

ANÁLISIS METODOLÓGICO DE LOS REGISTROS DE VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA.



Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

Universidad Miguel Hernández (2017-2018).

Alumno:

D. Pablo Grau Tudela.

Tutor académico:

D. Alejandro Javaloyes Torres.

ÍNDICE:

1. Introducción.....	3
2. Método.....	4
3. Resultados.....	4
3.1 Características de los artículos.....	4
4. Discusión.....	7
5. Propuesta de intervención.....	8
6. Bibliografía.....	8



1. Introducción.

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) consiste en la cuantificación de las fluctuaciones en los intervalos de ondas R a R, es decir, es el tiempo que pasa el latido entre ondas R (Michael, Graham, & Davis, 2017). La variabilidad de la frecuencia cardíaca es un reflejo del Sistema Nervioso Autónomo (SNA). Este sistema es el encargado de controlar las acciones involuntarias (digestión, latido del corazón, contracción de las pupilas) y además está constituido por dos ramas, las cuales desempeñan funciones opuestas: rama simpática y rama parasimpática o vagal (Navarro, 2002). La rama simpática, (relacionada con el estrés) es la encargada de estresar el sistema, provocando un aumento en la frecuencia cardíaca (FC) y una disminución de la VFC. Por el contrario, en la rama parasimpática (relacionada con la relajación) disminuye la FC y aumenta la VFC (Ortigosa, Reigal, Carranque, & Hernández-Mendo, 2018). Esta actividad del SNA se ve afectada por la actividad física. Por ejemplo, un entrenamiento de alta intensidad provocará una mayor activación en la rama simpática durante el ejercicio físico, la cual sigue aumentando una vez terminado este (Seiler, Haugen, & Kuffel, 2007). Dependiendo del nivel de los deportistas, se necesita más o menos tiempo para volver al equilibrio parasimpático después del ejercicio. Personas entrenadas poseen un mayor tono de la rama parasimpática, por lo que deberán hacer ejercicios más intensos para poder inhibir dicha rama y empezar a activar la simpática (Seiler et al., 2007). Otro autor (De Vito, Galloway, Nimmo, Maas, & McMurray, 2002) proponen que en intensidades por debajo del Umbral Aeróbico (VT1) no se inhibe la rama parasimpática pero en intensidades superiores a esta empieza a descender la rama vagal y aumenta progresivamente la rama simpática. La VFC es un método válido, fiable y no invasivo para evaluar el estado del SNA (Silva, Oliveira, Silveira, Mello, & Deslandes, 2015).

La VFC puede ser utilizada con diferentes objetivos dentro de la actividad física y el deporte, como por ejemplo: prevención de lesiones (Baumert et al., 2006), asimilación de cargas de entrenamiento (Aubert, Seps, & Beckers, 2003), detectar umbrales (Cottin et al., 2006), conocer la respuesta aguda al ejercicio (Sumi, Suzuki, Matsubara, Ando, & Kobayashi, 2006), diseño de cargas de entrenamiento (Manso et al., 2013) y evaluación funcional del deportista (Sandercock & Brodie, 2006). Los registros agudos de la VFC han sido utilizados para la detección de umbrales en el deportista, determinar adaptaciones y valorar el impacto producido en el organismo. Por otro lado, los registros longitudinales proporcionan información de los procesos adaptativos al entrenamiento (Sales et al., 2011).

En los últimos años, el uso de la VFC como herramienta para controlar el estado del sistema nervioso autónomo y como consecuencia, del estado del deportista como la fatiga, la adaptación del ejercicio y la detección de alteraciones funcionales (Bellenger et al., 2016), está cobrando relevancia gracias a la facilidad de obtener registros de forma sencilla y con un bajo coste económico. Un claro ejemplo es la aparición de aplicaciones para teléfonos inteligentes tales como HRV4training, Elite HRV, Sweartbeat (Plews, Laursen, & Buchheit, 2017), que permiten detectar el estado del deportista a través de su VFC. Sin embargo, existe controversia en la utilización de diferentes metodologías que pueden afectar a los valores registrados. Variables como la duración del registro, la respiración, la posición del cuerpo, estrés mental y emocional pueden alterar los resultados de la VFC (Manso, 2013). Debido a la utilidad de esta herramienta para controlar el SNA, para determinar la adaptación del deportista ante los entrenamientos, valorar el impacto del entrenamiento, detectar umbrales, etc. Utilizar una metodología sencilla, válida y fiable permitirá no solo obtener registros en un menor tiempo, si no fidelizar a nuestros deportistas para que se adhieran a realizar registros diarios aplicando metodologías sencillas y poco invasivas.

Por tanto, el objetivo del presente será la revisión sistemática de las diferentes metodologías empleadas para la obtención de la VFC con el fin de determinar cuál sería menos invasiva para el deportista, permitiendo registros válidos y fiables.

2. Método

Con el objetivo de conocer las diferentes metodologías utilizadas para la obtención de la VFC, se procedió a hacer una revisión sistemática. Para la realización del presente trabajo, se realizó una búsqueda bibliográfica en la base de datos PubMed, donde se incluyeron artículos desde el 01 de enero de 2017 hasta el 08 de marzo de 2018. Para la selección de artículos a estudiar se utilizó la guía PRISMA (Moher et al., 2015). Para la realización del trabajo se incluyeron artículos los cuales siguieran unos criterios:

1. Artículos publicados desde el 01/01/2017 hasta 08/03/2018.
2. Los artículos miden el efecto agudo y crónico del ejercicio físico.
3. Estudios en humanos.
4. Los participantes estén comprendidos entre 18 y 45 años.
5. Que los participantes no tengan ninguna patología o se estén medicando.
6. Artículos en inglés o español.
7. No cumplen el diseño.

Los términos de búsqueda utilizados fueron: "Heart Rate Variability or HRV" combinado con "AND" "exercise, training, sport y physical activity" y mediante el término "NOT" se excluyeron artículos con "patholog, injur, old, child, adolescent y Elder".

Tras la primera búsqueda, se procedió a la lectura de todos los títulos con el fin de excluir aquellos artículos que no fueran relevantes. Tras dicha exclusión, los artículos aceptados fueron seleccionados para lectura del resumen. Por último, después de descartar los artículos tras la lectura del resumen se inició a la lectura completa de los artículos sobrantes con el fin de dejar únicamente los artículos que nos interesan para la realización de este estudio.

3. Resultados

3.1 Características de los artículos

De los 369 artículos encontrados en la primera búsqueda, sólo 8 de ellos cumplían los requisitos descritos en el punto anterior.

En los artículos investigados se pudo observar diferencias en los siguientes aspectos de la muestra:

- Tamaño de la muestra: artículos donde participaron 4 sujetos (Plews et al., 2017) hasta estudios en los que participaron 32 sujetos (Flatt, Esco, et al., 2017).
- Edad: los estudios abarcan adultos desde los 19 hasta los 37 años (Nuuttila, Nikander, Polomoshnov, Laukkanen, & Häkkinen, 2017).
- Sexo: en la mayoría de los artículos participaron hombres y mujeres simultáneamente.

La figura 1 resume la búsqueda y la selección de artículos científicos para el presente trabajo.

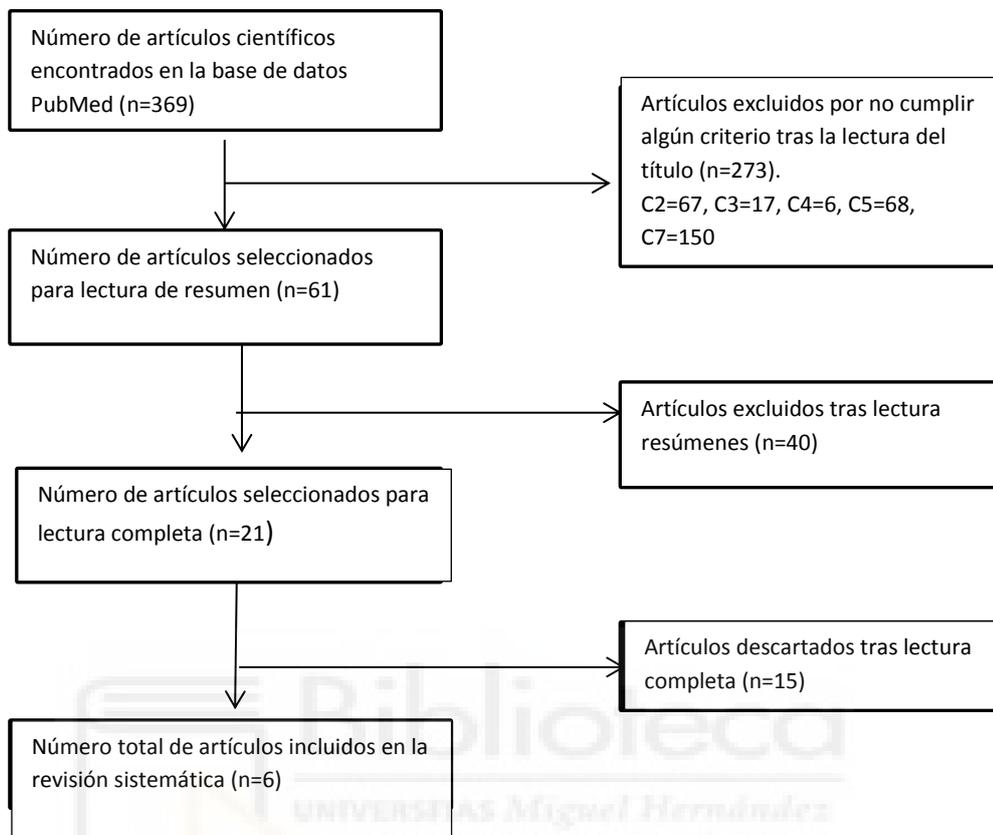


Figura 1. Resume la búsqueda y selección de los artículos incluidos en la presente revisión sistemática, de acuerdo con las directrices PRISMA.

Tabla 1.

Métodos de registrar la VFC.

Referencias	Participantes			Metodología			
	Muestra	Edad	Posición cuerpo	Tiempo de grabación VFC	Hora del registro	Variables utilizadas	Control respiración
Flatt et al., 2017	n=10 mujeres	21.6 ± 2	Supina	1 minuto	Al despertar y después de ir al baño	rMSSD	Respiración espontánea
Hornikel et al., 2017	n=10 7 hombres 3 mujeres	21 ± 1.6	Sentado	1 minuto	Al despertar y después de ir al baño	rMSSD	Respiración espontánea
Kim et al., 2017	n=34 hombres	23.6 ± 0.3	Sentado	10 minutos		rMSSD y pNN50.	15 respiraciones por minuto
Scott et al., 2017	n=29, 22 hombres 7 mujeres	31 ± 10	Sentado	1 minuto (descartar los 5 primeros segundos), total 5 minutos		rMSSD	Respiración guiada y respiración formal
Nuuttila et al., 2017	n=24 hombres	30 ± 5	Sentado	3 minutos	Al despertar y después de ir al baño y por las noches (durmiendo)	rMSSD y LF	Respiración espontánea
Esco et al., 2017	n=25 hombres	20 ± 1	Sentado	1 minuto	90 minutos antes de entrenar	rMSSD	Respiración espontánea

4. Discusión.

La presente revisión sistemática de la literatura, tiene como objetivo principal revisar las diferentes metodologías utilizadas para realizar registros de VFC. Además, proponer un protocolo de registro que pretenda ser poco invasivo para el deportista y a su vez permitir registros válidos y fiables.

Examinando la posición del cuerpo, todos los artículos incluidos en esta revisión coincidían en situarse sentando y en posición supina (Esco & Flatt, 2014; Flatt, Esco, et al., 2017; Flatt, Hornikel, & Esco, 2017; Kim, Kim, Jung, & Kim, 2017; Michael et al., 2017; Nuuttila et al., 2017), todos ellos mantienen en común que el deportista debe adoptar una postura cómoda, natural, en un ambiente fresco y en una sala silenciosa.

Respecto al tiempo de registro hay mayor controversia, algunos autores respaldan la idea de que con mediciones cortas de 1 minuto se obtienen datos fiables, rápidos y de gran validez (Esco & Flatt, 2014; Flatt, Esco, et al., 2017; Flatt, Hornikel, et al., 2017; Michael et al., 2017), aunque previamente al registro se tomaban un periodo de estabilización de 1 minuto. Kim et al. (2017) tomó la medición de la VFC con un tiempo de registro de 10 minutos, no había un periodo de estabilización previo, al analizar los datos se borrarían aquellos que tuvieran anomalías. Nuttilla et al. (2017) además de los registros de 3 minutos, donde previamente se realizaba un periodo de estabilización lo suficientemente grande para que el ritmo cardíaco se estabilizara, por las noches grabaron las primeras 4 horas del sueño y desechaban los primeros 30 minutos, con el fin de conocer las alteraciones del SNA durante la noche. Estudios como el de Nussinovtsh et al. (2011), dan validez a los resultados obtenidos. En este estudio se demuestra como los registros de corta duración de entre 1 minuto a 5 minutos son igual de válidos que registros de 24 horas. Los investigadores descubrieron una reciprocidad entre un SDNN de 24 horas y un SDNN de 5 minutos, además ocurriendo lo mismo con la frecuencia. También se observó una buena correlación entre los ECG de 10 segundos con los ECG de 6 minutos. Esco and Flatt (2014), estudió si los registros ultra cortos de 60 segundos de VFC podían ser igual de válidos que las grabaciones de varias horas. Estos registros permiten una mayor recopilación de datos en menos tiempo, además nos sirve para monitorear atletas en reposo y en respuesta al estrés producido por el entrenamiento. Por último, otro estudio que apoya los resultados obtenidos en este trabajo es el de Nakamura et al. (2015), propuso que registros de 1 minuto con 1 minuto previo de estabilización, la VFC era sensible a los cambios producidos por el entrenamiento. Por el contrario, también se han encontrado estudios que se oponen a los registros de VFC ultra cortos como Bourdillon, Schmitt, Yazdani, Vesin, and Millet (2017), en su estudio concluyó que los registros de 1 minuto afectan negativamente al análisis de VFC para todos los parámetros estudiados en la VFC. Para el estudio de la frecuencia cardíaca, recomienda un registro de 5 min en posición decúbito supino, seguido de 5 minutos de pie, descartando el primer minuto de cada grabación. Y cuando queremos estudiar únicamente el rMSSD la duración mínima del registro es de 3 minutos en decúbito supino, seguido de 3 minutos de pie. Por tanto, estudios recientes han demostrado que los registros de VFC cortos son válidos, fiables y no invasivos para los deportistas y entrenadores.

En cuanto al control de la respiración para efectuar los registros, tan solo 2 artículos realizaron su estudio con una respiración guiada (Kim et al., 2017; Michael et al., 2017). El primero de ellos controlaba la respiración de los deportistas mediante un metrónomo a un ritmo de 15 respiraciones por minuto. Por otro lado Scott et al. 2017 realizaron dos tipos de registros, uno con respiración guiada y otro con respiración normal, concluyendo que la respiración guiada parece no obtener mejores resultados que una respiración normal, sino similares. Por último, los demás autores (Esco & Flatt, 2014; Flatt, Esco, et al., 2017; Flatt, Hornikel, et al., 2017; Nuuttila et al., 2017), no controlaron la respiración como tal, el único

requisito que daban a los deportistas era realizar una respiración habitual para los deportistas. Comparando los resultados sobre el control de la respiración con otros estudios, (Kobayashi, 2009), estudió controlar la respiración en los registros de la VFC contra no controlarla. Concluyó su estudio diciendo que prácticamente se obtenían los mismos resultados con control de respiración que sin control, pero matizó que llevar el control de la respiración no es muy popular debido a que es muy complicado para los deportistas mantener la concentración y también se necesitan materiales complejos para poder llevarla a cabo. Melo et al. (2018), vio en sus resultados que para registros ultra cortos de VFC, la frecuencia respiratoria espontánea es la más apropiada. Analizando los resultados del estudio junto a los artículos de validez, parece que mantener una respiración espontánea en los registros de VFC es más útil, debido a que los resultados no varían prácticamente, no hace falta material externo y controlar la respiración suele ser molesto para los deportistas.

Por último, todos los artículos citados anteriormente en los resultados la variable utilizada es el rMSSD, pero alguno de ellos como Kim et al. (2017) además utilizó la variable pNN50 y Nuuttila et al. (2017) utilizó también la variable LF. Analizando los resultados con otros estudios de validez como el de Melo et al. (2018), se observó que el rMSSD presenta una mayor fiabilidad en los registros de VFC a corto plazo, en grabaciones de 1 a 3 minutos. Es por eso que los resultados obtenidos con registros ultra cortos y medidos con la variable rMSSD presentan gran validez y fiabilidad. La variable rMSSD es un indicador del control cardíaco vagal, es por esto que todos los autores utilizan esta variable metodológica en sus estudios.

5. Propuesta de intervención.

Tras analizar esta revisión sistemática, observar la utilidad de la VFC y observando las carencias de la literatura acerca de estudios que realicen una investigación de corte metodológico sobre las mediciones de VFC, surge la siguiente propuesta de intervención. Una muestra de 30 personas, entre hombres y mujeres de 18 a 40 años de edad, físicamente activos, que practiquen deporte 3-4 veces por semana. Se dividirá la muestra en dos grupos de 15 personas aleatoriamente donde se les controlaría la VFC todos los días por la mañana durante 30 días. A un grupo (G1) se le controlará la respiración del registro mediante un metrónomo donde harán 15 respiraciones por minuto. El grupo (G2) restante hará una respiración espontánea, es decir, una respiración natural para ellos. Se realizará un registro total de 15 minutos de duración en posición supina. A las 24 horas siguientes se realizará el mismo registro. Realizado esto, se procederá a repetir el protocolo de medición intercambiando la condición de respiración libre y respiración controlada entre grupos. El posterior análisis consistirá en comparar los valores medios de rMSSD del registro completo con el registro de los 2, 3 y 5 primeros minutos, observando si registros más cortos mantienen los mismos valores promedio, tanto en una situación de control de la respiración como en otra de respiración libre. Por lo tanto, el objetivo de esta propuesta sería si es más adecuado llevar una respiración controlada o hacer una respiración espontánea a la hora de obtener los resultados del registro de la VFC.

6. Bibliografía.

- Aubert, A. E., Seps, B., & Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports medicine*, 33(12), 889-919.
- Baumert, M., Brechtel, L., Lock, J., Hermsdorf, M., Wolff, R., Baier, V., & Voss, A. (2006). Heart rate variability, blood pressure variability, and baroreflex sensitivity in overtrained athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 16(5), 412-417.

- Bellenger, C. R., Fuller, J. T., Thomson, R. L., Davison, K., Robertson, E. Y., & Buckley, J. D. (2016). Monitoring athletic training status through autonomic heart rate regulation: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 46(10), 1461-1486.
- Bourdillon, N., Schmitt, L., Yazdani, S., Vesin, J.-M., & Millet, G. P. (2017). Minimal Window Duration for Accurate HRV Recording in Athletes. *Frontiers in neuroscience*, 11, 456.
- Cottin, F., Leprêtre, P.-M., Lopes, P., Papelier, Y., Médigue, C., & Billat, V. (2006). Assessment of ventilatory thresholds from heart rate variability in well-trained subjects during cycling. *International journal of sports medicine*, 27(12), 959-967.
- De Vito, G., Galloway, S., Nimmo, M. A., Maas, P., & McMurray, J. J. (2002). Effects of central sympathetic inhibition on heart rate variability during steady - state exercise in healthy humans. *Clinical physiology and functional imaging*, 22(1), 32-38.
- Esco, M. R., & Flatt, A. A. (2014). Ultra-short-term heart rate variability indexes at rest and post-exercise in athletes: evaluating the agreement with accepted recommendations. *Journal of sports science & medicine*, 13(3), 535.
- Flatt, A. A., Esco, M. R., Allen, J. R., Robinson, J. B., Earley, R. L., Fedewa, M. V., . . . Wingo, J. E. (2017). Heart rate variability and training load among NCAA division-1 college football players throughout spring camp.
- Flatt, A. A., Hornikel, B., & Esco, M. R. (2017). Heart rate variability and psychometric responses to overload and tapering in collegiate sprint-swimmers. *Journal of science and medicine in sport*, 20(6), 606-610.
- Kim, C. S., Kim, M. K., Jung, H. Y., & Kim, M. J. (2017). Effects of exercise training intensity on cardiac autonomic regulation in habitual smokers. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 22(5).
- Kobayashi, H. (2009). Does paced breathing improve the reproducibility of heart rate variability measurements? *Journal of physiological anthropology*, 28(5), 225-230.
- Manso, J. M. G. (2013). Aplicación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca al control del entrenamiento deportivo: análisis en modo frecuencia. *Arch Med Deporte*, 30(1), 43-51.
- Melo, H. M., Martins, T. C., Nascimento, L. M., Hoeller, A. A., Walz, R., & Takase, E. (2018). Ultra - short heart rate variability recording reliability: The effect of controlled paced breathing. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, e12565.
- Michael, S., Graham, K. S., & Davis, G. M. (2017). Cardiac autonomic responses during exercise and post-exercise recovery using heart rate variability and systolic time intervals—a review. *Frontiers in physiology*, 8, 301.
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., . . . Stewart, L. A. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic reviews*, 4(1), 1.
- Nakamura, F. Y., Flatt, A. A., Pereira, L. A., Ramirez-Campillo, R., Loturco, I., & Esco, M. R. (2015). Ultra-short-term heart rate variability is sensitive to training effects in team sports players. *Journal of sports science & medicine*, 14(3), 602.
- Navarro, X. (2002). Fisiología del sistema nervioso autónomo. *Revista Neurológica*, 35(6), 553-562.
- Nussinovitch, U., Elishkevitz, K. P., Katz, K., Nussinovitch, M., Segev, S., Volovitz, B., & Nussinovitch, N. (2011). Reliability of ultra - short ECG indices for heart rate variability. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 16(2), 117-122.
- Nuutila, O.-P., Nikander, A., Polomoshnov, D., Laukkanen, J. A., & Häkkinen, K. (2017). Effects of HRV-guided vs. predetermined block training on performance, HRV and serum hormones. *International journal of sports medicine*, 38(12), 909-920.
- Ortigosa, J., Reigal, R. E., Carranque, G., & Hernández-Mendo, A. (2018). Variabilidad de la frecuencia cardíaca: investigación y aplicaciones prácticas para el control de los

- procesos adaptativos en el deporte. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 13(1), 121-130.
- Plews, D. J., Laursen, P. B., & Buchheit, M. (2017). Day-to-Day Heart-Rate Variability Recordings in World-Champion Rowers: Appreciating Unique Athlete Characteristics. *International journal of sports physiology and performance*, 12(5), 697-703.
- Sales, M. M., Campbell, C. S. G., Morais, P. K., Ernesto, C., Soares-Caldeira, L. F., Russo, P., . . . Simões, H. G. (2011). Noninvasive method to estimate anaerobic threshold in individuals with type 2 diabetes. *Diabetology & metabolic syndrome*, 3(1), 1.
- Sandercock, G., & Brodie, D. (2006). The use of heart rate variability measures to assess autonomic control during exercise. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(5), 302-313.
- Seiler, S., Haugen, O., & Kuffel, E. (2007). Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(8), 1366-1373.
- Silva, V. P., Oliveira, N. A., Silveira, H., Mello, R. G. T., & Deslandes, A. C. (2015). Heart rate variability indexes as a marker of chronic adaptation in athletes: a systematic review. *Annals of Noninvasive Electrocadiology*, 20(2), 108-118.
- Sumi, K., Suzuki, S., Matsubara, M., Ando, Y., & Kobayashi, F. (2006). Heart rate variability during high - intensity field exercise in female distance runners. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(5), 314-320.

