

Evaluación de signos vitales mediante una aplicación móvil en pacientes con insuficiencia cardíaca: ¿una oportunidad para la titulación remota?

Evaluation of vital signs through a mobile application in patients with heart failure: a opportunity for remote titration?

Lucrecia M. Burgos^{1*}, Franco Ballar², Maximiliano Massa², María L. Talavera¹, Mariano Benzadón³ y Mirta Díez¹

¹Servicio de Insuficiencia Cardíaca, Hipertensión Pulmonar y Trasplante Cardíaco; ²Servicio de Cardiología Clínica; ³Departamento de Innovación. Instituto Cardiovascular de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina

Resumen

Antecedentes: Las consultas virtuales aumentaron exponencialmente, pero presentan como limitación la imposibilidad de valorar los signos vitales (SV), siendo especialmente útiles en los pacientes con insuficiencia cardíaca (IC) para titular medicación que modifica pronóstico. Este problema podría potencialmente solucionarse mediante una herramienta que pueda medir la presión arterial (PA) y frecuencia cardíaca (FC) de manera precisa, accesible y remota. Los teléfonos móviles equipados con tecnología de imágenes ópticas transdérmicas podrían cumplir con estos requisitos. **Objetivo:** Evaluar la precisión de una app basada en imagen óptica transdérmica para estimar SV en relación con la valoración clínica en pacientes con IC. **Métodos:** Estudio de cohorte prospectivo, se incluyeron pacientes evaluados en una unidad ambulatoria de IC de febrero a abril del 2022. Se valoró simultáneamente la PA y FC mediante la app y el examen clínico (PA con un esfigmomanómetro automatizado y FC por palpación braquial). Se realizaron tres mediciones por app y clínica en cada paciente, por dos médicos independientes, encontrándose ciegos a los resultados. **Resultados:** Se incluyeron 30 pacientes, con 540 mediciones de TA y de FC. Edad media de 66 (\pm 13) años, el 53.3% de sexo masculino. La fracción de eyección del ventrículo izquierdo media fue de 37 ± 15 , con hospitalizaciones previas por IC el 63.3%, en CF II-III el 63.4%. La diferencia media entre la medición de la app y su medición de referencia clínica fue de 3.6 ± 0.5 mmHg para PA sistólica (PAS), 0.9 ± -0.2 mmHg para PA diastólica (PAD) y 0.2 ± 0.4 lpm para FC. Cuando se promedian las diferencias medias emparejadas para cada paciente, la media entre los 30 pacientes es de 2 ± 6 mmHg para PAS, -0.14 ± 4.6 mmHg para PAD y 0.23 ± 4 lpm para FC. **Conclusión:** La estimación de PA y FC por una app con tecnología de imagen óptica transdérmica fue comparable a la medición no invasiva en pacientes con IC, y cumple los criterios de precisión de la medición de PA en este estudio preliminar. La utilización de esta nueva tecnología de imagen óptica transdérmica brinda datos prometedores, que deberán ser corroborados en cohortes de mayor tamaño.

Palabras clave: Insuficiencia cardíaca. Signos vitales. Inteligencia artificial. Teléfono inteligente. Aplicación móvil.

*Correspondencia:

Lucrecia M. Burgos
E-mail: lburgos@icba.com.ar

Fecha de recepción: 31-08-2022

Fecha de aceptación: 01-06-2023

DOI: 10.24875/ACM.22000221

Disponible en internet: 1-3-2024

Arch Cardiol Mex. 2024;94(1):86-94

www.archivoscardiologia.com

1405-9940 / © 2023 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Publicado por Permanyer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Abstract

Background: Virtual consultations have increased exponentially, but a limitation is the inability to assess vital signs (VS). This is particularly useful in patients with heart failure (HF) for titrating prognosis-modifying medication. This issue could potentially be addressed by a tool capable of measuring blood pressure (BP) and heart rate (HR) accurately, remotely, and conveniently. Mobile phones equipped with transdermal optical imaging technology could meet these requirements. **Objective:** To evaluate the accuracy of a transdermal optical imaging-based app for estimating VS compared to clinical assessment in patients with HF. **Methods:** A prospective cohort study included patients evaluated in an HF outpatient unit between February and April 2022. BP and HR were simultaneously assessed using the app and clinical examination (BP with an automated sphygmomanometer and HR by brachial palpation). Three measurements were taken by both the app and clinic for each patient, by two independent blinded physicians. **Results:** Thirty patients were included, with 540 measurements of BP and HR. The mean age was 66 (± 13) years, 53.3% were male. The mean left ventricular ejection fraction was 37 ± 15 , with 63.3% having previous hospitalizations for HF, and 63.4% in NYHA class II-III. The mean difference between the app measurement and its clinical reference measurement was 3.6 ± 0.5 mmHg for systolic BP (SBP), 0.9 ± -0.2 mmHg for diastolic BP (DBP), and 0.2 ± 0.4 bpm for HR. When averaging the paired mean differences for each patient, the mean across the 30 patients was 2 ± 6 mmHg for SBP, -0.14 ± 4.6 mmHg for DBP, and 0.23 ± 4 bpm for HR. **Conclusion:** The estimation of BP and HR by an app with transdermal optical imaging technology was comparable to non-invasive measurement in patients with HF and met the precision criteria for BP measurement in this preliminary study. The use of this new transdermal optical imaging technology provides promising data, which should be corroborated in larger cohorts.

Keywords: Heart failure. Vital signs. Artificial intelligence. Smartphone. Mobile application.

Introducción

A pesar de los grandes avances en el tratamiento, la prevalencia de la insuficiencia cardiaca (IC) se encuentra en aumento¹, y continúa siendo un importante problema de salud por su alta morbilidad y mortalidad². Aproximadamente entre el 25 y el 30% de los pacientes hospitalizados por IC aguda descompensada son readmitidos dentro de 30 a 90 días posteriores al alta, y el 50% a los seis meses³⁻⁵.

En las últimas décadas se han producido importantes avances en el tratamiento de pacientes con IC con fracción de eyección reducida (ICFEr) con la introducción de fármacos que prolongan la sobrevida y reducen las hospitalizaciones por IC⁶. Actualmente, la terapia médica modificadora de la enfermedad (TMO) incluye un inhibidor del receptor de angiotensina-nepirilina, un inhibidor de la enzima convertidora de angiotensina (IECA) o un antagonista de receptor de angiotensina II (ARA II), betabloqueante (BB), antagonista de los receptores de mineralocorticoides (ARM) y, más recientemente incorporado, un inhibidor del cotransportador de sodio-glucosa 2 (iSGLT-2)⁶⁻⁸.

La adherencia al TMO se asocia con mejores resultados⁹⁻¹¹, sin embargo está infrautilizado¹². Los resultados del estudio prospectivo CHAMP-HF mostró brechas significativas en el uso y dosis del TMO¹³. En relación con datos regionales, disponemos los resultados del registro REPORT-HF, los países de mediano y bajo ingresos presentaron menor tasa de TMO con BB, IECA/ARA II

o ARM que en los países de ingresos altos (19 frente a 41% al alta y 15 frente a 37% a los 6 meses)¹⁴.

Durante la pandemia de COVID-19 las consultas virtuales aumentaron exponencialmente en este grupo de pacientes¹⁵, pero presentan como limitación la imposibilidad de valorar precisamente los signos vitales (SV)¹⁶. Siendo esto sumamente importante, dado que se pierde la oportunidad de titulación de medicación específica que modifica el pronóstico de los pacientes con ICFEr.

Este problema podría potencialmente solucionarse mediante una herramienta que pueda medir con precisión la presión arterial (PA) y frecuencia cardiaca (FC) de manera precisa y conveniente en cualquier lugar y en cualquier momento. Los teléfonos móviles inteligentes equipados con tecnología de imágenes ópticas transdérmicas pueden cumplir con estos requisitos, utilizando una nueva aplicación llamada Anura (www.anura.ai, Nuralogix). Esta utiliza una nueva variante de la tecnología de fotopleletismografía de videollamada imagen óptica transdérmica para extraer información del flujo sanguíneo de cambios de color imperceptibles en la cara que se capturan con una cámara de teléfono inteligente convencional^{16,17}. Fue creada utilizando un algoritmo basado en *machine learning* desarrollado con datos de flujo sanguíneo con más de 150 características extraídas de una señal de flujo sanguíneo continuo recopilados simultáneamente de un sistema de medición de PA autorizado por la *Food and Drug Administration* (FDA) para calcular un equivalente de PA braquial¹⁷.

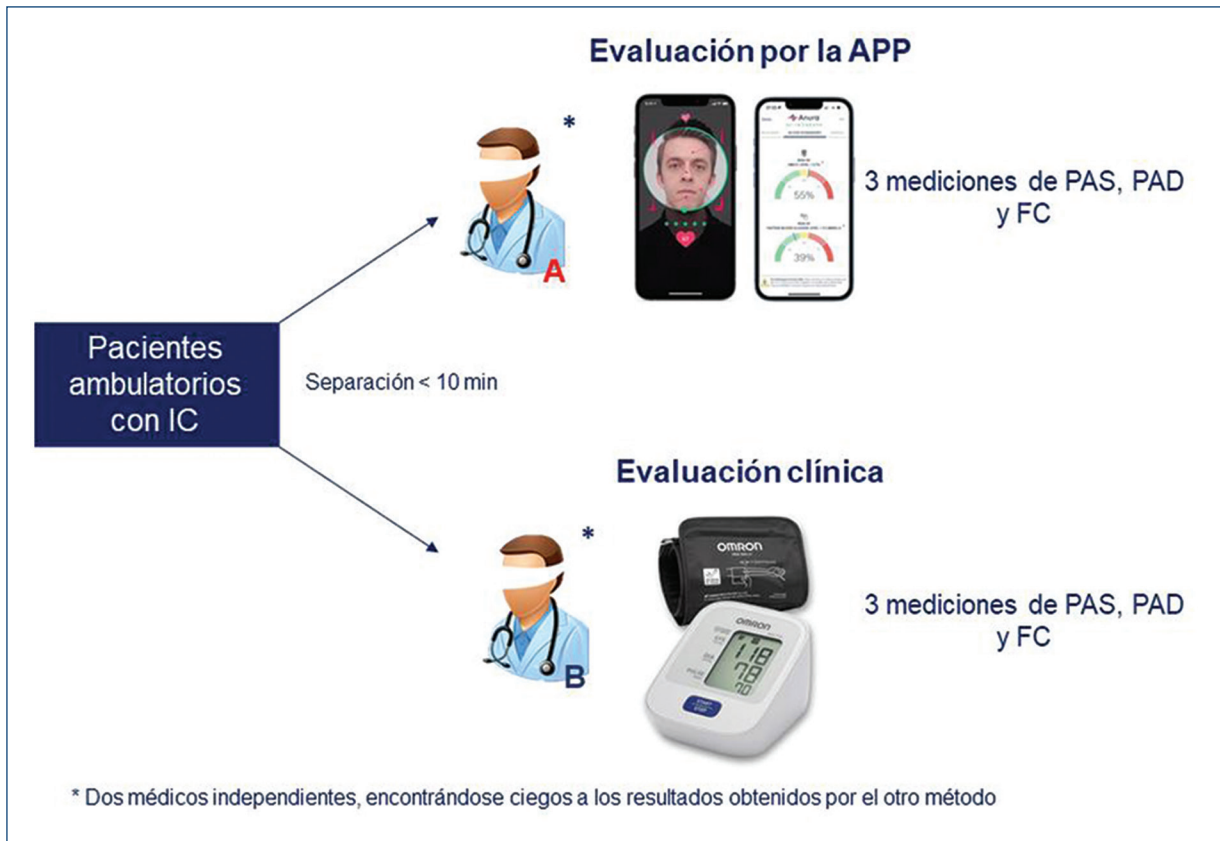


Figura 1. Diseño de estudio.
FC: frecuencia cardíaca; PAD: presión arterial diastólica; PAS: presión arterial sistólica.

La app fue recientemente validada en población de referencia¹⁸, cumpliendo con las normas internacionales con respecto a la precisión de la medición de PA. Las características diferenciales de los pacientes con IC podrían afectar la precisión del método para medir los SV en este grupo de pacientes. Hasta nuestro conocimiento, no existen estudios publicados sobre la precisión de este novedoso método de medición de SV en pacientes con IC.

El objetivo de nuestro estudio fue evaluar la precisión de una app basada en una nueva variante de tecnología de fotopletismografía de vídeo facial llamada imagen óptica transdérmica para estimar los SV en relación con la valoración clínica en pacientes con IC.

Métodos

Estudio de cohorte prospectivo, de febrero a abril del 2022. Fueron incluidos pacientes mayores de 18 años con historia de IC diagnosticada por signos, síntomas y objetivación de anormalidad cardíaca estructural o funcional (preferente, pero no exclusivamente, en un

ecocardiograma), en seguimiento por una unidad de IC. Se incluyeron pacientes atendidos en tres consultorios ambulatorios con atención semanal durante el horario de 8 a 17 horas.

Se excluyeron los pacientes en ritmo de fibrilación auricular o ritmo irregular al momento de la evaluación y aquellos que no desearon participar. Adicionalmente fueron excluidos aquellos pacientes en los que no se pudo tomar un registro adecuado con la app móvil luego de tres intentos.

Se valoró simultáneamente con una diferencia menor a 10 minutos la presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) y FC mediante la app y el examen clínico por dos médicos especialistas en IC de forma ciega a los resultados. En la figura 1 se resume el diseño.

Medición no invasiva mediante examen clínico

Para la medición de PA se utilizó el tensiómetro de brazo automático Omron®. Luego de un reposo de

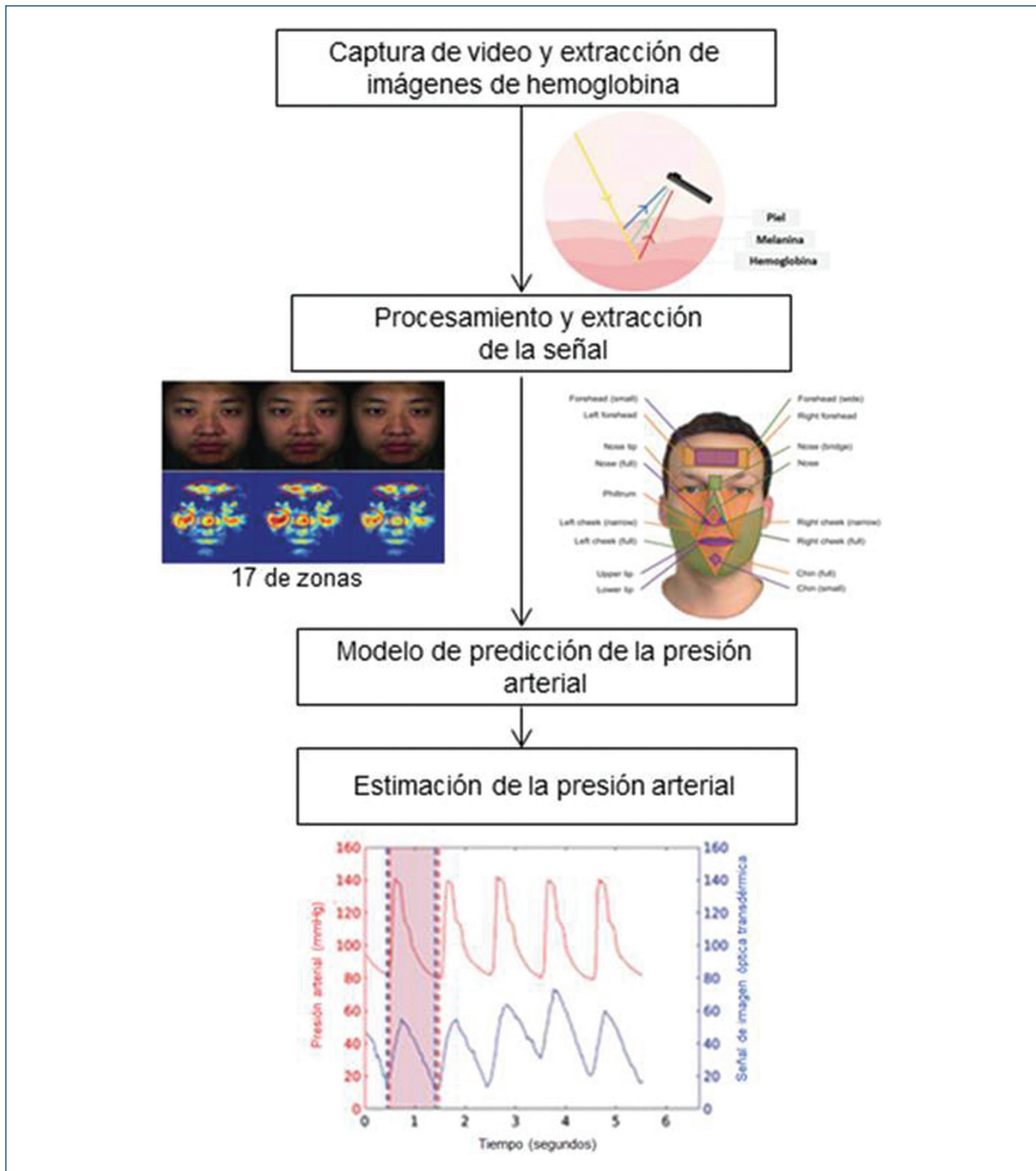


Figura 2. Aplicación móvil para determinar signos vitales con esquema de imágenes ópticas transdérmicas (adaptada de Luo et al., 2019¹⁷).

5 minutos, la PA se midió inicialmente en la parte superior de ambos brazos y se tomaron tres registros de PAD y PAS del brazo con mayor valor. Se repitió una cuarta medición cuando entre las mediciones hubo una diferencia > 10 mmHg. Se utilizó un manguito de presión estándar (12-13 cm de ancho y 35 cm de largo) y

se colocó la mano del paciente al nivel del corazón, con la espalda y el brazo apoyados para evitar incrementos de PA dependientes de la contracción muscular y el ejercicio isométrico¹⁹.

La FC se midió por palpación del pulso braquial durante un minuto.

Aplicación móvil

Anura[®] es una aplicación para teléfonos inteligentes que determina la PA y FC a partir de la información del flujo sanguíneo facial obtenida de un vídeo facial²⁰. El proceso de obtención de imágenes ópticas transdérmicas implica: 1) capturar vídeo de la cara con una cámara convencional; 2) extraer imágenes espacio-temporales de la concentración de hemoglobina de los planos de bits de los canales de imagen rojo, verde y azul mediante el uso de aprendizaje automático avanzado; 3) procesar la señal de hemoglobina de 17 regiones de interés diferentes localizadas en frente, nariz, mejilla, labio, barbilla y surco nasolabial; 4) extraer características de estas señales, y 5) utilizar un modelo de predicción de la PA entrenado con algoritmos avanzados de aprendizaje automático para indicar la PA a partir de estas señales¹⁷ (Fig. 2). Está diseñado para usarse con luz ambiental con el teléfono inteligente en la mano y el usuario mirando la pantalla con la cara a la vista de la cámara frontal.

Luego de la evaluación clínica en consultorio los pacientes fueron dirigidos a una sala de estudio tranquila y sentados frente a iluminación natural y artificial, donde permanecieron en reposo 5 minutos. Se tomó la captura cuando la calidad de iluminación y de vídeo fue máxima (5 puntos/5 total) y realizó la medición durante 30 segundos (Fig. 2). Se tomaron tres mediciones.

Criterios de evaluación

Se realizó el análisis de acuerdo con los criterios de precisión de los estándares universales ANSI/AAMI/ISO 81060-2:2013^{21,22}. Para el criterio 1, calculamos la diferencia media (sesgo) entre la medida de referencia y la medida de app (referencia – app) y su desviación estándar (DE) en los pares de medidas tanto para PAS como PAD. El dispositivo cumple el criterio 1 si el error medio está dentro de los 5 mmHg de cero y su DE es menor o igual a 8 mmHg. Para el criterio 2, se calculó la diferencia media promedio para cada sujeto, y luego se calculó la DE y media de este valor en todos los pacientes. El dispositivo de prueba cumple el criterio 2 si su DE está por debajo de un valor de corte determinado (basado en la diferencia media).

Ocultamiento y procesos de cegamiento

Tanto el médico que realizó la medición de PA y FC mediante la app como el que realizó la medición por examen clínico estarán ciegos a los resultados de los SV obtenidos por el otro método.

Tabla 1. Características basales

	n = 30
Edad en años (media ± DE)	66 ± 13
Sexo masculino (n, %)	16 (53.3)
Hipertensión arterial (n, %)	14 (46.7)
Dislipemia (n, %)	13 (43.3)
Extabaquista (n, %)	9 (30)
Diabetes (n, %)	7 (23.3)
Fibrilación auricular paroxística (n, %)	8 (26.7)
Enfermedad coronaria (n, %)	7 (23.3%)
Fracción de eyección del ventrículo izquierdo < 40% (n, %)	16 (53.3)
Fracción de eyección del ventrículo izquierdo (media ± DE)	37 ± 15
Hospitalización previa por IC (n, %)	19 (63.3)
Clase funcional NYHA (n, %)	
I	8 (26.7)
II	14 (46.7)
III	5 (16.7)
IV	3 (10)
Tratamiento basal	
Betabloqueantes (n, %)	22 (73.3%)
Antagonista de mineralocorticoides IECA, ARA II o sacubitrilo-valsartán	20 (66.7%)
iSGLT-2 (n, %)	23 (76.7)
Furosemina (n, %)	9 (30)
Furosemina (n, %)	21 (70)

DE: desviación estándar; NYHA: New York Heart Association; iSGLT-2: inhibidores del cotransportador sodio-glucosa 2; IECA: inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina; ARA II: antagonista de los receptores de angiotensina II.

Tabla 2. Signos vitales según medición clínica y por app

	Clínica	app	p
PAS (media y DE)	116 ± 22 mmHg	112 ± 22 mmHg	0.1
PAD (media y DE)	70 ± 14 mmHg	68 ± 13 mmHg	0.4
FC (media y DE)	65 ± 13 lpm	66 ± 13 lpm	0.7

DE: desviación estándar; PAS: presión arterial sistólica; PAD: presión arterial diastólica; FC: frecuencia cardíaca.

Análisis estadístico

Las variables continuas se expresaron según su distribución, como media o mediana, con su correspondiente DE y rango intercuartílico. Se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilk según el tamaño de la muestra para determinar la normalidad de la distribución. Para comparación de las variables continuas se

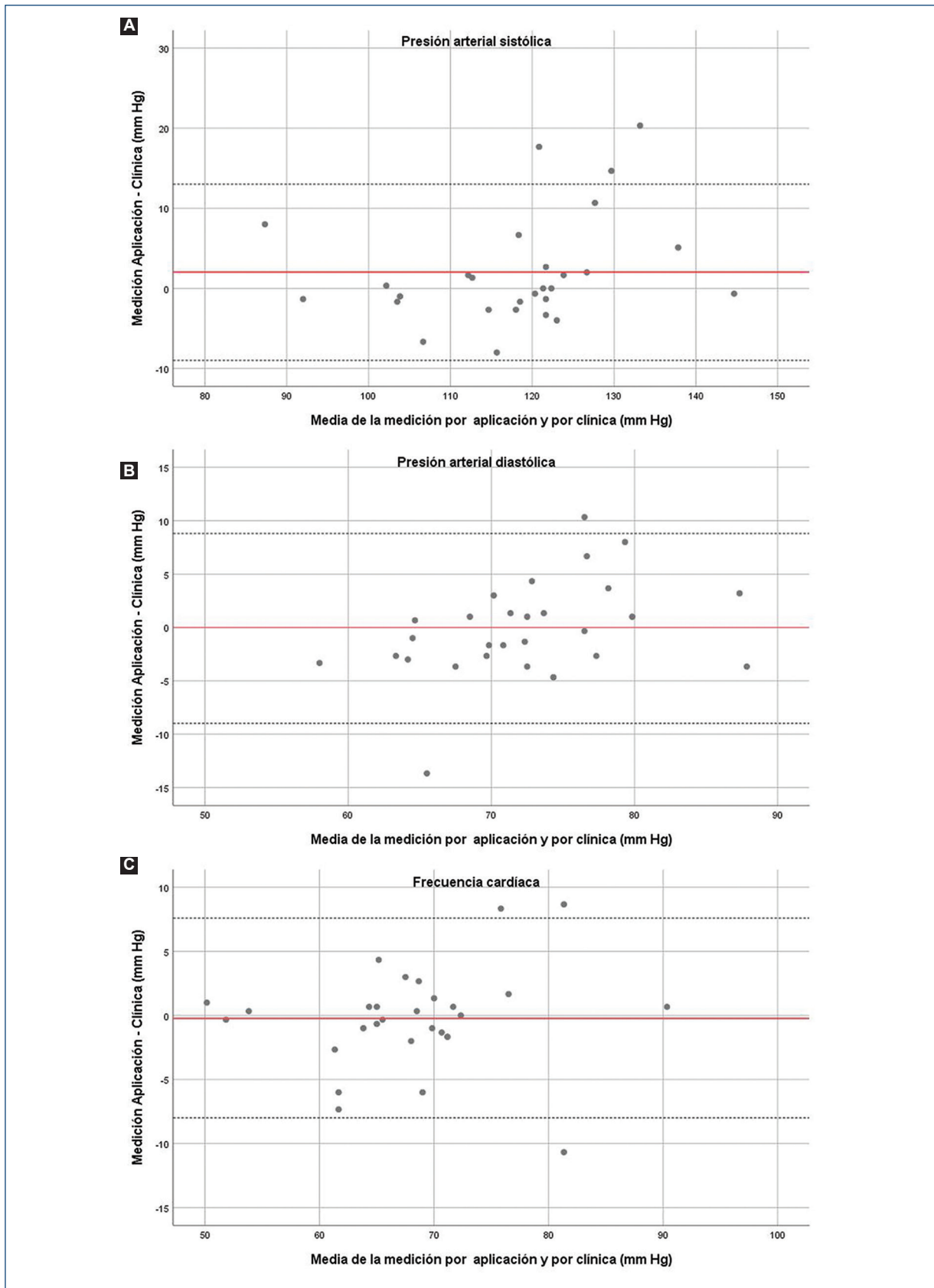


Figura 3. Gráficas de Bland-Altman para mediciones de presión arterial sistólica (A), presión arterial diastólica (B) y frecuencia cardiaca (C).

utilizó la prueba t de Student o la prueba U de Mann-Whitney, según su distribución. Las variables categóricas se expresaron como números y porcentajes.

Los datos se analizaron de acuerdo con los requisitos ANSI/AAMI/ISO y ESH IP2. Los datos se expresaron como la media \pm DE, y también se describieron los valores mínimo y máximo. La media de cada par de mediciones del observador se calculó como valor de referencia. La diferencia entre el valor medio del observador y los valores de prueba se calcularon de acuerdo con los protocolos y se mostraron como gráficos de Bland-Altman frente a la media entre los dos valores. Se realizó un análisis de regresión lineal para evaluar el sesgo proporcional.

Consideraciones éticas

Este estudio fue evaluado por el comité de ética ICBA y está registrado en la plataforma PRIISA.BA del Ministerio de Salud de la CABA. El estudio se llevó a cabo en concordancia con las normas nacionales e internacionales de protección de sujetos en investigación como Declaración de Helsinki última versión, resolución ministerio de salud nacional 1480/2011, ley CABA (si aplica) 3301, resolución ANMAT 6677/10 y modificaciones 4008 y 4009. Los pacientes firmaron un consentimiento informado posterior a la explicación del estudio.

Resultados

Se incluyeron 30 pacientes, con una edad media de 66 (\pm 13) años, el 53.3% de sexo masculino. La fracción de eyección ventricular izquierda media fue de 37 \pm 15%, con hospitalizaciones previas por IC el 63.3%, en CF II-III el 63.4%. En la [tabla 1](#) se resumen las características basales de los pacientes incluidos.

Se analizaron un total de 540 mediciones de PA y de FC por ambos métodos. La PAS media por clínica y app fue 116 \pm 22 mmHg y 112 \pm 22 ($p = 0.1$), la PAD por clínica fue 70 \pm 14 mmHg y por la app 68 \pm 13 ($p = 0.4$) y la FC 65 lpm \pm 13 en la valoración clínica y por app 66 lpm \pm 13 ($p = 0.7$) ([Tabla 2](#)).

La diferencia media entre la medición de la app y su medición de referencia clínica fue de 3.6 \pm 0.5 mmHg para PAS; 0.9 \pm -0.2 mmHg para PAD; y 0.2 \pm 0.4 lpm para FC ([Figs. 3A, B y C](#)). Ambos están dentro del límite aceptable de 5 \pm 8 mmHg y, por lo tanto, satisfacen el criterio de precisión 1. Cuando se promedian las diferencias medias emparejadas para cada paciente, la media entre los 30 pacientes es de 2 \pm 6 mmHg para PAS, -0.14 \pm 4.6 mmHg para PAD y 0.23 \pm 4 lpm para

FC. Estos están dentro de límites aceptables y, por lo tanto, satisfacen el criterio de precisión 2. Con el modelo de regresión lineal aplicado para el análisis de Bland-Altman, los dos métodos no parecieron tener un sesgo proporcional (PAS $p = 0.161$, PAD $p = 0.056$ y FC $p = 0.48$).

Discusión

En nuestro trabajo, la utilización de una app con tecnología de imagen óptica transdérmica fue comparable a la medición no invasiva en pacientes con IC, ya que permitió medir con una precisión aceptable la FC y la PA.

Yang et al. también evaluaron esta aplicación constatando una adecuada correlación de valores entre el método convencional y el transdérmico¹⁸. Sin embargo, los individuos incluidos en este estudio eran sujetos sanos.

En la actualidad existe un creciente interés en dispositivos que puedan evaluar los SV sin contacto (*contactless*), ya sea por teléfono inteligente o cámara web²³. Recientemente en una revisión sistemática y metaanálisis se evaluó un dispositivo sin contacto vs. dispositivo médico de referencia; y utilizó la cara de los participantes para la medición. Se incluyeron 26 estudios en la revisión, el 92% de los estudios midieron la FC (92%) y solo el 12% la PA. La mayoría de los estudios tenían un tamaño de muestra pequeño (≤ 30 participantes) y se realizaron en un entorno de laboratorio. Este metaanálisis encontró que los monitores de SV sin contacto de grado de consumidor eran precisos en comparación con un dispositivo médico para medir la FC y se necesitan más estudios para evaluar la precisión de los monitores de PA²⁴.

Creemos que a pesar de que los pacientes con IC suelen tener algunas características que podrían afectar la medición transdérmica de sus SV, su presión fue satisfactoria en nuestro trabajo porque eran ambulatorios y estaban relativamente compensados. Es posible que en pacientes descompensados gravemente, la utilización de esta tecnología pueda no ser tan precisa.

De confirmarse esta información en otros trabajos, podría incluirse esta tecnología dentro de las herramientas útiles para manejar a los pacientes con IC a distancia. El uso de la telemedicina en este grupo de pacientes ya ha mostrado ser factible y útil. Cualquier avance tecnológico que facilite la salud digital por medio del celular probablemente sea beneficiosa no solo por mejorar el acceso y reducir traslados innecesarios, sino también por facilitar la titulación de

fármacos con probada eficacia para reducir la morbi-mortalidad de estos pacientes.

La medición presenta múltiples ventajas, en la actualidad los teléfonos inteligentes con esta tecnología se encuentran ampliamente disponibles sin requerir ningún otro equipamiento especial y la ubicuidad de los teléfonos inteligentes hace que se pueda medir la PA en cualquier momento y lugar. Las mediciones de PA basadas en manguitos requieren un equipo que es inconveniente para algunas personas y disuade del monitoreo regular en el hogar.

Como limitaciones de este estudio debemos mencionar que la medición fue realizada en condiciones controladas y supervisadas por un médico garantizando la técnica e iluminación adecuada. Este estudio evaluó su precisión en estrecha conformidad con el estándar ANSI/AAMI/ISO 81060-2:2013 para dispositivos de medición de PA, sin embargo estos estándares no fueron creados para dispositivos sin manguito. Adicionalmente los pacientes con fibrilación auricular o pulso irregular no se encuentran representados en este estudio.

Finalmente, podemos plantear como perspectivas futuras que la utilización de esta nueva tecnología brinda datos prometedores, que deberán ser corroborados en cohortes de mayor tamaño.

Conclusión

A partir de este estudio podemos concluir que la estimación de PA y FC por una app con tecnología de imagen óptica transdérmica fue comparable a la medición no invasiva en pacientes con IC. Cumple los criterios de precisión de la medición de PA en este grupo de pacientes.

La utilización de esta nueva tecnología brinda datos prometedores, que deberán ser corroborados en cohortes de mayor tamaño. Planteando en un futuro la hipótesis de guiar la titulación de medicación modificadora de pronóstico en pacientes con IC y fracción de eyección reducida de forma remota mediante aplicaciones móviles ampliamente disponibles y accesibles en teléfonos inteligentes que estimen con precisión los SV.

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

Ninguno.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Uso de inteligencia artificial para generar textos. Los autores declaran que no han utilizado ningún tipo de inteligencia artificial generativa en la redacción de este manuscrito ni para la creación de figuras, gráficos, tablas o sus correspondientes pies o leyendas.

Bibliografía

- van Riet EE, Hoes AW, Wagenaar KP, Limburg A, Landman MA, Rutten FH. Epidemiology of heart failure: the prevalence of heart failure and ventricular dysfunction in older adults over time. A systematic review. *Eur J Heart Fail.* 2016;18:242-52.
- Savarese G, Lund LH. Global Public Health Burden of Heart Failure. *Card Fail Rev.* 2017;3:7-11.
- McMurray JJV, Adamopoulos S, Anker SD, Auricchio A, Bohm M, Dickstein K, et al. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute chronic heart failure 2012. *Eur Heart J.* 2012;33:1787-847.
- Gheorghide M, Vaduganathan M, Fonarow GC, Bonow RO. Rehospitalization for heart failure: problems and perspectives. *J Am Coll Cardiol.* 2013;61:391-403.
- Berkowitz R, Blank LJ, Powell SK. Strategies to reduce hospitalization in the management of heart failure. *Lippincotts Case Manag.* 2005;10(6 Suppl):S1-S17.
- McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumach A, Bohm M, et al.; ESC Scientific Document Group. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur Heart J.* 2021;42:3599-726.
- Writing Committee, Maddox TM, Januzzi JL Jr, Allen LA, Breathett K, Butler J, Davis LL, et al. 2021 Update to the 2017 ACC Expert Consensus Decision Pathway for Optimization of Heart Failure Treatment: Answers to 10 Pivotal Issues About Heart Failure With Reduced Ejection Fraction: A Report of the American College of Cardiology Solution Set Oversight Committee. *J Am Coll Cardiol.* 2021;77(6):772-810.
- Heidenreich PA, Bozkurt B, Aguilar D, Allen LA, Byun JJ, Colvin MM, et al. 2022 AHA/ACC/HFSA Guideline for the Management of Heart Failure: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol.* 2022;79(17):1757-80.
- Komajda M, Schöpe J, Wagenpfeil S, Tavazzi L, Bohm M, Ponikowski P, et al.; QUALIFY Investigators. Physicians' guideline adherence is associated with long-term heart failure mortality in outpatients with heart failure with reduced ejection fraction: the QUALIFY international registry. *Eur J Heart Fail.* 2019;21:921-9.
- Carubelli V, Lombardi C, Specchia C, Peveri G, Oriecchia C, Tomasoni D, et al. Adherence and optimization of angiotensin converting enzyme inhibitor/angiotensin II receptors blockers and beta-blockers in patients hospitalized for acute heart failure. *ESC Heart Fail.* 2021;8:1944-53.
- Savarese G, Bodegard J, Norhammar A, Sartipy P, Thuresson M, Cowie MR, et al. Heart failure drug titration, discontinuation, mortality and heart failure hospitalization risk: a multinational observational study (US, UK and Sweden). *Eur J Heart Fail.* 2021;23:1499-511.
- Brownell NK, Ziaeian B, Fonarow GC. The gap to fill: Rationale for rapid initiation and optimal titration of comprehensive disease-modifying medical therapy for heart failure with reduced ejection fraction. *Card Fail Rev.* 2021;7:e18.

13. Greene SJ, Butler J, Albert NM, DeVore AD, Sharma PP, Duffy CI, et al. Medical therapy for heart failure with reduced ejection fraction: the CHAMP-HF registry. *J Am Coll Cardiol.* 2018;72:351-66.
14. Tromp J, Ouwerkerk W, Teng TK, Cleland JGF, Bamadhaj S, Angermann CE, et al. Global disparities in prescription of guideline-recommended drugs for heart failure with reduced ejection fraction. *Eur Heart J.* 2022;43(23):2224-34.
15. Burgos LM, Benzaón M, Candiello A, Cabral MH, Conde D, Alberto de Lima A, et al. Telehealth in heart failure care during COVID-19 pandemic lockdown in Argentina. *Int J Heart Fail.* 2020;2(4):247-53.
16. Gorodeski EZ, Goyal P, Cox ZL, Thibodeau JT, Reay RE, Rasmusson K, et al. Virtual visits for care of patients with heart failure in the era of COVID-19: A statement from the Heart Failure Society of America. *J Card Fail.* 2020;26(6):448-56.
17. Liu J, Luo H, Zheng PP, Wu SJ, Lee K. Transdermal optical imaging revealed different spatiotemporal patterns of facial cardiovascular activities. *Sci Rep.* 2018;8:10588.
18. Luo H, Yang D, Barszczyk A, Vempala N, Wei J, Wu SJ, et al. Smartphone based blood pressure measurement using transdermal optical imaging technology. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2019;12:e008857.
19. Yang D, Xiao G, Wei J, Luo H. Preliminary assessment of video-based blood pressure measurement according to ANSI/AAMI/ISO81060-2: 2013 guideline accuracy criteria: Anura smartphone app with transdermal optical imaging technology. *Blood Press Monit.* 2020;25(5):295-8.
20. Williams B, Mancia G, Spiering W, Agabiti Rosei E, Azizi M, Burnier M, et al.; Authors/Task Force Members. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology and the European Society of Hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology and the European Society of Hypertension. *J Hypertens.* 2018;36(10):1953-2041. Erratum in: *J Hypertens.* 2019;37(1):226.
21. Anura – Your personal wellness AI now available on the App Store [Internet]. *Nuralogix*: [10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.nuralogix.ai/anura-your-personal-wellness-ai-now-available-on-the-app-store>
22. Stergiou G, Alpert B, Mieke S, Asmar R, Atkins N, Eckert S, et al. A universal standard for the validation of blood pressure measuring devices: Association for the Advancement of Medical Instrumentation/European Society of Hypertension/International Organization for Standardization (AAMI/ESH/ISO) Collaboration Statement. *J Hypertens.* 2018;36:472-8.
23. Stergiou GS, Alpert BS, Mieke S, Wang J, O'Brien E. Validation protocols for blood pressure measuring devices in the 21st century. *J Clin Hypertens (Greenwich).* 2018;20(7):1096-9.
24. Barszczyk A, Lee K. Measuring blood pressure: from cuff to smartphone. *Curr Hypertens Rep.* 2019;21(11):84.
25. Pham C, Poorzargar K, Nagappa M, Saripella A, Parotto M, Englesakis M, et al. Effectiveness of consumer-grade contactless vital signs monitors: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Monit Comput.* 2022;36(1):41-54.