

Módulo 5. Uso de las nuevas tecnologías en el manejo del deportista con arritmias

Elena Arbelo, MD, PhD, MSc

Institut Clínic Cardiovascular, Hospital Clínic

Introducción

Hoy en día, millones de consumidores en todo el mundo tienen acceso a dispositivos portátiles (*wearables*), como teléfonos y relojes inteligentes, entre otros, capaces de medir señales biológicas que antes solo eran posibles en entornos médicos. En 2019, el mercado mundial de estos dispositivos era de 181,5 millones y se espera que alcance los 520 millones de unidades en 2025 (Research and Markets, 2020).

En la actualidad, mediante diversos dispositivos inteligentes, se puede registrar la frecuencia cardíaca (FC), el electrocardiograma y otras variables fisiológicas de forma cómoda, continua y en tiempo real, lo que resulta de gran interés a la hora de monitorizar el progreso del entrenamiento, actividad física y la salud cardiovascular del deportista, lo que facilita, además, el diagnóstico, tratamiento y prevención de arritmias. Estas tecnologías brindan oportunidades infinitas para recoger, con muy bajo costo, información funcional en la población general y, en particular, en deportistas. Sin embargo, hay que destacar que los beneficios clínicos de estos dispositivos no se han validado en estudios aleatorizados y su uso potencialmente podría asociarse a efectos secundarios por mala interpretación de los datos generados.

En este capítulo, describimos las diferentes nuevas tecnologías portátiles disponibles, exploraremos sus posibles usos en el manejo de deportistas con arritmias, discutiremos los resultados de estudios relevantes y analizaremos sus potenciales limitaciones y lagunas de conocimiento que pueden influir en su



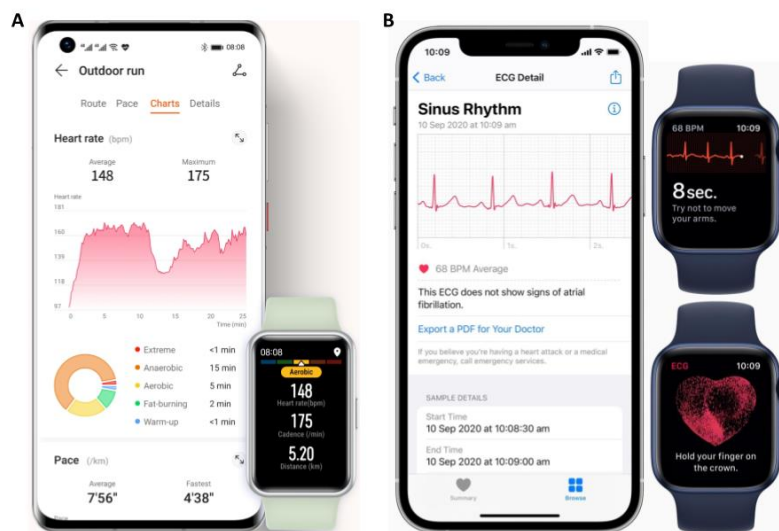
implementación en la vida real. Estos dispositivos digitales pueden también proporcionar medidas como la variabilidad de la FC, aceleración, posición del cuerpo, temperatura, saturación de oxígeno y calidad del sueño, todas ellas útiles en la monitorización del deportista, pero no serán tratadas en este capítulo.

Unidad 5.1 Tipos de nuevas tecnologías portátiles para monitorización del deportista

Los dispositivos digitales para la monitorización del ritmo cardíaco se pueden dividir en dos grandes grupos según la tecnología utilizada para evaluar el ritmo cardíaco (figura 1):

1. Dispositivos no basados en el registro del electrocardiograma, entre los que se incluye la fotopletismografía (FPG).
2. Dispositivos basados en el registro del electrocardiograma (ECG).

Figura 1: Ejemplos de dispositivos de muñeca para la monitorización del ritmo, A. basado en fotopletismografía; B. basado en el registro de electrocardiograma



Fuente: adaptación propia con base en captura de pantalla de Huawei (<https://consumer.huawei.com/es/mobileservices/health/>) y Apple, 2021, <https://apple.co/44qxThF>

La elección del dispositivo de ritmo cardíaco digital debe adaptarse al deportista, teniendo en cuenta la presencia o no de síntomas y su frecuencia, la duración de la monitorización, la infraestructura local y las preferencias del usuario (Svennberg et al., 2021). En caso de necesitar monitorización precisa, normalmente, se prefieren las bandas torácicas por su mayor precisión, incluso en deportes de alta intensidad (Cosoli et al., 2022; Ruiz-Alias et al., 2022; Schaffarczyk et al., 2022). En otros casos, pueden ser preferibles las bandas de muñeca (y relojes inteligentes) por su multifuncionalidad y comodidad. También se han desarrollado otras prendas textiles con sensores con el objetivo de obtener señales de alta calidad sin limitar el movimiento en determinados deportes.

Recientemente, se ha introducido la posibilidad de monitorización remota de tecnologías portátiles en el manejo de atletas con arritmias. Estos sistemas les permiten a los proveedores de atención médica monitorizar la FC, el ECG y otros signos vitales del deportista a distancia, utilizando un teléfono inteligente u otro dispositivo móvil. Esto podría ser particularmente útil para deportistas que viajan con frecuencia o viven en áreas remotas, ya que les permite recibir atención médica rápidamente si es necesario.

Es importante resaltar que, independientemente del dispositivo digital utilizado, es necesario que un médico revise los registros para confirmar el diagnóstico clínico.

5.1.1 Dispositivos digitales basados en fotopleletismografía

La fotopleletismografía es capaz de monitorizar la FC y detectar arritmias mediante una técnica óptica que analiza la onda de pulso periférico. Se usa una fuente de luz (linterna LED de un teléfono inteligente) y un detector (la cámara) para medir los cambios en el volumen de sangre dentro de la superficie de la piel, detectando cambios en la intensidad de la luz reflejada (figura 2). Actualmente, la FPG se usa de forma rutinaria para medir la saturación de oxígeno y la frecuencia del pulso (Friberg et al., 2013). La sencillez de la tecnología ha permitido su incorporación en múltiples dispositivos portátiles para analizar FC y ritmo (Dörr et al., 2019), como correas torácicas, muñequeras, bandas para el antebrazo, anillos y auriculares (Navalta, 2020) (tabla 1). Existen algoritmos automáticos para



detectar fibrilación auricular (FA) que han mostrado una alta precisión siempre que las mediciones se realicen en una posición sentada cómoda (Dörr et al., 2019). Sin embargo, en individuos activos, la precisión es considerablemente menor debido a la presencia de artefactos (Tison et al., 2018). Estos dispositivos pueden pasar por alto transiciones rápidas o breves en la FC y no detectar hasta el 60 % de arritmias de corta duración (Fanous y Dorian, 2021; Sequeira et al., 2020).

Figura 2: Ejemplo de aplicación basada en fotopletismografía



Fuente: adaptación propia de Chan et al., 2016.

Tabla 1: Dispositivos de monitorización del ritmo cardiaco basadas en fotopletismografía

Dispositivo	Tipo	Modo de detección	Número de sensores	Área de aplicación	Visualización del ECG	Batería	Almacenamiento de datos	Aplicación	Estudios de validación
Cardio Rhythm	Aplicación de móvil	FPG	Cámara de teléfono inteligente	Punta de dedo o detección	No (solo FC)	ND	Aplicación móvil	No	2-4

				facial por video					
Fibri check	Aplicación móvil	FP G	Cámara de teléfono inteligente	Punta del dedo	No (solo FC y detección de FA por algoritmos)	ND	Aplicación móvil	CE y FDA	5,6
Preventicus Heart beats	Aplicación móvil	FP G	Cámara de teléfono inteligente	Punta del dedo	No (solo FC y detección de FA por algoritmos)	ND	Aplicación móvil	CE	7-9
Huawei	Banda de muñeca	FP G	2 electrodos	Muñeca	En dispositivo asociado	Recargable	Aplicación móvil y nube	Asía	10,11
Apple Watch	Reloj inteligente	EC G y FP G	2 electrodos; 1 derivación	Muñeca - dedo	Integrada y en dispositivo asociado	Recargable	Aplicación móvil y nube	CE y FDA	12-14
Fitbit	Reloj inteligente	EC G y FP G	2 electrodos; 1 derivación	Muñeca - dedo	En dispositivo asociado	Recargable	Aplicación móvil y nube	CE y FDA	15
Samsung	Reloj inteligente	EC G y FP G	2 electrodos; 1 derivación	Muñeca - dedo	En dispositivo asociado	Recargable	Aplicación móvil y nube	CE y FDA	ND



Withings	Reloj inteligente	ECG y FP	2 electrodos; 1 derivación	Muñeca - dedo	En dispositivo asociado	Recargable	Aplicación móvil y nube	CE	16
----------	-------------------	----------	----------------------------	---------------	-------------------------	------------	-------------------------	----	----

Fuente: adaptación propia con base en Svennberg et al., 2021.

5.1.2 Dispositivos digitales basados en el electrocardiograma

Existen diversos dispositivos para la monitorización del ritmo cardiaco mediante el ECG que difieren en aspectos como el lugar de aplicación, forma de colocación, número de derivaciones disponibles, proporción de *feedback* al usuario, tipo de batería, almacenamiento y transmisión de los datos, etc. Además, no todos ellos han sido validados en ensayos clínicos ni tienen aprobación por agencias regulatorias (Comisión Europea/Food and Drug Administration).

Los aparatos de registro de ECG comercializados requieren que el deportista active el dispositivo colocando sus manos en un electrodo (colocado en el dispositivo principal o en un complemento), con un tiempo de contacto de ~ 30 segundos, antes de que se registre un ECG. Esto limita la utilidad de estas tecnologías a las arritmias que duran ≥ 1 minuto. Algunos de estos dispositivos pueden requerir que el deportista se quede quieto para capturar un trazo de ECG de calidad diagnóstica, lo que puede no ser posible o aumentaría aún más el tiempo desde el inicio de los síntomas hasta la obtención del trazado ECG. Además, no todos los deportes son apropiados para el uso de estos dispositivos. Un ciclista, nadador o deportista de remo no podría usar fácilmente estos dispositivos para "controlar" su ritmo subyacente.

5.1.3 Aparatos de electrocardiograma de mano

Generalmente, se trata de dispositivos de una sola derivación que suelen proporcionar registros de la derivación I (tabla 2). Algunos modelos se pueden aplicar al tórax para registrar derivaciones de tórax y brazo derecho que pueden producir complejos QRS de mayor amplitud y con ondas P más claras que en la derivación I (Desteghe et al., 2017; Brito et al., 2018). Las



derivaciones II y III se pueden registrar aplicando el dispositivo bipolar en la pierna izquierda (el dispositivo se puede colocar sobre un pantalón humedecido para simplificar el proceso), mientras se sujeta el dispositivo con la mano derecha e izquierda, respectivamente. Un modelo con tres electrodos permite registros simultáneos de todas las derivaciones de las extremidades sosteniendo el dispositivo con ambas manos y aplicando el electrodo posterior contra la pierna izquierda (figura 3).

Tabla 2: Dispositivos de monitorización del ritmo cardiaco basadas en electrocardiograma de mano

Dispositivo	Tipo	Modo de detección	Número de sensores	Área de aplicación	Visualización del ECG	Batería	Almacenamiento de datos	Aprobación	Estudios validación
AliveCor Kardia	De mano	ECG	2 o 3 electrodos; 1 o 6 derivación	Puntas de los dedos ± pierna o tórax	Dispositivo asociado	Recargable	Aplicación móvil y nube	CE y FDA	¹⁷
Beurer ME 90	De mano	ECG	2 electrodos; 1 derivación	Tórax-punta de dedo o dedo-dedo	Dispositivo asociado	Recargable	Dispositivo	CE y FDA	^{18,19}
Coala Heart Monitor	De mano	ECG	2 electrodos	Pulgar-tórax	Dispositivo	Recargable	Aplicación móvil y nube	CE y FDA	^{20,21}

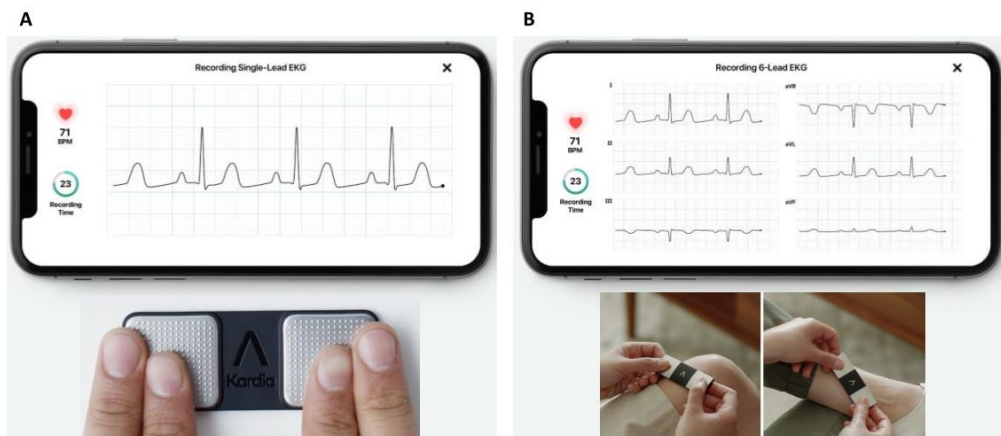


	n o		s; 1 der iva ció n		asoci ado				
ECGCheck	D e m a n o	ECG	2 ele ctr odo s; 1 der iva ció n	Puntas de los dedos ± pierna o tórax	Dispo sitiv o asoci ado	Reca rgab le	Aplica ción móvil y nube	CE y FDA	²²
Eko Duo	D e m a n o	ECG	2 ele ctr odo s; 1 der iva ció n	Tórax	Dispo sitiv o asoci ado	Reca rgab le	Aplica ción móvil y nube	CE y FDA	²³
Heart Check Cardi Beat, ECG Pen, Palm	D e m a n o	ECG	2 ele ctr odo s; 1 der iva ció n	Punta de dedos, palma/t órax/ca dera	Dispo sitiv o asoci ado (Card ibeat); integ rado (ECG Devic e, ECG Pen, Palm)	Reca rgab le (Car diBe at, Palm); reca mbia ble (ECG Devi ce, ECGP en)	Aplica ción móvil y nube (Cardi Beat, Palm); dispos itivo (ECGDe vice, ECGPen)	CE y FDA	²⁴
MyDiagnostic	D e m a	ECG	2 ele ctr odo s; 1	Manos	A travé s del orden ador	Reca rgab le	Dispos itivo	CE	²⁵

	n		der iva ció n		con softw are del progr ama				
Omron HCG- 801	D e m a n o	ECG	2 ele ctr odo s; 1 der iva ció n	Dedos/t órax	Integ rado	Reca mbia ble	Dispos itivo (tarje ta SD)	FDA	²⁶
SnapE CG E- H19	D e m a n o	ECG	2 ele ctr odo s; 1 der iva ció n	Punta de dedos	Dispo sitiv o asoci ado	Reca mbia ble	Nube	Asia	²⁷
Zenic or- ECG	D e m a n o	ECG	2 ele ctr odo s; 1 der iva ció n	Pulgare s	Plata forma web	Reca mbia ble	Dispos itivo; transf erenci a a nube	CE	²⁸

Fuente: adaptación propia con base en Svennberg et al., 2021.

Figura 3: Ejemplo de dispositivos de monitorización del ritmo cardiaco basadas en electrocardiograma de mano, A. registro de una sola derivación (registro de 2 electrodos entre ambas manos); B. registro de 6 derivaciones (registro simultáneo de 3 electrodos entre ambas manos y aplicando el electrodo posterior contra la pierna izquierda en la rodilla o talón)



Fuente: adaptación propia con base en captura de pantalla de AliveCor (<https://www.alivecor.es>)

5.1.4 Aparatos de electrocardiograma mediante parches

Los monitores de electrocardiograma mediante parches son dispositivos autoadhesivos e inalámbricos, bien tolerados, resistentes al agua y de fácil uso (Turakhia et al., 2013). Hay disponible una variedad de parches de ECG ambulatorio que ofrecen grabación continua de 5 a 30 días de un solo canal y algunos ofrecen monitorización en vivo usando dispositivos móviles o tecnología basada en la nube (tabla 3). Algunos de ellos ofrecen también la posibilidad de monitorización de constantes vitales y control del movimiento a través de acelerómetros.

Tabla 3: Dispositivos de monitorización del ritmo cardiaco basadas en electrocardiograma mediante parches

Dispositivo	Tipo	Modo de detección	Número de sensores	Área de aplicación	Visualización del ECG	Batería	Almacenamiento de datos	Aprobación	Es tu dispositivo

									ci on
Bardy Dx Carna tion Patch Ambul atory Monit or (CAM	Par che	ECG	2 elect rodos ; 1 deriv ación	Tórax , autoa dhesi vo	Plataf orma web	Uso únic o	En el dispositi vo (14 días continuos)	CE y FDA	²⁹
Bio Tel Mobil e Patie nt Telem etry (MCOT)	Par che	ECG	3 elect rodos ; 2 deriv aciones	Tórax , autoa dhesi vo	Plataf orma web	Uso únic o, reca rgab le	En el dispositi vo (30 días continuos)	CE y FDA	^{30,} ³¹
BodyG uardi an Mini patch es (Prev entic e)	Par che	ECG	2 elect rodos ; 1 deriv ación	Tórax , autoa dhesi vo	Plataf orma web	Uso únic o, reca rgab le	En el dispositi vo (30 días continuos)	CE y FDA	³²
Life Signa l Biose nsor Patch	Par che	ECG	4 elect rodos ; 2 deriv aciones	Tórax , autoa dhesi vo	Dispos itivo asocia do o plataf orma web	Uso únic o	En el dispositi vo (5 días continuos)	CE y FDA	³³
MyPat ch-SL (Card ioSca n)	Par che	ECG	3 elect rodos ; 2/3 deriv	Tórax , autoa dhesi vo	Plataf orma web	Uso únic o	En el dispositi vo (2 derivacio nes: 14 días	FDA	ND



			aciones				continuos - 3 derivaciones: 9 días continuos)		
S-Patch Cardio (Samsung SDS Wellsis)	Parche	ECG	2 electrodos ; 1 derivación	Tórax, autoadhesivo	Plataforma web	Uso único	En el dispositivo (hasta 100 horas continuas)	CE	³⁴
Vital Patch (VitalConnect)	Parche	ECG	2 electrodos ; 1 derivación	Tórax, autoadhesivo	Plataforma web	Uso único	En el dispositivo (7 días continuos)	CE y FDA	³⁵
VivaLink		ECG	2 electrodos ; 1 derivación	Tórax, autoadhesivo	Aplicación móvil o plataforma web	Multiuso, recargable	En el dispositivo (96 horas continuas)	CE y FDA	³⁶

Fuente: adaptación propia con base en Svennberg et al., 2021.

Los parches tienen una alta precisión y rendimientos diagnósticos superiores a la monitorización con holter de 24 horas (Barrett et al., 2014). La monitorización con parches es rentable, con muchas arritmias sintomáticas y clínicamente significativas detectadas dentro de la primera semana de monitorización (Turakhia et al., 2013; Patel et al., 2021). Su limitación de estos ha sido, principalmente, la duración relativamente corta de la batería y la durabilidad del adhesivo.

5.1.5 Relojes inteligentes (*smartwatch*) con registro de electrocardiograma



Los relojes inteligentes se están convirtiendo en una tecnología portátil popular para monitorizar el ritmo y la FC de deportistas. Además, presentan otras funciones como el seguimiento GPS y la monitorización de actividad física, lo que los hace útiles para el entrenamiento y competición de deportistas (Seshadri et al., 2019).

Existen varios modelos capaces de realizar un registro de ECG de una única derivación de 30 segundos mediante electrodos incorporados en la parte posterior del reloj y en la corona o caja del reloj (tabla 4). Los trazados se pueden ver en tiempo real en la pantalla del reloj y se pueden almacenar en una aplicación móvil de dispositivo inteligente. Además, se pueden generar archivos PDF y compartirlos con el equipo de atención médica y se pueden programar notificaciones/alertas basadas en FC que pueden avisarle al deportista de alteraciones significativas. Estos relojes inteligentes tienen incorporados algoritmos de detección de FA, pero los trazados de ECG generados aún requieren supervisión y análisis del médico para confirmar el ritmo.

Tabla 4: Dispositivos de monitorización del ritmo cardiaco basadas en electrocardiograma mediante reloj inteligente

Dispositivo	Tipo	Modo de detección	Número de sensores	Área de aplicación	Visualización del ECG	Batería	Almacenamiento de datos	Aprobación	Estudio validación
Apple Watch	Reloj inteligente	ECG y FPG	2 electrodos; 1 derivación	Muñeca - dedo	Integrada y en dispositivo asociado	Recargable	Aplicación móvil y nube	CE y FDA	12-14
Fitbit	Reloj inteligente	ECG y FPG	2 electrodos; 1 derivación	Muñeca - dedo	En dispositivo asociado	Recargable	Aplicación móvil y nube	CE y FDA	15



			vaci ón						
Sams ung Gala xy	Rel oj int eli gen te	ECG y FPG	2 elec tro dos; 1 deri vaci ón	Muñe ca - dedo	En dispos itivo asocia do	Rec arg abl e	Aplicac ión móvil y nube	CE y FDA	ND
With ings	Rel oj int eli gen te	ECG y FPG	2 elec tro dos; 1 deri vaci ón	Muñe ca - dedo	En dispos itivo asocia do	Rec arg abl e	Aplicac ión móvil y nube	CE	¹⁶

Fuente: adaptación propia con base en Svennberg et al., 2021.

5.1.6 Otros dispositivos digitales y biotextiles

De forma tradicional, los dispositivos de medición de presión arterial proporcionan información sobre FC y tienen una capacidad de predicción de FA > 85 % (Kane et al., 2016). Pensando en una población más activa, se han diseñado prendas con electrodos incorporados que permiten monitorizar la FC y el ritmo sin necesidad de cables. Existen distintas tipologías de prendas de "compresión" como camisetas y sujetadores deportivos, chalecos y bandas pectorales aisladas o combinadas con muñequeras (Fouassier et al., 2020; Navalta et al., 2020; Pagola et al., 2018) (tabla 5). Los dispositivos de banda pectoral de FC constan de dos partes: una banda pectoral integrada con un sensor de ECG que mide directamente la actividad eléctrica cardíaca y un receptor de pulsera que muestra las medidas de FC. La FC se mide contando los intervalos RR sin registros electrocardiográficos. Estos dispositivos tienen una alta precisión de detección de ondas R en comparación con holter ECG (Nunan et al., 2009; Pasadyn et al., 2019; Gillinov et al., 2017). Las principales limitaciones son los artefactos debido a



la interferencia de transmisión entre la correa y el receptor, a menudo causados por un contacto inadecuado, la interacción de los sujetadores en mujeres con la correa y molestias generales al usarlos (Gajda et al., 2018; Gajda, 2020).

Tabla 5: Dispositivos de monitorización del ritmo cardiaco basadas en electrocardiograma mediante reloj inteligente

Dispositivo	Tipo	Modo de detección	Número de sensores	Área de aplicación	Visualización del ECG	Batería	Almacenamiento de datos	Aprobación	Estudio de validación
Movense Medical (Suunto)	Bandato rtica	ECG	2 electrodos; 1 derivación	Tórax	Dispositivo asociado	Recargable	En el dispositivo (7 días continuos) y en aplicación móvil	CE	37
Zephyr BioHarness 3.0 (Medtronic)	Bandato rtica	ECG	2 electrodos; 1 derivación	Tórax	Dispositivo asociado	Recargable	En el dispositivo	FDA	38
Polar H10	Bandato rtica	ECG y FPG	2 electrodos; 1 derivación	Tórax	Dispositivo asociado	Recargable	En dispositivo asociado o aplicación móvil o en la nube	CE	39, 40
Garmin HRM-FRO	Bandato rtica	FPG		Tórax	Dispositivo asociado	Recargable	En dispositivo asociado o aplicación		



	ci ca						ón móvil o en la nube		
NUUBO	Ba nd a to rá ci ca	ECG	2 elec tro dos; 1 deri vac ión	Tóra x	Dispo sitiv o asoci ado	Reca rgab le	En disposit ivo asociado o aplicaci ón móvil o en la nube	CE y FDA	⁴¹⁻⁴³

Fuente: adaptación propia con base en Svennberg et al., 2021.

Unidad 5.2 Consideraciones sobre las preferencias del usuario

La elección del dispositivo debe no solo tener en cuenta la indicación (presencia de síntomas o no, duración de la monitorización, etc.) y la sensibilidad/especificidad del dispositivo, sino que también debe adaptarse a las preferencias del deportista (Svennberg et al., 2021). Estas preferencias parecen depender del tipo de actividad realizada. En particular, las bandas torácicas proporcionan, en general, una mayor precisión incluso en entrenamientos de alta intensidad y son más baratos (Cosoli et al., 2022; Ruiz-Alias et al., 2022; Schaffarczyk et al., 2022; Muggeridge et al., 2021). Por otro lado, los dispositivos de muñeca brindan multifuncionalidad y comodidad. Los equipos con sensores incorporados y los textiles inteligentes también pueden señales de alta calidad sin obstaculizar el movimiento (Navalta et al., 2020; Yong y Tan, 2017; Breen et al., 2022). La preferencia de ubicación del sensor dependerá del deporte, tipo de movimiento/ejercicio o factores externos como la posibilidad de contusión/contacto (Aroganam et al., 2019).

Unidad 5.3 Usos de las nuevas tecnologías en el deportista



El deportista y el médico que lo atiende deben ser conscientes de los matices involucrados en la evaluación de la idoneidad y utilidad de estos dispositivos en la práctica clínica. El término "tecnología portátil" es una frase genérica que puede sugerir erróneamente su aplicabilidad ubicua. Se deben considerar varios aspectos a la hora de seleccionar el dispositivo adecuado o interpretar sus hallazgos, ya que su funcionalidad y limitaciones son en gran medida específicas del contexto (Fanous y Dorian, 2021):

1. Si el dispositivo se utiliza para optimización del rendimiento deportivo o si está destinado a ser una herramienta clínica (que incluye la detección, el diagnóstico y el seguimiento de arritmias).
2. Si se usa como herramienta de diagnóstico, es importante:
 - a. valorar si se está aplicando a un deportista asintomático o sintomático; y
 - b. cuál es la probabilidad previa a la prueba de tener una patología relevante.
3. Si se utiliza como herramienta médica, es importante:
 - a. diferenciar si se emplea para diagnosticar enfermedades o para controlar patologías conocidas; y
 - b. si se está utilizando el dispositivo para determinar la FC o para un trazado de ECG.
4. ¿Los parámetros se registran de forma intermitente o continua?
5. Para dispositivos con capacidad de ECG, ¿el dispositivo genera trazados de una o varias derivaciones?

5.3.1 Deportista sintomático

El ECG de 12 derivaciones representa el patrón oro para el diagnóstico de arritmias. Sin embargo, tiene disponibilidad limitada y no puede diagnosticar arritmias paroxísticas salvo si el registro coincide con la presencia de síntomas. Por ello, las nuevas tecnologías se presentan como una alternativa interesante en deportistas sintomáticos a pesar de que la mayoría proporcionan un ECG de 1-3 derivaciones (Frederix et al., 2019).

Las consideraciones al usar dispositivos digitales son las siguientes (Svennberg et al., 2022):



- Muchos dispositivos digitales no registran el ritmo cardíaco de forma continua. En este caso, los registros deben ser iniciados por el usuario y, en caso de compromiso hemodinámico, esto podría no ser posible.
- Iniciar una grabación requiere varios segundos seguidos de un registro de al menos 30 s. Este retraso hace que las tecnologías digitales existentes sean poco adecuadas para diagnosticar arritmias cortas.
- Antes de tomar decisiones terapéuticas basadas en registros de dispositivos digitales (por ejemplo, iniciar la anticoagulación por presunta FA o considerar un desfibrilador automático implantable por presunta taquicardia ventricular) es imperativo confirmar la arritmia descartando cuidadosamente artefactos o ruidos. Para minimizar el riesgo de falsos positivos, la calidad de la grabación es clave y los pasos para minimizar la desviación y los artefactos de la línea de base son esenciales.

Los registros de FPG pueden ser de ayuda para confirmar un ritmo y FC normales en pacientes sintomáticos con muy baja probabilidad de que los síntomas sean causados por arritmias. Cualquier arritmia detectada usando registros de FPG debe confirmarse mediante un ECG de 12 derivaciones si es posible o un dispositivo basado en ECG cuando el ECG de 12 derivaciones no está disponible o la duración de la arritmia no permite un registro basado en ECG. Sin embargo, incluso un ritmo regular con FC dentro de límites normales no descarta completamente la posibilidad de arritmias regulares (como *flutter* o taquicardia auricular con FC controlada), por lo que, en caso de duda, se debe siempre confirmar mediante un ECG.

5.3.2 Deportista asintomático

Los deportistas han sido de los primeros en adoptar las nuevas tecnologías digitales guiar su entrenamiento. Sin embargo, es importante destacar que el uso de estos dispositivos para identificar o monitorizar eventos en deportistas sanos y asintomáticos, incluso con fines de valoración previa a la participación (*screening*), puede estar asociado con más daños que beneficios.

Es importante tener en cuenta que la gran mayoría de las arritmias detectadas en deportistas asintomáticos sanos son de



naturaleza benigna y que investigarlas en exceso puede dar lugar a complicaciones no deseadas e injustificadas. El riesgo de muerte súbita cardiaca en deportistas es de ~1 en 100 000 por persona-año (Landry et al., 2017), mientras que los ECG anormales se identifican a una tasa de 2 a 10 %, lo que produce un valor predictivo positivo muy pequeño (0,001-0,05 %) (Fuller et al., 2016). No hay datos sobre la incidencia de hallazgos anómalos sugestivos de riesgo potencial de muerte súbita en relación con el uso de dispositivos portátiles. La detección de FA a menudo se considera un diagnóstico relevante. Sin embargo, descubrir la FA asintomática en una persona con bajo riesgo de accidente cerebrovascular no tiene una utilidad comprobada (la mayoría de los deportistas son menores de 65 años) (Frederix et al., 2019). Los dispositivos basados en registro de ECG también pueden generar falsos positivos y la tasa parece mayor con el uso de dispositivos de ECG portátiles pocas derivaciones y tecnología FPG. El deportista al que se le identifica alguna alteración por la medición de FC o registro ECG, como consecuencia, puede ser sometido a pruebas o terapias con beneficio limitado o nulo o, en el peor de los casos, provocar efectos adversos. Por otro lado, pueden producirse daños psicológicos que varían desde la ansiedad hasta la depresión en los deportistas descalificados. Incluso entre los deportistas identificados como "verdaderos positivos", los trastornos diagnosticados pueden no estar asociados con un mayor riesgo de muerte súbita cardiaca o los riesgos pueden no ser modificables mediante la intervención.

En deportistas asintomáticos que se consideran de alto riesgo de muerte súbita de acuerdo con la historia personal o familiar y la exploración física, el ECG de 12 derivaciones es la herramienta de elección. La utilidad de los dispositivos de ECG portátiles en este contexto está limitada por tratarse habitualmente de una única derivación y existir dificultades para la monitorización continua del ECG durante el ejercicio.

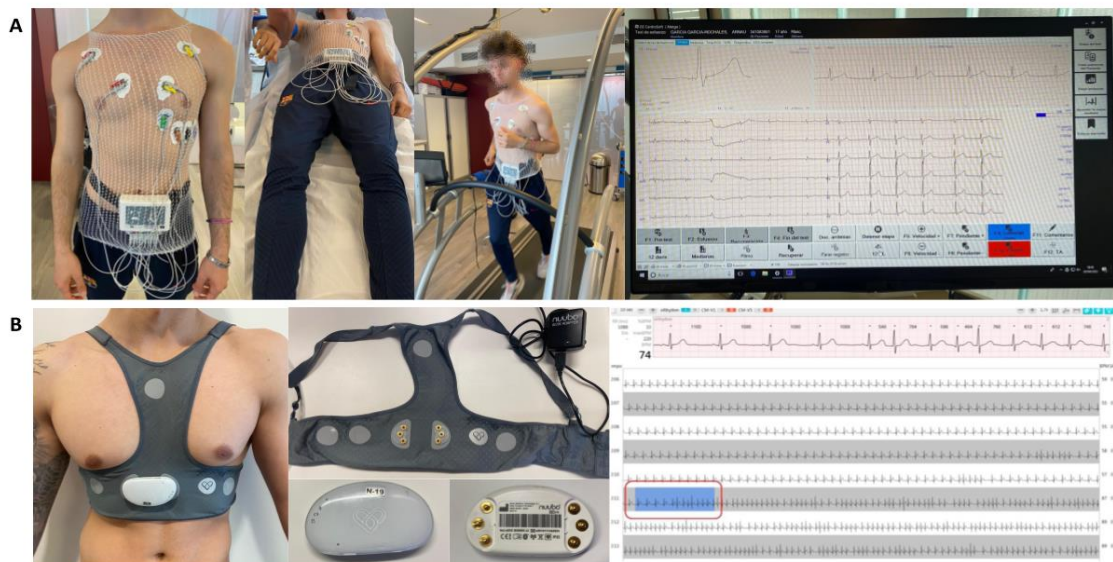
5.3.3 Monitorización de deportistas con trastornos del ritmo

La práctica deportiva produce una serie de adaptaciones morfológicas y funcionales cardíacas que pueden dar lugar a trastornos del ritmo, algunos de ellos benignos y otros no. En individuos con arritmias detectadas, más allá de un estudio dirigido, puede ser interesante evaluar su comportamiento



durante el ejercicio. En estos casos, la prueba de esfuerzo puede ser insuficiente para reproducir las condiciones de la práctica deportiva habitual (figura 4). Los dispositivos inteligentes son una herramienta útil para la monitorización del ritmo en pacientes con arritmias conocidas (por ejemplo, en pacientes con extrasistolia ventricular, valorar la carga y complejidad en relación con la actividad física o bien, recurrencias de fibrilación auricular u otras arritmias en individuos sometidos a ablación).

Figura 4: Monitorización de deportistas con trastornos del ritmo mediante prueba de esfuerzo (A) y biotextil con capacidad de registro electrocardiográfico (B)



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la monitorización del ritmo "en el campo" mediante esta tecnología puede ser de utilidad para ajustar la programación en pacientes con dispositivos cardiacos implantables (marcapasos o desfibriladores).

5.3.4 Monitorización para la prevención de muerte súbita cardiaca

Los dispositivos portátiles pueden potencialmente jugar un papel en la monitorización "en tiempo real" de arritmias potencialmente mortal durante las competiciones deportivas para permitir el despliegue rápido y específico de los esfuerzos de reanimación. Un estudio de prueba de concepto ha demostrado que



esto es factible (Spethmann et al., 2014). Dada la extrema rareza de tales eventos (1 en 100-200 000 participantes de maratón, por ejemplo), la sostenibilidad económica y la practicidad de tal enfoque (es decir, equipar a todos los atletas con el dispositivo) frente a la colocación preventiva de desfibriladores externos automáticos (DEA) y personal en instalaciones deportivas aún no se ha establecido y probablemente seguirá modificándose a medida que cambien el precio y la disponibilidad de estos dispositivos (Reagan et al., 2019).

5.3.5 Resultados y comparación de tecnologías

A pesar de que muchos de los dispositivos portátiles con detección de FC y ECG han sido validados en estudios independientes, disponemos de pocos datos que los comparen entre ellos y, aún menos, en el ámbito de la práctica deportiva. En general, los estudios de validación sugieren que los dispositivos de banda torácica de gama alta tienen un rendimiento superior (precisión de $>0,90$) en comparación con los dispositivos de muñeca basados en FPG (rango de precisión muy variable, $0,36-0,99$) (Pasadyn et al., 2019; Gillinov et al., 2017; Boudreaux et al., 2018; Hettiarachchi et al., 2019; Bunn et al., 2019). Además, la precisión varía en función del tipo e intensidad del ejercicio (Boudreaux et al., 2019; Bunn et al., 2019).

Hay que resaltar que, en la mayoría de los estudios de validación de cada dispositivo, se excluyeron los trazados no concluyentes para calcular la sensibilidad y la especificidad. En un análisis "por intención de analizar", que proporciona una imagen más realista del potencial de diagnóstico de estas pruebas, se observa una reducción drástica de la sensibilidad y la especificidad, con valores que pueden ser $< 50 \%$ en algún caso (Mannhart et al., 2023). Esto es especialmente relevante si se tiene en cuenta que la tasa de registros no concluyentes oscila en torno al $20-30 \%$ (Mannhart et al., 2023; William et al., 2018; Seshadri et al., 2020; Ford et al., 2022; Bumgarner et al., 2018), principalmente debida a la presencia de bradicardia, taquicardia o artefactos (ruido) como el que puede aparecer por movimiento de la línea de base durante la actividad física. Esto sugiere que el diagnóstico automatizado no es suficiente para la toma de decisiones clínicas y es importante la verificación de los registros por un profesional experimentado.



Unidad 5.3 Conclusión

Los dispositivos portátiles abarcan una variedad de tecnologías con diferentes aplicaciones potenciales dentro de la población deportista. A la hora de escoger un tipo, es necesario tener en cuenta su disponibilidad, precisión y fiabilidad en función del uso para el que se requiere. Es necesario un enfoque centrado en el deportista cuando se consideran los beneficios y riesgos individuales asociados con el uso de dispositivos portátiles con fines de monitorización cardiaca. Por otro lado, hay que tener en cuenta que la tecnología subyacente seguirá progresando y, por lo tanto, la utilidad de estos dispositivos seguirá siendo dinámica.

Referencias

- Apple.** (2021, 26 de mayo). *ECG app and irregular rhythm notification now available on Apple Watch.* <https://www.apple.com/au/newsroom/2021/05/ecg-app-and-irregular-rhythm-notification-now-available-on-apple-watch/>
- Arogamam, G., Manivannan, N. y Harrison, D.** (2019). Review on Wearable Technology Sensors Used in Consumer Sport Applications. En *Sensors (Basel, Switzerland)*, 19(9), 1983. <https://doi.org/10.3390/s19091983>
- Barrett, P. M., Komatireddy, R., Haaser, S., Topol, S., Sheard, J., Encinas, J., Fought, A. J. y Topol, E. J.** (2014). Comparison of 24-hour Holter monitoring with 14-day novel adhesive patch electrocardiographic monitoring. En *The American journal of medicine*, 127(1), 95.e11-95.e9.5E17. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2013.10.003>
- Boudreaux, B. D., Hebert, E. P., Hollander, D. B., Williams, B. M., Cormier, C. L., Naquin, M. R., Gillan, W. W., Gusew, E. E., & Kraemer, R. R.** (2018). Validity of Wearable Activity Monitors during Cycling and Resistance Exercise. En *Medicine and science in sports and exercise*, 50(3), pp. 624-633. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001471>
- Breen, M., Reed, T., Breen, H. M., Osborne, C. T. y Breen, M. S.** (2022). Integrating Wearable Sensors and Video to Determine Microlocation-Specific Physiologic and Motion



- Biometrics-Method Development for Competitive Climbing. En *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(16), 6271. <https://doi.org/10.3390/s22166271>
- Brito, R., Mondouagne, L. P., Stettler, C., Combescure, C. y Burri, H.** (2018). Automatic atrial fibrillation and flutter detection by a handheld ECG recorder, and utility of sequential finger and precordial recordings. En *Journal of electrocardiology*, 51(6), pp. 1135-1140. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2018.10.093>
- Bumgarner, J. M., Lambert, C. T., Hussein, A. A., Cantillon, D. J., Baranowski, B., Wolski, K., Lindsay, B. D., Wazni, O. M. y Tarakji, K. G.** (2018). Smartwatch Algorithm for Automated Detection of Atrial Fibrillation. En *Journal of the American College of Cardiology*, 71(21), pp. 2381-2388. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.03.003>
- Bunn, J., Wells, E., Manor, J. y Webster, M.** (2019). Evaluation of Earbud and Wristwatch Heart Rate Monitors during Aerobic and Resistance Training. En *International journal of exercise science*, 12(4), pp. 374-384.
- Chan, P. H., Wong, C. K., Poh, Y. C., Pun, L., Leung, W. W., Wong, Y. F., Wong, M. M., Poh, M. Z., Chu, D. W. y Siu, C. W.** (2016). Diagnostic Performance of a Smartphone-Based Photoplethysmographic Application for Atrial Fibrillation Screening in a Primary Care Setting. En *Journal of the American Heart Association*, 5(7), e003428. <https://doi.org/10.1161/JAHA.116.003428>
- Cosoli, G., Antognoli, L., Veroli, V. y Scalise, L.** (2022). Accuracy and Precision of Wearable Devices for Real-Time Monitoring of Swimming Athletes. En *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(13), 4726. <https://doi.org/10.3390/s22134726>
- Desteghe, L., Raymaekers, Z., Lutin, M., Vijgen, J., Dilling-Boer, D., Koopman, P., Schurmans, J., Vanduyhoven, P., Dendale, P. y Heidbuchel, H.** (2017). Performance of handheld electrocardiogram devices to detect atrial fibrillation in a cardiology and geriatric ward setting. En *Europace: European pacing, arrhythmias, and cardiac electrophysiology: journal of the working groups on cardiac pacing, arrhythmias, and cardiac cellular electrophysiology of the European Society of Cardiology*, 19(1), pp. 29-39. <https://doi.org/10.1093/europace/euw025>
- Dörr, M., Nohturfft, V., Brasier, N., Bosshard, E., Djurdjevic, A., Gross, S., Raichle, C. J., Rhinisperger, M., Stöckli,**



- R., & Eckstein, J.** (2019). The WATCH AF Trial: SmartWATCHes for Detection of Atrial Fibrillation. *JACC. En Clinical electrophysiology*, 5(2), pp. 199-208. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2018.10.006>
- Fanous, Y. y Dorian, P.** (2021). Wearables for cardiac monitoring in athletes: precious metal or fool's gold?. En *European heart journal. Digital health*, 2(3), pp. 358-360. <https://doi.org/10.1093/ehjdh/ztab056>
- Ford, C., Xie, C. X., Low, A., Rajakariar, K., Koshy, A. N., Sajeev, J. K., Roberts, L., Pathik, B. y Teh, A. W.** (2022). Comparison of 2 Smart Watch Algorithms for Detection of Atrial Fibrillation and the Benefit of Clinician Interpretation: SMART WARS Study. En *JACC. Clinical electrophysiology*, 8(6), pp. 782-791. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2022.02.013>
- Fouassier, D., Roy, X., Blanchard, A. y Hulot, J. S.** (2020). Assessment of signal quality measured with a smart 12-lead ECG acquisition T-shirt. En *Annals of noninvasive electrocardiology: the official journal of the International Society for Holter and Noninvasive Electrocardiology, Inc*, 25(1), e12682. <https://doi.org/10.1111/anec.12682>
- Frederix, I., Caiani, E. G., Dendale, P., Anker, S., Bax, J., Böhm, A., Cowie, M., Crawford, J., de Groot, N., Dilaveris, P., Hansen, T., Koehler, F., Krstačić, G., Lambrinou, E., Lancellotti, P., Meier, P., Neubeck, L., Parati, G., Piotrowicz, E., Tubaro, M., van der Velde, E.** (2019). ESC e-Cardiology Working Group Position Paper: Overcoming challenges in digital health implementation in cardiovascular medicine. En *European journal of preventive cardiology*, 26(11), pp. 1166-1177. <https://doi.org/10.1177/2047487319832394>
- Friberg, L., Engdahl, J., Frykman, V., Svennberg, E., Levin, L. Å. y Rosenqvist, M.** (2013). Population screening of 75- and 76-year-old men and women for silent atrial fibrillation (STROKESTOP). En *Europace: European pacing, arrhythmias, and cardiac electrophysiology: journal of the working groups on cardiac pacing, arrhythmias, and cardiac cellular electrophysiology of the European Society of Cardiology*, 15(1), pp. 135-140. <https://doi.org/10.1093/europace/eus217>
- Fuller, C., Scott, C., Hug-English, C., Yang, W., & Pasternak, A.** (2016). Five-Year Experience with Screening Electrocardiograms in National Collegiate Athletic



- Association Division I Athletes. En *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 26(5), pp. 369-375. <https://doi.org/10.1097/JSM.000000000000038>
- Gajda, R., Biernacka, E. K. y Drygas, W.** (2018). Are heart rate monitors valuable tools for diagnosing arrhythmias in endurance athletes? En *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(2), pp. 496-516. <https://doi.org/10.1111/sms.12917>
- Gajda, R.** (2020). Is Continuous ECG Recording on Heart Rate Monitors the Most Expected Function by Endurance Athletes, Coaches, and Doctors? En *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 10(11), 867. <https://doi.org/10.3390/diagnostics10110867>
- Gillinov, S., Etiwy, M., Wang, R., Blackburn, G., Phelan, D., Gillinov, A. M., Houghtaling, P., Javadikasgari, H. y Desai, M. Y.** (2017). Variable Accuracy of Wearable Heart Rate Monitors during Aerobic Exercise. En *Medicine and science in sports and exercise*, 49(8), pp. 1697-1703. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001284>
- Hettiarachchi, I. T., Hanoun, S., Nahavandi, D. y Nahavandi, S.** (2019). Validation of Polar OH1 optical heart rate sensor for moderate and high intensity physical activities. En *PloS one*, 14(5), e0217288. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217288>
- Kane, S. A., Blake, J. R., McArdle, F. J., Langley, P. y Sims, A. J.** (2016). Opportunistic detection of atrial fibrillation using blood pressure monitors: a systematic review. En *Open heart*, 3(1), e000362. <https://doi.org/10.1136/openhrt-2015-000362>
- Landry, C. H., Allan, K. S., Connelly, K. A., Cunningham, K., Morrison, L. J., Dorian, P. y Rescu Investigators.** (2017). Sudden Cardiac Arrest during Participation in Competitive Sports. En *The New England journal of medicine*, 377(20), pp. 1943-1953. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1615710>
- Mannhart, D., Lischer, M., Knecht, S., du Fay de Lavallaz, J., Strebel, I., Serban, T., Vögeli, D., Schaer, B., Osswald, S., Mueller, C., Kühne, M., Sticherling, C. y Badertscher, P.** (2023). Clinical Validation of 5 Direct-to-Consumer Wearable Smart Devices to Detect Atrial Fibrillation: BASEL Wearable Study. *JACC*. En *Clinical electrophysiology*, 9(2), pp. 232-242. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2022.09.011>



- Muggeridge, D. J., Hickson, K., Davies, A. V., Giggins, O. M., Megson, I. L., Gorely, T. y Crabtree, D. R.** (2021). Measurement of Heart Rate Using the Polar OH1 and Fitbit Charge 3 Wearable Devices in Healthy Adults During Light, Moderate, Vigorous, and Sprint-Based Exercise: Validation Study. En *JMIR mHealth and uHealth*, 9(3), e25313. <https://doi.org/10.2196/25313>
- Navalta, J. W., Montes, J., Bodell, N. G., Salatto, R. W., Manning, J. W. y DeBeliso, M.** (2020). Concurrent heart rate validity of wearable technology devices during trail running. En *PloS one*, 15(8), e0238569. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238569>
- Navalta, J. W., Ramirez, G. G., Maxwell, C., Radzak, K. N. y McGinnis, G. R.** (2020). Validity and Reliability of Three Commercially Available Smart Sports Bras during Treadmill Walking and Running. En *Scientific Reports*, 10(1), 7397. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64185-z>
- Nunan, D., Donovan, G., Jakovljevic, D. G., Hodges, L. D., Sandercock, G. R. y Brodie, D. A.** (2009). Validity and reliability of short-term heart-rate variability from the Polar S810. En *Medicine and science in sports and exercise*, 41(1), pp. 243-250. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318184a4b1>
- Pagola, J., Juega, J., Francisco-Pascual, J., Moya, A., Sanchis, M., Bustamante, A., Penalba, A., Usero, M., Cortijo, E., Arenillas, J. F., Calleja, A. I., Sandin-Fuentes, M., Rubio, J., Mancha, F., Escudero-Martinez, I., Moniche, F., de Torres, R., Pérez-Sánchez, S., González-Matos, C. E., Vega, Á., Pedrote, A. A., Arana-Rueda, E., Montaner, J., Molina, C. A. y CryptoAF investigators.** (2018). Yield of atrial fibrillation detection with Textile Wearable Holter from the acute phase of stroke: Pilot study of Crypto-AF registry. En *International journal of cardiology*, 251, pp. 45-50. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.10.063>
- Pasadyn, S. R., Soudan, M., Gillinov, M., Houghtaling, P., Phelan, D., Gillinov, N., Bittel, B. y Desai, M. Y.** (2019). Accuracy of commercially available heart rate monitors in athletes: a prospective study. En *Cardiovascular diagnosis and therapy*, 9(4), pp. 379-385. <https://doi.org/10.21037/cdt.2019.06.05>
- Patel, U. K., Malik, P., Patel, N., Patel, P., Mehta, N., Urhoghide, E., Aedma, S., Chakinala, R. C., Shah, S. y Arumaithurai, K.** (2021). Newer Diagnostic and Cost-Effective Ways to Identify Asymptomatic Atrial Fibrillation



- for the Prevention of Stroke. En *Cureus*, 13(1), e12437.
<https://doi.org/10.7759/cureus.12437>
- Reagan, J., Moulson, N., Velghe, J., Cater, C., Taylor, T., Isserow, S. y McKinney, J.** (2019). Automated External Defibrillator and Emergency Action Plan Preparedness Amongst Canadian University Athletics. En *The Canadian journal of cardiology*, 35(1), pp. 92-95.
<https://doi.org/10.1016/j.cjca.2018.10.012>
- Research and Markets.** (2020, 24 de junio). Global Wearable Computing Devices Market (2020 to 2025) - Growth, Trends & Forecasts [traducción propia]. *Globe News Wire*.
<https://www.globenewswire.com/news-release/2020/06/24/2052588/0/en/Global-Wearable-Computing-Devices-Market-2020-to-2025-Growth-Trends-Forecasts.html>
- Ruiz-Alias, S. A., Marcos-Blanco, A., Clavero-Jimeno, A., García-Pinillos, F.** (2022). Examining weekly heart rate variability changes: a comparison between monitoring methods. En *Sports Engineering*, 25(7).
<https://doi.org/10.1007/s12283-022-00371-8>
- Schaffarczyk, M., Rogers, B., Reer, R. y Gronwald, T.** (2022). Validity of the Polar H10 Sensor for Heart Rate Variability Analysis during Resting State and Incremental Exercise in Recreational Men and Women. En *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(17), 6536.
<https://doi.org/10.3390/s22176536>
- Sequeira, N., D'Souza, D., Angaran, P., Aves, T. y Dorian, P.** (2020). Common wearable devices demonstrate variable accuracy in measuring heart rate during supraventricular tachycardia. En *Heart rhythm*, 17(5, pt. B), pp. 854-859.
<https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2020.02.018>
- Seshadri, D. R., Li, R. T., Voos, J. E., Rowbottom, J. R., Alfes, C. M., Zorman, C. A. y Drummond, C. K.** (2019). Wearable sensors for monitoring the internal and external workload of the athlete. En *NPJ digital medicine*, 2, 71.
<https://doi.org/10.1038/s41746-019-0149-2>
- Seshadri, D. R., Bittel, B., Browsky, D., Houghtaling, P., Drummond, C. K., Desai, M. Y. y Gillinov, A. M.** (2020). Accuracy of Apple Watch for Detection of Atrial Fibrillation. En *Circulation*, 141(8), pp. 702-703.
<https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.119.044126>
- Spethmann, S., Prescher, S., Dreger, H., Nettleau, H., Baumann, G., Knebel, F. y Koehler, F.** (2014). Electrocardiographic monitoring during marathon running: a proof of feasibility



for a new telemedical approach. En *European journal of preventive cardiology*, 21(2 Suppl), pp. 32-37.
<https://doi.org/10.1177/2047487314553736>

- Svennberg, E., Friberg, L., Frykman, V., Al-Khalili, F., Engdahl, J. y Rosenqvist, M.** (2021). Clinical outcomes in systematic screening for atrial fibrillation (STROKESTOP): a multicentre, parallel group, unmasked, randomised controlled trial. En *Lancet (London, England)*, 398(10310), pp. 1498-1506. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01637-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01637-8)
- Svennberg, E., Tjong, F., Goette, A., Akoum, N., Di Biase, L., Bordachar, P., Boriani, G., Burri, H., Conte, G., Deharo, J. C., Deneke, T., Drossart, I., Duncker, D., Han, J. K., Heidbuchel, H., Jais, P., de Oliveira Figueiredo, M. J., Linz, D., Lip, G. Y. H., Malaczynska-Rajpold, K., Márquez, M., Ploem, C., Soejima, K., Stiles, M. K., Wierda, E., Vernooy, K., Leclercq, C., Meyer, C., Pisani, C., Nam Pak, H., Gupta, D., Pürerfellner, H., Crijns, H. J. G. M., Antezana Chavez, E., Willems, S., Waldmann, V., Dekker, L., Wan, E., Kavoor, P., Turagam, M. K., Sinner, M.** (2022). How to use digital devices to detect and manage arrhythmias: an EHRA practical guide. En *Europace: European pacing, arrhythmias, and cardiac electrophysiology: journal of the working groups on cardiac pacing, arrhythmias, and cardiac cellular electrophysiology of the European Society of Cardiology*, 24(6), pp. 979-1005.
<https://doi.org/10.1093/europace/euac038>
- Tison, G. H., Sanchez, J. M., Ballinger, B., Singh, A., Olgin, J. E., Pletcher, M. J., Vittinghoff, E., Lee, E. S., Fan, S. M., Gladstone, R. A., Mikell, C., Sohoni, N., Hsieh, J. y Marcus, G. M.** (2018). Passive Detection of Atrial Fibrillation Using a Commercially Available Smartwatch. En *JAMA cardiology*, 3(5), pp. 409-416.
<https://doi.org/10.1001/jamacardio.2018.0136>
- Turakhia, M. P., Hoang, D. D., Zimetbaum, P., Miller, J. D., Froelicher, V. F., Kumar, U. N., Xu, X., Yang, F. y Heidenreich, P. A.** (2013). Diagnostic utility of a novel leadless arrhythmia monitoring device. En *The American journal of cardiology*, 112(4), pp. 520-524.
<https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2013.04.017>
- William, A. D., Kanbour, M., Callahan, T., Bhargava, M., Varma, N., Rickard, J., Saliba, W., Wolski, K., Hussein, A., Lindsay, B. D., Wazni, O. M. y Tarakji, K. G.** (2018). Assessing the accuracy of an automated atrial fibrillation



detection algorithm using smartphone technology: The iREAD Study. En *Heart rhythm*, 15(10), pp. 1561-1565. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2018.06.037>

Yong, T. H. y Tan, D. Y. W. (2017). Preliminary investigation of movement-heart rate relationship using kinect-based badminton performance analysis. En *International Conference on Robotics, Automation and Sciences (ICORAS)*, pp. 1-5. <http://dx.doi.org/10.1109/ICORAS.2017.8308052>

