

# VALIDACIÓN DE UN SISTEMA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA CÁLCULO AUTOMÁTICO DE LA EDAD ÓSEA EN RADIOGRAFÍA DE MANO

Aineseder M\*, Mosquera C, Brandan AE, Battellini YM, Lipsich F, Demeco, CM, Benitez SE, Kreindel TG

# Conflicto de intereses

Los autores no poseen conflicto de intereses

# Introducción

- La evaluación de edad ósea es un examen radiológico utilizado para determinar la maduración ósea.
- El examen se realiza mediante una radiografía simple de la mano y muñeca izquierda
- Mide la diferencia entre la edad de desarrollo de los huesos y la edad cronológica.

*Satoh M. Bone age: assessment methods and clinical applications. Clin Pediatr Endocrinol.2015;24(4):143-52.*

# Propósito

Abordar soluciones para las principales desventajas del método actual de evaluación de edad ósea, que son:

- Alta variabilidad intra e interobservador
- Método desactualizado
- Requiere entrenamiento

# Objetivo

Evaluar el desempeño de una herramienta de inteligencia artificial (Carpian) en la medición automatizada de la edad ósea en radiografías de mano pediátricas, utilizando la medición de especialistas en radiología pediátrica experimentados como estándar de referencia.

# Materiales y Métodos

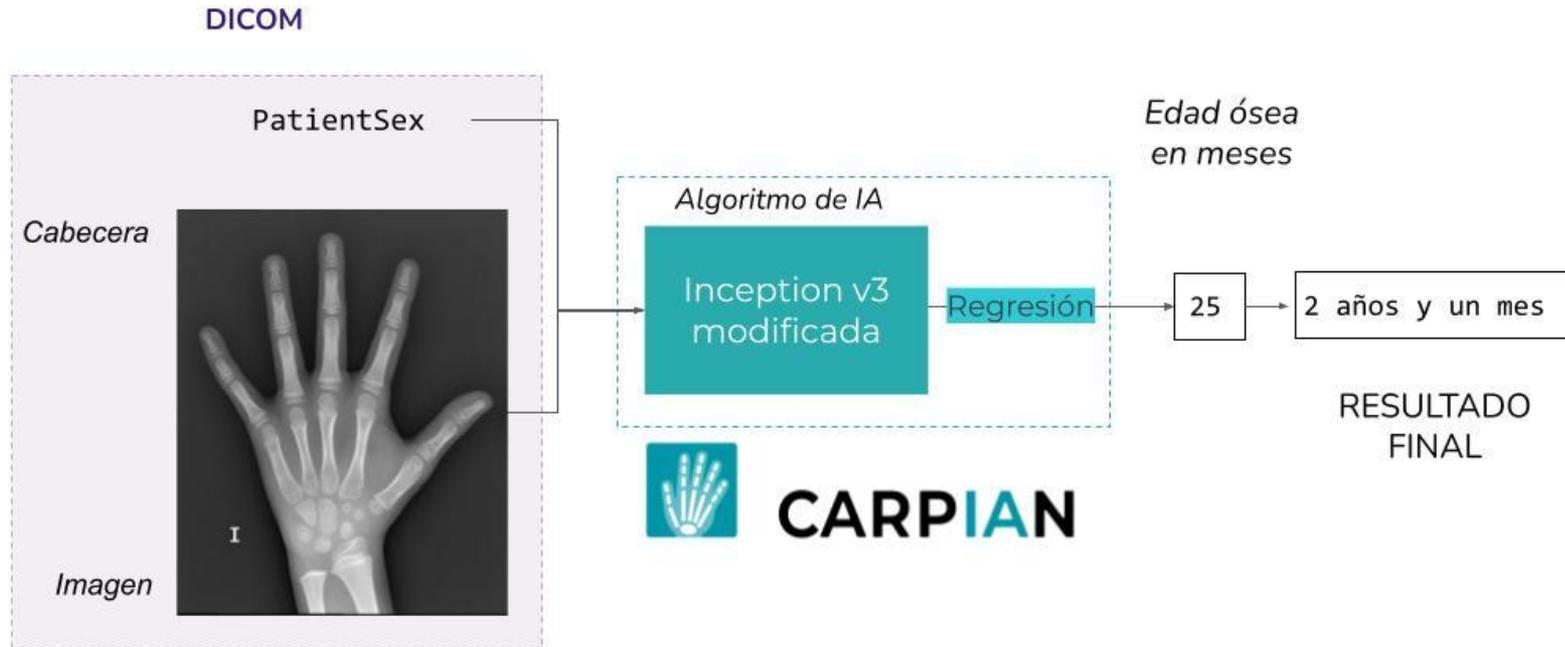


Figura 1: Proceso de predicción de Carpian.

# Materiales y Métodos

## Desarrollo de la herramienta Carpian

- Las imágenes de entrenamiento para el desarrollo de la herramienta Carpian fueron del dataset público de RSNA “Bone Age”, liberado durante una competencia en Kaggle en el 2017
- Se evaluaron diferentes arquitecturas de Deep Learning y distintas configuraciones de hiperparámetros utilizando 12.211 imágenes del dataset.
- La red que finalmente se seleccionó tiene una estructura con dos ramas de entrada:
  - Una rama usa la información de los píxeles de las imágenes como entrada y contiene como estructura la arquitectura InceptionV3 sin pesos pre-entrenados.
  - La otra utiliza el género los pacientes y presenta una capa densa (de 32 neuronas) que reúne información sobre este tipo de entrada.
- Luego se concatena la información de ambas ramas y se adicionan dos capas densas (de 1000 neuronas) que permiten aprender relaciones entre la información brindada por los píxeles y la obtenida del género. La última capa del modelo presenta una sola unidad lineal que representa la edad ósea predecida en meses.

# Materiales y Métodos

## Diseño

Estudio de corte transversal, prospectivo.

## Ámbito

Hospital Italiano de Buenos Aires. Se estima un número aproximado de entre 350-450 prácticas/estudios de evaluación de edad ósea por año, con un promedio de 2 estudios por día.

## Población

La población del estudio son las radiografías de mano realizadas en pacientes pediátricos con equipos digitales de rayos X.

# Materiales y Métodos

## Criterios de inclusión

La unidad de estudio fueron radiografías:

- Pertenecientes a pacientes de ambos sexos cuya edad al momento del estudio estaba entre 2 y 18 años (inclusive),
- Realizadas con el concepto "RADIOGRAFIA DE MANO Y MUÑECA IZQUIERDA (EDAD OSEA)" en el Hospital Italiano entre el 2015 y el 2020 (inclusive),
- Y que posean informe radiológico en el cual se reporte la determinación de edad ósea.

## Criterios de exclusión

Se excluyeron aquellas radiografías que presentan:

- Una mala técnica radiológica (estudio incompleto, detección de movimientos, elementos externos superpuestos, miembro superior derecho),
- O fracturas y elementos de osteosíntesis.

# Materiales y Métodos

## Variable de salida

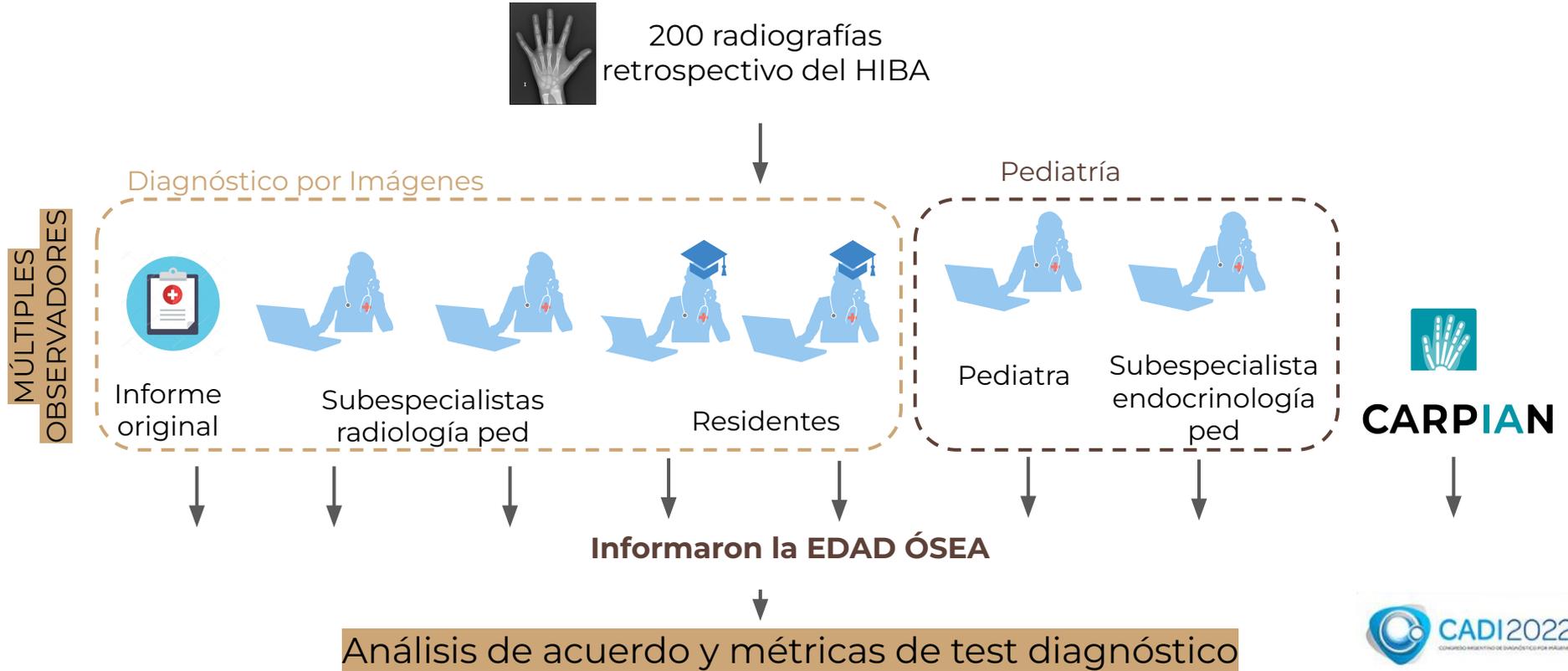
La variable de salida o outcome de este estudio es la *edad ósea de la radiografía expresada en meses* (variable numérica continua).

Se consideró la edad ósea informada por ocho observadores:

- **Expertos:** dos especialistas en radiología pediátrica con más de 10 años de experiencia en el informe de edad ósea
- **Residentes:** dos residentes de diagnóstico por imágenes. Uno de ellos con experiencia previa en el informe de edad ósea, y otro sin ninguna experiencia en este informe.
- **Pediatras:** un pediatra general y un pediatra endocrinólogo.
- El **informe** original asociado a la radiografía tomado de la historia clínica electrónica
- **Carpian:** modelo de IA

**ESTÁNDAR DE REFERENCIA:** el valor promedio de la edad ósea reportada por los dos expertos.

# Materiales y Métodos

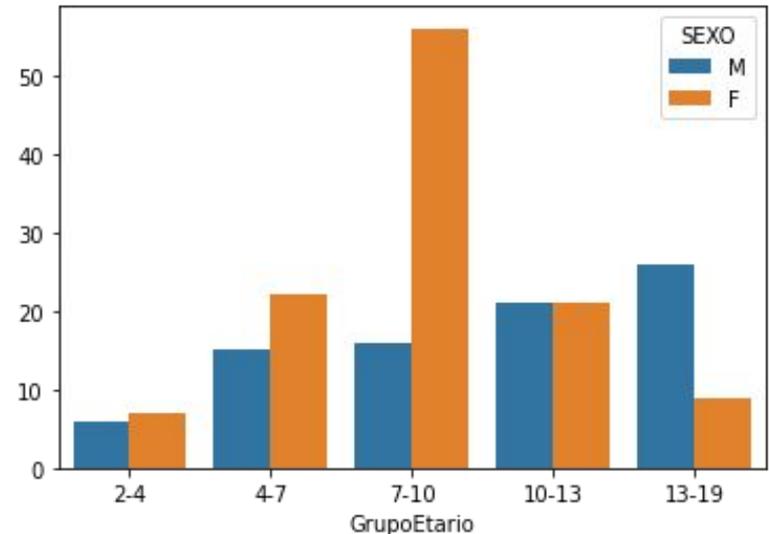


# Resultados

## Descripción de la muestra

Se recolectaron 200 radiografías para cumplir con el tamaño muestral mayor. Los 200 estudios pertenecen al período 2015-2020.

Los 200 pacientes incluidos son 85 pacientes de sexo masculino (42.5%) y 115 de sexo femenino (57.5%). Con respecto a la edad cronológica, el grupo etario predominante es de pacientes entre 7 y 10 años de edad (72/200); seguidos del grupo 10-13 años (42/200); grupo de 4-7 años (37/200); grupo de 13-19 años (35/200) y finalmente grupo de 2-4 años (13/200).

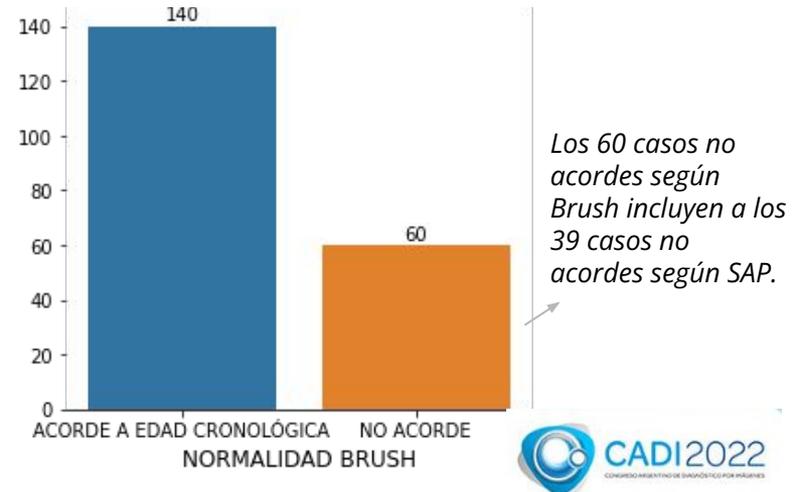
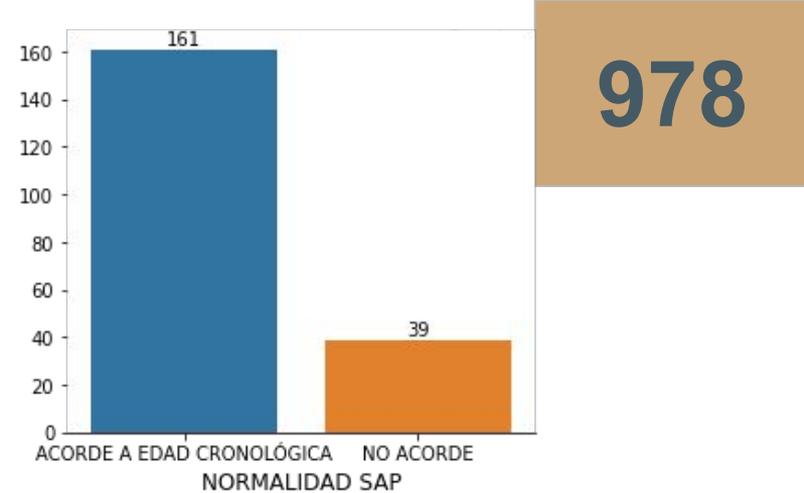


# Resultados

## Categorización binaria según concordancia entre la edad ósea y la edad cronológica

La utilidad del informe de edad ósea radica en identificar discordancias entre la edad cronológica del paciente y su maduración ósea. Existen múltiples métodos para determinar si un caso donde la edad ósea no es acorde a la edad cronológica. Se binarizó la variable de salida con dos métodos:

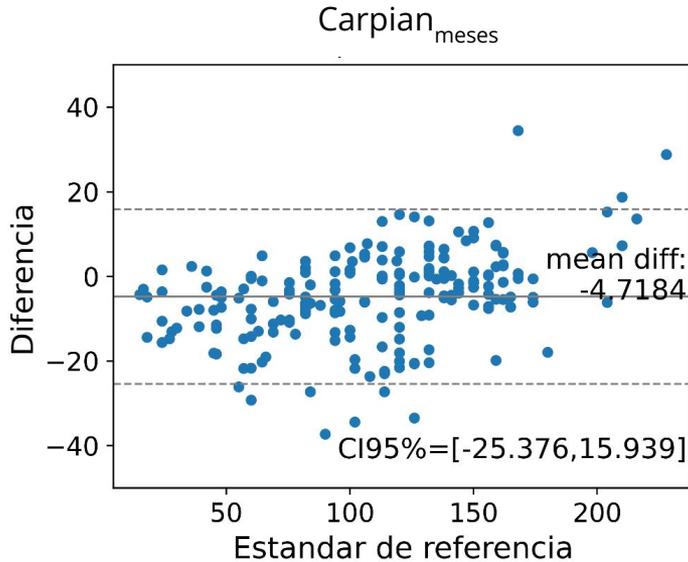
- **Criterio recomendado por la Sociedad Argentina de Pediatría (SAP):** se considera que la edad ósea es acorde a la edad cronológica cuando la diferencia entre éstas es menor a dos años.
- **Criterio según los desvíos de la tabla Brush del Atlas de Greulich y Pyle:** se considera que la edad ósea es acorde a la edad cronológica cuando la diferencia entre éstas es menor a dos desvíos estándares. Se toma como desvío estándar el valor tabulado para el sexo biológico del paciente y su edad cronológica en la tabla de Brush correspondiente.



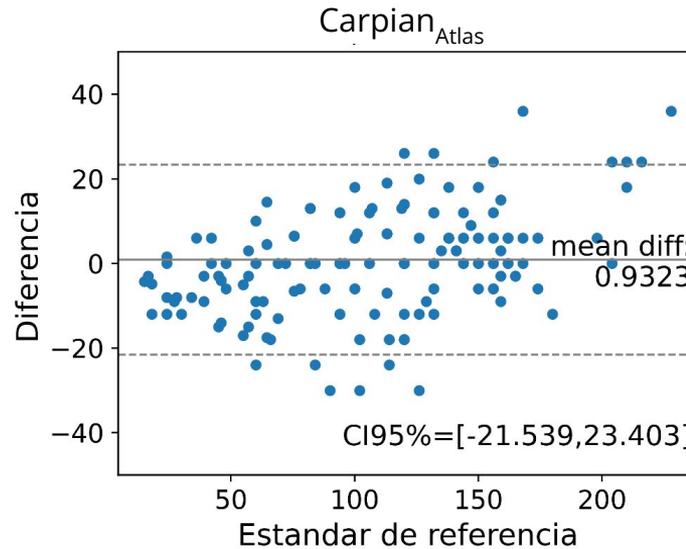
# Resultados

## Bland Altman

Variable cruda informada por  
Carpian en meses



Variable construída como la categoría de  
Atlas inmediatamente inferior al  
informado por Carpian en meses.



Los intervalos de CI95 de Carpian<sub>Atlas</sub> se encuentran **dentro de la diferencia máxima permitida de 24 meses**, por lo que, dado el tamaño muestral utilizado, se concluye que la diferencia entre Carpian<sub>Atlas</sub> y los expertos en el informe de edad ósea es menor a 24 meses en el 95% de los casos.

# Resultados

## Test de Wilcoxon

Se testeó con Shapiro-Wilk que las variables no seguían una distribución normal, por lo que se realizaron dos tests de Wilcoxon para comparar la distribución de la edad ósea de referencia con las distribuciones de  $\text{Carpian}_{\text{Atlas}}$  y  $\text{Carpian}_{\text{Meses}}$ .

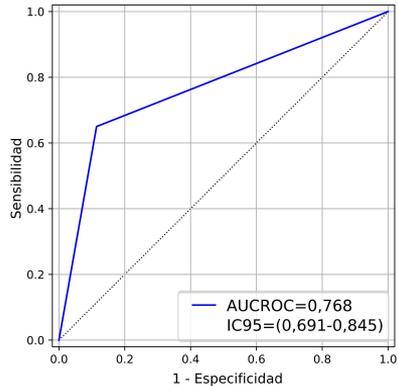
En el caso de  $\text{Carpian}_{\text{Meses}}$ , se rechazó la hipótesis nula de que las muestras provienen de la misma distribución que la edad ósea de referencia ( $p= 1,3 \cdot 10^{-9}$ ).

En el caso de  $\text{Carpian}_{\text{Atlas}}$ , no se encontró evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula ( $p=0,230$ ), por lo que se acepta que **la edad ósea de referencia y  $\text{Carpian}_{\text{Atlas}}$  pertenecen a una misma distribución.**

# Resultados

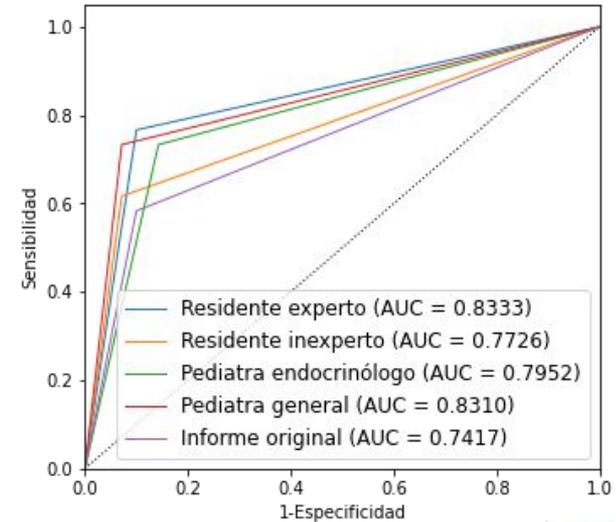
## Desempeño como test diagnóstico

Utilizando el criterio de Brush sobre  $EO_{ref}$  se construyó la curva ROC y la matriz de confusión para  $Carpian_{Atlas}$ .



Expertos	ACORDE	124	16
	NO ACORDE	21	39
		ACORDE	NO ACORDE

## Comparación con otros observadores



# Conclusiones

- La diferencia entre Carpian Atlas y los expertos en el informe de edad ósea es menor a 24 meses en el 95% de los casos.
- Carpian puede ser utilizado como apoyo en la determinación de la edad ósea, en particular para aquellos profesionales que no tienen experiencia en este tipo de estudios.
- La ventaja del diagnóstico de Carpian radica en su carácter automático, inmediato, y reproducible (sin variabilidad intraobservador).

# Bibliografía

- Satoh M. Bone age: assessment methods and clinical applications. *Clin Pediatr Endocrinol*. 2015 Oct;24(4):143–52.
- Greulich WW, Pyle SI. *Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist*. 1959. 256 p.
- Tanner JM. *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method)*. Academic Press; 1975. 99 p.
- Lee H, Tajmir S, Lee J, Zissen M, Yeshiwas BA, Alkasab TK, et al. Fully Automated Deep Learning System for Bone Age Assessment. *J Digit Imaging*. 2017 Aug;30(4):427–41.
- Larson DB, Chen MC, Lungren MP, Halabi SS, Stence NV, Langlotz CP. Performance of a Deep-Learning Neural Network Model in Assessing Skeletal Maturity on Pediatric Hand Radiographs [Internet]. Vol. 287, *Radiology*. 2018. p. 313–22. Available from: <http://dx.doi.org/10.1148/radiol.2017170236>
- Lea WWI, Hong SJ, Nam HK, Kang WY, Yang ZP, Noh EJ. External validation of deep learning-based bone-age software: a preliminary study with real world data. *Sci Rep*. 2022 Jan 24;12(1):1232.
- Wang X, Zhou B, Gong P, Zhang T, Mo Y, Tang J, et al. Artificial Intelligence–Assisted Bone Age Assessment to Improve the Accuracy and Consistency of Physicians With Different Levels of Experience [Internet]. Vol. 10, *Frontiers in Pediatrics*. 2022. Available from: <http://dx.doi.org/10.3389/fped.2022.818061>
- Lee BD, Lee MS. Automated Bone Age Assessment Using Artificial Intelligence: The Future of Bone Age Assessment. *Korean J Radiol*. 2021 May;22(5):792–800.
- Ethics of Artificial Intelligence in Radiology: Summary of the Joint European and North American Multisociety Statement J. Raymond Geis