

# Gestión del estrés: Dispositivos Ambulatorios y HRV

Dra. Bioing. María Paula Bonomini

28 de septiembre de 2023

## 1. Introducción

Los efectos nocivos del estrés crónico en la salud física y mental han dado lugar a una creciente demanda de herramientas y técnicas que ayuden a las personas a controlar y aliviar los niveles de estrés. Aquí es donde la integración del análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) en los smartwatches ha acaparado la atención. La VFC, que mide la variación de los intervalos de tiempo entre latidos consecutivos, es un indicador de la actividad del sistema nervioso autónomo ?. Ha sido ampliamente estudiada y reconocida como una métrica valiosa para evaluar niveles de estrés, estados emocionales y bienestar general. Mediante el uso de sensores ópticos y algoritmos avanzados, los smartwatches pueden capturar y analizar datos de VFC, proporcionando a los usuarios información sobre sus niveles de estrés y ofreciendo intervenciones para gestionar y reducir el estrés de forma eficaz. La integración de funciones de gestión del estrés basadas en el análisis de la VFC ha posicionado a los smartwatches como dispositivos de bienestar holístico. Al combinar las funciones de seguimiento de la forma física, comunicación y gestión del estrés, estos dispositivos tienen el potencial de ayudar a las personas a mantener un estilo de vida saludable y se han convertido en una solución prometedora en la intersección de la tecnología y la salud personal. La variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) es la fluctuación en los intervalos de tiempo entre latidos consecutivos, también conocidos como intervalos R-R, medidos mediante electrocardiografía (ECG) o sensores ópticos. Refleja el equilibrio dinámico entre las ramas simpática y parasimpática del sistema nervioso autónomo (SNA), que regula las respuestas fisiológicas de nuestro organismo a los factores estresantes ?. El SNA desempeña un papel crucial en la modulación del estrés regulando la frecuencia cardiaca, la presión sanguínea, la respiración y otras funciones vitales. La rama simpática del SNA es responsable de la respuesta de "lucha o huida", que activa el cuerpo para hacer frente al estrés, mientras que la rama parasimpática promueve la relajación y la digestión ?. Cuando las personas experimentan estrés agudo o crónico, la rama simpática del SNA se vuelve dominante, lo que provoca un aumento de la frecuencia cardiaca y una disminución de la VFC. Por el contrario, durante los periodos de relajación y recuperación, predomina la rama parasimpática, lo que provoca una disminución de la frecuencia cardiaca y un aumento de la VFC ?. Por lo tanto, una VFC más alta se asocia generalmente a una respuesta al estrés más adaptativa y a un mayor bienestar general. El análisis de la VFC proporciona información valiosa sobre el estado fisiológico de una persona, incluidos sus niveles de estrés, sus estados emocionales y su equilibrio autonómico. Mediante el seguimiento continuo de la VFC a lo largo del día, estos dispositivos pueden proporcionar información en tiempo real sobre los niveles de estrés y sugerir intervenciones personalizadas para ayudar a los usuarios a regular su respuesta al estrés. Estas intervenciones pueden incluir ejercicios de respiración, meditaciones guiadas, indicaciones de atención plena o recomendaciones

de actividades adaptadas a las necesidades de cada persona. Además, si se comparan los patrones de VFC antes y después de aplicar técnicas de reducción del estrés, las personas pueden evaluar objetivamente el impacto de las distintas estrategias y tomar decisiones informadas sobre qué métodos funcionan mejor para ellas y les ayudan a mejorar su autoconciencia, adoptar mecanismos de afrontamiento más saludables y, en última instancia, llevar una vida más equilibrada y resistente al estrés ?.

## 2. VFC y gestión del estrés

Aunque el automatismo cardiaco es intrínseco los nodos sinusal y auriculoventricular del corazón, la frecuencia cardiaca (FC) está en gran medida bajo el control del SNA. La FC está controlada por la acción equilibrada de las ramas del SNS y el SNP. La influencia parasimpática sobre la FC está mediada por la liberación de acetilcolina del nervio vago. Los receptores muscarínicos de acetilcolina responden a esta liberación aumentando la conductancia  $K^+$  de la membrana celular ?. La influencia simpática sobre la FC está mediada por la liberación de epinefrina y norepinefrina. El aumento del SNS o la disminución de la actividad del SNP provocan una cardioaceleración, mientras que la disminución del SNS o el aumento de la actividad del SNP provocan una cardiodesaceleración ?. El SNS actúa principalmente sobre los músculos ventriculares y aumenta su contractilidad. Además, el SNS aumenta la frecuencia de excitación, la velocidad de conducción de la excitación y la excitabilidad del nódulo sinoauricular (SA). Cuando el SNS se estimula al máximo, la magnitud de la FC y la contractilidad pueden triplicarse y duplicarse, respectivamente. El SNP actúa principalmente sobre los nódulos SA y auriculoventricular (AV) para reducir la FC. La actividad vagal y simpática interactúan constantemente. Como el nodo SA es rico en acetilcolinesterasa, el efecto del impulso vagal es breve, debido a la rápida hidrólisis de la acetilcolina ?. En condiciones de reposo, el tono vagal prevalece sobre la actividad simpática, y las variaciones del periodo cardiaco dependen en gran medida de la modulación vagal. Cuando se suprimen el SNS y el SNP, la FC aumenta por encima de las tasas de estado estacionario. La dominancia vagal se produce cuando el nervio vago, que es un nervio parasimpático en estado estable, es más activo que los nervios simpáticos. La disregulación del control nervioso autónomo del sistema cardiovascular se asocia con un aumento del tono simpático y una reducción del tono parasimpático, y desempeña un papel importante en la enfermedad arterial coronaria y en la génesis de arritmias ventriculares potencialmente letales. Las contribuciones rítmicas separadas de la actividad autonómica simpática y parasimpática modulan los intervalos FC del complejo QRS en el electrocardiograma (ECG) a frecuencias distintas. En este contexto, el grado de variabilidad de la FC proporciona información sobre el funcionamiento del control nervioso sobre la FC y la capacidad de respuesta del corazón. Dado que el corazón no es un metrónomo y sus latidos son irregulares, la VFC es normal y esperable. Además, la VFC indica la capacidad del corazón para responder a múltiples acontecimientos fisiológicos y ambientales (por ejemplo, la respiración, el ejercicio físico, el estrés mental, los cambios hemodinámicos y metabólicos, y el sueño y el ortostatismo) y compensar los trastornos inducidos por enfermedades ?????. La siguiente tabla resume los principales trabajos reportando distintos índices de la VFC en relación al estrés.

### 2.1. Índices de VFC aplicados a la detección de estrés

La HRV es una medida importante que se ha utilizado en numerosos estudios para evaluar el estrés y la salud en general. Aquí tienes una revisión de algunos índices de HRV utilizados en la

detección del estrés, junto con algunas referencias clave hasta mi última actualización en septiembre de 2021:

1. RMSSD (Root Mean Square of Successive Differences): Este índice mide la raíz cuadrada de la media de las diferencias al cuadrado entre los intervalos de tiempo sucesivos entre latidos del corazón. Se ha encontrado que RMSSD disminuye en situaciones de estrés. ?
2. SDNN (Standard Deviation of NN intervals): SDNN mide la variabilidad total entre los intervalos de latidos del corazón. Una disminución en SDNN puede indicar un aumento en la actividad del sistema nervioso simpático, que está relacionado con el estrés. ?
3. LF/HF Ratio (Low Frequency/High Frequency Ratio): Este índice compara la potencia en las bandas de baja frecuencia (LF) y alta frecuencia (HF) de la HRV. Un aumento en el LF/HF ratio se ha asociado con el estrés. ?
4. ApEn (Approximate Entropy): ApEn mide la regularidad de los intervalos entre latidos del corazón. Se ha utilizado para detectar cambios en la HRV relacionados con el estrés. ?
5. HRV Triangular Index: Este índice se calcula a partir del histograma de los intervalos entre latidos del corazón y proporciona una medida de la variabilidad de la HRV. ?
6. SampEn (Sample Entropy): Similar a ApEn, SampEn mide la regularidad de la HRV, pero utiliza un enfoque diferente en el cálculo de la entropía. ?

### 3. Principio de medición

Los smartwatches detectan y analizan la VFC mediante fotoplethysmografía. Generalmente, en su parte inferior contienen sensores ópticos de frecuencia cardíaca que tocan la piel del usuario. Unos LED iluminan la piel y unos fotodiodos detectan la luz reflejada. Los LED envían luz a la piel, que los vasos sanguíneos absorben y los fotodiodos reflejan. Los fotodiodos detectan los cambios de intensidad de la luz inducidos por la sangre. El pulso del usuario se muestra como una señal PPG. Los relojes inteligentes utilizan la señal PPG para calcular la frecuencia cardíaca analizando el periodo entre latidos. Los relojes inteligentes muestran los datos de la frecuencia cardíaca en tiempo real. Los algoritmos analizan la señal PPG sin procesar y obtienen datos de la VFC en los relojes inteligentes. La monitorización de la VFC se basa en las variaciones de los intervalos de pulso. Los relojes inteligentes pueden evaluar el estrés mediante la VFC y datos contextuales. Los algoritmos avanzados y los métodos de aprendizaje automático analizan los datos de VFC, los comparan con patrones establecidos y predicen los niveles de estrés en función de la línea de base y las desviaciones del individuo. Se pueden consultar las tendencias de la VFC, los niveles de estrés y las sugerencias de gestión del estrés. Los relojes inteligentes simplifican la monitorización de la VFC; sin embargo, su exactitud y precisión pueden variar. La calidad del sensor, el contacto con la piel, los artefactos de movimiento y el diseño del algoritmo afectan a la fiabilidad de los datos de VFC. El análisis clínico de la VFC puede requerir equipos médicos e interpretación profesional. Los relojes inteligentes son beneficiosos para la gestión del estrés, ya que tienen ventajas clave.

Cuadro 1: Resumen de estudios sobre evaluación de estrés y medidas de HRV

<b>Autores y Año</b>	<b>N</b>	<b>Evaluación de Estrés</b>	<b>Medidas de HRV</b>	<b>Índices con cambios (<math>p &lt; 0.05</math>)</b>
Kang et al. ? 2004	169	Cuestionario de Contenido de Trabajo	SDNN fue significativamente menor en el grupo de alto estrés en comparación con el grupo de bajo estrés. Sin embargo, no pudieron encontrar una asociación significativa en la relación LF/HF.	SDNN, RMSSD, LF, HF, VLF, LF/HF
Chandola et al. ? 2008	10308	Cuestionario de Estrés Laboral Autoreportado	Hubo una asociación entre el estrés laboral y la baja HRV para los participantes de todas las edades.	RR, LF, HF, SDNN
Clays et al. ? 2011	653	Cuestionario de Estrés Laboral	El índice de estresor laboral se asoció significativamente con un menor pNN50, una menor potencia HF y una mayor relación de potencia LF/HF.	HR, pNN50, SDNN, LF, HF LF/HF
Michels et al. ? 2013	334	Aspectos de estrés crónico autoinformado (eventos, emociones y problemas)	La baja HRV (menor actividad parasimpática) podría servir como indicador de estrés en niños.	RMSSD, pNN50, LF, HF, LFnu, HFnu LF/HF
Sin et al. ? 2016	909	Entrevistas telefónicas (afecto negativo y eventos estresantes menores informados)	La frecuencia del estrés no estaba relacionada con la HRV. Pero las personas con una reactividad afectiva más pronunciada a los estresores también tenían niveles más bajos de los tres índices de HRV.	SDNN, RMSSD, HF
Punita et al. ? 2016	150	Cuestionario de estrés de los estudiantes de medicina	Todos los índices de dominio de frecuencia se redujeron con el aumento de la intensidad del estrés, excepto LFnu, que aumentó significativamente.	TP, LF, HF, LFnu, HFnu, LF/HF, RR, SDNN, RMSSD, NN50, pNN50

## 4. Comparación de relojes inteligentes y aplicaciones móviles compatibles para controlar el estrés

Apple es la principal marca de smartwatches del mundo, con una cuota de mercado superior al 43 % en 2023. Samsung es la segunda marca líder, con una cuota de mercado del 12 %. Le siguen Fitbit y Garmin, con cuotas de mercado del 8 % y el 7 %, respectivamente. Polar tiene una cuota de mercado del 3 %. Otras marcas, como Huawei, Noise e imoo, conforman la cuota de mercado restante ?. El dominio de Apple en el mercado de los smartwatches se debe a su sólida reputación de marca, su amplia gama de funciones y su integración con el iPhone. Los smartwatches de Samsung son populares por su elegante diseño y su compatibilidad con los smartphones de Samsung. Los smartwatches de Garmin son conocidos por sus funciones de seguimiento de la actividad física, mientras que los de Fitbit son populares por sus funciones de seguimiento del sueño. Se espera que el mercado mundial de smartwatches crezca en los próximos años, a medida que más personas adopten estos dispositivos para el seguimiento de la forma física, la vigilancia de la salud y otros fines. En la Tabla 2, se presenta una comparación entre Apple, Garmin, Fitbit, Samsung, Polar smartwatch y EliteHRV para la monitorización de la VFC y el sistema de biorretroalimentación para la gestión del estrés. Casi todos los smartwatches de esta lista ofrecen seguimiento de la VFC y del estrés. Sin embargo, hay algunas diferencias en las funciones que ofrecen. Por ejemplo, el Apple Watch tiene una aplicación Breathe que puede ayudar a alguien a relajarse y reducir sus niveles de estrés. Los relojes Garmin tienen una puntuación de estrés que puede dar una indicación de los niveles generales de estrés de una persona. Los relojes Fitbit cuentan con diversas herramientas de gestión del estrés, como ejercicios de respiración guiada. Los relojes Samsung tienen una aplicación Calm que ofrece meditaciones guiadas y otras técnicas de relajación. Y los relojes Polar tienen un ejercicio de respiración serena que puede ayudar a alguien a ralentizar su respiración y aumentar la VFC. En términos de precisión, todos los smartwatches de esta lista se consideran buenos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la precisión de las mediciones de la VFC puede variar en función de varios factores, como la posición del cuerpo del usuario, la luz ambiental y el ajuste del reloj.

## 5. Limitaciones y perspectivas

Es importante tener en cuenta las limitaciones de los datos de VFC obtenidos a partir de relojes inteligentes. Una de ellas es la posibilidad de que las mediciones sean imprecisas. Los smartwatches pueden no proporcionar el mismo nivel de precisión que los dispositivos de grado médico debido a factores como la colocación del dispositivo, los artefactos de movimiento, los diferentes algoritmos y las limitaciones del sensor. Además, los algoritmos patentados no están sujetos al mismo escrutinio que los algoritmos de código abierto. Esto significa que existe un mayor riesgo de sesgo e imprecisión. Por lo tanto, aunque los smartwatches pueden ofrecer información valiosa, no deben considerarse un sustituto del asesoramiento médico profesional ni de las herramientas de diagnóstico ?. Otra limitación es la variabilidad individual de la VFC. Factores como la edad, el nivel de forma física y las condiciones de salud subyacentes pueden influir en la VFC, en una VFC anormalmente alta o baja en diferentes condiciones fisiopatológicas, y es posible que los smartwatches no siempre tengan en cuenta estas diferencias individuales ?. En consecuencia, es posible que las evaluaciones del estrés y las recomendaciones proporcionadas por los smartwatches no siempre se adapten a las circunstancias específicas de cada persona. Además, la interpretación contextual es crucial a la hora

Cuadro 2: Comparación de dispositivos y aplicaciones para la medición de HRV y gestión del estrés

Reloj	Señal	HRV	Estrés	Manejo de Estrés	(RMSSD, SDNN) y (HF, LF, LF/HF ratio)	Algoritmos
Apple Watch	HR, ECG, Respiration	Sí	Sí	Breathe app, Mindfulness app	Sí	Pan Tompkins algorithm, Hilbert transform
Garmin	HR, Respiration	Sí	Sí	Stress score, Body battery, Relaxation timer, Stress predictor	Sí	Pan Tompkins algorithm, Hilbert transform, Poincaré plot
Fitbit	HR, Respiration, Sleep	Sí	Sí	Stress level, Breathe app, Stress management app, Nightly recharge, Serene app, Recovery pro features	Sí	Pan Tompkins algorithm, Hilbert transform
Samsung	HR, Respiration, Sleep	Sí	Sí	Nightly recharge, Serene app, Recovery pro features	Sí	Pan Tompkins algorithm, Hilbert transform
Polar	HR, Respiration, Sleep, PA, Diet, Lifestyle factor	Sí	No especificado	No especificado	No especificado	Pan Tompkins algorithm, Hilbert transform
Elite HRV	HR, Respiration	Sí	Sí	Stress score, Breathing exercises, Meditation sessions, Sleep tracking, Recovery recommendations	Sí	Pan Tompkins algorithm, Hilbert transform, Poincaré plot

de analizar los datos de VFC. Las lecturas elevadas de VFC no indican necesariamente un estrés elevado, ya que otros factores como la actividad física o la excitación también pueden influir en la VFC. Es esencial tener en cuenta el contexto más amplio del estilo de vida y la salud general de una persona a la hora de interpretar los datos de VFC obtenidos de los smartwatches. Además, la percepción subjetiva desempeña un papel en la gestión del estrés. Aunque los datos de VFC pueden proporcionar una medida objetiva del estrés, no siempre coinciden con la experiencia subjetiva de estrés de una persona. Cada persona puede tener su propia forma de percibir y responder al estrés, que los datos de VFC por sí solos no pueden captar completamente. Por último, los relojes inteligentes con funciones de monitorización de la VFC ofrecen valiosos beneficios para la salud en la gestión del estrés. Proporcionan información en tiempo real, promueven la autoconciencia y ofrecen intervenciones para el control del estrés. Sin embargo, es importante reconocer las limitaciones de los datos de VFC obtenidos de los relojes inteligentes, incluidas las posibles imprecisiones, la variabilidad individual, la necesidad de interpretación contextual y la naturaleza subjetiva de la percepción del estrés. La integración de los datos del smartwatch con el asesoramiento médico profesional y la atención personalizada puede garantizar un enfoque integral y eficaz de la gestión del estrés. La futura dirección de las aplicaciones de los smartwatches para el control del estrés está llamada a aportar avances significativos y a tener valiosas implicaciones clínicas. A medida que la tecnología siga evolucionando, podemos anticipar funciones y capacidades más sofisticadas que mejoren la eficacia de las aplicaciones de gestión del estrés en los smartwatches. Un área de interés es la mejora de la precisión de las evaluaciones del estrés mediante el perfeccionamiento de las mediciones de la VFC a través de algoritmos avanzados y mejoras de los sensores. Aprovechando el aprendizaje automático y la inteligencia artificial, los smartwatches pueden analizar los datos de VFC en tiempo real, lo que permite una monitorización del estrés más precisa y personalizada. La integración de algoritmos de aprendizaje automático puede permitir que los relojes inteligentes aprendan patrones individuales, reconozcan perfiles únicos de respuesta al estrés y ofrezcan recomendaciones personalizadas para gestionarlo. Estas recomendaciones podrían incluir ejercicios de respiración guiados, técnicas de atención plena o indicaciones de relajación adaptativas basadas en las necesidades y preferencias específicas del usuario. Además, los relojes inteligentes podrían emplear mecanismos de biorretroalimentación que proporcionen información en tiempo real sobre la VFC y los niveles de estrés, ayudando a los usuarios a desarrollar técnicas de autorregulación eficaces. Las implicaciones clínicas de estos avances son significativas. Los relojes inteligentes equipados con potentes aplicaciones de gestión del estrés pueden ayudar a las personas a controlar y gestionar de forma proactiva sus niveles de estrés. Al conocer mejor sus respuestas al estrés y recibir intervenciones personalizadas, los usuarios pueden mitigar el impacto negativo del estrés crónico en su salud física y mental. Este enfoque proactivo de la gestión del estrés podría reducir el riesgo de enfermedades relacionadas con el estrés, como las cardiovasculares, los trastornos de ansiedad y el agotamiento. Además, debería incluir una mayor integración con los registros electrónicos de sus médicos para disponer de una mejor interpretación individual y cambios en el estilo de vida y, en los casos de ansiedad crónica persistente, un tratamiento cognitivo y médico dirigido. Además, la integración de los datos de los smartwatches en los entornos clínicos es prometedora para los profesionales sanitarios. Con el consentimiento y las medidas de privacidad adecuadas, los médicos podrían acceder a los datos de estrés de los pacientes desde sus relojes inteligentes para obtener información valiosa sobre sus niveles de estrés y patrones de respuesta. Estos datos pueden servir de base para las evaluaciones clínicas, los planes de tratamiento y la evaluación de la eficacia del tratamiento. Al incorporar los datos de los smartwatches al flujo de trabajo clínico, los profesionales sanitarios pueden ofrecer intervenciones de gestión del estrés más personalizadas y basadas en

pruebas.

## 6. Conclusiones

Los relojes inteligentes equipados con funciones de monitorización de la VFC desempeñan un valioso papel en diversas actividades y en la gestión del estrés. Estos dispositivos ofrecen una serie de funciones, como el seguimiento de la actividad, la monitorización de la frecuencia cardiaca, el seguimiento del sueño e intervenciones de gestión del estrés basadas en datos de VFC. Sus datos de VFC han proporcionado información muy útil de la salud personal en relación con el nivel de estrés, la autogestión de los factores de estrés y la comprensión del sueño y la salud personal. Al proporcionar información en tiempo real, fomentar el autoconocimiento y ofrecer técnicas personalizadas de gestión del estrés, los smartwatches permiten a las personas controlar y gestionar eficazmente sus niveles de estrés. Sin embargo, es importante reconocer las limitaciones de los datos de VFC obtenidos de los smartwatches, como la precisión, la variabilidad individual, la interpretación contextual y la naturaleza subjetiva de la percepción del estrés. La integración de los datos de VFC de los smartwatches con el asesoramiento médico profesional y la atención personalizada puede garantizar un enfoque integral y eficaz de la gestión del estrés. En general, los smartwatches.

## Referencias

- Shaffer F, Ginsberg JP. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Front Public Health*. 2017;5:258.
- Chu B, Marwaha K, Sanvictores T, Ayers D. *Physiology, stress reaction*. Treasure Island, FL, USA: StatPearls Publishing LLC.; 2022.
- Waxenbaum JA, Reddy V, Varacallo M. *Anatomy, autonomic nervous system*. Treasure Island, FL, USA: StatPearls Publishing LLC.; 2022.
- Pham T, Lau ZJ, Chen SHA, Makowski D. Heart Rate Variability in Psychology: A Review of HRV Indices and an Analysis Tutorial. *Sensors*. 2021;21:3998.
- Castro Ribeiro T, Sangrà PS, Pagès EG, Badiella L, López-Barbeito B, Aguiló S, et al. Assessing Effectiveness of Heart Rate Variability Biofeedback to Mitigate Mental Health Symptoms: A Pilot Study. *Front Physiol*. 2023;14:1147260.
- Osterrieder W, Noma A, Trautwein W. On the kinetics of the potassium channel activated by acetylcholine in the S-A node of the rabbit heart. *Pflügers Archiv*. 1980;386:101-9.
- Malik M, Camm AJ. *Heart Rate Variability*. Armonk, NY: Futura Pub. Co; 1995.
- Levy MN. Sympathetic-parasympathetic interactions in the heart. *Circ Res*. 1971;29:437-45.
- Caruana-Montaldo B, Gleeson K, Zwillich CW. The control of breathing in clinical practice. *Chest*. 2000;117:205-25.
- Tian K, Qin J, Huang L, Long M, Wu J, Yu S. The effect of aerobic and anaerobic endurance training on the regulating function of autonomic nervous system and its significance. *Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi*. 2006;23:1020-3.



- Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med.* 2003;33:889-919.
- Vanderlei LC, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2009;24:205-17.
- of the European Society of Cardiology TF, the North American Society of Pacing, Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation.* 1996;93(5):1043-65.
- Malik M. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use: Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Annals of Noninvasive Electrocardiology.* 1996;1(2):151-81.
- Pomeranz B, Macaulay RJ, Caudill MA, et al. Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. *American Journal of Physiology.* 1985;248(1 Pt 2):H151-3.
- Richman JS, Moorman JR. Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology.* 2000;278(6):H2039-49.
- Niskanen JP, Tarvainen MP, Ranta-Aho PO, Karjalainen PA. Software for advanced HRV analysis. *Computer Methods and Programs in Biomedicine.* 2004;76(1):73-81.
- Lake DE, Richman JS, Griffin MP, Moorman JR. Sample entropy analysis of neonatal heart rate variability. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology.* 2002;283(3):R789-97.
- Kang MG, Koh SB, Cha BS, Park JK, Woo JM, Chang SJ. Association between job stress on heart rate variability and metabolic syndrome in shipyard male workers. *Yonsei Med J.* 2004;45:838-46.
- Chandola T, Britton A, Brunner E, Hemingway H, Malik M, Kumari M, et al. Work stress and coronary heart disease: what are the mechanisms? *Eur Heart J.* 2008;29:640-8.
- Clays E, De Bacquer D, Crasset V, Kittel F, de Smet P, Kornitzer M, et al. The perception of work stressors is related to reduced parasympathetic activity. *International Archives of Occupational and Environmental Health.* 2011;84:185-91.
- Michels N, Sioen I, Clays E, De Buyzere M, Ahrens W, Huybrechts I, et al. Children's heart rate variability as a stress indicator: association with reported stress and cortisol. *Biological Psychology.* 2013;94:433-40.
- Sin NL, Sloan RP, McKinley PS, Almeida DM. Linking daily stress processes and laboratory-based heart rate variability in a national sample of midlife and older adults. *Psychosomatic Medicine.* 2016;78:573-82.
- Punita P, Saranya K, Kumar SS. Gender difference in heart rate variability in medical students and association with the level of stress. *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology.* 2016;6:431-7.
- Laricchia F. Cuota del mercato mundial de smartwatches 2020-2022, por proveedor; 2023. Consultado el 2 de junio de 2023. Available from: <https://www.statista.com/statistics/1296818/smartwatch-market-share/>.

- Alugubelli N, Abuissa H, Roka A. Wearable Devices for Remote Monitoring of Heart Rate and Heart Rate Variability-What We Know and What Is Coming. *Sensors*. 2022;22:8903.
- Föhr T, Tolvanen A, Myllymäki T, Järvelä-Reijonen E, Rantala S, Korpela R, et al. Estrés subjetivo, estrés objetivo basado en la variabilidad de la frecuencia cardíaca y recuperación en días laborables entre personas con sobrepeso y psicológicamente angustiadas: A cross-sectional study. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*. 2015;10:39.