresada en términos de su sensibilidad, la cual arrojó un 79% (rendimiento de la red neuronal para detectar caries) y su especificidad, que tuvo un valor de 89% (rendimiento de la red neuronal para detectar dientes sanos). Estos resultados sugieren que las redes neuronales artificiales pueden ser entrenadas y desarrolladas para este tipo de tareas, ya que se ha visto que logran interpretaciones correctas de las imágenes, lo cual podría ser de gran ayuda para los profesionales, además de reducir el error humano al tener una herramienta para corroborar la información¹⁵.

Devito *et al.* plantearon la idea de evaluar si la aplicación de IA mejoraba el diagnóstico radiográfico de caries proximales utilizando radiografías bitewing. Para realizar el estudio, en primer lugar, tomaron las radiografías de aleta de mordida y luego los dientes fueron analizados en microscopio para obtener un diagnóstico histológico. En segundo lugar, las radiografías fueron analizadas por 25 dentistas y después fueron entregadas a la red neuronal. Los resultados de la precisión de la red neuronal se compararon con los resultados del dentista que obtuvo el mejor desempeño en el diagnóstico. La efectividad de la red neuronal en su tarea fue de 88%, mientras que el dentista con mejor rendimiento obtuvo un 71,7%. Los autores concluyeron que, para su estudio, la IA mejoró en un 39,4% la precisión de los diagnósticos al compararlos con dentistas expertos, por lo que el uso de una red neuronal artificial apropiada puede mejorar el desempeño en el diagnóstico de caries proximales¹⁶.

Recientemente el doctor Hung junto a otros autores realizaron un estudio en el que aplicaron ML para identificar la presencia o ausencia de caries radiculares y clasificar algunos factores relacionadas a ellas. Para la clasificación se utilizaron cuatro modelos diferentes, de los cuales tres obtuvieron una precisión sobre el 90% y uno obtuvo una precisión de 83,2%. El modelo mejor evaluado arrojó una sensibilidad de 99,6% y una especificidad de 94,3%, por lo que concluyeron que los modelos de IA desarrollados en el estudio demostraron tener un claro potencial para clasificar la presencia o ausencia de caries radiculares¹⁷.

El año 2016, Choi *et al.* publicaron un estudio en el que propusieron un sistema de detección automática de caries proximales en radiografías periapicales utilizando una CNN. Las imágenes fueron analizadas por expertos en primera instancia y luego fueron entregadas a dos CNN distintas, una simple y una más compleja. Para comparar los resultados que obtuvieron ambas redes neuronales, cuantificaron la precisión que alcanzó cada una. La CNN simple logró un 58% de resultados correctos mientras que la CNN compleja propuesta por los investigadores alcanzó

un 74% de aciertos. Los autores concluyen que el sistema puede ser utilizado exitosamente para detectar caries proximales en radiografías periapicales¹⁸.

La detección de caries en etapas iniciales es esencial para poder realizar tratamientos preventivos. Es por esto que Lee *et al.* realizaron recientemente (2021) un estudio con la hipótesis de que la IA, específicamente modelos de DL, podrían ayudar a los profesionales en el diagnóstico de caries dentales en radiografías bitewing de manera más precisa. Para realizar el estudio, tres dentistas (D) analizaron 50 radiografías bitewing con el fin de detectar caries proximales, obteniendo los siguientes resultados de precisión: D1 85,79%, D2 79,03% y D3 79,41%. Al aplicar el modelo de DL y teniéndolo como referencia al hacer el diagnóstico, los dentistas mejoraron su precisión: D1 86,19%, D2 81,98% y D3 80,61%. Estas mejoras fueron especialmente significativas para caries incipientes y moderadas, las cuales son más difíciles de detectar. Al final de la investigación concluyeron que su hipótesis era correcta y efectivamente el modelo de DL ayudó a los clínicos siendo un apoyo como segunda opinión logrando un diagnóstico de caries más preciso¹⁹.

Otro estudio reciente es el de Geetha *et al.* realizado el año 2020, en el que propusieron un sistema de algoritmos desarrollados con redes neuronales para el diagnóstico de caries dentales en radiografías. El rendimiento del sistema fue evaluado por los investigadores, logrando un 97,1% de precisión y una razón de falsos positivos correspondiente a 2,8%. Los autores señalan que el sistema propuesto fue eficiente en la detección de caries y hacen hincapié en la importancia de realizar los diagnósticos lo más precisos posibles para aumentar las probabilidades de mantener en buen estado los dientes de los pacientes a largo plazo y además evitar el gasto en salud oral²⁰.

Prados-Privado *et al.* realizaron una revisión sistemática publicada el año 2020 en la que incluyeron 12 estudios relacionados con la detección y diagnóstico de caries dentales utilizando redes neuronales artificiales. Esta investigación se realizó con el fin de identificar el máximo nivel de desarrollo a la fecha de las redes neuronales artificiales en cuanto a la detección de caries y los resultados obtenidos por ellas. Los estudios que incluyeron midieron la precisión de las redes neuronales para detectar caries y los valores que obtuvieron fueron desde 61,5% a 98,7%, con un promedio de 80,1%²¹.

Así, la mayoría de los estudios seleccionados en esta revisión narrativa concuerdan en que los sistemas de algoritmos basados en IA demostraron ser potencialmente aplicables en odontología como ayuda al profesional en el diagnóstico de caries. Sin embargo, diferentes autores

mencionan la necesidad de realizar estudios con algoritmos más sofisticados para analizar muestras de mayor cantidad y calidad de los datos, ya que esto podría perfeccionar la precisión y confiabilidad de los resultados en cuanto a la detección y diagnóstico de caries en la práctica clínica^{13,14,18-21}.

En el estudio en el que se cuantificaron los falsos positivos, se mencionaron algunas posibles causas de estos, tales como: diferencias en el brillo de las radiografías, las sombras y el contraste, la variedad de técnicas radiográficas, entre otros²⁰.

Algunos estudios que comparaban el desempeño de las redes neuronales con dentistas expertos demostraron que estos últimos suelen detectar menos caries de las que existen realmente, mientras que las redes neuronales sobre diagnostican lesiones de caries (detectan caries donde no las hay)^{11,12}

Los estudios presentan datos que son diferentes entre ellos, como lo son la sensibilidad, especificidad, precisión, VPP y VPN. Estos valores sirven para validar los nuevos sistemas y permiten llevar a cabo la utilización de estas tecnologías en la práctica clínica en un futuro.

Limitaciones

Este trabajo tuvo diversas limitaciones que podrían comprometer la fiabilidad de las conclusiones de la investigación, tales como los diferentes parámetros que se midieron en cada estudio, los cuales no son concordantes entre ellos. Por ejemplo, algunos estudios utilizaron sensibilidad y especificidad^{11,14,15,17} y otros solo midieron la precisión expresada en porcentaje de resultados correctos^{12,13,16,18-20} lo que imposibilita la comparación de los estudios.

Otra limitación fue que algunos estudios comparaban los resultados obtenidos por las redes neuronales artificiales con dentistas experimentados^{11,12,14,17,19,20} o con un gold standard^{15,16}, mientras que otros no especificaban la referencia^{13,18} y sólo mencionaban los valores de precisión de la red neuronal, por lo que nuevamente no se lograron comparar los estudios.

Cada grupo de investigadores desarrolló y entrenó sus propias redes neuronales artificiales, por lo tanto, todos los estudios utilizaron arquitecturas diferentes de los modelos de algoritmos. Esto implica una dificultad a la hora de comparar los estudios, ya que no poseen las mismas características ni parámetros de medición.

El 50% de los estudios seleccionados hace alusión a que el tamaño de las bases de datos utilizadas fue insuficiente para lograr mejores resultados. Esta limitación hace dificultoso

el entrenamiento de los sistemas DL, por lo que se obtienen características deficientes del algoritmo a la hora de realizar un diagnóstico^{11,13,14,19,20}.

Todas estas limitaciones ponen en duda la confiabilidad de las conclusiones que podrían hacerse luego de esta revisión de la literatura en cuanto a la precisión que logra la IA en la detección de caries en radiografías.

Expectativas a futuro

La mayoría de los autores concuerdan en que las redes neuronales artificiales son precisas y eficientes a la hora de detectar caries en radiografías, pero aún falta un mayor desarrollo de esta tecnología para poder llevarla a la práctica clínica en un futuro y que los profesionales la utilicen a diario.

Al ser la radiología una especialidad en la que se trabaja con grandes cantidades de imágenes, es imprescindible que la industria de la computación desarrolle bases de datos más amplias y con mayor capacidad de almacenamiento, con el objetivo de entrenar y utilizar de mejor manera los algoritmos de Deep Learning^{13,14,18-21}.

Para poder realizar más estudios y comparar los resultados de las investigaciones futuras en este ámbito, es necesario estandarizar una red neuronal artificial que posea las mismas características y arquitectura. Además, los parámetros de medición y las referencias deberían ser universales para poder evaluar y comparar la precisión que puede alcanzar la IA en los diagnósticos. Solo así podrá lograrse la automatización de los procesos y obtener resultados más confiables que permitan el uso de estos algoritmos como segunda opinión a la hora de hacer el diagnóstico de caries en radiografías¹⁴.

Conclusiones

Se han reportado grandes niveles de precisión de la IA en cuanto a la detección de caries en radiografías, ya sea comparándola con un gold standard o con profesionales expertos.

Los algoritmos de IA podrían ser un gran apoyo a los profesionales de la salud, siendo clave a la hora de corroborar diagnósticos, utilizándola como segunda opinión.

Para poder lograr la automatización del diagnóstico de caries es imprescindible fijar parámetros estandarizados para medir su precisión en esta tarea y así obtener diagnósticos universales y en el menor tiempo posible, evitando la fatiga del operador y el error humano.

Para finalizar, la IA es una excelente herramienta para los pacientes y para los clínicos. Los resultados obtenidos han sido muy esperanzadores, pero se necesitan modelos de algoritmos más complejos y grandes bases de datos para

mejorar los procesos. Además, es necesario realizar estudios de mayor envergadura que respalden esta tecnología y esta pueda aplicarse clínicamente en los diagnósticos de los pacientes.

Bibliografía

1. Pauwels R. A brief introduction to concepts and applications of artificial intelligence in dental imaging. *Oral Radiol.* 1 de enero de 2021;37(1):153-60.
2. Hung K, Montalvao C, Tanaka R, Kawai T, Bornstein MM. The use and performance of artificial intelligence applications in dental and maxillofacial radiology: A systematic review. *Dentomaxillofacial Radiol.* 14 de agosto de 2019;49(1):20190107.
3. Katne T, Kanaparthi A, Gotoor S, Muppirala S, Devaraju R, Gantala R. Artificial Intelligence: Demystifying Dentistry – The Future and Beyond. *Int J Contemp Med Surg Radiol [Internet]*. diciembre de 2019 [citado 27 de abril de 2021];4(4). Disponible en: https://www.ijcmsr.com/uploads/1/0/2/7/102704056/ijcmsr_320.pdf
4. Hwang J-J, Jung Y-H, Cho B-H, Heo M-S. An overview of deep learning in the field of dentistry. *Imaging Sci Dent.* 2019;49(1):1.
5. niveles-gradados.pdf [Internet]. [citado 28 de abril de 2021]. Disponible en: <http://files.residentesrotantes.webnode.es/200000027-b20a0b4f7e/niveles-gradados.pdf>
6. Alarcón Palacios M, Ojeda Gómez RC, Ticse Huaricancha IL, Cajachagua Hilario K. Análisis crítico de ensayos clínicos aleatorizados: Riesgo de sesgo. *Rev Estomatológica Hered.* octubre de 2015;25(4):304-8.
7. Rose S. International Ethical Guidelines for Epidemiological Studies. *Am J Epidemiol.* 1 de diciembre de 2009;170(11):1451-2.
8. McBee MP, Awan OA, Colucci AT, Ghobadi CW, Kadom N, Kansagra AP, et al. Deep Learning in Radiology. *Acad Radiol.* noviembre de 2018;25(11):1472-80.
9. Pethani F. Promises and perils of artificial intelligence in dentistry. *Aust Dent J [Internet]*. [citado 27 de abril de 2021];n/a(n/a). Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/adj.12812>
10. Soffer S, Ben-Cohen A, Shimon O, Amitai MM, Greenspan H, Klang E. Convolutional Neural Networks for Radiologic Images: A Radiologist's Guide. *Radiology.* 1 de marzo de 2019;290(3):590-606.
11. Cantu AG, Gehrung S, Krois J, Chaurasia A, Rossi JG, Gaudin R, et al. Detecting caries lesions of different radiographic extension on bitewings using deep learning. *J Dent.* 1 de septiembre de 2020;100:103425.
12. Srivastava MM, Kumar P, Pradhan L, Varadarajan S. Detection of Tooth caries in Bitewing Radiographs using Deep Learning. *ArXiv171107312 Cs [Internet]*. 23 de noviembre de 2017 [citado 27 de abril de 2021]; Disponible en: <http://arxiv.org/abs/1711.07312>
13. Ali R. Detection and classification of Dental caries in X-ray Images using Deep Neural Networks. En 2016.
14. Lee J-H, Kim D-H, Jeong S-N, Choi S-H. Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *J Dent.* 1 de octubre de 2018;77:106-11.
15. Kositbowornchai S, Siriteptawee S, Plermkamon S, Bureerat S, Chetchotsak D. An Artificial Neural Network for Detection of Simulated Dental Caries. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 1 de agosto de 2006;1(2):91-6.
16. Devito KL, de Souza Barbosa F, Filho WNF. An artificial multilayer perceptron neural network for diagnosis of proximal dental caries. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 1 de diciembre de 2008;106(6):879-84.
17. Hung M, Voss MW, Rosales MN, Li W, Su W, Xu J, et al. Application of machine learning for diagnostic prediction of root caries. *Gerodontology.* 2019;36(4):395-404.
18. Boosting Proximal Dental Caries Detection via Combination of Variational Methods and Convolutional Neural Network | SpringerLink [Internet]. [citado 27 de abril de 2021]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11265-016-1214-6>
19. Lee S, Oh S, Jo J, Kang S, Shin Y, Park J. Deep Learning for Early Dental Caries Detection in Bitewing Radiographs [Internet]. In Review; 2021 abr [citado 27 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.researchsquare.com/article/rs-395603/v1>
20. Geetha V, Aprameya KS, Hinduja DM. Dental caries diagnosis in digital radiographs using back-propagation neural network. *Health Inf Sci Syst.* 3 de enero de 2020;8(1):8.
21. Prados-Privado M, García Villalón J, Martínez-Martínez CH, Ivorra C, Prados-Frutos JC. Dental Caries Diagnosis and Detection Using Neural Networks: A Systematic Review. *J Clin Med.* noviembre de 2020;9(11):3579.