



Categoría: Health Sciences and Medicine

ORIGINAL

Comparison between carpal and vertebral radiography to know the level of skeletal maturation

Comparación entre la radiografía carpal y vertebral para conocer el nivel de maduración esquelética

Johanna Fiallos Sánchez¹  , Samantha Sánchez Mayorga¹  , José Arturo Molina¹  , Carlos Luis Villalva¹  

¹Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Matriz Ambato, Ecuador

Citar como: Fiallos Sánchez J, Sánchez Mayorga S, Molina JA, Villalva CL. Comparison between carpal and vertebral radiography to know the level of skeletal maturation. Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias. 2023; 2:719. <https://doi.org/10.56294/sctconf2023719>

Enviado: 24-06-2023

Revisado: 29-09-2023

Aceptado: 19-12-2023

Publicado: 20-12-2023

Editor: Dr. William Castillo-González 

ABSTRACT

The objective of the study is to compare the results between carpal and cervical vertebrae radiographic studies to determine the level of skeletal maturation, using hand and lateral skull radiographs obtained from the digital radiology center “Dental Explorer” in Pillaro, Ecuador, during the period from 2020 to 2022. Radiographs of 79 patients aged between 9 and 16 years were analyzed. The results showed a strong correlation between the cervical and carpal maturation methods, with correlation coefficients of 0,854 in females and 0,827 in males. This finding suggests that both methods are reliable and can be used interchangeably in clinical practice. Additionally, it was observed that chronological age does not always reflect the level of somatic maturation, highlighting the importance of using specific tools to assess skeletal development. These results are relevant for improving diagnosis and treatment in dentistry and orthodontics, avoiding additional radiation exposures.

Keywords: Skeletal Maturation; Bone Age; Peak Bone Growth; Carpal Radiography; Cervical Vertebrae.

RESUMEN

El objetivo del estudio es comparar los resultados entre los estudios radiográficos carpal y de vértebras cervicales para conocer el nivel de maduración esquelética ósea, utilizando radiografías de mano y laterales de cráneo obtenidas del centro radiológico digital “Dental Explorer” de Píllaro, Ecuador, durante el período 2020 a 2022. Se analizaron radiografías de 79 pacientes de entre 9 y 16 años. Los resultados mostraron una fuerte correlación entre los métodos de maduración cervical y carpal, con coeficientes de correlación de 0,854 en mujeres y 0,827 en hombres. Este hallazgo sugiere que ambos métodos son confiables y pueden ser utilizados intercambiabilmente en la práctica clínica. Además, se observó que la edad cronológica no siempre refleja el nivel de maduración somática, destacando la importancia de utilizar herramientas específicas para evaluar el desarrollo esquelético. Estos resultados son relevantes para mejorar el diagnóstico y tratamiento en odontología y ortodoncia, evitando exposiciones adicionales a radiación.

Palabras clave: Maduración Esquelética; Edad Ósea; Pico de Crecimiento Óseo; Radiografía Carpal; Vértebras Cervicales.

INTRODUCCIÓN

La maduración esquelética es un indicador crucial en diversas áreas de la medicina, particularmente en ortodoncia y ortopedia, ya que influye en el diagnóstico, pronóstico y planificación del tratamiento de patologías relacionadas con el crecimiento y desarrollo óseo. La determinación precisa del nivel de maduración esquelética permite a los profesionales de la salud tomar decisiones informadas sobre el momento oportuno para intervenciones ortodónticas y quirúrgicas, así como para evaluar el progreso del tratamiento y el pronóstico del crecimiento.

Tradicionalmente, la radiografía carpal es el método que más se utiliza para evaluar la maduración esquelética, aprovechando las imágenes de los huesos de la muñeca y la mano para determinar la edad ósea. Sin embargo, en los últimos años, la radiografía vertebral ha emergido como una alternativa viable, proporcionando información sobre la maduración esquelética a través de las vértebras cervicales. La comparación entre estos dos métodos es de gran importancia, ya que podría conducir a una mejora en la precisión y fiabilidad de las evaluaciones, optimizando los resultados clínicos y reduciendo los riesgos asociados a procedimientos innecesarios o mal programados.

El problema científico que enfrenta este estudio es determinar cuál de los dos métodos, radiografía carpal o vertebral, proporciona una evaluación más precisa y fiable del nivel de maduración esquelética en pacientes en crecimiento. Esta investigación busca comparar la eficacia, la precisión y la aplicabilidad clínica de ambas técnicas radiográficas en un contexto clínico real. Esta comparación es fundamental para avanzar en la práctica médica, asegurando que los profesionales puedan seleccionar el método más adecuado para cada paciente, mejorando así la precisión del diagnóstico y la efectividad del tratamiento.

En el estudio que realizan Wu et al. (2022), se evalúa la evidencia sobre la maduración esquelética en pacientes con labio leporino y/o paladar hendido (CL/P) a través de una revisión sistemática. Los resultados indican una heterogeneidad significativa en los métodos de evaluación de la maduración esquelética, influenciada por factores como la edad cronológica, el sexo, el tipo de hendidura y la raza, sugiriendo la necesidad de más estudios para determinar los patrones de maduración esquelética en estos pacientes (Wu et al. 2022).

En el estudio que efectúan Prlić et al. (2021), se evalúan las diferencias en la maduración esquelética entre sujetos con patrones de crecimiento facial horizontales, verticales y neutros. Los resultados muestran diferencias significativas en la madurez esquelética entre los sujetos con patrones de crecimiento horizontal y vertical, y entre los sujetos con patrones neutros y verticales, destacando la influencia del patrón de crecimiento en la etapa de madurez esquelética (Prlić et al. 2021).

En un estudio que realizan Ke et al. (2020), se halla una asociación significativa entre la maduración esquelética acelerada y el sobrepeso/obesidad en niños en edad preescolar. Los resultados indican que el porcentaje de maduración esquelética acelerada aumenta con el índice de masa corporal (IMC), destacando la importancia de intervenciones tempranas para prevenir tanto la maduración esquelética acelerada como el sobrepeso/obesidad (Ke et al. 2020).

En odontología, es fundamental conocer la etapa de maduración esquelética del paciente para realizar un diagnóstico adecuado, pronóstico y plan de tratamiento. Comprender el crecimiento del cráneo y el esqueleto facial es un proceso complejo y crucial para el diagnóstico en pacientes en crecimiento. El estudio de la maduración esquelética es el método más seguro y confiable para evaluar y determinar la edad ósea de los pacientes, siendo el único indicador global de desarrollo biológico en la especie humana. La edad ósea expresa el proceso de maduración y desarrollo del ser humano. Clínicamente, este análisis permite evaluar si el paciente está próximo, se encuentra, o ya ha alcanzado el período de pico de crecimiento.

Diversos métodos han sido utilizados para evaluar la edad ósea mediante estudios radiográficos. Uno de los métodos más comunes es el de maduración de la mano-muñeca (Hand-Wrist Maturation, HW) utilizando el atlas de Greulich y Pyle (GP), el cual se basa en la evaluación radiográfica de la mano izquierda. La mano izquierda es preferida debido a que la mayoría de la población es diestra y es menos probable que sufra lesiones. Este método, aceptado por pediatras, radiólogos y endocrinólogos, compara el grado de madurez de los centros de osificación con un estándar de edad.

El método de Greulich y Pyle se basa en un atlas que compara la radiografía de la mano-muñeca izquierda del paciente con radiografías estándar. Este método es ampliamente utilizado por odontólogos para remitir a especialistas en odontopediatría y ortodoncia, facilitando la identificación temprana de problemas de desarrollo maxilar y mandibular. La velocidad de crecimiento general está relacionada con la maduración esquelética, que puede determinarse mediante evaluación radiográfica. El atlas contiene imágenes radiográficas específicas para cada sexo y agrupa las edades óseas en seis etapas de maduración esquelética en niños y adolescentes.

Otro método para determinar la maduración ósea es el estudio de las vértebras cervicales mediante radiografía lateral de cráneo. Introducido en 1972 por Lamparski y revisado por Hassel y Farman, así como por Baccetti, este método evalúa la forma del borde inferior de las vértebras cervicales C2, C3 y C4, proporcionando diferentes etapas de maduración vertebral cervical (MVC). Baccetti ofrece un enfoque preciso para la identificación de las etapas de MVC, permitiendo una evaluación confiable del crecimiento del paciente a partir de radiografías

laterales de cráneo.

La evaluación del estadio de MVC se basa en las características de los cuerpos vertebrales según el método de Baccetti y cols., agrupándolos en seis etapas, desde MVC1, donde los bordes inferiores de las vértebras son planos, hasta MVC6, donde los cuerpos vertebrales presentan concavidades marcadas. Conocer estos métodos permite que los dispositivos ortopédicos funcionales corrijan a tiempo las discrepancias o alteraciones óseas del paciente. La madurez ósea se determina por el grado de mineralización de los huesos, indicando en qué etapa del desarrollo se encuentra el paciente y cuánto crecimiento le falta en relación al pico máximo de crecimiento puberal.

El objetivo del estudio es comparar los resultados entre los estudios radiográficos carpal y de vértebras cervicales para el conocimiento del nivel de maduración esquelética ósea, utilizando radiografías de mano y laterales de cráneo obtenidas del centro radiológico digital “Dental Explorer” de la ciudad de Pillaro, durante el período de 2020 a 2022.

MÉTODOS

Diseño del Estudio

El presente estudio se realizó mediante el análisis de radiografías digitales carpales y laterales de cráneo de un mismo paciente. Las radiografías fueron obtenidas del centro radiológico “Dental Explorer” en la ciudad de Pillaro. El centro radiológico cuenta con una base de datos desde el año 2020, que fue el año de apertura, hasta diciembre de 2022, cuando se inició esta investigación. El rango de edad de la población seleccionada fue de 9 a 16 años, ya que esta es la edad cronológica en la que comienza la prepubertad y pubertad en niños y adolescentes.

Población y Muestra

La población total incluyó a 150 pacientes que disponían de las dos radiografías requeridas. Para llevar a cabo un estudio apropiado, se establecieron y aplicaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de Inclusión

- Disponibilidad de archivos digitales en el centro radiológico “Dental Explorer”.
- Radiografías laterales de cráneo con un campo de visión que incluya la cuarta vértebra cervical.
- Radiografías carpales de la mano izquierda, con los dedos separados y el pulgar orientado aproximadamente a 30° con respecto al dedo índice.
- Pacientes de entre 9 y 16 años, independientemente del sexo.
- Radiografías tomadas con una diferencia máxima de 6 meses entre sí.

Criterios de Exclusión

- Radiografías de pacientes que solo tenían una de las dos radiografías requeridas.
- Radiografías laterales de cráneo en las que no se visibilizó la cuarta vértebra cervical.
- Radiografías con un bajo campo de visión.

Después de aplicar los criterios de exclusión, se seleccionaron 79 radiografías para realizar el estudio actual. Las imágenes radiográficas no revelaban información personal de los pacientes, es decir, el centro radiológico entregó las radiografías totalmente anonimizadas. El único dato solicitado al director del centro radiológico fue la edad y el género del paciente.

Métodos estadísticos

Para desarrollar la investigación, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para determinar la fuerza de correlación entre los resultados de las dos radiografías tanto en hombres como en mujeres. Valores del coeficiente de correlación cercanos a uno indican que los resultados están estrechamente relacionados y, por lo tanto, la toma de una radiografía puede sustituir a la otra con resultados similares.

Las variables cualitativas se describieron utilizando recuentos de frecuencia absoluta y relativa. Las variables cuantitativas se describieron mediante el promedio y desviación estándar. Para analizar la posible asociación entre variables categóricas se empleó el test de Chi Cuadrado.

Posteriormente, se utilizó el p-valor para determinar si la maduración en mujeres es diferente a la de los hombres con un nivel de confianza del 95%. Valores menores o iguales a 0,05 cumplen la hipótesis de heterogeneidad, indicando que los dos grupos de estudio son diferentes. Valores mayores a 0,05 sugieren que los dos grupos de estudio son estadísticamente similares. Los valores se obtuvieron con el apoyo del programa Microsoft Excel 365 para cada edad de estudio.

RESULTADOS

Se realizó el análisis de radiografías de 40 mujeres y 39 hombres, con una edad promedio de 11,7 años y

11,23 años, respectivamente. Las desviaciones estándar fueron de 2,55 para las mujeres y 2 para los hombres.

Los datos fueron recopilados y organizados en hojas de cálculo utilizando el programa Microsoft Excel 365, y se analizó la correlación entre la maduración ósea en la radiografía de mano-muñeca (MM) y la maduración vertebral cervical (MVC) en la radiografía lateral de cráneo. Los resultados obtenidos fueron los que se muestran en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Relación entre Maduración Vertebral Cervical y Mano y Muñeca en mujeres		
	Maduración Vertebral Cervical	Mano y Muñeca
Media	4,725	4,925
Desviación estándar	1,037	1,047
Coefficiente de correlación de Pearson	0,854	

Tabla 2. Relación entre Maduración Vertebral Cervical y Mano y Muñeca masculino		
	Maduración Vertebral Cervical	Mano y Muñeca
Media	3,667	3,820
Desviación estándar	0,869	0,721
Coefficiente de correlación de Pearson	0,827	

Se encontró que la correlación entre MVC y MM en mujeres fue de 0,854, indicando una fuerte relación entre las dos radiografías. En hombres, la correlación fue de 0,827, también indicando una fuerte relación entre las dos radiografías. Estos resultados sugieren que ambas radiografías presentan resultados similares para propósitos de tratamiento, permitiendo determinar la etapa de desarrollo en la que se encuentra el paciente con cualquiera de los dos métodos de evaluación de maduración ósea.

A continuación, se presenta el análisis de los casos en ambos sexos aplicando la prueba chi cuadrado y su p-valor para determinar la diferencia estadística de madurez ósea por sexo. Este análisis evalúa si existe diferencia de maduración entre hombres y mujeres en cada una de las edades objeto de estudio.

La prueba se realizó a partir del estadio o etapa 3 de maduración, ya que en el estudio observacional no se registraron resultados en las etapas 1 y 2 de maduración ósea.

El p-valor se analizó al 95% de confiabilidad. De acuerdo con los resultados, se encontraron diferencias significativas en las edades de 9, 12 y 16 años entre hombres y mujeres ($p < 0,05$). Esto indica que, en los pacientes de estas edades, las mujeres tienen un desarrollo acelerado en comparación con los hombres. En las edades de 10, 11, 13, 14 y 15 años no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$), indicando que en estas edades no hay diferencias estadísticamente significativas en el desarrollo entre hombres y mujeres.

En los grupos donde se cumple que el crecimiento óseo es diferente entre hombres y mujeres, se observó que el desarrollo óseo en las mujeres es mayor que en los hombres.

DISCUSIÓN

En este estudio se demuestra una fuerte correlación entre el análisis radiográfico carpal y el lateral de cráneo para determinar la maduración ósea en los pacientes. Estos resultados destacan que la edad cronológica de un paciente no es un indicador fiable de su maduración ósea. Los datos recopilados indican que la etapa de maduración que se observó en ambas radiografías presenta resultados muy similares, confirmando que ambos métodos son útiles para este propósito.

Autores previos (Wu et al. 2022; Prlić et al. 2021; Ke et al. 2020) coinciden en que la radiografía de la mano y la de las vértebras cervicales son métodos positivos para evaluar la maduración ósea, aunque enfatizan que la edad biológica no es un buen indicador del ritmo de maduración esquelética del individuo. Se sugiere que los métodos vertebrales pueden ser utilizados como una alternativa viable a los métodos carpianos.

En este estudio se encuentra una correlación fuerte entre el análisis radiográfico carpal y lateral de cráneo para determinar la maduración ósea en los pacientes, destacando que la edad biológica de un paciente no es un indicador fiable de maduración ósea. De acuerdo con los datos recopilados, las etapas de maduración en ambas radiografías presentan resultados similares, lo que refuerza la validez de utilizar tanto las radiografías carpales como las vertebrales cervicales en la evaluación de la maduración esquelética.

Un estudio reciente (Kim et al. 2023) evalúa un sistema automatizado de inteligencia artificial (IA) para la evaluación de la maduración esquelética utilizando los indicadores de madurez esquelética (SMI) de Fishman, importantes en ortodoncia. El sistema, basado en métodos previos de Greulich y Pyle y Tanner-Whitehouse3, incluye detección automatizada, evaluación de madurez y mapeo de etapas de SMI. Validado con 2593

radiografías y probado en 711 adicionales, el sistema muestra una precisión de 0,772 y un error medio de 0,27, demostrando ser clínicamente fiable y mejorando la eficiencia y reproducibilidad en la predicción de SMI.

El presente estudio y el de Kim et al. (2023) coinciden en la importancia de evaluar la maduración esquelética en el ámbito dental y ortodóntico para optimizar los tratamientos. Mientras el estudio actual se enfoca en la correlación entre métodos manuales de radiografías carpales y de vértebras cervicales para evaluar la maduración ósea, el estudio de Kim et al. se centra en la automatización de esta evaluación utilizando IA y los indicadores SMI de Fishman. Ambos estudios destacan la relevancia de métodos precisos y confiables para determinar la maduración esquelética, aunque el enfoque del presente estudio es más tradicional y manual, comparando dos tipos de radiografías, mientras que Kim et al. proponen un enfoque innovador y automatizado. La principal diferencia radica en la tecnología utilizada; el estudio actual usa métodos convencionales y Kim et al. implementan IA para mejorar la eficiencia clínica y reproducibilidad. Ambos enfoques contribuyen significativamente a la mejora del diagnóstico y tratamiento en odontología y ortodoncia.

El estudio de Kim et al. (2021) demuestra que la predicción de los estadios de maduración mano-muñeca a partir de las imágenes de las vértebras cervicales es viable mediante el uso de algoritmos de aprendizaje automático. Este enfoque utiliza 499 pares de radiografías mano-muñeca y cefalogramas laterales de pacientes de ortodoncia de entre 6 y 18 años. Los resultados del modelo de conjunto final, compuesto por ocho modelos de aprendizaje automático, muestran un MAE de 0,90, un MAE redondo de 0,87 y un RMSE de 1,20, indicando una precisión adecuada en la predicción del SMI de Fishman. Estos hallazgos resaltan la importancia de la IA como una herramienta de apoyo en la toma de decisiones clínicas para determinar el momento óptimo del tratamiento en pacientes en crecimiento. Este estudio se relaciona con el presente trabajo al evidenciar la utilidad de las imágenes de vértebras cervicales y los algoritmos de IA en la evaluación de la maduración esquelética, mejorando así el diagnóstico y tratamiento ortodóntico.

Booz et al. (2020) investigan la precisión y eficiencia de un nuevo software de IA para la evaluación automatizada de la edad ósea, comparándolo con el método tradicional de Greulich-Pyle. Analizaron radiografías de 514 pacientes, encontrando que la desviación absoluta media y la desviación cuadrática media eran significativamente menores con la IA en comparación con el método de los lectores humanos. Además, la correlación entre la edad ósea derivada de la IA y la edad de referencia fue notablemente alta ($r = 0,99$). Los tiempos medios de lectura se redujeron en un 87% utilizando el sistema de IA. Estos resultados destacan la capacidad de la IA para mejorar la precisión y la eficiencia en la evaluación de la maduración ósea, alineándose con el presente estudio al subrayar la importancia de la tecnología avanzada en la práctica clínica odontológica para evitar exposiciones adicionales a la radiación.

Lee y Lee (2021) proporcionan una revisión exhaustiva sobre la historia y el estado actual de las evaluaciones automatizadas de la edad ósea, destacando los desafíos y avances en el uso de la IA. A pesar de la alta demanda de sistemas automatizados precisos, las variaciones inter e intraobservador han sido un obstáculo significativo. La evolución rápida de la tecnología de aprendizaje profundo ha mostrado resultados prometedores en la evaluación automatizada de la edad ósea, ofreciendo un futuro prometedor para mejorar la precisión y robustez de estas evaluaciones. Este estudio se alinea con el presente trabajo al enfatizar la importancia de las técnicas avanzadas de IA para mejorar la precisión y reducir las variaciones en la evaluación de la maduración ósea.

Gonca et al. (2024) evalúan la clasificación de la etapa de maduración mediante clasificadores de IA utilizando radiografías mano-muñeca de 1067 individuos. Se desarrollan cinco modelos predictivos, y se aplican cuatro algoritmos de IA: perceptrón multicapa, máquina de vectores de soporte, máquina de aumento de gradiente y clasificador de árbol de decisión. Los resultados muestran que la combinación de análisis de dimensión fractal (FD) con la etapa sesamoidea de Chapman, la edad y el sexo mejora significativamente la precisión de la predicción. Este estudio destaca la importancia de integrar múltiples factores para mejorar la predicción de la maduración ósea, lo que es relevante para el presente trabajo, ya que ambos abordan la necesidad de métodos precisos y fiables para evaluar la maduración esquelética en pacientes en crecimiento.

Dada la importancia de la evaluación precisa de la maduración esquelética en odontología y ortodoncia, y considerando la potencialidad de la neutrosfía para mejorar los cálculos y atenuar la incertidumbre en estos casos, se proponen los siguientes estudios futuros:

- Implementación de la neutrosfía en la evaluación de la maduración esquelética: un estudio podría centrarse en la integración de la lógica neutrosófica con los métodos de evaluación de la maduración esquelética, como los análisis de radiografías carpales y cervicales. Utilizando la neutrosfía, se podrían manejar de manera más efectiva las incertidumbres y variabilidades inherentes a los diagnósticos radiográficos. Ramos Argilagos et al. (2022) han demostrado la utilidad de TOPSIS neutrosófico en la evaluación de estrategias educativas, lo que sugiere su aplicabilidad en el análisis radiográfico para la maduración ósea en el ámbito dental.
- Comparación neutrosófica de métodos radiográficos en odontología: un segundo estudio podría explorar la comparación entre diferentes métodos radiográficos (carpal vs. cervical) mediante técnicas de muestreo neutrosófico. Este enfoque permitiría evaluar de manera más robusta la fiabilidad y precisión

de cada método, utilizando un marco que considera la incertidumbre de los datos. González Chico et al. (2021) han utilizado con éxito el muestreo neutrosófico en la evaluación de la relevancia de la atención médica intercultural, lo que puede inspirar su uso en odontología.

- Modelización neutrosófica de factores que afectan la maduración esquelética: otro estudio interesante sería el desarrollo de modelos cognitivos neutrosóficos para mapear y entender mejor los factores que afectan la maduración esquelética en niños y adolescentes. Este enfoque permitiría una representación más precisa y manejable de la complejidad y la incertidumbre asociadas con el crecimiento y desarrollo óseo. Prado Quilambaqui et al. (2022) han aplicado mapas cognitivos neutrosóficos para estudiar el cuidado materno y los conocimientos ancestrales en Ecuador, indicando la capacidad de esta metodología para gestionar y analizar información compleja en el contexto médico.

Es esencial continuar investigando la relación entre los diferentes métodos de evaluación de la maduración esquelética y su impacto en el diagnóstico y tratamiento ortodóntico. La precisión y consistencia de estos métodos son fundamentales para asegurar que los pacientes reciban un tratamiento adecuado y personalizado, optimizando los resultados a largo plazo.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio indican una fuerte correlación entre el método de maduración cervical en la radiografía lateral de cráneo y la estadificación de los centros de crecimiento en la radiografía carpal. Esto sugiere que ambos métodos de maduración ósea son confiables para evaluar el desarrollo esquelético de los pacientes.

Es evidente que la edad cronológica no siempre refleja adecuadamente el nivel de desarrollo y maduración somática. Por lo tanto, es crucial determinar la etapa de maduración ósea para el diagnóstico preciso y tratamiento adecuado de pacientes en crecimiento. La radiografía lateral de cráneo, como parte integral de la práctica odontológica, proporciona información valiosa para evaluar el crecimiento de un paciente y permite referir oportunamente a un especialista cuando sea necesario.

Utilizar la radiografía lateral de cráneo para evaluar la etapa de maduración ósea puede evitar la necesidad de una segunda exposición a la radiación, beneficiando así la salud del paciente. Este enfoque es especialmente relevante en odontopediatría y ortodoncia, donde la evaluación precisa del crecimiento es crucial para el éxito del tratamiento.

La maduración de un individuo puede variar significativamente en comparación con otros de la misma edad cronológica, destacando la importancia de utilizar herramientas que determinen el nivel de maduración ósea de manera independiente del sexo o edad cronológica. Esto subraya la necesidad de métodos fiables y precisos para evaluar el desarrollo esquelético, asegurando diagnósticos y tratamientos más personalizados y efectivos para cada paciente.

En resumen, este estudio confirma la validez de los métodos de evaluación de la maduración ósea mediante radiografía lateral de cráneo y radiografía carpal, resaltando su importancia en la práctica clínica para una adecuada valoración del crecimiento y desarrollo de los pacientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Booz C, Yel I, Wichmann JL, Boettger S, Al Kamali A, Albrecht MH, Martin SS, Lenga L, Huizinga NA, D'Angelo T, Cavallaro M, Vogl TJ, Bodelle B. 2020. "Artificial intelligence in bone age assessment: accuracy and efficiency of a novel fully automated algorithm compared to the Greulich-Pyle method." *Eur Radiol Exp.* 4(1):6. doi: 10.1186/s41747-019-0139-9.

2. Gonca M, Sert MF, Gunacar DN, Kose TE, Beser B. 2024. "Determination of growth and developmental stages in hand-wrist radiographs: Can fractal analysis in combination with artificial intelligence be used?" *J Orofac Orthop.* doi: 10.1007/s00056-023-00510-1.

3. González Chico, M. G., Hernández Bandera, N., Herrera Lazo, S., Laica Sailema, N. (2021). Assessment of the Relevance of Intercultural Medical Care. Neutrosophic sampling. *Neutrosophic Sets and Systems*, 44(1). Disponible en: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol44/iss1/46

4. Ke, D., D. Lu, G. Cai, J. Zhang, X. Wang, y K. Suzuki. 2020. "Accelerated Skeletal Maturation is Associated with Overweight and Obesity as Early as Preschool Age: A Cross-Sectional Study." *BMC Pediatr.* 20(1):452. doi: 10.1186/s12887-020-02353-w.

5. Kim DW, Kim J, Kim T, Kim T, Kim YJ, Song IS, Ahn B, Choo J, Lee DY. 2021. "Prediction of hand-wrist maturation stages based on cervical vertebrae images using artificial intelligence." *Orthod Craniofac Res.* 24 Suppl 2:68-75. doi: 10.1111/ocr.12514.

6. Lee BD, Lee MS. 2021. "Automated Bone Age Assessment Using Artificial Intelligence: The Future of Bone Age Assessment." Korean J Radiol. 22(5):792-800. doi: 10.3348/kjr.2020.0941.

7. Prado Quilambaqui, J., Reyes Salgado, L., Valencia Herrera, A., Rodríguez Reyes, E. (2022). Estudio del cuidado materno y conocimientos ancestrales en el Ecuador con ayuda de mapas cognitivos neutrosóficos. Revista Investigación Operacional, 43(3), 340-348. Disponible en: <https://rev-inv-ope.pantheonsorbonne.fr/sites/default/files/inline-files/43322-06.pdf>

8. Prlić, A., M. Stunja, M. Šimunović Aničić, S. Anić Milošević, y S. Meštrović. 2021. "Skeletal Maturation in Different Vertical Facial Growth Pattern." Acta Stomatol Croat. 55(3):302-307. doi: 10.15644/asc55/3/7.

9. Ramos Argilagos, M., Valencia Herrera, Á., Vayas Valdiviezo, W. (2022). Evaluación de estrategias de educación nutricional en escuelas del Ecuador utilizando TOPSIS neutrosófico. Rev Int Cienc Neutrosóficas, 18(3), 208-217.

10. Wu, X., W. Kuang, J. Zheng, Z. Yang, M. Ren, R. Yang, y W. Yuan. 2022. "Skeletal Maturation in Patients With Cleft Lip and/or Palate: A Systematic Review." Cleft Palate Craniofac J. 59(3):307-319. doi: 10.1177/10556656211007680.

FINANCIAMIENTO

Los autores declaran que se financio el presente trabajo con recursos propios.

AGRADECIMIENTOS

A todos los autores que hicieron posible la publicación de este manuscrito.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Johanna Fiallos Sánchez, Samantha Sánchez Mayorga, José Arturo Molina, Carlos Luis Villalva.

Curación de datos: Johanna Fiallos Sánchez, Samantha Sánchez Mayorga, José Arturo Molina, Carlos Luis Villalva.

Análisis formal: Johanna Fiallos Sánchez, Samantha Sánchez Mayorga, José Arturo Molina, Carlos Luis Villalva.

Adquisición de fondos: Johanna Fiallos Sánchez, Samantha Sánchez Mayorga, José Arturo Molina, Carlos Luis Villalva.

Investigación: Johanna Fiallos Sánchez, Samantha Sánchez Mayorga, José Arturo Molina, Carlos Luis Villalva.

Supervisión: Johanna Fiallos Sánchez, Samantha Sánchez Mayorga, José Arturo Molina, Carlos Luis Villalva.

Validación: Johanna Fiallos Sánchez, Samantha Sánchez Mayorga, José Arturo Molina, Carlos Luis Villalva.

Visualización: Johanna Fiallos Sánchez, Samantha Sánchez Mayorga, José Arturo Molina, Carlos Luis Villalva.

Redacción - borrador original: Johanna Fiallos Sánchez, Samantha Sánchez Mayorga, José Arturo Molina, Carlos Luis Villalva.

Redacción - revisión y edición: Johanna Fiallos Sánchez, Samantha Sánchez Mayorga, José Arturo Molina, Carlos Luis Villalva.