

# Detección de fibrilación auricular extrahospitalario por smartwatches: Una revisión sistemática

*Detection of extra-hospital atrial fibrillation with smartwatches diseases: a systematic review*

Jonathan F. Ferreira  
Valeria Yasmin Sande Rolon

Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Central del Paraguay,  
Pedro Juan Caballero, Amambay, Paraguay

Fecha de recepción: 21 de noviembre de 2022

Fecha de aceptación: 24 de diciembre de 2022

## Resumen

La utilización contemporánea de smartwatches presenta como principio viable y accesible al monitoreo extrahospitalario de condiciones fisiológicas en las que utilizan, incluso sus alteraciones, como la fibrilación auricular(1–8). El objetivo del presente trabajo se centra en explorar informaciones sobre como los relojes electrónicos pueden auxiliar en la identificación previa de fibrilación auricular, utilizando datos obtenidos en los grandes vehículos de informaciones médicas internacionales computarizadas, como PubMed, Scielo, Science.gov y Capes Gov Br, seleccionando materiales convergentes al tema tratado. El estudio ha arrojado resultados positivos al encontrar artículos relacionados al uso de la fotopletomografía en la detección de fibrilación auricular, evidenciando la identificación de la arritmia por el uso extrahospitalario favorable de los mencionados dispositivos. Las informaciones limitadas al respecto generan la necesidad de más estudios sobre el tema.

**Palabras clave:** Fibrilación atrial extrahospitalaria, cardiología, smartwatch.

## Abstract

The contemporary use of smartwatches has presented as a viable and accessible principle the out-of-hospital monitoring of physiological conditions of those who use them, including their alterations, such as atrial fibrillation (1–8). The objective of this work is to focus on exploring information on how electronic watches can help in the prior identification of atrial fibrillation. Being, data from constant literature in the great international computerized medical information vehicles, such as PubMed, Scielo, Science.gov and Capes Gov Br. Where materials that converged on the exposed question were chosen. The study was positive in finding articles that were in tune with their criticisms of the use of photoplethysmography in the detection of atrial fibrillation, as well as the limitations and the need for more advances in studies on the subject. Being favorable to the outpatient use of the devices in the identification of the arrhythmia.

**Keywords:** Out-of-hospital atrial fibrillation, cardiology, smartwatch.

## Introducción

La revisión tiene como objetivo la comprensión del uso de *smartwatches* en la identificación de la fibrilación auricular (FA) en un medio extrahospitalario. Iniciando desde conceptos básicos hasta las informaciones contenidas en las literaturas más complejas.

### Fibrilación auricular

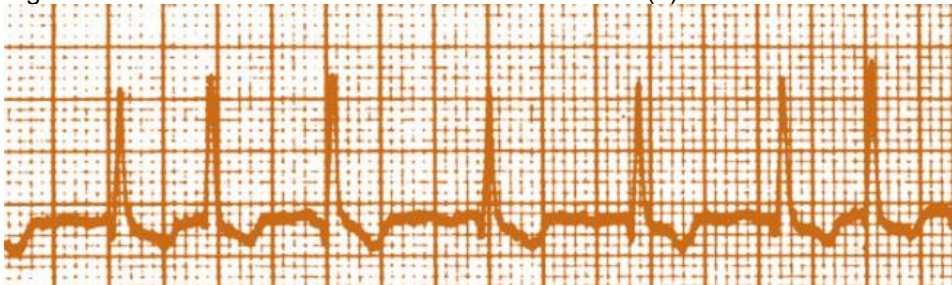
Es una condición caracterizada por activación atrial, desorganizada, rápida y continua, representa un gran problema de salud pública. Una vez que, el 95% de los pacientes son ancianos con más de 60 años. Un poco más común en hombres blancos que en negros (9).

Factores de riesgo. La principal es la edad, además de la hipertensión arterial, diabetes mellitus, cardiopatía y apnea del sueño. Comprende el principal marcador para la enfermedad cardíaca (9).

Fisiopatología. Consiste en múltiples frentes de ondas eléctricas, emitidas desde el corazón, que cambian constantemente de dirección y dan como resultado activación auricular caótica (9).

Diagnóstico. Realizado mediante el examen electrocardiográfico (ECG). La activación rápida e irregular de las aurículas se traduce en el ECG convencional como la ausencia de ondas P y en la sustitución de estas por una actividad desorganizada que modifica la línea de base (Figura 1) (9).

Figura 1 – Característica de trazado de FA en el ECG (1).



Leyenda: Fibrilación auricular rápida. Se observa irregularidad de los ciclos (intervalos RR) característica de esta arritmia.

Etiología. Lo que más prevalece es el envejecimiento. Personas de media edad es asociada a hipertensión y práctica de deportes de resistencia. Incluso, a otras causas de cardiopatía, como reumática, isquémica, hipertensiva, hipertrófica y la insuficiencia cardíaca(10).

Manifestaciones clínicas. Puede presentarse asintomático o con manifestaciones clínicas como:

- Frecuencia ventricular excesiva.
- Formación de trombos auriculares.
- Pausa sinusal en momento de cesar.
- Pérdida de la contribución auricular.
- Crisis de palpitaciones repetidas.
- Ansiedad y molestia.
- Pulso irregular y rápido.

Tratamiento. Se considera tres aspectos: Reversión a ritmo sinusal, prevención de recurrencias y prevención de las complicaciones(10).

Prevención de complicaciones. Se basa en uso de anticoagulantes en pacientes con FA tanto crónica como paroxística. Además, la orientación por guías como de la *European Society of Cardiology* (ESC) para clasificación de factores de riesgo, como la más utilizada CHA2DS2-VASc. Esta última puntúa conforme factores de riesgo y orienta al uso de anticoagulantes (9).

El objetivo del estudio es explorar informaciones acerca del uso de *smartwatch* con aspectos que contribuyan a la identificación de fibrilación auricular a nivel extra hospitalario.

## Fundamentación teórica

### Tecnologías utilizadas

La adopción de dispositivos Wearables móviles es cada vez más accesible y útil en el ámbito de la salud. A partir del mejoramiento de los algoritmos, materia prima y el fácil manejo sumado al desarrollo de la interacción humano-computador con aplicaciones cada vez más innovadores(11).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), *Mobile Health* o *mHealth* es definido como la práctica médica con soporte de dispositivos móviles (*smartwatches*, *smartphones*, *tablets*) para el monitoreo de signos vitales de pacientes, en especial los que utilizan de tecnologías como la fotopleletismografía (FPM)(12).

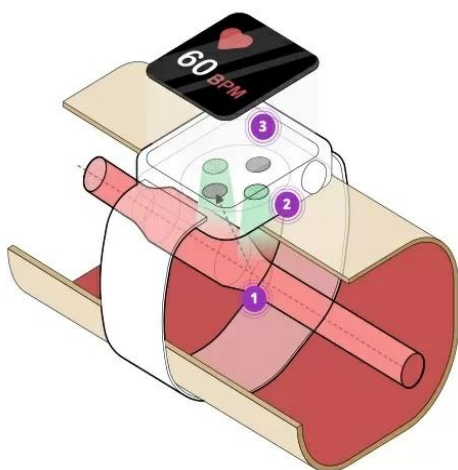
Pletismografía consiste en el registro de manera no invasiva de las variaciones de volumen sanguíneo en diferentes partes del cuerpo de una persona, principal y especialmente de sus extremidades. En ella se encuentra la FPM, utilizado como optoacoplador que ilumina la piel y mide cambios en la absorción de la luz. Los cambios causados por la presión de pulso son detectados por la piel después de la emisión de luz infrarroja emitida por diodo LED y captada por fototransistor o fotorreceptor(13).

Conforme a lo mencionado en el párrafo anterior se puede evidenciar la ventaja que ofrece dichos dispositivos con la comunicación a distancia, entre las cuales se pueden citar el *Short Message Service* (SMS), servicios de 3G, 4G o mismo 5G, *Global Positioning System* (GPS), *bluetooth* y *Wireless*(14).

Aunque los equipos de registro de las ondas eléctricas cardíacas, los ECG, confieren el patrón oro, son caros, requiere de personal, locomoción y configuraciones clínicas, por lo que los dispositivos móviles son más accesibles, sencillos y pueden aportar informaciones valiosas a lo largo del tiempo al respecto del estado de salud del paciente.

Así, los dispositivos Wearables móviles, como los *smartwatches* equipados con sensores de FPM (Figura 2), permiten el monitoreo de datos relevantes como los signos vitales, en tiempo real.

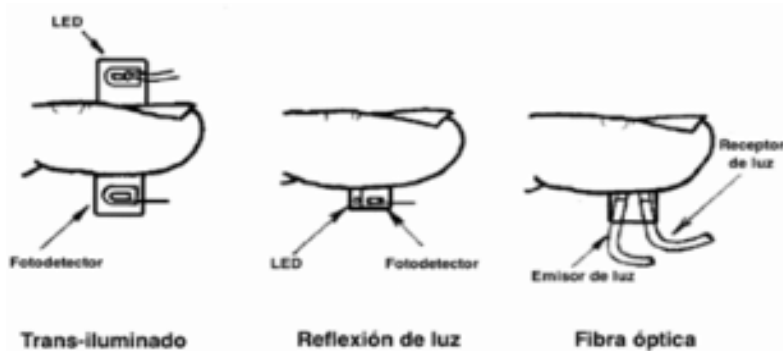
Figura 2 – Esquema de *smartwatch* con tecnología FPM(15).



Leyenda: 1 FPM, es el uso de la luz para medir el flujo sanguíneo, acorde a la cantidad de sangre que pasa; 2 LEDs emiten luz verde o roja que alcanza a los vasos; 3 sensores que captan la luz reflejada durante la acción.

Además, hay múltiples técnicas utilizadas en la FPM para la lectura de los impulsos, Figura 3(13).

Figura - 3 Técnicas de FPM(13).



Así, posterior a la lectura se generan las señales, Figura 4.

Figura 4 – Representación de los registros de ondas de pulsos captadas(13).



Leyenda: Caracterización de las ondas de pulsos registradas por el fotorreceptor (PS presión sistólica; PD presión diastólica).

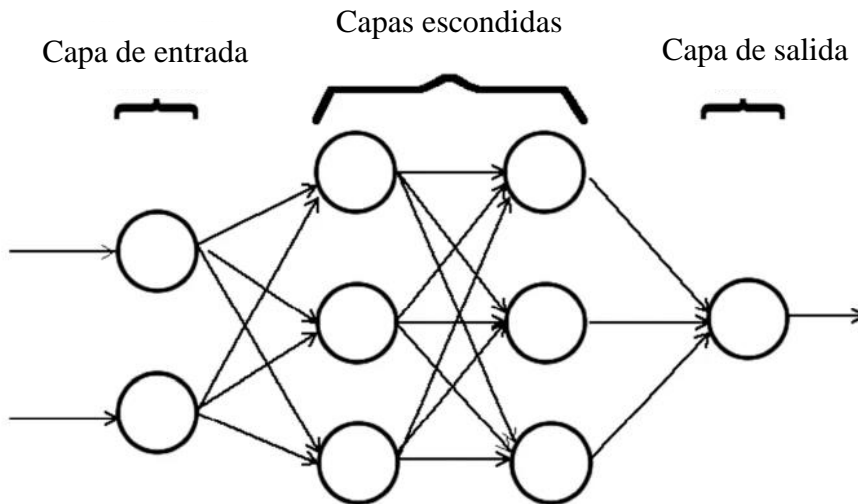
El uso de estos dispositivos permite la recolección y análisis de datos, por lo general, tienen capacidad de almacenar o transmitir informaciones a otros dispositivos para su visualización instantánea, permitiendo la identificación de una parte del perfil de signos de quienes lo utilizan.

#### *Uso de algoritmos*

El cerebro humano es el procesador más fascinante existente basado en carbono, compuesto por cerca de 10 billones de neuronas, interconectadas, por medio de las sinapsis, formando una gran red neural y comunicándose por medio de iones(16).

Así hay algoritmos que permiten procesar información de forma semejante. Como la red neural profunda utilizando el método heurístico. Los datos de entrada son procesados obteniendo luego una salida como resultado, ejecutando funciones de forma lógica con la utilización de las reglas preestablecidas. Figura 6.

Figura – 6 Representación del procesamiento de información por red neural profunda(16).



La asociación con la inteligencia artificial (IA), permite que las redes neurales aprendan a cada procesamiento de informaciones, permitiendo que los errores sean corregidos y ejecutados de formas diferentes, conforme las instrucciones recibidas por ellos(16).

La asociación de los dispositivos móviles junto a los softwares tiene significancia en la identificación de las alteraciones de los patrones, cuyos datos aportan criterios que permiten su clasificación, como de ritmos cardíacos anormales.

### Materiales y métodos

El artículo trata de una revisión sistemática, delineado sobre aspectos relacionados a la utilización de dispositivos Wearables móviles, enfocado en *smartwatches* y la identificación de FA.

La búsqueda de materiales incluye artículos en base a datos computarizados de relevancia en medicina como PubMed, Scielo, Capes Gov Br (CPB), Biblioteca Brasileña de Tesis y Disertaciones (BDTD) y, Science.gov, con fecha hasta el 10 de junio de 2022. Las palabras clave utilizadas fueron: *smartwatches*, el *fibrillation atrial* y *photoplethysmography*, siendo en inglés por la relevancia en las bases de datos; en un primer momento, se realizó la búsqueda aislada, posteriormente se ha buscado las relaciones entre las palabras sumado a las características abordadas en los estudios con uso de la tecnología en la identificación de FA.

Todos los artículos fueron considerados por poseer las palabras de forma aislada en el título; posteriormente, se consideró las que combinaban dos palabras y luego las tres palabras mencionadas en el resumen.

### Resultados y Discusión

Los trabajos encontrados han sido el resultado de la búsqueda de palabras aisladas y luego combinadas.

Primeramente, se busca palabras clave aisladas, debiendo constar en el título de la obra. Iniciando con "*Smartwatches*", con un total de 7.780 en PubMed, Scielo, CPB, BDTD y Science.gov, siendo 9,54%, 0,03%, 88,61%, 0,23%, 1,59%, respectivamente. Continuando con la "*Fibrillation atrial*" cuyo resultado fue un total de 338.168 en PubMed, Scielo, CPB, BDTD y Science.gov, siendo 29,14%, 0,30%, 70,28%, 0,05% y 0,23% respectivamente. Por último, "*Photoplethysmography*" con un total de 11.714 en PubMed,

SciELO, CPB, BDTD y Science.gov, siendo 32,44%, 0,19%, 64,91%, 0,24% y 2,22%, respectivamente.

De la misma forma, se ha realizado la búsqueda combinando dos palabras, utilizando el operador "AND", debiendo constar en el título de la obra. Primeramente, con "Smartwatches AND Fibrillation atrial" con un total de 463 en PubMed, SciELO, CPB y Science.gov, siendo 19,65%, 0,22%, 66,95% y 0,23%, respectivamente. Seguidamente, "Photoplethysmography AND Fibrillation atrial" resultando en un total de 151 en PubMed y Science.gov, siendo 98,01% y 3,00%, respectivamente. Finalmente, "Smartwatches AND Photoplethysmography" con un total de 71 en PubMed, las demás no presentaron resultados.

Asimismo, la búsqueda en la combinación de las tres palabras "Smartwatches AND Fibrillation atrial AND Photoplethysmography", utilizando el operador "AND", cuyo resultado ha arrojado un total de 38 en PubMed y Science.gov, siendo 92,11% y 7,89%, respectivamente.

Luego de la lectura de los resúmenes, considerando la utilización de *smartwatches* y la identificación de FA, 8 artículos se adecuan para la lectura y análisis de sus métodos y resultados. El listado se observa en la Tabla 4.

Tabla – 4 Resultado de artículos analizados.

Artículo	Autores	Resultados	Año
<i>The WATCH AF Trial: SmartWATCHes for Detection of Atrial Fibrillation</i> (7)	Marcus Dörr, Vivien Nohturfft, Noé Brasier, et al.	Sugiere detección de FA utilizando <i>smartwatches</i> , comercialmente disponible en principio viable, y de altísima precisión diagnóstica. Además, de ser una posibilidad de uso como herramienta complementaria en triaje de FA a largo plazo en pacientes de riesgo seleccionados.	2018
<i>Comparison and Combination of Single-Lead ECG and Photoplethysmography Algorithms for Wearable-Based Atrial Fibrillation Screening</i> (8)	Markus R. Mutke, Noe Brasier, Christina Raichle, et al.	El estudio, enfoca un análisis de algoritmos en la detección de arritmias.	2021
<i>Passive Detection of Atrial Fibrillation Using a Commercially Available Smartwatch</i> (6)	Geoffrey H Tison, José M Sanches, Brandon Ballinger, et al.	Este estudio tiene como prueba que la FPM de <i>smartwatch</i> acoplada a red neural profunda puede detectar FA pasivamente, más la pérdida de sensibilidad y especificidad con relación al ECG como patrón de criterio.	2018
<i>Atrial fibrillation detection using ambulatory smartwatch photoplethysmography and validation with simultaneous holter recording</i> (5)	Po-Cheng Chang, Ming-Shien Wen, Chung-Chuan Chou, et al.	Destaca la viabilidad del monitoreo ambulatorial con detección de FA utilizando el <i>smartwatch</i> comercial en la vida diaria, como una posible alternativa al Holter ambulatorial patrón.	2022
<i>Atrial fibrillation detection from raw photoplethysmography waveforms: A deep learning application</i> (4)	Kirstin Aschbacher, Defne Yilmaz, Yaniv Kerem, et al.	Analiza la utilización de señales en bruto de FPM en detección de FA con alta precisión en relación a análisis convencionales.	2020
<i>Validation of an algorithm for continuous monitoring</i>	Robert Avram, Mattheus Ramsis,	El estudio expone un nuevo algoritmo, utilizando <i>smartwatch</i> comercialmente disponible, puede detectar	2021

<i>of atrial fibrillation using a consumer smartwatch</i> (3)	Ashley D Cristal, et al.	continuamente FA con excelente desempeño, además de estimar la carga de FA.	
<i>Diagnostic Utility of Smartwatch Technology for Atrial Fibrillation Detection - A Systematic Analysis</i> (2)	Mehmet Ali Elbey, Daisy Young, Sri Harsha Kanuri, et al.	El estudio sugiere que ECG de derivación única basado en <i>smartwatch</i> y FPM parece ser una alternativa razonable al monitoreo de FA.	2021
<i>Diagnostic accuracy of smart gadgets/wearable devices in detecting atrial fibrillation: A systematic review and meta-analysis</i> (1)	Narut Prasitlumkum, Wisit Cheungpasitporn, Anthipa Chokesuwattanaskul, et al.	El estudio sugiere que los dispositivos inteligentes tienen precisiones diagnósticas semejantes. En la detección de FA, también se detectó que no hay diferencias significativas entre FPM y ECG de una única derivación.	2020

Posteriormente, se ha realizado una selección de los artículos por considerar que tienen objetivos de análisis diferentes, ellos son el de Mehmet Ali Elbey(2) y Narut Prasitlumkum(1) por consistir en validación de otros estudios, los demás, son presentados a continuación:

El primer estudio expresa que la detección oportuna de la FA es crucial para la prevención del AVC. El estudio “*The WATCH AF Trial: SmartWATCHes for Detection of Atrial Fibrillation*”(7), compara la precisión diagnóstica de FA por un algoritmo basado en *smartwatch*, utilizando signos de FPM acompañado de especialistas en cardiología. Además, de asociar con el ECG.

Aplicado a 672 individuos hospitalizados, registrando su FPM y analizados por el nuevo algoritmo automatizado. El diagnóstico dado por los especialistas fue presentado a 650 individuos, pero 142 (21,8%) de los conjuntos de datos no fueron adecuados para el análisis, sin embargo, 101 (15,1%) no eran útiles para la lectura del algoritmo de ECG móvil automatizado y habilitado en la internet, resultando en una muestra de 508 individuos, siendo 225 mujeres y 237 con FA para el análisis.

De hecho, se encontró que el algoritmo de FPM, tuvo una sensibilidad de 93,7% (intervalo de confianza de [IC] 95%: 89,8% a 96,4%), una especificidad de 98,2% (IC 95%: 95,8% al 99,4%) y 96,1% precisión (IC 95%: 94,0% al 97,5%) para detectar FA.

Igualmente, el estudio “*Atrial fibrillation detection from raw photoplethysmography waveforms: A deep learning application*”(4), basado en un test de hipótesis de que un algoritmo de aprendizaje profundo con registros de FPM derivadas de *smartwatch*, discriminaría la FA de ritmo sinusal normal mejor que algoritmos apenas de frecuencia cardíaca.

La muestra consistió en el monitoreo de 51 personas que presentaban FA, mediante la utilización de rastreadores en pulso FPM, teniendo como referencia ECG de 12 derivaciones leídas por el electro fisiologista cardíaco certificado.

La precisión de los signos de FPM para discriminar la FA del ritmo sinusal fue evaluada por medidas convencionales de variabilidad de frecuencia cardíaca, una red neural de memoria de largo plazo (LSTM) con datos de frecuencia cardíaca y una red neural recurrente convulsional profunda (DNN) brindada por los datos de FPM brutos.

De los 51 pacientes con FA persistente (edad  $63,6 \pm 11,3$  años, 78% de sexo masculino, 80% blancos), fue designado aleatoriamente 40 para entrenar el algoritmo y 11 para probar el algoritmo, considerando el análisis de regresión logística de variabilidad de frecuencia cardíaca, produciendo un área sobre la curva característica operacional del receptor (AUC) de 0,717 (sensibilidad 0,714, especificidad 0,584); el modelo LSTM conforme a los datos de frecuencia cardíaca, exhibió AUC de 0,954 (sensibilidad 0,810;

especificidad de 0,921), y el modelo DNN con datos FPM brutos produce la AUC más alta de 0,983 (sensibilidad 0,985; especificidad 0,880).

En el estudio “*Atrial fibrillation detection using ambulatory smartwatch photoplethysmography and validation with simultaneous holter recording*”(5), han sido sometidos individuos de forma consecutiva a la monitorización ambulatorial de electrocardiograma Holter (ECG) para detección de FA o evaluación de carga de FA, a 24h de monitoreo simultáneo de Holter ECG y grabación continua de FPM utilizando *smartwatch* Garmin®. Los signos de FPM fueron procesados para la remoción de ruidos, detección y marcación de latidos para cada segmento de 5 minutos. La precisión de detección de FPM AF fue calculada utilizando el Holter ECG de forma simultánea en correspondencia al AF.

De las 200 personas participantes, 112 (56%) desarrollaron FA. La sensibilidad y especificidad del valor positivo previsto para la detección de FA en los participantes fue de 97,3%, 88,6% y 91,6%, respectivamente.

Por otra parte, “*Validation of an algorithm for continuous monitoring of atrial fibrillation using a consumer smartwatch*”(3), presentó el objetivo de estimar la sensibilidad y especificidad de un algoritmo de *smartwatch* para la detección continua de FA de ritmo sinusal extra hospitalario.

Para tal efecto, ha sido utilizado un *smartwatch*, comercialmente disponible con recurso de FPM y ECG, validado con algoritmo de FPM combinado con ECG en un ambiente libre comparando con resultados de un *patch* de ECG continuo de 28 días.

Siendo un total de 204 participantes, registrando un total de 81.944 horas con mediciones del *patch* y del *smartwatch*; encontrando sensibilidad de 87,8% (IC 95% 83,6%-91,0%) y especificidad de 97,4% (IC 95% 97,1%-97,7%) para el algoritmo de FPM (con clasificación a cada 5 minutos); sensibilidad de 98,9% (IC 95% 98,1%-99,4%) y especificidad 99,3% (IC 95% 99,1%-99,5%) para el algoritmo de ECG; y sensibilidad de 96,9% (IC 95% 93,7%-98,5%) y especificidad de 99,3% (IC 95% 98,4%-99,7%) para FPM desencadenando el ECG necesario para la confirmación de FA.

Asimismo, “*Comparison and Combination of Single-Lead ECG and Photoplethysmography Algorithms for Wearable-Based Atrial Fibrillation Screening*”(8), utilizó el registro de FPM en *smartphones* y *smartwatches*, aplicados en dos algoritmos de detección de AF (A y B) y comparados directamente, utilizando como filtro de medición 1 minuto en la primera etapa para la detección de arritmia simulados en test secuencial. Detectada la arritmia, se realizaría el análisis por medio de los algoritmos.

Han analizado registros de 1.288 participantes, pero el algoritmo A no presentó diagnóstico en 16,1% y en los demás la sensibilidad y especificidad fueron de 99,6% y 97,4%, respectivamente.

La precisión fue de 98,5% y la tasa de clasificación correcta (TCR) fue de 82,7%. El algoritmo B, siempre se diferenció entre los ritmos normales y arrítmicos, con sensibilidad general de 95,4%, una especificidad de 91,6% y precisión de TCR de 93,3%, combinando los algoritmos en test trifásico (test positivo de FPM, después del análisis de los registros por A y B combinados) resultaron en especificidad de 100%.

De igual manera, “*Passive Detection of Atrial Fibrillation Using a Commercially Available Smartwatch*”(6), desarrolló una red neural profunda utilizando un método llamado pre-entrenamiento heurístico para la detección de FA utilizando datos de *smartwatch*. Es un estudio de cohorte cardiovascular remoto coordinado en la Universidad de California, en San Francisco.

Fue aplicado el *smartwatch* para obtener los datos de frecuencia cardíaca y conteo de pasos para el desarrollo del algoritmo. Siendo un total de 9.750 participantes inscriptos en *Health eHeart Study* y 51 participantes sometidos a la cardioversión en la Universidad de California, en San Francisco.



Así, han analizado con relación al ECG de 12 derivaciones, en cohorte separado de pacientes sometidos a la cardioversión. En una segunda exploración se han utilizado datos de *smartwatch* de individuos internados con patrón de FA persistente.

Luego, de los 9.750 participantes inscriptos, incluido 347 con FA, 6.143 (63,0%) eran del sexo masculino, edad media de 42 años. La red neural exhibió estadística C de 0,97 (IC 95%, 0,94-1,00;  $P < 0,001$ ) para detectar FA contra el patrón de referencia de ECG con 12 derivaciones en validación externa de 51 pacientes sometidos a la cardioversión, siendo la sensibilidad de 98,0% y especificidad de 90,2%. El análisis exploratorio basado en el relato de FA persistente en pacientes internados, la estadística C fue de 0,72 (IC 95%, 0,64-0,78), sensibilidad de 67,7% y la especificidad de 67,6%.

## Conclusión

La tecnología emergente, indudablemente está cada vez más enmarcada en el desarrollo del bienestar de las personas que la utilizan y no resulta diferente en el área de la salud, como por ejemplo la utilización de dispositivos móviles *Smartwatch*, la que permite la recolección, análisis y almacenamiento de datos para su posterior notificación al profesional seleccionado.

Así, como en los estudios de Marcus Dörr, et al., Robert Avram, et al. y Geoffrey H Tison, et al., destacan la necesidad de evaluaciones con muestras mayores; Kirstin Aschbacher, et al. afirma que la detección de FA fue de alta precisión y mejor desempeño que el convencional; Po-Cheng Chang, et al., concuerda con el uso de *smartwatch* como alternativa de triaje y, Markus R., et al., en su análisis de algoritmos obtuvo una especificidad superior a 99%, por tanto se puede concluir que el uso *smartwatches* en ambientes extrahospitalarios, pueden ser una alternativa para el monitoreo y control de FA como también de otras patologías posibles, detectables vía FPM.

## Referencias

- (1) Prasitlumkum N, Cheungpasitporn W, Chokesuwattanaskul A, Thangjui S, Thongprayoon C, Bathini T, et al. Diagnostic accuracy of smart gadgets/wearable devices in detecting atrial fibrillation: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Cardiovascular Diseases*. 2021 Jan;114(1):4–16.
- (2) Lakkireddy D. Diagnostic Utility of Smartwatch Technology for Atrial Fibrillation Detection – A Systematic Analysis. *Journal of Atrial Fibrillation*. 2020 Oct 31;13(6).
- (3) Avram R, Ramsis M, Cristal AD, Nathan V, Zhu L, Kim J, et al. Validation of an algorithm for continuous monitoring of atrial fibrillation using a consumer smartwatch. *Heart Rhythm*. 2021 Sep;18(9):1482–90.
- (4) Aschbacher K, Yilmaz D, Kerem Y, Crawford S, Benaron D, Liu J, et al. Atrial fibrillation detection from raw photoplethysmography waveforms: A deep learning application. *Heart Rhythm O2*. 2020 Apr;1(1):3–9.
- (5) Chang PC, Wen MS, Chou CC, Wang CC, Hung KC. Atrial fibrillation detection using ambulatory smartwatch photoplethysmography and validation with simultaneous holter recording. *American Heart Journal*. 2022 May; 247:55–62.
- (6) Tison GH, Sanchez JM, Ballinger B, Singh A, Olgin JE, Pletcher MJ, et al. Passive Detection of Atrial Fibrillation Using a Commercially Available Smartwatch. *JAMA Cardiology*. 2018 May 1;3(5):409.
- (7) Dörr M, Nohturfft V, Brasier N, Bosshard E, Djurdjevic A, Gross S, et al. The WATCH AF Trial: SmartWATCHes for Detection of Atrial Fibrillation. *JACC: Clinical Electrophysiology*. 2019 Feb;5(2):199–208.

- (8) Mutke MR, Brasier N, Raichle C, Ravanelli F, Doerr M, Eckstein J. Comparison and Combination of Single-Lead ECG and Photoplethysmography Algorithms for Wearable-Based Atrial Fibrillation Screening. *Telemedicine and e-Health*. 2021 Mar 1;27(3):296–302.
- (9) Farreras R et al. *Medicina Interna*. 19th ed. Vol. 1. España : Elsevier; 2020. 435–457 p.
- (10) Isakadze N, Martin SS. How useful is the smartwatch ECG? *Trends in Cardiovascular Medicine*. 2020 Oct 1;30(7):442–8.
- (11) Mota M. *Interação Humano-Computador* [Internet]. <https://www.sbc.org.br/14-comissoes/390-interacao-humano-computador>
- (12) *Revista Uruguaya*. Lo mejor del Congreso ACC 2021. *Revista Uruguaya de Cardiología*. 2021 Mar 17;36.
- (13) Saavedra A et al. Mobile Application for the Monitoring of Patients with Diabetes Problems through Devices Based on Spectrophotometry [Internet]. [https://www.researchgate.net/publication/338256098\\_Mobile\\_Application\\_for\\_the\\_Monitoring\\_of\\_Patients\\_with\\_Diabetes\\_Problems\\_through\\_Devices\\_Based\\_on\\_Spectrophotometry](https://www.researchgate.net/publication/338256098_Mobile_Application_for_the_Monitoring_of_Patients_with_Diabetes_Problems_through_Devices_Based_on_Spectrophotometry)
- (14) Costa LH, et al. REDES GSM, GPRS, EDGE E UMTS [Internet]. [https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos\\_vf\\_2008\\_2/ricardo/index.html](https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/ricardo/index.html)
- (15) Lara R. Pulso de luz: como relógios são capazes de medir os batimentos cardíacos? - 08/06/2021 - UOL TILT [Internet]. <https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2021/06/08/pulso-de-luz-como-relogios-sao-capazes-de-medir-os-batimentos-cardiacos.htm>
- (16) Carneiro L. *Tecnologia da Informação e a Medicina: Redes Neurais, Neurociência e Inteligência Artificial na Medicina* [Internet]. <http://timedicina.blogspot.com/2009/10/redes-neurais-neurociencia-e.html>

- ⊙ El trabajo no recibió financiamiento.
- ⊙ Los autores declaran no tener conflictos de interés.
- ⊙ Correspondencias pueden encaminarse al correo electrónico del autor o del equipo editorial.