

Comparación de ecuaciones de predicción para oscilometría de Impulso: Una aplicación web para generar reporte y comparativa sobre ecuaciones en el mundo







Luisa Fernanda Guantiva Vargas Cindy Zhang Gao Jhon Felipe Delgado Salazar Sonia Maria Restrepo

Carlos Enrique Rodriguez Martinez

Introducción

La oscilometría de impulso (IOS) ha emergido como una técnica no invasiva que es utilizada para evaluar la función pulmonar especialmente útil en población pediátrica ya que proporciona información detallada sobre la resistencia y reactancia del sistema respiratorio sin requerir maniobras forzadas. Sin embargo, la interpretación precisa de los resultados de la IOS requiere ecuaciones de referencia específicas que pueden variar significativamente según factores étnicos, geográficos y ambientales. Por lo cual existe una necesidad de optimizar y facilitar la lectura de pruebas de función pulmonar IOS para el diagnóstico de afecciones respiratorias pediátricas. Este trabajo propone una herramienta la cual compara y recomienda ecuaciones de IOS con todas sus características antropométricas de diferentes estudios realizados alrededor del mundo.

Objetivos

Proponer una herramienta para comparar diferentes ecuaciones de predicción en el mundo sobre IOS y facilitar la lectura e interpretación de los resultados de IOS en niños

Metodología

Se recopilaron 10 ecuaciones de predicción de oscilometría de estudios internacionales en niños de 3 a 18 años, agrupando datos para de cada estudio con promedios, desviaciones estándar(SE) del peso, altura, y la estatura, además de los tamaños de muestra. Además se incluyeron datos sobre altura de la región geográfica. Se realizó, un sistema de recomendación usando el modelo KNeighborsClassifier con sobremuestreo en datos generando datos sintéticos, basado en la distribución de las variables demográficas recogidas. Estos datos fueron de tamaño 100 para niños y niñas, completando un dataset de 1000 datos, se asumió normalidad en los datos lo que no necesito ninguna prueba de normalidad.

El sistema de recomendación fue gurdado en un objeto de tipo pkl(pickle), el cual fue ingresado en el backend del desarrollo de la herramienta web la cual integra las ecuaciones y el sistema de recomendación. Fue utilizado un modelo C4 para la arquitectura de software estandarizados con niveles de contexto, contenedores, componentes y código.

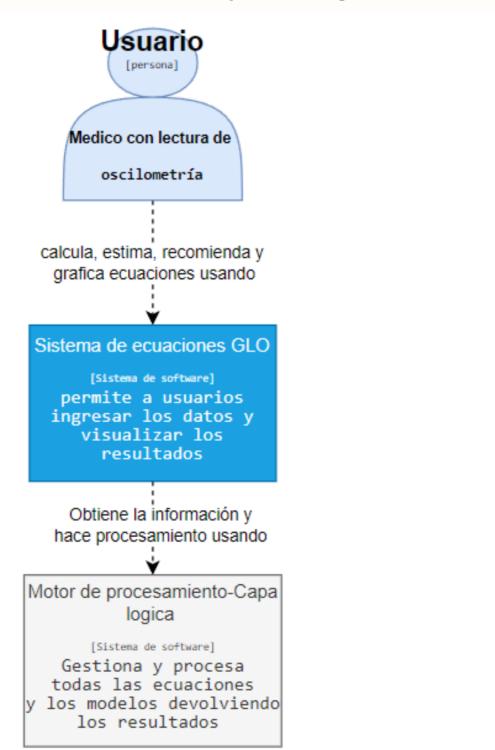


Figura 1: Arquitectura de software de la herramienta.

Para perfeccionar la recomendación diagnóstica, se implementó un sistema de cadenas de lenguaje basado en la técnica de few-shot learning, utilizando el framework LangChain. Inspirado por el enfoque del modelo ReAct, que integra razonamiento y acción para mejorar la toma de decisiones en sistemas autónomos [10], nuestro modelo de lenguaje se configuró para analizar los parámetros de oscilometría. Utilizamos un enfoque determinístico basado en reglas extraídas de la literatura médica para identificar patrones respiratorios, tales como asma, fibrosis

una hipótesis diagnóstica preliminar. Es importante enfatizar que este sistema está diseñado para complementar, y no reemplazar, el juicio clínico del profesional de la salud.

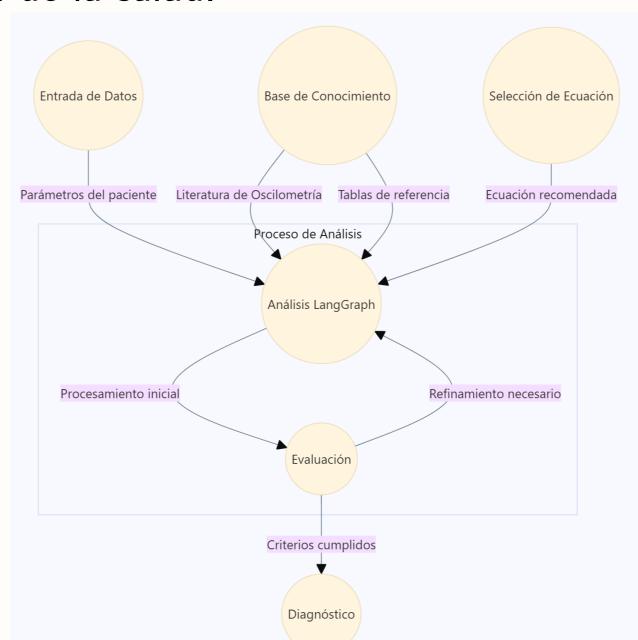


Figura 2: Diagrama de lenguaje.

Resultados

El R² promedio obtenido de las ecuaciones fue de 39 %. Identificamos que los parámetros más comúnmente usados para calcular los z-scores son Xrs5, Rrs20, AX y Rrs5, fueron implementados en la herramienta para procesamiento automático de lecturas. El sistema de recomendación implementa un algoritmo KNeighborsClassifier para identificar la ecuación óptima según las características del paciente. Posteriormente, una cadena de lenguaje analiza los parámetros oscilométricos, generando una hipótesis diagnóstica preliminar.

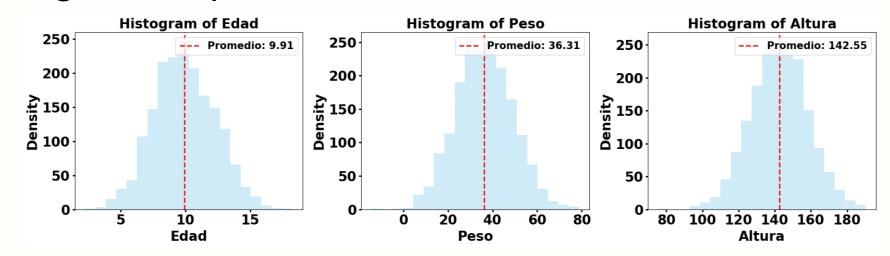


Figura 3: Distribución de porcentaje de cambio de broncodilatador en IOS

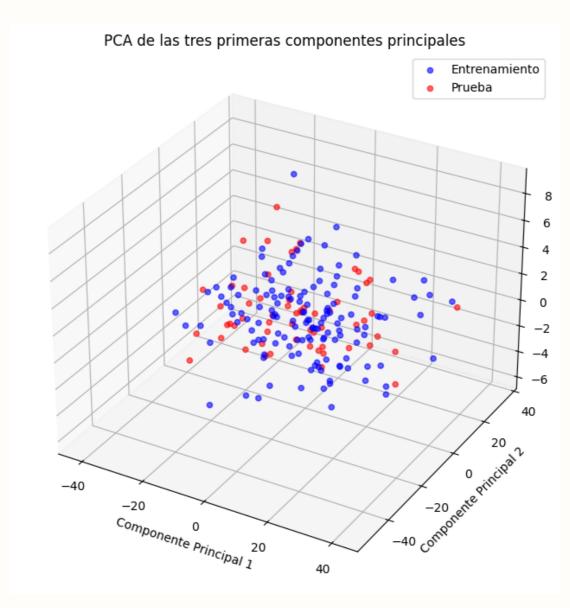


Figura 4: PCA de muestra aleatoria simulada para KNeighborsClassifier

La interfaz proporciona visualizaciones comparativas de los límites de normalidad entre las 10 ecuaciones, incluyendo la respuesta al broncodilatador. El sistema integra estos elementos en un reporte cualitativo en PDF, que incluye la ecuación recomendada, el análisis paramétrico y la hipótesis diagnóstica.

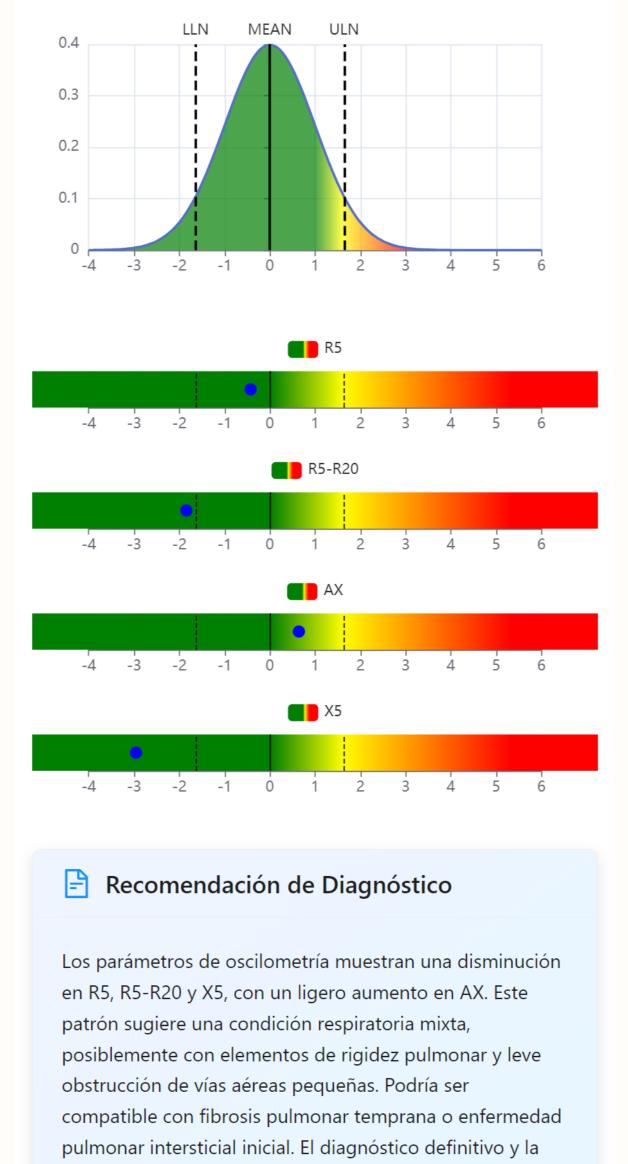


Figura 5: Recomendación de diagnóstico

Utilidad práctica

La aplicación pretende ser una herramienta de acompañamiento al personal médico que realice IOS para mejorar la interpretación de las pruebas de función pulmonar, facilitando la comparación de los parámetros de IOS en niños normales según diferentes autores y bajo diferentes condiciones. Esto, ayudará a la persona encargada a tomar mejores decisiones sobre marcadores de diagnóstico en diferentes enfermedades respiratorias. El reporte generado permitirá leer de forma cualitativa una interpretación de los resultados, aproximando al médico a una decisión más precisa.

Aplicaciones potenciales

Esta es la primera prueba de concepto de herramienta web abierta a integrarse con los softwares y dispositivos que procesan los datos de la IOS. Al capturar los datos directamente del dispositivo se podrá realizar una transformación y predicción de la data en tiempo real, sin necesidad de rellenar formularios por parte del personal médico. La implementación de esta herramienta transformaría la forma de lectura e interpretación de la IOS optimizando tiempos y generado un ambiente interactivo y dinámico.

Siguientes pasos

- Colaboración multi-hospitalaria: Crear una red de cooperación entre diversos hospitales para mejorar constantemente las ecuaciones, aumentando la precisión con el tiempo y ampliando la diversidad de la población estudiada.
- Integración con dispositivos de diagnóstico: Desarrollar interfaces para integrar la aplicación directamente con el software de los dispositivos de diagnóstico de oscilometría, permitiendo un análisis en tiempo real de los datos.
- Ampliación de la base de datos: Expandir la base de datos de ecuaciones de predicción para incluir más regiones geográficas y grupos étnicos, mejorando la precisión de las recomendaciones.
- Estudios de validación clínica: Realizar estudios para validar la eficacia de la herramienta en la práctica clínica, comparando sus recomendaciones con los diagnósticos de expertos en diferentes contextos médicos.

Anexo

		_	Localización geográfica	Altura	Muestra
Assumpcão	Niños	6 a 14 años	Florianópolis: Brasil	3m	62
Assumpção	Niñas	6 a 14 años	Florianópolis: Brasil	3m	61
Meraz	Niños	5 a 17 años	El Paso, Texas: Estados Unidos	520 m	60
Meraz	Niñas	5 a 17 años	El Paso, Texas: Estados Unidos	520 m	52
Gochicoa	Niños	3 a 15.4 años	Ciudad de México: México	2,240 m	153
Gochicoa	Niñas	2,7 a 15,2 años	Ciudad de México: México	2,240 m	130
Dueñas	Niños	3 a 5.9 años	Bogotá: Colombia	2,625 m	38
Dueñas	Niñas	3 a 5.9 años	Bogotá: Colombia	2,625 m	58
Frei	Niños	3 a 10 años	Montreal: Canadá	57 m	121
Frei	Niñas	3 a 10 años	Montreal: Canadá	57 m	101
Amra	Niños	6 a 19 años	Irán: Irán	1,047 m	265
Amra	Niñas	5 a 19 años	Irán: Irán	1,047 m	253
Lai	Niños	4 años	Taoyuan: Taiwán	82 m	81
Lai	Niñas	4 años	Taoyuan: Taiwán	82 m	69
Park	Niños	3 a 6 años	Seongnam: Corea del Sur	48 m	67
Park	Niñas	3 a 6 años	Seongnam: Corea del Sur	48 m	52
Sally Raafat Ishak	Niños	3 a 18 años	Egipto	23 m	65
Sally Raafat Ishak	Niñas	3 a 18 años	Egipto	23 m	48
Malmberg	Niños	2 a 6 años	espoo finland	27m	54
Malmberg	Niñas	2 a 6 años	espoo finland	27m	55

Referencias

- B. Amra, F. Soltaninejad y M. Golshan. "Respiratory resistance by impulse oscillometry in healthy Iranian children aged 5-19". En: *Iranian Journal of Allergy, Asthma and Immunology*
- Maíra S. de Assumpção et al. "Reference Equations for Impulse Oscillometry System Parameters in Healthy Brazilian Children and Adolescents". En: Respiratory Care 61.8 (2016),
- págs. 1090-1099. DOI: 10.4187/respcare.04226. Christian Andrés Casas Cárdenas y Jennifer Andrea Soler Solaque. "Valores de referencia de oscilometría de impulso en pacientes pediátricos sanos entre 3 y 7 años en una ciudad colombia-

na localizada a gran altitud (2640 msnm)". Programa de Postgrado en Neumología Pediátrica.

- Trabajo de Grado. Bogotá, Colombia: Universidad El Bosque, 2020. Elida Duenas-Meza et al. "Impulse oscillometry reference values and bronchodilator response in three- to five-year old children living at high altitude". En: Journal of Asthma and Allergy 12
- (2019), págs. 263-271. Jennifer Frei et al. "Impulse Oscillometry: Reference Values in Children 100 to 150 cm in Height
- and 3 to 10 Years of Age". En: CHEST 128.3 (2005), págs. 1266-1273. DOI: 10.1378/chest.
- Laura Gochicoa-Rangel et al. "Values of Impulse Oscillometry in Healthy Mexican Children and Adolescents". En: Respiratory Care 60.1 (2015), págs. 1-9. DOI: 10.4187/respcare.03374.
- S. H. Lai et al. "Reference value of impulse oscillometry in Taiwanese preschool children". En:
- Pediatrics and Neonatology 56.3 (2015), págs. 165-170. E. G. Meraz et al. "Reference Equations for Impulse Oscillometric and Respiratory System Model Parameters in Anglo and Hispanic Children". En: Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica

Shunyu Yao et al. "REACT: Synergizing Reasoning and Acting in Language Models". En:

Proceedings of the International Conference on Learning Representations Online: ICLR 2023

J. H. Park et al. "Reference values for respiratory system impedance using impulse oscillometry in healthy preschool children". En: Korean Journal of Pediatrics 54.2 (2011), págs. 64-68.

37.1 (2016), págs. 49-61. DOI: 10.17488/RMIB.37.1.6.

responsabilidad del tratamiento recaen exclusivamente en

el médico tratante.