

RECIBIDO:
28 diciembre 2024
APROBADO:
30 mayo 2025

Comparación de valores de SpO_2 en Apple Watch Ultra® y Oxímetro Masimo Set® en pacientes pediátricos con enfermedad cardiopulmonar atendidos en el Hospital Mario Catarino Rivas en enero-junio 2024

Comparison of Oxygen Saturation Values between Apple Watch Ultra® and Conventional Commercial Oximeters in Pediatric Patients with Cardiopulmonary Disease Treated at Mario Catarino Rivas Hospital, January–June 2024

Aldo Horacio Perdomo Paz¹, Wilmer Alejandro Madrid²

Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras

AUTOR CORRESPONSAL:

Aldo Horacio Perdomo Paz, aldo.perdomo.paz@gmail.com

Aldo Horacio Perdomo Paz
<https://orcid.org/0009-0001-1119-6825>
Wilmer Alejandro Madrid
<https://orcid.org/0000-0002-3644-3052>

Resumen

Introducción: El control preciso de la saturación de oxígeno (SpO_2) y la frecuencia cardíaca (FC) es esencial en el tratamiento de pacientes pediátricos con enfermedades cardiopulmonares. Si bien los oxímetros de pulso comerciales son el estándar para el control no invasivo, los dispositivos portátiles como el Apple Watch Ultra® han ganado popularidad como posibles alternativas.

Objetivo: Este estudio tiene como objetivo comparar la precisión de las mediciones de saturación de oxígeno (SpO_2) y frecuencia cardíaca (FC) entre el Apple Watch Ultra® y oxímetros de pulso comerciales convencionales en pacientes pediátricos con enfermedades cardiopulmonares.

Métodos: Se realizó un estudio analítico transversal en 137 pacientes pediátricos (de 1 mes a 17 años de edad) con diagnóstico de enfermedades cardiopulmonares. Las mediciones se obtuvieron utilizando tanto el Apple Watch Ultra® como un oxímetro de pulso Masimo SET®. Se utilizaron el coeficiente de correlación de concordancia de Lin (CCC) y la correlación de Spearman/Pearson para evaluar la concordancia y la correlación.

Resultados: El CCC para las mediciones de SpO_2 fue de 0,88, lo que indica una alta concordancia entre los dispositivos. El CCC para la frecuencia cardíaca fue de 0,99, con una fuerte correlación ($r = 0,986$). No hubo diferencias significativas en los valores de SpO_2 entre los dispositivos ($p = 0,67$).

Conclusión: Apple Watch Ultra® ofrece mediciones confiables de frecuencia cardíaca y SpO_2 por lo que es una alternativa confiable ante la posible ausencia de un oxímetro de pulso.

Palabras clave: oximetría, oxímetro de pulso, frecuencia cardíaca, enfermedades pulmonares.

Abstract

Introduction: Accurate monitoring of oxygen saturation (SpO_2) and heart rate (HR) is essential in the management of pediatric patients with cardiopulmonary diseases.

While commercial pulse oximeters are the standard for noninvasive monitoring, wearable devices such as the Apple Watch Ultra® have gained popularity as potential alternatives.

Objective: This study aims to compare the accuracy of oxygen saturation (SpO₂) and heart rate (HR) measurements between the Apple Watch Ultra® and conventional commercial pulse oximeters in pediatric patients with cardiopulmonary diseases.

Methods: A cross-sectional analytical study was conducted in 137 pediatric patients (1 month to 17 years of age) diagnosed with cardiopulmonary diseases. Measurements were obtained using both the Apple Watch Ultra® and a Masimo SET® pulse oximeter. Lin's concordance correlation coefficient (CCC) and Spearman/Pearson correlation were used to assess agreement and correlation.

Results: The CCC for SpO₂ measurements was 0.88, indicating high agreement between devices. The CCC for heart rate was 0.99, with a strong correlation ($r = 0.986$). There were no significant differences in SpO₂ values between devices ($p = 0.67$).

Conclusion: Apple Watch Ultra® provides reliable heart rate and SpO₂ measurements, making it a reliable alternative in the absence of a pulse oximeter.

Keywords: oximetry, pulse oximeter, heart rate, lung disease.

Introducción

Las enfermedades cardiopulmonares tienen una alta mortalidad y morbilidad, con un impacto importante en la calidad de vida en todas las edades. Los pacientes pediátricos son una población afectada grandemente por enfermedades cardiopulmonares. Esta representa la cuarta causa por la que los niños asisten a su consulta pediátrica.¹

Es importante que estos pacientes monitorean sus niveles de saturación de oxígeno (SpO₂) para valorar la gravedad de la enfermedad y opciones disponibles para corregir dichos niveles.² La hipoxemia en niños se ha asociado con un aumento de la mortalidad y es una complicación frecuente en casos de neumonía, bronquiolitis, asma y otras enfermedades graves como la sepsis.³

Los oxímetros de pulso tradicionales son el estándar de oro para el monitoreo no invasivo, pero los dispositivos portátiles, como el Apple Watch Ultra®, han surgido como alternativas potenciales. Sin embargo, la confiabilidad clínica de estos dispositivos sigue siendo objeto de estudio. Este estudio evalúa si el Apple Watch Ultra® puede medir con precisión la SpO₂ y la frecuencia cardíaca (FC) en comparación con los oxímetros convencionales en pacientes pediátricos con enfermedades cardiopulmonares.

Métodos

Estudio transversal, observacional, analítico donde se estudiaron 137 pacientes pediátricos (de 1 mes a 17 años) hospitalizados en el Hospital Mario Catarino Rivas con enfermedades cardiopulmonares entre enero y junio de 2024. La SpO₂ y la FC se midieron con el Apple Watch Ultra® y un oxímetro de pulso Masimo SET® en todos los pacientes, adaptándose según el tamaño del dedo o muñeca en los pacientes menores de 5 años. Se procuró mantener el contacto constante y el movimiento en estos pacientes para limitar los errores durante la evaluación.

Se obtuvieron datos de la patología del paciente y datos generales. Se colocó a los pacientes en una posición sin movimiento y se aseguró que no se encontraran agitados. Luego, se colocó el oxímetro marca Masimo SET en el dedo de la mano, en el pie o lóbulo de la oreja del paciente, se observó por un minuto y se anotó el valor de saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca. En la muñeca o pie izquierdo, se colocó el Apple Watch Ultra® por un minuto también y se anotaron los mismos valores. Se hicieron tres tomas, cada una separada por un tiempo de 10 minutos. Se utilizó el mismo oxímetro y Apple Watch Ultra® en todos los pacientes. Se utilizaron el coeficien-

te de correlación de concordancia de Lin (CCC), los gráficos de Bland-Altman, las correlaciones de Spearman (para SpO₂) y de Pearson (para FC) para evaluar la concordancia y la correlación.

Resultados

El 56,2% de los pacientes eran varones, con una mediana de edad de 6,4 años. La mayoría de los pacientes (90,5%) fueron de etnia mestiza.

La media de SpO₂ fue 92,97 ± 5% (oxímetro) y 93,52 ± 4,2% (Apple Watch Ultra®). El CCC para SpO₂ fue 0,88, mostrando una alta concordancia, y la correlación de Spearman fue 0,811. La media de FC fue 123,7 lpm (oxímetro) y 123,63 lpm (Apple Watch Ultra®). El CCC para FC fue 0,99, con una correlación de Pearson de 0,986.

Para FC, la diferencia de medias fue -0,09, con límites de concordancia entre -4,74 y 4,57 lpm. En el caso de la SpO₂, la diferencia media fue de 0,97, con límites entre -3,44 y 5,38.

Tabla 1.

Características generales y clínicas de los participantes.

CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Edad	
Lactante menor	29,9% (41)
Lactante mayor	32,1% (44)
Preescolar	19,7% (27)
Escolar	13,1% (18)
Adolescente	5,1% (7)
Sexo	
Masculino	56,2% (77)
Femenino	43,8% (60)
Etnia	
Ascendencia mixta	90,5% (124)
Afrodescendiente	9,5% (13)
CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS	
Enfermedad crónica	
Sí	24,1% (33)
No	75,9% (104)
Patología cardiopulmonar	
Neumonía adquirida en la comunidad (NAC)	43,8% (60)
Bronquiolitis	23,4% (32)
Asma	17,5% (24)
NAC complicada	8,8% (12)
Comunicación interventricular (CIV)	2,2% (3)
Tetralogía de Fallot	2,2% (3)
Comunicación interauricular (CIA)	1,5% (2)
Fibrosis quística	0,7% (1)
Oxigenoterapia	
Sí	75,9% (104)
No	24,1% (33)

Fuente: Elaboración propia

Figura 1.

Diagrama de cajas de la distribución de la saturación media de oxígeno por presencia de enfermedad crónica, medida con oxímetro de pulso Masimo SET®

En la figura 1 se observa que el grupo sin enfermedad crónica tiene una mediana alrededor de 95%, con una menor dispersión en los valores de saturación, con valores atípicos por debajo del 85%. El grupo con enfermedad crónica presenta una mediana más baja, cercana a 93%, y una mayor dispersión en los valores de saturación con valores atípicos por debajo de 70%.

Distribución de Saturación Media del Oxímetro por Presencia de Enfermedad Crónica

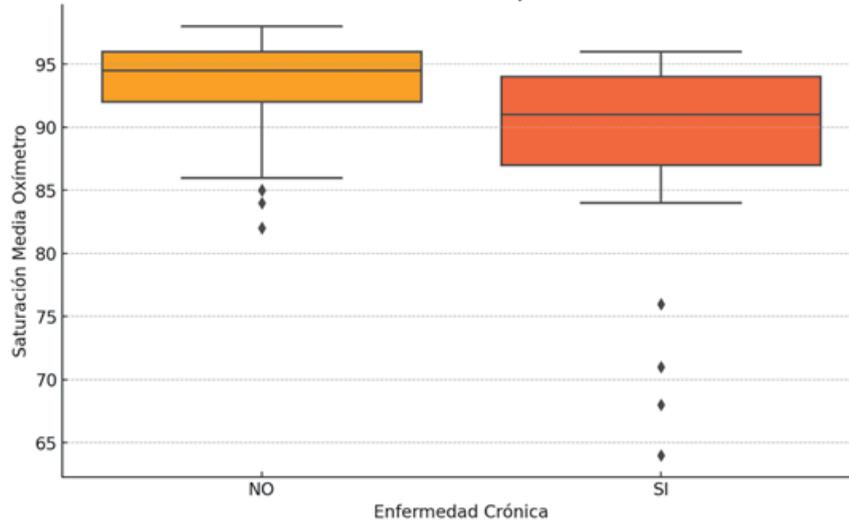
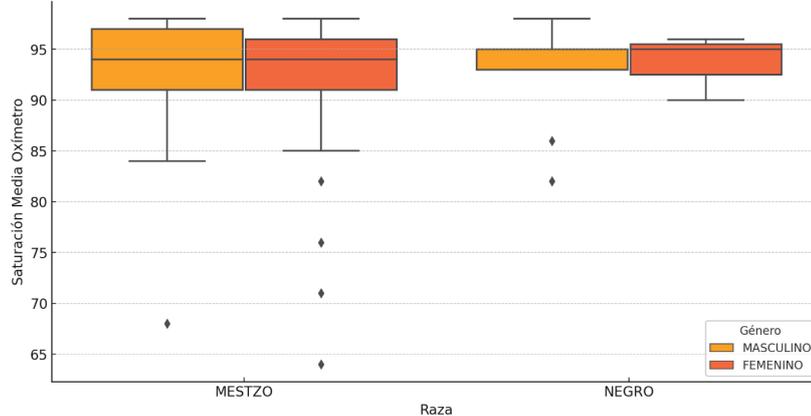


Figura 2.

Diagrama de cajas de la distribución de la saturación media de oxígeno por etnia y sexo, media con oxímetro

En la figura 2 se observa que el grupo mestizo masculino presenta una mediana cercana a 95%, con una mayor dispersión en los valores de saturación y un valor atípico por debajo de 70%. El grupo mestizo femenino, aunque tiene una mediana similar, muestra una dispersión más ajustada, pero muchos más valores atípicos, hasta por debajo de 65%. En el grupo de raza negra, ambos géneros presentaron una mediana más baja, cerca del 93%.

Distribución de Saturación Media del Oxímetro por Raza y Género (Excluyendo Blancos)



Discusión

Los hallazgos sugieren que el Apple Watch Ultra® es una herramienta confiable para monitorear frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno en pacientes como los de este estudio, con diagnóstico de patologías cardiopulmonares. Sin embargo, tomando en cuenta que se tomó en contexto hospitalario con ambiente controlado, no se recomendaría reemplazar el oxímetro en pacientes donde la saturación de oxígeno debe ser vigilada de forma precisa y exacta.

Comparando con otros estudios, se encuentran hallazgos similares a los de esta investigación. En un estudio realizado en Italia, se incluyeron un total de 265 adultos con enfermedades cardiopulmonares y encontraron una fuerte correlación positiva entre el reloj inteligente y el oxímetro en la evaluación de las mediciones de SO₂ (r = 0,89) y las mediciones de FC (r = 0,98).⁴

Tabla 2.

Medidas de tendencia central, diferencias estadísticamente significativas, concordancia (CCC) y correlación entre saturación de oxígeno (SO₂) y frecuencia cardíaca (FC) medidas con oxímetro y Apple Watch Ultra®.

	Oxímetro	Apple Watch Ultra®	CCC	Correlación
Saturación de oxígeno	92,97 +- 5	93,52 +- 4,2	0,88	0,811
Frecuencia cardíaca	123,7 +-14,18	123,63 +- 13,89	0,99	0,986

Fuente: Elaboración propia

Para la saturación de oxígeno, el coeficiente de variación (CV) fue de 5,46% con el oxímetro y de 11,43% con el Apple Watch Ultra®. En cuanto a la frecuencia cardíaca, el CV fue de 4,49% para el oxímetro y de 11,20% para el Apple Watch Ultra®.

Coefficiente de concordancia de Lin (CCC)

Al obtener el CCC de las mediciones de saturación de oxígeno del oxímetro y el Apple Watch Ultra®, se obtuvo un valor de 0,88 que indica una alta concordancia entre las mediciones de saturación del oxímetro y el Apple Watch Ultra®. Este coeficiente tiene en cuenta tanto la precisión como la exactitud, lo que significa que no solo las mediciones están correlacionadas, sino que también tienden a estar de acuerdo en magnitud.

En el caso de las mediciones de frecuencia cardíaca, se obtuvo un valor de CCC: de 0,99. Este valor indica una alta concordancia entre las mediciones de la frecuencia cardíaca del oxímetro y del Apple Watch Ultra®. La concordancia es casi perfecta, lo que sugiere que ambos dispositivos tienen una gran precisión y exactitud al medir la frecuencia cardíaca.

Lamentablemente, no se pudo calcular el Índice de Correlación Intraclass (ICC) debido a limitaciones del entorno. Sin embargo, el Coeficiente de Concordancia de Lin ya proporciona una buena medida de la concordancia entre las dos series de mediciones.

Coefficientes de correlación

Debido a las características de normalidad de los datos, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman para las mediciones de saturación de oxígeno y se obtuvo un valor de 0,811. Para las mediciones de frecuencia cardíaca, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, con un valor de 0,986. Ambos coeficientes indican una fuerte correlación positiva entre las mediciones realizadas por el oxímetro y el Apple Watch Ultra®

Figura 3.

Diagrama de dispersión que muestra la correlación entre la saturación media de oxígeno registrada con el oxímetro de pulso Masimo Set® y el dispositivo Apple Watch Ultra®. Fuente: elaboración propia.

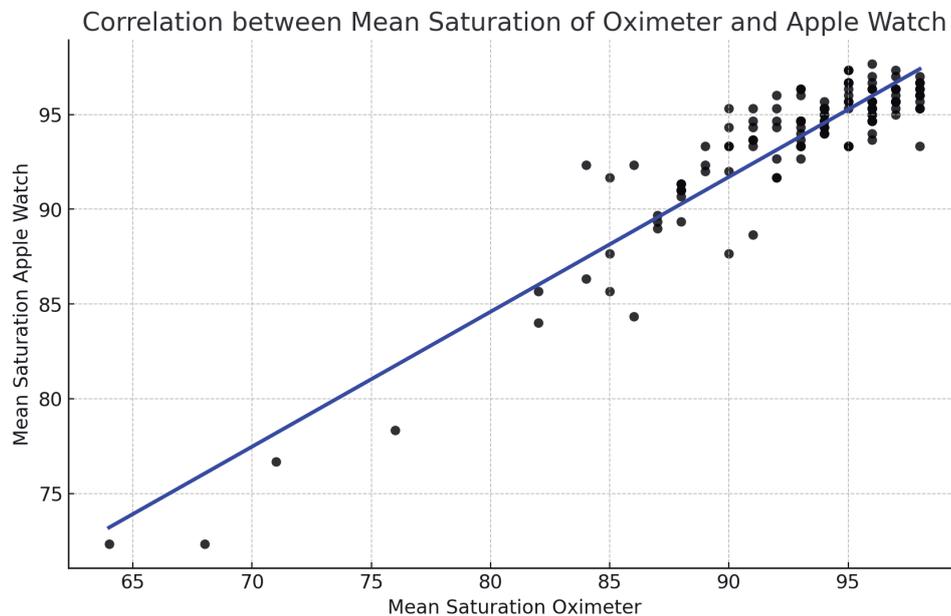


Figura 4.

Diagrama de dispersión que muestra la correlación entre la saturación media de oxígeno registrada con el oxímetro de pulso Masimo SET® y el dispositivo Apple Watch Ultra®, en pacientes con uso de oxígeno suplementario. Fuente: Elaboración propia.

El diagrama muestra una tendencia positiva entre ambas mediciones, lo cual indica que, a medida que aumenta la saturación media en el oxímetro, también lo hace en el Apple Watch Ultra® en pacientes con oxigenoterapia ($r=0,802$; $p=0,005$).

Correlación entre Saturación Media del Oxímetro y Apple Watch (Pacientes con O₂)

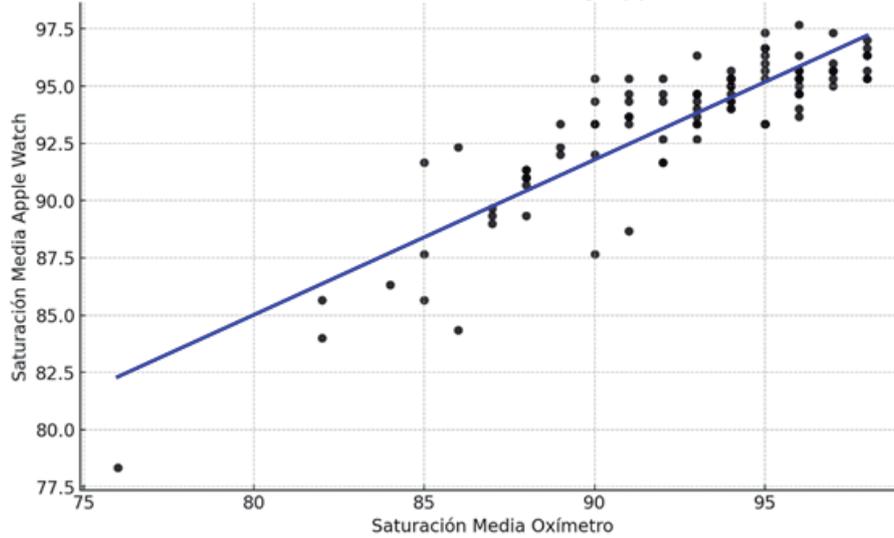
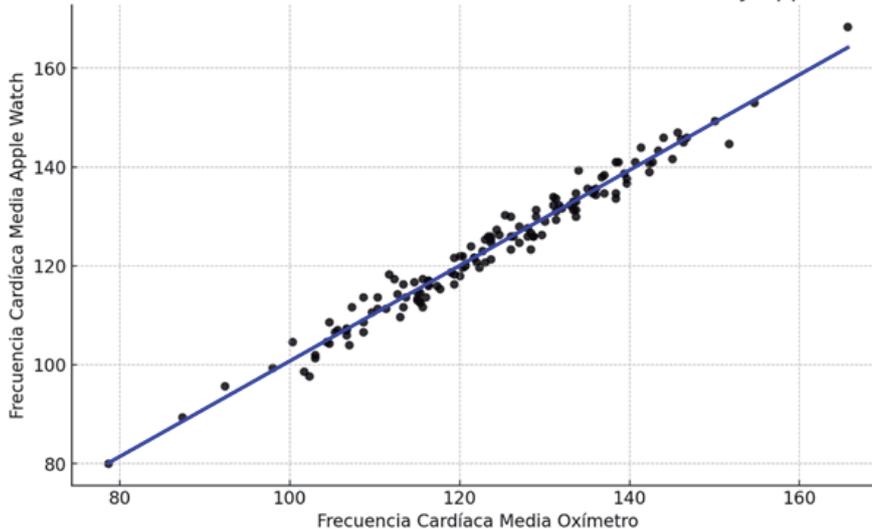


Figura 5.

Diagrama de dispersión que muestra la correlación entre la frecuencia cardíaca registrada con el oxímetro de pulso Masimo SET® y el dispositivo Apple Watch Ultra®.

Se observa una relación lineal muy fuerte entre ambas mediciones de frecuencias cardíacas, lo que indica que, a medida que aumenta la frecuencia cardíaca en el oxímetro, también lo hace de manera muy similar en el Apple Watch Ultra®. La línea de regresión en azul refuerza esta relación directa ($r=0,972$; $p=0,001$).

Correlación entre Frecuencia Cardíaca Media del Oxímetro y Apple Watch



Pipek et al., en una población brasileña de adultos con neumopatías, encontraron fuertes correlaciones positivas entre el dispositivo Apple Watch Ultra® y los oxímetros comerciales al evaluar las mediciones de frecuencia cardíaca ($r = 0,995$) y las mediciones de oximetría ($r = 0,81$). Además, concluyeron que no hubo diferencias estadísticas en la evaluación del color de la piel,

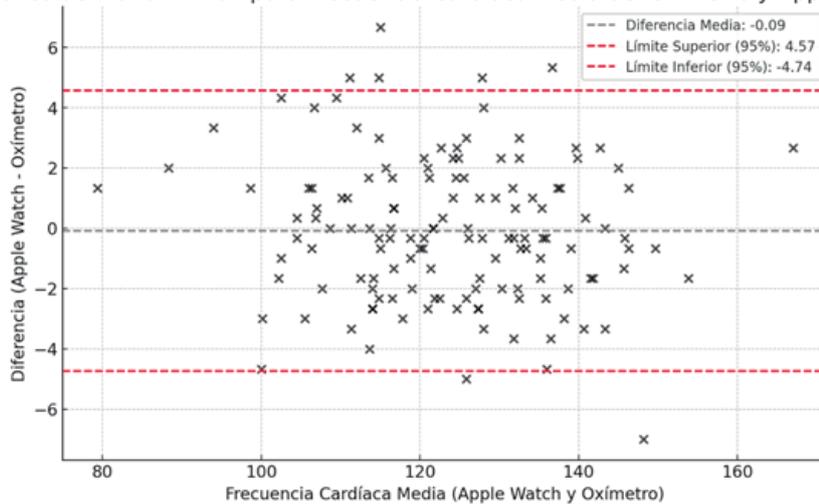
la circunferencia de la muñeca, la presencia de vello en la muñeca y el esmalte de las uñas para las mediciones de SpO₂ y frecuencia cardíaca en Apple Watch Ultra® o dispositivos oxímetros comerciales ($p > 0,05$).⁵

Figura 6.

Gráfico de Bland-Altman para la frecuencia cardíaca registrada con el oxímetro de pulso Masimo SET® y el dispositivo Apple Watch Ultra®. Fuente: Elaboración propia

El gráfico de Bland-Altman muestra la concordancia entre las mediciones de la frecuencia cardíaca realizadas por el oxímetro y el Apple Watch Ultra®. La diferencia media es de -0,09, lo que indica que, en promedio, las mediciones del Apple Watch Ultra® son ligeramente inferiores a las del oxímetro, aunque esta diferencia es mínima. Los límites de acuerdo al 95% (entre 4,57 y -4,74) muestran el rango en el que cae la mayoría de las diferencias, indicando que la variabilidad entre los dos dispositivos es pequeña. (IC del límite superior: 4,5387 - 5,4003 e IC del límite inferior: -5,5705 - -4,7089).

Gráfico de Bland-Altman para Frecuencia Cardíaca Media del Oxímetro y Apple Watch



Los estudios en pacientes pediátricos son muy pocos, pero Tomlinson et al. realizaron una investigación en 81 pacientes entre 2 y 13 años sin patología pulmonar comparando un reloj inteligente con oxímetros comerciales (Masimo iSpO₂). Utilizando correlaciones interclase (ICC) y gráficos de Bland-Altman, concluyeron que el uso de relojes inteligentes no es inferior a la oximetría de pulso estándar en pacientes pediátricos sin hipoxia.⁶

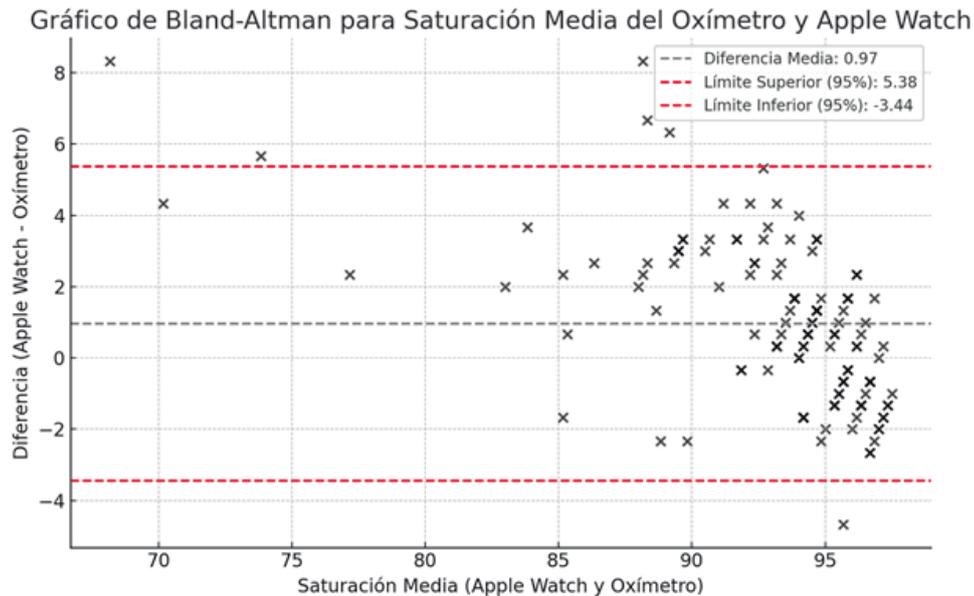
Factores como el estado clínico de los pacientes y las condiciones ambientales pueden haber influido en la variabilidad de la medición, por lo que es una limitación en estos resultados. Además, los datos se obtuvieron en entornos hospitalarios controlados con personal capacitado, lo que limita su aplicabilidad en entornos no hospitalarios donde los relojes digitales pueden no ser confiables para el monitoreo clínico. Las investigaciones futuras deberían evaluar otros dispositivos portátiles e incluir mediciones de gases en sangre arterial para proporcionar una evaluación clínica más integral, considerando diferentes entornos para comprender su impacto en la precisión del dispositivo. Para resultados más precisos, se recomienda en futuros estudios realizar puntos de corte en clínicamente relevantes (como SpO₂ < 70%) para evaluar su utilidad en hipoxemias severas.

Realizar este estudio en una población tan heterogénea, tanto en patologías clínicas como en rangos de edad, pudo influir en la variabilidad de los resultados obtenidos, por lo que en futuras investigaciones también se puede realizar una estratificación por subgrupos clínicos y utilizar sensores pediátricos especializados para el grupo etario. Además, se pueden utilizar oxímetros que permitan la toma continua de la oximetría de pulso y poder así comparar con nuestros resultados.

Figura 7.

Gráfico de Bland-Altman para la saturación media de oxígeno registrada con el oxímetro de pulso Masimo SET® y el dispositivo Apple Watch Ultra®. Fuente: Elaboración propia

En esta figura, la diferencia media de saturación media de oxígeno obtenida de oxímetro y Apple Watch Ultra® es de 0,97, lo que indica que, en promedio, las mediciones del Apple Watch Ultra® son ligeramente superiores a las del oxímetro. Los límites de acuerdo al 95% (entre 5,38 y -3,44) reflejan el rango en el que se encuentran la mayoría de las diferencias (IC del límite superior: 4,34 - 4,80 e IC del límite inferior: -5,00 - -4,47).



Conclusión

El Apple Watch Ultra® demuestra una fuerte correlación y concordancia con oxímetros convencionales tanto para la frecuencia cardíaca como para la SpO₂ en pacientes pediátricos con enfermedad cardiopulmonar bajo condiciones específicas. Esto sugiere que podría ser una alternativa razonable ante la ausencia temporal de un oxímetro de pulso, especialmente en entornos no críticos.

Financiamiento: los autores declaran que el trabajo no tuvo financiamiento.

Conflictos de interés: los autores declaran que no tienen conflictos de intereses relacionados con el tema de esta publicación.

Contribuciones de los autores: AP: conceptualización, curaduría de datos, escritura, metodología, redacción, validación, visualización. WM: conceptualización, revisión y edición, metodología, software, supervisión, validación, visualización.

Los Editores en Jefe, Dr. Carlos Luna y Dr. Francisco Arancibia, realizaron el seguimiento del proceso de revisión y aprobaron este artículo.

Referencias

1. European Lungs. Enfermedades Pulmonares. 2022. [Online]. [Consultado 27 Dic 2022]. Disponible en: <https://european-lung.org/es/information-hub/lung-conditions/enfermedades-pulmonares-en-ninos/>.
2. Schult S, Canelo-Aybar C. Oxygen saturation in healthy children aged 5 to 16 years residing in Huayllay, Peru at 4340 m. High Alt Med Biol 2011;12(1):89-92. Doi: 10.1089/ham.2009.1094.
3. Subhi R, Adamson M, Campbell H, Weber M. The prevalence of hypoxaemia among ill children in developing countries: a systematic review. Lancet Infect Dis 2009; 9(2):219-27. Doi: 10.1016/S1473-3099(09)70071-4.
4. Spaccarotella C, Polimeni A, Mancuso C, Pelaia G, Esposito G, Indolfi C. Assessment of non-invasive measurements of oxygen saturation and heart rate with an apple smartwatch: comparison with a standard pulse oximeter. J Clin Med 2022;11(6):1467. Doi: 10.3390/jcm11061467.
5. Pipek L, Nascimento R, Acencio M, Teixeira L. Comparison of SpO₂ and heart rate values on Apple Watch and conventional commercial oximeters devices in patients with lung disease. Sci Rep 2021;11(1):18901. Doi: 10.1038/s41598-021-98453-3.

6. Tomlinson S, Behrmann S, Cranford J, Louie M, Hashikawa A. Accuracy of smartphone-based pulse oximetry compared with hospital-grade pulse oximetry in healthy children.. *Telemed J E Health* 2018;24(2):527-535. Doi: 10.1089/tmj.2017.0166.

