

La inteligencia artificial en el ámbito de la pediatría. Presente y futuro

Sergio Fernández Ureña. Pediatra del Servicio de Urgencias de Pediatría del Complejo Hospitalario Universitario Insular Materno-Infantil de Canarias.

Resumen

Introducción. La inteligencia artificial (IA), particularmente el aprendizaje automático (ML) y el aprendizaje profundo (DL), han surgido como técnicas prometedoras para mejorar la calidad de la atención médica, especialmente en el campo de la pediatría. Estos avances informáticos tienen el potencial de transformar el análisis y el procesamiento de datos de salud, desde el diagnóstico temprano de enfermedades hasta el seguimiento del paciente y el desarrollo de nuevos tratamientos

Material y Métodos. La implementación de la IA en la atención médica involucra la recopilación y análisis de grandes volúmenes de datos clínicos. Los algoritmos de ML y DL son entrenados para realizar tareas específicas, tales como el análisis de imágenes médicas, el procesamiento de lenguaje natural para detectar pacientes en riesgo elevado de suicidio o el reconocimiento de patrones patológicos en electrocardiogramas y electroencefalogramas. Estos algoritmos

se utilizan para apoyar las decisiones clínicas, identificar a los pacientes con alto riesgo y desarrollar tratamientos más eficaces.

Conclusiones. La IA está surgiendo como una herramienta esencial en el ámbito sanitario. Su capacidad para procesar y analizar grandes conjuntos de datos está revolucionando el diagnóstico temprano y la prevención de enfermedades, la atención personalizada y la investigación en medicina. Sin embargo, es esencial garantizar el uso ético y seguro de estas tecnologías y la capacitación adecuada de los profesionales sanitarios. En resumen, la IA promete un cambio significativo en la atención médica, pero su implementación debe ser cuidadosa y considerada.

Palabras clave: análisis de datos, aprendizaje automático (*Machine Learning*), aprendizaje profundo (*Deep Learning*), atención médica, diagnóstico precoz, inteligencia artificial, pediatría, prevención de enfermedades, procesamiento de lenguaje natural, medicina personalizada

Introducción

La inteligencia se refiere a la capacidad de adquirir, entender y usar el conocimiento, pensar de manera abstracta, aprender de la experiencia y adaptarse a nuevas situaciones. Es un conjunto de habilidades cognitivas que incluyen el razonamiento, la planificación, la resolución de problemas, el pensamiento abstracto, la comprensión de ideas complejas, el aprendizaje rápido y el aprendizaje a partir de la experiencia.

Sin embargo, la inteligencia es un concepto multifacético y no tiene una definición aceptada de manera universal. La definición puede variar según el campo que la examine. Por ejemplo, en psicología, se han propuesto varias teorías para explicar la inteligencia, incluyendo la teoría de la inteligencia múltiple de Howard Gardner¹, que sugiere que existen varias inteligencias independientes como la

lógico-matemática, la lingüística, la musical, la interpersonal, la intrapersonal, la espacial, la corporal cinestésica y la naturalista.

El término “inteligente” en el contexto de las máquinas a menudo se refiere a su capacidad para realizar tareas complejas que normalmente requerirían habilidades humanas, y adaptarse a nuevas situaciones o a cambios en el entorno. Si una máquina puede realizar tareas muy complejas o con gran precisión, podría decirse que tiene cierto nivel de “inteligencia de máquina”.

Sin embargo, esta inteligencia es muy diferente a la inteligencia humana. Estas máquinas no tienen conciencia ni comprensión propia, y su inteligencia está confinada a la tarea o conjunto de tareas específicas para las que han sido programadas, sin capacidad de adaptación si hay cambios en su medio o en las condiciones de realización. Por ejem-

plo, una máquina de un laboratorio de análisis bioquímico puede ser capaz de manipular una muestra en diferentes pasos secuenciales con gran precisión, pero sería incapaz de adaptarse y realizar la misma tarea si la forma del tubo de ensayo es diferente.

Además, aunque estas máquinas pueden adaptarse a cambios en su entorno inmediato (como ajustarse a la posición de una pieza hasta cierto grado de tolerancia), esto se debe a los algoritmos de control y sensores con los que están equipadas, y no a una capacidad inherente para aprender y adaptarse de la misma manera que un humano lo haría.

Por lo tanto, aunque las máquinas de las fábricas pueden ser “inteligentes” en un sentido limitado y muy específico, no son inteligentes en el sentido humano del término.

Por otro lado, en el campo de la inteligencia artificial, la inteligencia se puede considerar como la capacidad de un sistema para realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como la comprensión del lenguaje natural, el reconocimiento de voz y de imágenes, el aprendizaje automático y la toma de decisiones.

En última instancia, la definición de inteligencia puede ser muy amplia y variada, y está sujeta a interpretaciones basadas en diferentes contextos y perspectivas.

Inteligencia artificial. Aprendizaje automático. Aprendizaje profundo

La inteligencia artificial (IA)² es una rama de la informática que se enfoca en la creación de sistemas capaces de realizar tareas que normalmente requerirían la inteligencia humana. Esto incluye tareas como el procesamiento del lenguaje natural, el reconocimiento de patrones, la resolución de problemas y la toma de decisiones. La IA puede ser de dos tipos, estrecha o débil (ANI) y general o fuerte (AGI). La IA débil se refiere a sistemas que están diseñados y entrenados para realizar una única tarea específica, como los asistentes virtuales personales, mientras que la IA general se refiere a sistemas que tienen la capacidad de entender, razonar, aprender y adaptarse de manera similar a como lo haría un ser humano.

Hasta la fecha, la AGI es más un concepto teórico que una posibilidad real, si bien

debido al vertiginoso avance que han experimentado en los últimos meses la liberación de modelos de redes neuronales en código abierto, y por tanto disponibles para su utilización a todo el mundo, es posible que en los próximos años surjan proyectos que se acerquen a la AGI. En este artículo se describirán de forma general las posibles aplicaciones en el ámbito pediátrico. En el caso de los ejemplos propuestos, se ha de tener en cuenta que es muy probable que estén desactualizados en el momento que está consultando este trabajo, y que muy probablemente existirán otras alternativas más completas y mejores.

El aprendizaje automático o *machine learning* (ML) en inglés, es una subdisciplina de la inteligencia artificial que se centra en el desarrollo de algoritmos y modelos que permiten a las máquinas aprender a realizar tareas por sí mismas sin ser explícitamente programadas para ello. En el aprendizaje automático, un modelo se entrena en un conjunto de datos, y a través de este proceso de entrenamiento, el modelo aprende a reconocer patrones, hacer predicciones o tomar decisiones basándose en los datos de entrada. Hay diferentes tipos de aprendizaje automático, incluyendo el aprendizaje supervisado (donde el modelo aprende a partir de ejemplos etiquetados por el ser humano), el aprendizaje no supervisado (donde el modelo busca patrones en un conjunto de datos sin etiquetar) y el aprendizaje por refuerzo (donde el modelo aprende a través de la prueba y el error para maximizar una recompensa).

El aprendizaje profundo o *deep learning* en inglés, es una rama del aprendizaje automático que se basa en algoritmos inspirados en la estructura y función del cerebro llamados redes neuronales artificiales. El término “profundo” se refiere a la cantidad de capas que componen la red neuronal. En una red profunda, los datos de entrada pasan a través de una serie de capas, cada una de las cuales procesa una representación cada vez más abstracta de los datos originales. Este proceso permite a las redes neuronales aprender patrones complejos y jerárquicos de los datos. El aprendizaje profundo ha demostrado ser especialmente eficaz en tareas de aprendizaje automático con grandes cantidades de datos no estructurados o semiestructurados, como el reconocimiento de imágenes y de voz, y la traducción au-

tomática de lenguaje natural.

Aplicaciones de la inteligencia artificial en pediatría

La implantación de la IA en el campo de la pediatría está comenzando a marcar una nueva era en la medicina pediátrica. Con su capacidad para procesar y analizar grandes volúmenes de datos clínicos, la IA puede ofrecer avances significativos en áreas como la detección precoz de enfermedades, el seguimiento a distancia de pacientes, la educación para pacientes y familiares, y la investigación de nuevos tratamientos. Al utilizar algoritmos basados en billones de parámetros para identificar patrones en los datos, la IA tiene el potencial de facilitar diagnósticos más precisos y tratamientos más efectivos, mejorando así la atención médica y los resultados en salud. Sin embargo, para llevar a cabo la implementación de estos avances será preciso realizar formación complementaria sobre *machine learning* y la aparición de nuevos roles en la asistencia sanitaria, como ingenieros de *Big Data* o especialistas en IA.

Algunas de las aplicaciones de la IA son las siguientes:

Diagnóstico y detección precoz de enfermedades

La IA puede ser útil como herramienta de ayuda al diagnóstico en la detección precoz de algunas enfermedades y en el diagnóstico de las mismas. Es importante resaltar que en ningún caso será capaz de "suplir" al especialista, pero puede ofrecer ser de gran utilidad al ofrecer información complementaria al facultativo, o destacar aquellos pacientes con un riesgo elevado de presentar una complicación, antes de que esta sea completamente observable, mediante el análisis de múltiples parámetros al mismo tiempo.

Uno de los campos donde la IA ha mostrado mejores resultados es en el reconocimiento de imágenes. Puede utilizarse para analizar imágenes médicas, como radiografías y resonancias magnéticas, y detectar anomalías que pueden ser indicativas de una enfermedad. Por ejemplo, un estudio publicado en la revista *Pediatric Radiology* en 2022 encontró que la IA pudo detectar la presencia de neumonía en pacientes pediátricos con

un 90 % de precisión, en comparación con el 80 % de precisión de los radiólogos. El estudio incluyó niños de 2 meses a 18 años³. Otro estudio, publicado en la revista *Nature* por Nagy et al.⁴, mostró la utilidad de una red neuronal para la creación de una herramienta de ayuda al diagnóstico para la detección de fracturas de muñeca y otras alteraciones (cuerpo extraño, tumores). Se le suministra la imagen radiográfica, y la red neuronal etiqueta las alteraciones en dicha imagen, ofreciendo además la probabilidad de la alteración detectada.

Debido a la gran potencia en el análisis visual de los algoritmos de ML, existen muchas otras aplicaciones que están en desarrollo, desde el diagnóstico de discrasias sanguíneas como la leucemia (Zhong et al, *Diagnostics*)⁵, hasta el diagnóstico de los trastornos del espectro autista basado en imágenes de RMN del paciente (Tao Chen et al. *JMIR Med Inform*)⁶. Sin duda, el reconocimiento de imágenes es uno de los campos con resultados más prometedores a día de hoy en el ámbito sanitario.

Otra aplicación que ya se encuentra en uso en algunos centros hospitalarios de España es la prevención del suicidio mediante procesamiento de lenguaje natural (PNL). Mediante la instalación de una aplicación en el móvil del paciente, previa autorización por el tutor responsable, ésta analiza todo el texto que se escribe y/o consulta en el terminal, realiza un procesamiento mediante PNL, y en caso de detectar un indicador de "riesgo potencial de suicidio" (por ejemplo búsquedas de portales web de métodos para cometer el suicidio, mensajes de alarma en redes sociales), la aplicación avisa de forma automática a su especialista responsable, para así evitar una consecuencia grave en el paciente⁷ (figuras 1 y 2).

Desarrollo de nuevos tratamientos

La IA también puede utilizarse para desarrollar nuevos tratamientos para enfermedades. Una de las iniciativas más destacadas es el proyecto *AlphaFold 2*, de la empresa Deepmind (*Alphabet, Google Inc.*)⁸⁻¹⁰. Este modelo realiza una predicción de la estructura de las proteínas a partir de secuencias de aminoácidos. Puede ser muy útil para acelerar el desarrollo de fármacos específicos y vacunas¹¹. Los modelos predictivos de

IA también pueden ayudar a estratificar a pacientes con enfermedades autoinmunes, y optimizar el plan de tratamiento, así como evaluar la eficacia y seguridad en modelos de paciente virtuales (Moingeon, P. *Trends in Pharmacological Science* 2023)¹² (figura 3).

Medicina personalizada

La IA también puede utilizarse para la aplicación de medicina personalizada. IA y el ML son herramientas avanzadas que se pueden utilizar para predecir las complica-

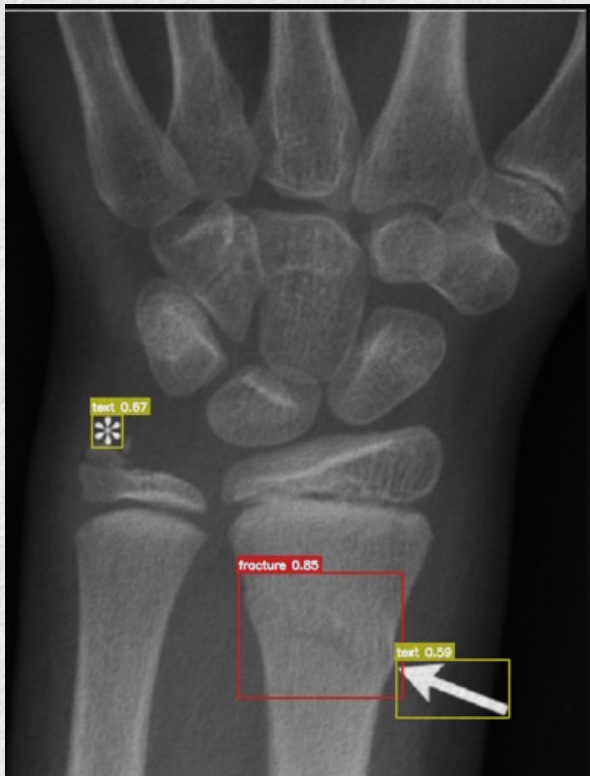


Figura 1. Imagen de fractura etiquetada mediante ML y porcentaje de probabilidad del hallazgo (fuente propia)



Figura 2. Imagen de fractura etiquetada mediante ML y porcentaje de probabilidad del hallazgo (fuente propia)

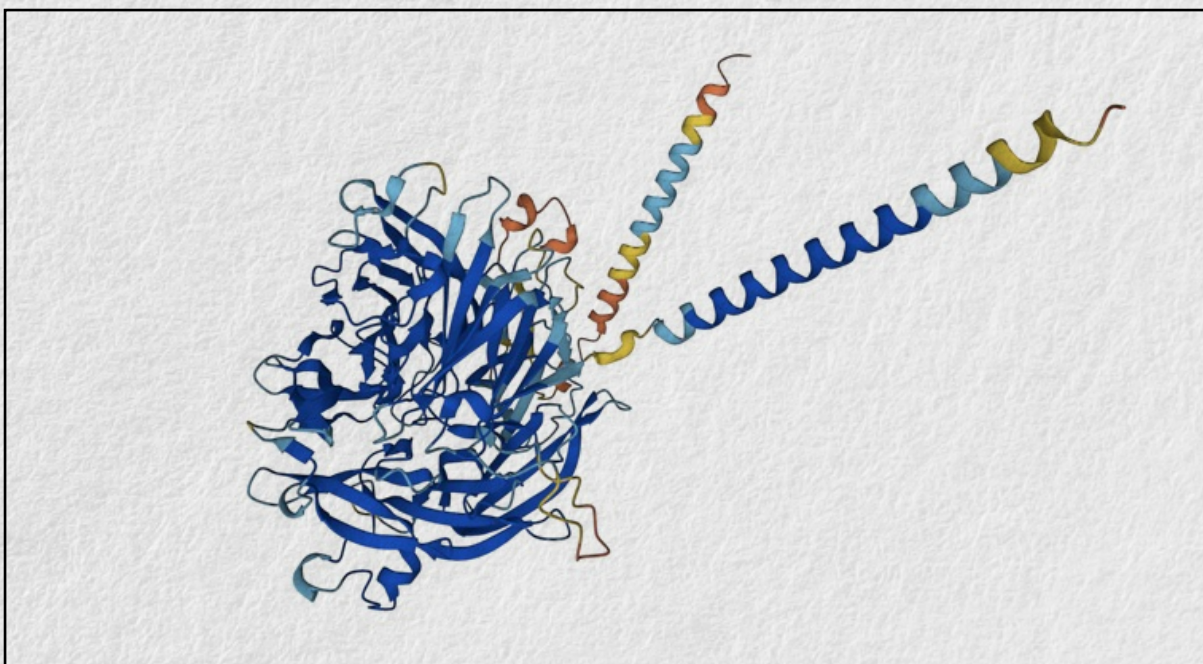


Figura 3. AlphaFold 2: Captura de pantalla del siguiente enlace, acceso libre y gratuito: <https://alphafold.ebi.ac.uk/entry/Q8I3H7>

ciones relacionadas con la quimioterapia¹³. Los algoritmos pueden ayudar en los procesos de toma de decisiones y en el manejo de las complicaciones.

También se pueden aplicar nuevas técnicas de imagen al cuidado personalizado del paciente pediátrico. Omar Thabit y Lars Grosse-Wortmann (Hospital for Sick Children)¹⁴ utilizan una nueva tecnología que proporciona modelos de imágenes de resonancia magnética tridimensionales del corazón que permiten al cirujano visualizar la condición antes de la cirugía. Los modelos son valiosos para una mejor planificación quirúrgica y visualización de lesiones en tres dimensiones, por ejemplo, la relación del defecto del tabique ventricular con las grandes arterias en la doble salida de ventrículo derecho.

Seguimiento a distancia de pacientes

El desarrollo de modelos y algoritmos específicos para el control y seguimiento del paciente pediátrico crónico ha permitido mejorar la calidad de vida en este grupo de pacientes, por una parte mejorando la calidad de la asistencia, y por otro reduciendo el número de visitas hospitalarias, produciendo un menor impacto en su vida diaria debido a su enfermedad¹⁵. Además, cada vez es mayor el número de publicaciones acerca de la utilización de algoritmos de ML para el diagnóstico del electrocardiograma y electroencefalograma^{16,17}. Mediante estas aplicaciones, podemos no sólo mejorar el diagnóstico de las diferentes patologías, sino también aumentar la velocidad de resolución, ya que el algoritmo analiza los trazados (mediante reconocimiento visual de los mismos), y el facultativo supervisa y valida la interpretación de la prueba. Además, puede permitir priorizar a aquellos pacientes con mayores alteraciones en la prueba.

Valoración del crecimiento y desarrollo

Otra de las aplicaciones de la IA en el paciente pediátrico es mediante un asistente para la datación de la edad ósea en radiografía del carpo. Clásicamente el diagnóstico se ha llevado a cabo con la realización de una radiografía del carpo de la mano izquierda, y su comparación directa con el atlas de edad ósea de Greulich y Pyle¹⁸. Mediante un algoritmo de IA, permite la datación automática

de la edad ósea, permitiendo un diagnóstico más rápido y más fiel, con una reducción de la variabilidad inter-observador (19, 20).

Otras aplicaciones

Podemos destacar otras aplicaciones que, si bien no son específicas del ámbito pediátrico, sin duda serán de gran ayuda en los próximos años. Una de ellas será la posibilidad de traducción simultánea a múltiples idiomas (Whisper, red neuronal de código abierto de la empresa OpenAI)²¹. De esta forma podremos mejorar la calidad de la asistencia mediante la eliminación de la barrera idiomática, que en ocasiones dificulta una adecuada historia clínica.

También mediante reconocimiento automático de sonido (ASR) se están realizando avances para la transcripción automática de la anamnesis médico-paciente y su integración directa a la historia electrónica del paciente. Este hecho permitirá reducir el tiempo dedicado a la recogida de datos en el aplicativo de historia electrónica y ofrecer un trato más cercano y humano con el paciente.

Conclusiones

En conclusión, el ámbito sanitario representa un dominio significativo para la implementación de la inteligencia artificial (IA) y sus subcampos, como el aprendizaje automático y el aprendizaje profundo. Estos métodos computacionales ofrecen una variedad de aplicaciones prometedoras en el sector de la salud, especialmente en el campo de la pediatría.

Las técnicas de IA permiten el procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos clínicos, lo que facilita avances considerables en la detección temprana de enfermedades, seguimiento de pacientes a distancia, desarrollo de nuevos tratamientos y la investigación para mejorar la atención médica. En concreto, se ha demostrado que la IA puede proporcionar diagnósticos precisos, identificar pacientes con riesgo elevado de complicaciones y desarrollar nuevos tratamientos más efectivos. Sin embargo, es importante enfatizar que las máquinas no suplen al especialista, sino que proporcionan información complementaria útil para la toma de decisiones clínicas.

Además, el desarrollo de algoritmos de ML y DL para tareas específicas, como el análisis

sis de imágenes médicas, ha demostrado ser de gran valor. Por ejemplo, en el diagnóstico de enfermedades mediante el análisis de radiografías y resonancias magnéticas, el procesamiento de lenguaje natural para la prevención del suicidio, o el reconocimiento de patrones en electrocardiogramas y electroencefalogramas.

Por último, la IA también puede contribuir al desarrollo de la medicina personalizada. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden ayudar en los procesos de toma de decisiones y en el manejo de las complicaciones, permitiendo así una atención más personalizada y eficaz para el paciente. En resumen, la inteligencia artificial y sus técnicas asociadas están emergiendo como herramientas esenciales para mejorar la calidad de la atención médica y los resultados de la salud. Sin embargo, es crucial un enfoque cuidadoso para garantizar que se empleen de manera ética y segura, y que los profesionales de la salud estén adecuadamente capacitados para su uso.

Bibliografía

- (1) Northern Illinois University Center for Innovative Teaching and Learning. (2020). Howard Gardner's theory of multiple intelligences. In *Instructional guide for university faculty and teaching assistants*. Retrieved from <https://www.niu.edu/citl/resources/guides/instructional-guide>
- (2) Burns, E. (n.d.). What is artificial intelligence (AI)? In *SearchEnterpriseAI*. Retrieved from <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/AI-Artificial-Intelligence>
- (3) Pediatric Radiology. (2022, March). Artificial intelligence for detecting pneumonia in pediatric chest radiographs. *Pediatric Radiology*, 52(3), 448-453. doi:10.1007/s00247-021-04998-7
- (4) Nagy, E., Janisch, M., Hrčić, F., et al. (2022). A pediatric wrist trauma X-ray dataset (GRAZPEDWRI-DX) for machine learning. *Scientific Data*, 9(1), 222. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01328-z>
- (5) Zhong, P., Hong, M., He, H., Zhang, J., Chen, Y., Wang, Z., Chen, P., & Ouyang, J. (2022). Diagnosis of Acute Leukemia by Multiparameter Flow Cytometry with the Assistance of Artificial Intelligence. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 12(4), 827. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12040827>
- (6) Chen, T., Chen, Y., Yuan, M., Gerstein, M., Li, T., Liang, H., Froehlich, T., & Lu, L. (2020). The Development of a Practical Artificial Intelligence Tool for Diagnosing and Evaluating Autism Spectrum Disorder: Multicenter Study. *JMIR medical informatics*, 8(5), e15767. <https://doi.org/10.2196/15767>
- (7) Lejeune, A., Le Glaz, A., Perron, P. A., Sebti, J., Baca-Garcia, E., Walter, M., Lemey, C., & Berrouguet, S. (2022). Artificial intelligence and suicide prevention: a systematic review. *European psychiatry : the journal of the Association of European Psychiatrists*, 65(1), 1–22. Advance online publication. <https://doi.org/10.1192/j.eurpsy.2022.8>
- (8) Jumper, J., Evans, R., Pritzel, A. et al. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature* 596, 583–589 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03819-2>
- (9) Skolnick, J., Gao, M., Zhou, H., & Singh, S. (2021). AlphaFold 2: Why It Works and Its Implications for Understanding the Relationships of Protein Sequence, Structure, and Function. *Journal of chemical information and modeling*, 61(10), 4827–4831. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.1c01114>
- (10) Varadi, M., & Velankar, S. (2022). The impact of AlphaFold Protein Structure Database on the fields of life sciences. *Proteomics*, e2200128. Advance online publication. <https://doi.org/10.1002/pmic.202200128>
- (11) Higgins M. K. (2021). Can We AlphaFold Our Way Out of the Next Pandemic?. *Journal of molecular biology*, 433(20), 167093. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2021.167093>
- (12) Moingeon P. (2023). Artificial intelligence-driven drug development against autoimmune diseases. *Trends in pharmacological sciences*, S0165-6147(23)00088-3. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2023.04.005>
- (13) Ardahan Sevgili, S., Şenol, S. Prediction of chemotherapy-related complications in pediatric oncology patients: artificial intelligence and machine learning implementations. *Pediatr Res* 93, 390–395 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41390-022-02356-6>
- (14) Binesh Marvasti, T., D'Alessandro, L. C., Manase, D., Papaz, T., & Mital, S. (2013). Personalized medicine in the care of the child with congenital heart disease: discovery to application. *Congenital heart disease*, 8(3), 266–269. <https://doi.org/10.1111/chd.12061>
- (15) Kraft S. A. (2023). Centering Patients' Voices in Artificial Intelligence-Based Telemedicine. *American journal of public health*, 113(5), 470–471. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2023.307270>
- (16) Liu, J., Li, Z., Jin, Y., Liu, Y., Liu, C., Zhao, L., & Chen, X. (2022). A review of arrhythmia detection based on electrocardiogram with artificial intelligence. *Expert review of medical devices*, 19(7), 549–560. <https://doi.org/10.1080/17434440.2022.2115887>
- (17) Kobayashi, K., Shibata, T., Tsuchiya, H., & Akiyama, T. (2022). Artificial Intelligence-based Detection of Epileptic Discharges from Pediatric Scalp Electroencefalograms: A Pilot Study. *Acta medica Okayama*, 76(6), 617–624. <https://doi.org/10.18926/AMO/64111>

- (18) Tiwari, P. K., Gupta, M., Verma, A., Pandey, S., & Nayak, A. (2020). Applicability of the Greulich-Pyle Method in Assessing the Skeletal Maturity of Children in the Eastern Utter Pradesh (UP) Region: A Pilot Study. *Cureus*, 12(10), e10880. <https://doi.org/10.7759/cureus.10880>
- (19) Pose Lepe, Georgette, Villacrés, Fabián, Silva Fuente-Alba, Claudio, & Guiloff, Stefan. (2018). Correlación en la determinación de la edad ósea radiológica mediante el método de Greulich y Pyle versus la evaluación automatizada utilizando el software BoneXpert. *Revista chilena de pediatría*, 89(5), 606-611. <https://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062018005000705>
- (20) Lee, B. D., & Lee, M. S. (2021). Automated Bone Age Assessment Using Artificial Intelligence: The Future of Bone Age Assessment. *Korean journal of radiology*, 22(5), 792-800. <https://doi.org/10.3348/kjr.2020.0941>
- (21) OpenAI. (2023). Whisper. <https://openai.com/research/whisper>

