

BIOFEEDBACK DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA

HEART RATE VARIABILITY BIOFEEDBACK

Adrián Martínez Pérez^{a} y María del Mar López Rodríguez^b*

Fechas de recepción y aceptación: 2 de diciembre de 2018, 10 de enero de 2019

RESUMEN

El *biofeedback* de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC-BF) consiste en una variedad de retroalimentación cuyo objetivo es el restablecimiento del equilibrio del sistema nervioso autónomo (SNA) a través del control respiratorio en aquellos sujetos que padezcan disfunción autonómica. El objetivo principal de esta revisión fue analizar la evidencia científica disponible recientemente sobre la VFC-BF, así como explicar sus mecanismos de acción involucrados. Se llevó a cabo una revisión bibliográfica de tipo narrativo. Se utilizaron revisiones sistemáticas preferentemente para contrastar evidencia sobre su mecanismo de acción. A partir de ahí se examinaron ensayos clínicos controlados aleatorizados para evaluar y comparar resultados recientes sobre VFC-BF. Tras este análisis, comprobamos que el mecanismo de acción de dicho abordaje terapéutico no resulta aún concluyente, ya que los distintos estudios discrepan en la interpretación de los parámetros de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC). Por su parte, las revisiones sistemáticas consultadas coinciden en que la aplicación de la VFC-BF provoca una mejora de la disfunción autonómica a través del reforzamiento del sistema barorreflejo. Sin embargo, los efectos específicos que tiene este procedimiento sobre el SNA parasimpático aún no están claros. Por otro lado, la distinta

^a Departamento de Enfermería. Complejo Hospitalario Torrecárdenas de Almería.

* Correspondencia: Complejo Hospitalario Torrecárdenas. Departamento de Enfermería. Calle Hermandad de Donantes de Sangre, s/n. 04009 Almería. España.

E-mail: martinezperezadrian4a@gmail.com

^b Departamento de Enfermería, Fisioterapia y Medicina. Universidad de Almería.



metodología existente en la elaboración de los experimentos citados podría haber influido en la obtención de resultados tan desiguales en los ensayos clínicos. Se necesitan, por tanto, más estudios que profundicen en el manejo de este tipo de retroalimentación en patologías específicas.

Palabras clave: biorretroalimentación psicológica, frecuencia cardiaca, estrés fisiológico, estrés psicológico, enfermedades del sistema nervioso autónomo.

ABSTRACT

Heart rate Variability-Biofeedback (HRV-BF) aims to restore autonomic nervous system (ANS) balance through respiratory control in those subjects suffering from autonomic dysfunction. The main objective of this review was to analyze the recently available scientific evidence on HRV-BF, as well as to explain its mechanisms of action involved within the ANS. A bibliographic review of the narrative type was carried out. Systematic reviews were preferably used to test evidence for its mechanism of action. Thus, we examined randomized controlled clinical trials to evaluate and compare recent results on HRV-BF. After this analysis we verified that the mechanism of action of this therapeutic approach is not yet conclusive, since the different studies disagree on the interpretation of the parameters of the heart rate variability (HRV). For their part, the systematic reviews consulted agree on the fact that the application of the VFC-BF causes an improvement of the autonomic dysfunction through the reinforcement of the baroreflex system. However, the specific effects of this procedure on parasympathetic ANS are still unclear. On the other hand, the different methodology in the elaboration of the mentioned experiments could have influenced the obtaining of results, so unequal in the clinical trials. Therefore, more studies are needed to deepen the management of this type of feedback in specific pathologies.

Keywords: biofeedback psychology, heart rate, psychological stress, physiological stress, autonomic nervous system diseases.

INTRODUCCIÓN

Disfunción autonómica

La disfunción autonómica es un fuerte predictor de enfermedad coronaria, enfermedad vascular y muerte cardiaca súbita. El término *disfunción autonómica* describe una pérdida de la regulación autonómica normal del sistema cardiovascular asociada con una activación excesiva del sistema nervioso simpático y una capacidad reducida del sistema nervioso parasimpático. El



sistema nervioso autónomo (SNA) también regula diversos sistemas hormonales, incluyendo el eje hipotálamo-hipófisis-suprarrenal y el sistema renina-angiotensina-aldosterona. Por lo tanto, la disfunción autonómica también puede promover el estrés oxidativo, reducir la vasodilatación, aumentar la inflamación crónica y acelerar la progresión de aterosclerosis que puede conducir a un accidente cerebrovascular¹. La regulación saludable se caracteriza a menudo por una actividad simpática y parasimpática que converge en un ciclo límite alrededor de un valor crítico².

La disfunción autonómica se manifiesta clínicamente a través de frecuencias cardíacas crónicamente elevadas y una pérdida de la normalidad de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC). La VFC es un conjunto de parámetros que reflejan las fluctuaciones de intervalos entre los latidos secuenciales del corazón. Las diferencias de intervalos entre latidos sucesivos reflejan cambios modulados parasimpáticamente en la frecuencia cardiaca^{1,3}. Se utiliza como parámetro para evaluar el funcionamiento del SNA. Es una medida que nos permite conocer el equilibrio entre SNA simpático y parasimpático, una VFC baja muestra un aumento del SNA simpático, mientras que una VFC alta indica un aumento del SNA parasimpático⁴. La VFC reducida, como consecuencia de una estimulación excesiva del SNA simpático, está relacionada con una variedad de estados fisiopatológicos, mientras una VFC elevada, junto con la influencia vagal, está correlacionada positivamente con la recuperación después del estrés. Por lo tanto, la flexibilidad en la respuesta cardíaca a la estimulación y la mayor influencia vagal en el corazón están relacionadas con una mejor adaptación a las demandas interoceptivas y exteroceptivas².

Tres componentes oscilatorios se diferencian generalmente en el perfil espectral de la VFC: *a*) La banda de alta frecuencia (HF). Refleja los efectos de la respiración sobre la frecuencia cardiaca, también conocida como arritmia sinusal respiratoria. *b*) La banda de baja frecuencia (LF). Representa oscilaciones vinculadas con la regulación de la presión sanguínea y el tono vasomotor, incluida la fluctuación de 0,1 Hz de la que hablaremos más adelante. *c*) La banda de frecuencia muy baja (VLF) (<0,04 Hz). Se relaciona con la termorregulación y el funcionamiento renal⁵.



Relación entre estrés y disfunción autonómica

El estrés psicológico ante la percepción de amenaza crónica provoca una regulación positiva del eje simpático-adrenal-medular, que se traduce en una liberación de catecolaminas que provoca estas respuestas cardiovasculares crónicamente aumentadas. Según una revisión sobre pacientes con cáncer de mama, los efectos posteriores al estrés conducen a la fatiga y la depresión como consecuencia de una disfunción autonómica¹. Una revisión sobre los procesos dinámicos en los sistemas reguladores señala que factores estresantes del sistema externo, tales como la enfermedad o el estrés psicológico, pueden perturbar el sistema; sin embargo, simultáneamente estimulan procesos oscilatorios que ejercen de mecanismos de control². Los factores del estrés psicofisiológico pueden estar asociados a un mayor riesgo cardiovascular en prehipertensos. Además, el estrés es considerado uno de los factores de riesgo más importantes en la iniciación y progresión de la hipertensión arterial⁶.

El estrés crónico está implicado en la fisiopatología de varias enfermedades neurológicas, psiquiátricas, cardiovasculares y endocrinas. Es capaz de afectar a la estructura de regiones específicas del cerebro, como el hipocampo, la corteza prefrontal y la amígdala. Estos cambios estructurales van acompañados de alteraciones funcionales⁴. El estrés diario provoca modificaciones significativas en áreas cerebrales responsables de las emociones negativas y respuestas estresantes⁷. Por otra parte, autores como Pereira et al. afirman en su revisión sistemática que no todos los individuos muestran consecuencias perjudiciales de la exposición al estrés crónico. En otras palabras, mientras que algunos individuos son susceptibles al estrés, hallamos otros que muestran una resistencia a sus efectos desadaptativos, un concepto conocido como resiliencia. Este término se refiere a la capacidad de un individuo para hacer frente a las consecuencias sociales, psicológicas y biológicas negativas de estrés extremo que de otro modo comprometerían su bienestar psicológico o físico. Esto se podría medir usando el parámetro de la VFC, ya que esta es una medida del SNA simpático (baja VFC) y parasimpático (mayor VFC)⁴.



Biorretroalimentación

El *biofeedback* o retroalimentación biológica es toda técnica que utiliza instrumentación para ofrecer información inmediata y precisa a una persona sobre sus funciones psicofisiológicas, facilitando así la percepción de estas y su posterior control. De este modo, el *biofeedback* consiste en entrenar al sujeto en el dominio voluntario de un parámetro fisiológico, a través de un aparato que le transmite información, en forma de señal visual o acústica, sobre las variaciones de dicho parámetro, para posteriormente poder prescindir de la instrumentación. Dicho de otro modo, es una técnica terapéutica en la que se entrena al paciente con el propósito de alterar una respuesta fisiológica mediante la recepción de retroalimentación visual o auditiva durante las secuencias de respuesta. El objetivo final es el autocontrol. Requiere entrenamiento previo en percepción y seguimiento de instrucciones.

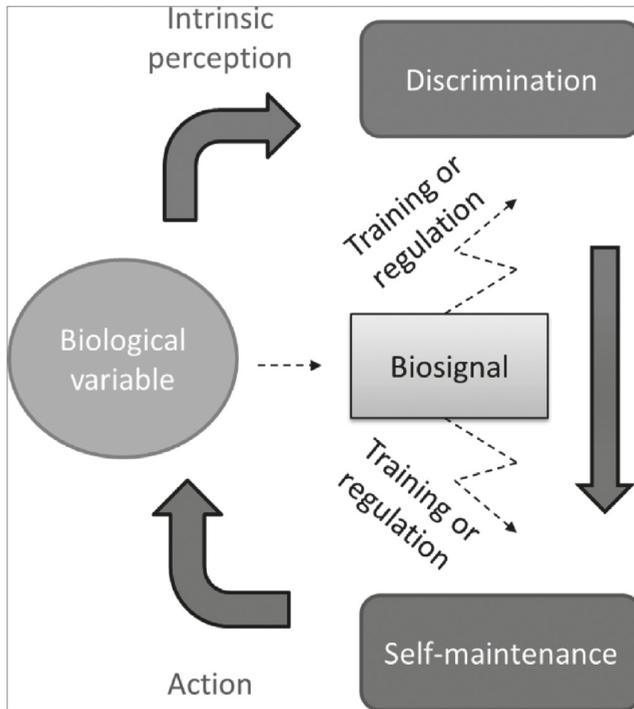
Según el modelo biomédico sintético, el *biofeedback* o retroalimentación biológica es un proceso cíclico que comienza con la percepción del sujeto de un parámetro biológico (bioseñal) sobre el que tiene que tomar acción con el fin de influir en dicho parámetro (automantenimiento) y, como consecuencia, conseguir alcanzar la variable biológica objetivo percibida a través de la bioseñal (discriminación). Es decir, el sujeto percibe dos puntos de una misma variable a través de la bioseñal, cómo se encuentra su parámetro biológico y la discriminación, y debe intentar mediante el automantenimiento lograr que su parámetro biológico se aproxime lo máximo posible a la discriminación⁸.

Existen muchos tipos de retroalimentación biológica, unos ejemplos de ello son:

- Biofeedback *electromiográfico (EMG-BF)*. Este tipo de biorretroalimentación emplea un dispositivo que mide la fuerza de contracción muscular. Se utiliza en gran medida dentro del campo de la fisioterapia con el fin de tratar incontinencias urinarias y lesiones deportivas.
- *Biorretroalimentación de la temperatura periférica* es un procedimiento en el que mediante la instrumentación adecuada se da información inmediata, directa y precisa al sujeto acerca de la temperatura de la piel de la zona sobre la que se ha colocado un sensor térmico, permitiendo que el sujeto la perciba y pueda someter a control voluntario los mecanismos involucrados en su producción⁹.



FIGURA 1



Fuente: Gaume, Vialatte, Mora-Sanchez, Ramdani y Vialatte (2016)⁸

- *Biorretroalimentación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca.* La retroalimentación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC-BF) es una intervención neurocardiaca conductual que aplica respiración diafragmática aproximadamente 6 veces por minuto con la finalidad de estimular la actividad vagal eferente del nódulo sinoauricular, modular la frecuencia cardiaca y la presión sanguínea, y aumentar los índices de la VFC y la arritmia sinusal respiratoria (RSA)¹⁰.

La retroalimentación refleja la multiplicidad de mecanismos que operan simultáneamente en el control de un sistema para proporcionarle estabilidad. La VFC-BF sigue un modelo de circuito cerrado con una regulación interna, mediante la cual las respuestas del sistema a la estimulación externa se proce-

san a través de bucles de retroalimentación internos que monitorizan y ajustan la respuesta del propio sistema². De todos los tipos de biorretroalimentación existentes, las que cuentan con un mayor número de evidencia, así como de estudios, son la EMG-BF y la VFC-BF. El tipo de biorretroalimentación lo determinarán tanto los parámetros fisiológicos que se decidan evaluar como los instrumentos usados para ello.

Efectos del biofeedback de variabilidad de frecuencia cardíaca

La VFC-BF refuerza la modulación periférica de la frecuencia cardíaca por los barorreceptores arteriales, así como por los quimiorreceptores y los mecanorreceptores cardiopulmonares⁷. La VFC-BF refuerza la arritmia sinusal y aumenta su variabilidad. La amplitud de arritmia sinusal es máxima cuando hay resonancia entre las oscilaciones respiratorias^{11,12}. Según una revisión sistemática, la VFC-BF produce efectos saludables, carece de efectos secundarios adversos conocidos, es libre de practicar y se puede utilizar de forma aguda o crónica dependiendo de las necesidades del paciente¹³. Estos resultados coinciden con los extraídos en un estudio reciente, el cual señala que la VFC-BF podría ser un tratamiento eficaz para pacientes que padecen depresión postraumática, puesto que no presenta ningún efecto secundario¹¹.

Basándonos en lo anterior, esta revisión se propuso como objetivos principales explicar el mecanismo de acción de la VFC-BF dentro del SNA y analizar la evidencia científica disponible recientemente sobre VFC-BF. Así mismo, nos planteamos también identificar los dispositivos empleados para la medición de la VFC y las posibles aplicaciones clínicas de la VFC-BF.

METODOLOGÍA

A través de este estudio se llevó a cabo una revisión bibliográfica de tipo narrativo. Se utilizaron revisiones sistemáticas preferentemente para contrastar evidencia sobre el mecanismo de acción de la VFC-BF. A partir de ahí se examinaron ensayos clínicos controlados aleatorizados para evaluar y comparar resultados recientes sobre VFC-BF. La búsqueda se realizó entre enero y



marzo de 2017. Las bases de datos consultadas de Ciencias de la Salud fueron CINAHL, Pubmed, Medline y University of York. Además, se consultaron algunas bases de datos multidisciplinarias como Proquest, Tripdatabase, Scopus, Ovid y Science Direct. Como criterios de inclusión, se analizaron todo tipo de estudios publicados en los últimos cinco años, así como evidencia consultada en inglés. Se excluyeron de esta revisión aquellas referencias en idioma diferente al inglés y español, las referidas a otro tipo de *biofeedback* no basado en VFC y aquellas sustentadas en experimentos anteriores. Los descriptores utilizados para la búsqueda fueron “biofeedback, psychology”, “heart rate variability”, “stress”, “autonomic dysfunction”.

RESULTADOS

Mecanismos de acción del VFC-BF. Sistema oscilatorio y respiración

La estimulación periódica es necesaria para el control del sistema en las redes de retroalimentación. La estimulación externa produce perturbaciones que hacen oscilar el sistema, lo que se conoce como resonancia estocástica. Las oscilaciones tienden a reflejar el funcionamiento de los sistemas reflejos implicados en la modulación y el autocontrol. Una falta completa de estimulación provocaría la atrofia de estos reflejos. En cambio, las tensiones ambientales demasiado grandes o prolongadas podrían provocar el agotamiento de varios reflejos de control. La actividad simpática puede suprimir simultáneamente la actividad parasimpática, pero aumenta la reactividad parasimpática, produciendo así una oscilación². Por lo tanto, debe existir un equilibrio moderado de estimulación externa que permita el fortalecimiento de los reflejos autónomos.

Un sistema resonante es aquel que, cuando es estimulado, produce oscilaciones de alta amplitud a una sola frecuencia; esto provoca una oscilación de onda sinusoidal de muy alta amplitud. Las oscilaciones en este rango son controladas principalmente por el sistema simpático alfa, relacionado con el tono vascular, el cual también es afectado por el sistema barorreflejo¹⁰. La resonancia en el sistema cardiovascular producida por un ritmo en el sistema barorreflejo es la base de los efectos beneficiosos de la VFC-BF.



La frecuencia de resonancia parece estar determinada por los cambios en la inercia hemodinámica resultantes de la fluctuación de la frecuencia cardiaca. Cuando el sistema de resonancia es activado por una frecuencia de respiración cercana a la frecuencia de resonancia, las oscilaciones en la frecuencia cardiaca aumentan de tamaño. Esta estimulación de alta amplitud del sistema barorreflejo parece reforzarlo. Sin embargo, los efectos de la respiración constante a la frecuencia de resonancia no serían ventajosos debido a que la respiración con frecuencia de resonancia crónica podría debilitar u obstruir teóricamente los reflejos dependientes de las oscilaciones en otras frecuencias. Por ello, los individuos que practican la VFC-BF reciben instrucciones de entrenar durante un periodo relativamente corto todos los días, usualmente 20 minutos². Otros estudios muestran teorías similares sobre el mecanismo de funcionamiento de la VFC-BF, afirmando que esta técnica requiere que los pacientes sincronicen las oscilaciones de la frecuencia cardiaca y realicen una respiración abdominal lenta, aproximadamente 6 veces/min, lo que se consideraría una frecuencia que provocaría la resonancia descrita anteriormente, maximizando con esto la VFC^{11,12}.

La RSA es la variación de la frecuencia cardiaca que acompaña a la respiración, es decir, las oscilaciones correspondientes a la frecuencia cardiaca que pueden interpretarse como influencias de la respiración en el nodo sinoauricular del corazón^{10,12}. La frecuencia cardiaca aumenta durante la inhalación, cuando el aire dentro de los pulmones es rico en oxígeno; disminuye durante la exhalación, cuando aumenta la concentración de dióxido de carbono dentro de los pulmones^{10,14}. La inhalación suprime temporalmente la actividad vagal, causando una disminución en el intervalo entre latidos y un aumento en la FC; la exhalación activa la actividad vagal, causando un aumento en el intervalo entre latidos y una disminución de la FC^{10,15}. La RSA puede reflejar aspectos de la función autonómica. Se controla por el nervio vago, que actúa sobre el nodo sinoauricular durante la exhalación¹⁰.

La VFC-BF, también llamada RSA *biofeedback*, obliga a cada individuo a respirar dentro del rango de baja frecuencia, mediante su frecuencia respiratoria (RF). Es una oscilación natural entre el ciclo de respiración y la FC. Esto maximiza el RSA y aumenta notablemente la VFC^{10,14}. Exhalaciones más prolongadas y respiraciones más lentas pueden aumentar la amplitud de la RSA debido a amplitudes de mayor tamaño alcanzables. Las oscilaciones



máximas de la frecuencia cardiaca en la frecuencia respiratoria se producen aproximadamente a 0,1 Hz, lo que equivaldría a 6 respiraciones por minuto. Respirar a esta frecuencia produce tanto una mayor amplitud de RSA como un intercambio gaseoso más eficiente¹⁰. Un ensayo clínico, según sus resultados obtenidos, señala la LF como el índice más importante en la VFC-BF, existiendo una correlación entre el aumento de LF y una mayor regulación autonómica, así como una mejora de la conciencia y habilidad de los pacientes¹¹. Otro ensayo clínico coincide en sus conclusiones, mostrando en su estudio que las oscilaciones de la frecuencia cardiaca de LF se correlacionaban positivamente con el sistema barorreflejo, mejorándolo¹⁴. Los resultados de otro estudio indicaron que aumentando el registro de LF a través de la respiración diafragmática se podría restaurar el control vagal cardiaco, modular la FC, PA y aumentar la VFC debido a la estimulación de la actividad vagal eferente del nodo sinoauricular. Se observó una mayor amplitud de LF y RSA mediante la intervención de VFC-BF, apoyando argumentos previos de que la LF está influenciada por la modulación barorrefleja y el tono vasomotor¹⁶. Las revisiones recientes indican que la BF es un índice de control barorreflejo, que modula la frecuencia cardiaca y la presión sanguínea a través de cambios en la actividad eferente vagal^{10,15}. La mayoría de la gente presenta una frecuencia respiratoria entre 9 y 24 respiraciones por minuto, es decir, respira a una frecuencia de entre 0,15 y 0,4 Hz. A esto se denomina banda de alta frecuencia (HF) en el espectro de VFC¹⁰.

Relación inspiración/expiración

No todos los autores tienen en cuenta en sus investigaciones la relación entre inspiración y expiración, es decir, la distribución del tiempo inspiratorio/expiratorio durante una respiración. Determinados estudios señalan que la razón i/e es el determinante más importante en los efectos de relajación obtenidos por la respiración instruida. Una posible explicación es que la inspiración es un proceso activo que requiere actividad muscular inspiratoria, mientras que la expiración es un proceso pasivo caracterizado por la relajación de los músculos inspiratorios¹⁷. La inhalación suprime temporalmente la actividad



vagal provocando un aumento de la frecuencia cardiaca y la espiración disminuye la frecuencia cardiaca y restaura la actividad vagal¹⁸.

Existen experimentos que demuestran en sus resultados un mayor beneficio con una relación i/e simétrica. Un ensayo demostró que un patrón de respiración de 5,5 respiraciones por minuto con una relación I/E de 5:5 (el paciente realiza 5 segundos de inspiración y 5 segundos de espiración durante cada respiración) se asoció con un incremento de potencia de la LF y de la VFC. Además de esto, los sujetos experimentaron un aumento de la función barorrefleja y de la frecuencia de resonancia en comparación con el resto de patrones respiratorios¹⁸. Los resultados coinciden con otro estudio sobre la respiración en principiantes de yoga en quienes la respiración lenta simétrica, con una relación I/E de 5:5, es la que provocó mejores efectos cardiorrespiratorios positivos y un mayor incremento en la actividad barorrefleja¹⁹. Sin embargo, otro estudio arroja resultados más favorables cuanto menor sea la razón i/e, es decir, el tiempo inspiratorio. Confirmando sus hallazgos un aumento en la RSA y la VFC de HF cuando se respira con una baja razón i/e. Los pacientes refirieron estar más relajados, con más energía positiva y menos estrés. Una razón baja en comparación con una alta de i/e dio lugar a una potencia HF significativamente mayor cuando los pacientes respiraban a 6 respiraciones/min, pero no a 12 respiraciones/min¹⁷.

Relación entre respiración lenta y aumento de presión parcial de oxígeno

Una reducción tan fuerte en la frecuencia respiratoria es compensada con un aumento en el volumen corriente¹⁷. Los resultados de un ensayo con principiantes de yoga mostraron que la respiración lenta desencadena un aumento en la absorción de oxígeno. El aumento de la presión parcial de oxígeno inhibe el sistema quimiorreflejo, provocando esta acción una estimulación del sistema barorreflejo. La respiración lenta con su aumento de volumen corriente podría inducir cambios en el retorno venoso, alterando el volumen sistólico y mejorando los cambios fásicos en la presión arterial sistólica, sincrónico a la respiración, que a su vez puede mejorar el sistema barorreflejo¹⁹. Estudios con animales muestran que este tipo de respiración produce un intercambio gaseoso más eficiente, aunque los resultados en humanos no son concluyentes¹⁰.



Sistema barorreflejo

El sistema barorreflejo (SBR) es un proceso oscilatorio estabilizador que produce fluctuaciones periódicas en la presión arterial, la frecuencia cardíaca y el tono vascular que reflejan el control modulador. Las influencias externas sobre la presión sanguínea inducen a cambios en ella mediante este sistema². Es un reflejo mediado por sensores de presión arterial situados en la arteria aorta y carótida que ayudan a modular las fluctuaciones de la presión arterial. Los barorreceptores que se encuentran en las paredes de estas arterias detectan su estiramiento a medida que aumenta la presión sanguínea. Cuando la presión arterial (PA) aumenta, el sistema barorreflejo causa una disminución inmediata de la frecuencia cardíaca. A medida que la PA baja, el SBR causa un aumento de la FC¹⁰. El SBR responde a una PA alta, disminuyendo la FC y produciendo vasodilatación, que a su vez desencadena una disminución en la PA. Como respuesta a la disminución de la PA, el SBR aumenta la FC y produce constricción con el objetivo de conseguir un aumento de la PA y contrarrestar dicha disminución².

El sistema barorreflejo es mediado por el núcleo *tractus solitarius*, localizado en el tronco encefálico. Este centro se comunica directamente con la amígdala, un centro de control emocional, en un camino que se extiende a través de la ínsula. Esta es la posible razón por la que varios estudios han demostrado efectos positivos de la VFC-BF para tratar ansiedad y depresión¹⁰. El sistema barorreflejo muestra características de neuroplasticidad, esto quiere decir que la estimulación regular de este sistema a través de la biorretroalimentación podría incrementar la actividad barorrefleja de la línea base, lo que sugiere una mejoría en la capacidad reguladora frente a los cambios en la presión sanguínea^{2,10}.

Evidencia científica sobre la VFC-BF

Áreas cerebrales sobre las que actúa la VFC-BF

Los resultados demuestran que la VFC-BF reduce el estrés diario. De este modo, en el estudio de Kotozaki et al. se obtuvieron modificaciones significa-



tivas en áreas cerebrales responsables de las emociones negativas y respuestas estresantes. Además, mejoró el funcionamiento de la corteza orbitofrontal y el hipocampo, que se debilitó debido a diversas tensiones. Como consecuencia del reforzamiento del hipocampo, la secreción de cortisol disminuyó considerablemente. Por tanto, las conclusiones de este ensayo apuntan a que la VFC-BF fue eficaz en el reforzamiento de las estructuras de materia gris vulnerables al estrés⁷. Asimismo, los datos de este experimento concuerdan, en cuanto a las modificaciones que provocan el estrés en áreas cerebrales, con una revisión sistemática que afirmaba que el estrés es capaz de afectar a la estructura de regiones específicas del cerebro, como el hipocampo, la corteza prefrontal y la amígdala⁴.

Efecto de la VFC-BF en la regulación de la tensión arterial

Los resultados de un ensayo comparativo entre la respiración abdominal profunda y la VFC-BF de Chen et al. sugirieron que ambas regulaban y requilibraban el sistema autónomo, lo que se tradujo en una disminución significativa de la frecuencia cardiaca y respiratoria, así como un aumento de la amplitud de pulso de volumen sanguíneo durante las pruebas de estrés. Dichos descubrimientos apoyan la hipótesis de que la VFC-BF podría tener efectos beneficiosos sobre los sujetos prehipertensivos bajo estrés, reduciendo las respuestas cardiovasculares y la presión arterial, reforzando la modulación simpatovagal autónoma. Los efectos de la VFC-BF se mantuvieron en gran medida durante un periodo de 3 meses⁶. Estos hallazgos coinciden con el ensayo de G. Lin et al., que tras la aplicación de la VFC-BF mostró en los participantes una disminución en la presión arterial sistólica (PAS) de 13,8 mmHg, una disminución en la presión arterial diastólica (PAD) de 7,2 mmHg y una reducción significativa en el índice de excitabilidad simpática tras 10 sesiones de tratamiento. Este efecto reductor de la PA duró al menos 3 meses después de las sesiones¹⁴.

Influencia de la VFC-BF sobre la salud mental

La depresión postraumática es una de las complicaciones más frecuentes de las enfermedades cerebrovasculares. Un estudio verificó que la VFC-BF



podría ser un tratamiento eficaz para pacientes con depresión postraumática, presentando como ventaja principal que no provoca efectos secundarios. Los resultados, después de la aplicación de VFC-BF, mostraron una diferencia significativa en el aumento de la potencia LF con respecto al grupo control, lo que indicó que la función del SNA se vio fortalecida. Los autores establecen una relación entre el aumento de la LF y el SNA, ya que cuanto mayor sea el aumento, mayor será la conciencia y regulación del SNA en los pacientes. Sin embargo, los beneficios obtenidos tras la VFC-BF no fueron suficientes para garantizar niveles de curación clínica. A pesar de ello, el artículo concluía que fue un tratamiento adyuvante eficaz para pacientes con depresión postraumática¹¹. Esta conclusión coincide con el experimento de Polak et al., que demostró una mejoría clínica más rápida en los pacientes con depresión postraumática cuando practicaban la VFC-BF junto con su tratamiento clínico. Dicho ensayo tuvo la peculiaridad de instruir a los pacientes para realizar una respiración atencional, es decir, debían enfocarse en la respiración mientras se imaginaban el evento traumático. De esta manera, el componente de la respiración actuó como mecanismo para conseguir una mayor relajación, disminuyendo directamente la angustia; centrarse en los eventos negativos obtuvo en los pacientes una reducción de su vivacidad. De este modo, los resultados demostraron una reducción significativa de los síntomas después del tratamiento, siendo las diferencias entre el grupo control y el de intervención más pronunciadas a partir de la tercera sesión. Tras los hallazgos exhibidos, este estudio manifestó que la VFC-BF sería una técnica complementaria prometedora que podría implementarse fácilmente en la práctica clínica y usarse como estrategia para aumentar la eficacia del tratamiento regular en pacientes con depresión postraumática²⁰. Desde otra perspectiva, dos investigaciones militares analizaron la relación existente entre VFC predespliegue y la depresión postraumática. Lewis et al. obtuvieron en sus resultados un aumento en la potencia de espectro de LF después del entrenamiento de la VFC-BF, lo que apoya la premisa de que esta técnica tuvo un impacto positivo en el equilibrio autonómico del grupo experimental²¹. Por otra parte, Pyne et al. concluyeron en su ensayo que la VFC baja es un factor de riesgo evidente en el desarrollo de la depresión postraumática posdespliegue, siendo esta, además, un predictor fisiológico de la gravedad de los síntomas de depresión postraumática posdespliegue²².



Además, durante esta revisión se encontraron varios experimentos que establecían relación entre la predisposición a la excitación y los síntomas psicóticos, hallándose una vinculación directamente proporcional entre estas variables. La predisposición a la excitación se asoció como indicador relevante de la vulnerabilidad a la psicosis. Por su parte, el aumento de la resistencia al estrés mediante la VFC-BF redujo la excitación en los participantes de ambos ensayos^{23,24}. Clamor et al. (2016) afirmaron en su estudio que la VFC-BF demostró ser una intervención que mejoró la recuperación de los pacientes al inhibir el procesamiento del miedo y con ello se contrarrestó el desarrollo de los síntomas. Los participantes que realizaron la VFC-BF obtuvieron así una mejora general de la VFC en comparación con el grupo control. Sin embargo, no se observó ningún efecto en el componente principalmente vagal (RMSDD) y en el estrés subjetivo²⁴. Ambos experimentos coinciden en la necesidad de más estudios para confirmar el valor de la predisposición a la excitación como un indicador de vulnerabilidad a la psicosis y el potencial de la VFC-BF para mejorar la resistencia al estrés.

Relación entre VFC y hostilidad

Según Lin et al. la hostilidad es un factor de riesgo psicosocial que puede disminuir la VFC en la enfermedad coronaria a través del desequilibrio autonómico. Los resultados de su estudio evidenciaron un aumento en las actividades parasimpáticas superiores, LF y log LF de la preintervención a la postintervención en el grupo de VFC-BF. Además de esto, los pacientes de dicho estudio experimentaron un aumento de la VFC y una disminución de la conducta, tanto expresiva como supresiva, relacionada con la hostilidad después de la VFC-BF. Por tanto, se concluyó que la VFC-BF aumenta los índices de la VFC y la ganancia barorrefleja¹⁶.

Por otro lado, el ensayo de Murdock et al. relacionó la hostilidad con el estrés, a través de la sensibilidad al cortisol. Sus hallazgos demostraron que la hostilidad no estaba relacionada con la sensibilidad al cortisol, si la HF inducida por el estrés era alta. Sin embargo, cuando la HF era baja, la mayor hostilidad por rasgos se asoció con una mayor sensibilidad al cortisol. La



VFC-BF probó ser una intervención eficaz para reducir el impacto de la hostilidad sobre los resultados de la salud al aumentar la HF de la VFC²⁵.

VFC-BF en el control emocional

Dos estudios analizaron los beneficios de la VFC-BF observando la respuesta emocional del paciente tras la aplicación de la intervención^{26,27}. Por un lado, los hallazgos de Peira et al. (2013) sugirieron que los participantes pueden aprender a regular la frecuencia cardiaca en un contexto durante un breve entrenamiento de VFC-BF y aplicar la habilidad aprendida en un contexto emocionalmente diferente en ausencia de la retroalimentación²⁷. Por otra parte, los resultados del ensayo de Peira et al. 2014 mostraron que la VFC-BF influye en el componente fisiológico de una emoción negativa. A consecuencia de esto, la VFC-BF podría proporcionar una forma eficaz de regular el componente fisiológico de la reacción emocional en una fase tardía cuando la reacción emocional ya se ha desarrollado²⁶.

Posibles aplicaciones clínicas de la VFC-BF

Tratamiento preventivo

Según la evidencia disponible a día de hoy, la técnica de VFC-BF podría recomendarse como tratamiento preventivo para aquellas personas con riesgo de padecer una futura enfermedad como consecuencia de una desregulación autonómica mantenida en el tiempo. Dentro de esta población de riesgo se encontrarían, por ejemplo:

- *Pacientes con dolor crónico*. En estos pacientes el dolor que experimentan provoca un desequilibrio en el sistema autónomo que se traduce en activación simpática sostenida y supresión de la actividad parasimpática³.
- *Personas sometidas a un estrés elevado diario*. Podrían sufrir un deterioro estructural y funcional de estructuras anatómicas relacionadas con su SNA^{7,27}.
- *Sujetos prehipertensos*.



El concepto de prehipertensión se definió por primera vez en el Séptimo Informe del Comité Nacional Conjunto de Estados Unidos de América, sobre Prevención, Detección, Evaluación y Tratamiento de la Hipertensión Arterial. Se considera prehipertensión un rango de PAS entre 120-139 mmHg y un rango de PAD entre 80-89 mmHg. Fue catalogado como un importante problema de salud pública, ya que las personas que padecen prehipertensión tienen muchas más probabilidades de desarrollar hipertensión en el futuro en comparación con la población normotensa²⁸.

Según el estudio de G. Lin et al. la sensibilidad barorrefleja en aquellos individuos con prehipertensión es significativamente menor en comparación con los sujetos normotensos. Los resultados sobre la VFC en los sujetos prehipertensivos mostraron LH y HF inferiores a las de los sujetos normotensos. Estas diferencias indicaron que tanto la sensibilidad barorrefleja como la VFC presentaban una alteración en sujetos prehipertensos¹⁴. El estudio de Chen también encontró diferencias en sus hallazgos entre los sujetos normotensos y prehipertensivos. En este experimento, se investigaron múltiples índices que reflejan la reactividad cardiovascular, manifestando una recuperación retardada en prehipertensivos e indicaron una reactividad simpática relativamente más duradera a los factores de estrés en el laboratorio⁶. Los resultados indicaron que la VFC-BF en prehipertensivos redujo significativamente la PA, así como el equilibrio simpatovagal autónomo, determinando que este tipo de retroalimentación puede servir como una nueva estrategia conductual de afrontamiento para las enfermedades cardiovasculares relacionadas con estrés fisiopatológico¹⁴. En un ensayo de Peira et al. (2014) se argumentó la importancia de la VFC-BF como tratamiento preventivo en el control de las emociones. Debido a que las reacciones fisiológicas no reguladas pueden exacerbar la ansiedad, la VFC-BF continua podría ser utilizada para adaptar nuevos tratamientos o estrategias de prevención para los trastornos de ansiedad²⁶. Ya en un estudio similar de Peira et al. (2013) los hallazgos evidenciaron que los sujetos que practican VFC-BF pueden aprender a hacer frente a las reacciones fisiológicas inducidas emocionalmente para así atenuar su impacto sobre la homeostasis, lo que sugiere un efecto de protección cardiaca a largo plazo²⁷.

Desde otro punto de vista, hacer uso de la técnica de VFC-BF no solo evitaría la aparición de futuras enfermedades, sino que también reduciría costes



en el sistema de salud. La conclusión del estudio de Van der Zwan et al. es que las intervenciones de autoayuda, como la VFC-BF, podrían reducir costes directos en la salud mental porque conseguirían reducir la gravedad de los síntomas, son baratas y requieren menos contacto cara a cara con un proveedor de atención²⁹. Además, algunos estudios demuestran que una mayor predisposición a la excitación podría estar relacionada con la aparición de síntomas psicóticos^{23,24}. Debido a esto, Clamor et al. en 2015 concluyeron en su experimento que la VFC-BF se debería incluir en los módulos de intervención temprana dentro de los programas de gestión al estrés ya que desempeña un importante papel en el aumento de la resistencia al estrés²³.

Tratamiento complementario

Parte de la evidencia examinada en esta revisión coincide con que la VFC-BF no muestra resultados estadísticamente significativos suficientes como para poder ser empleada en el ámbito clínico como tratamiento alternativo. A pesar de esto, se coincide en que la aplicación de esta técnica, junto al tratamiento clínico correspondiente, podría potenciar su efecto terapéutico. Los hallazgos analizados en esta revisión sobre pacientes con depresión posttraumática sitúan la VFC-BF como un tratamiento coadyuvante que podría implementarse fácilmente en la práctica clínica y usarse como estrategia para aumentar la eficacia del tratamiento habitual en pacientes con esta patología. Los resultados verificaron un efecto sinérgico en los pacientes cuando se aplicó la VFC-BF junto al tratamiento regular^{11,20}. En el estudio de Li et al., además, se destacó su utilidad como tratamiento complementario con mejoras en la calidad del sueño y los niveles de depresión de pacientes con ictus¹¹.

Una revisión sistemática enfocada a la salud mental afirma que la literatura apoya el uso de la VFC-BF como tratamiento adyuvante en trastornos de depresión mayor y en trastornos de depresión posttraumática ya que ha demostrado efectos saludables, en ausencia de efectos secundarios adversos, y se puede utilizar de forma aguda o crónica. Además, la práctica de la VFC-BF ha demostrado ser un tratamiento complementario a la terapia cognitivo-conductual al proporcionar a los sujetos una herramienta adicional para autogestionar la sintomatología aversiva de su patología. Por otro lado, la VFC-BF



tiene un potencial real como intervención complementaria para los protocolos establecidos de tratamiento de trastornos por abuso de sustancias¹³.

Instrumentos necesarios para medir la VFC-BF

El equipo para medir la VFC-BF se compone, en la mayoría de los casos, de un sensor fotopletimográfico, empleado para medir la frecuencia respiratoria y la frecuencia cardiaca, y un *software* que interpreta los datos recogidos representándolos de forma visual en una pantalla con el objetivo de que los participantes puedan influir sobre sus parámetros fisiológicos a través de la respiración. Además de esto, algunos experimentos hacen uso de un electrocardiograma para estudiar los cambios eléctricos del corazón en la derivación II^{16,18,26}. El sensor pletismógrafo lo podemos encontrar ubicado en distintas zonas del cuerpo, según la elección del grupo investigador que dirija el estudio. Hallamos ensayos en los que los participantes tienen colocado dicho sensor en el dedo medio de la mano^{12,29,3}, en el pecho y abdomen¹⁸, en el lóbulo de la oreja²¹ o incluso a través de dos alambres eléctricos cosidos en una prenda elástica¹⁷.

La mayoría de experimentos incluidos en esta revisión han empleado en la elaboración de su estudio *softwares* comercialmente disponibles, entre los que se encuentran Freeze-Framer 2.0 del Instituto HeartMath³, Stress Sweeper Pro de Biocom Technologies²¹ y Stress Eraser validado por la FDA (Agencia de Estados Unidos responsable de la validación de productos sanitarios, medicamentos y alimentación)^{12,29}.

Los parámetros que registran, así como la interpretación visual que generan los *softwares*, varían considerablemente de unos ensayos a otros.

- El *software* Freeze-Framer muestra un gráfico de tres barras en el que cada barra representa el contenido espectral de la VFC de frecuencia alta, media y baja. El objetivo de los participantes de este estudio era que la barra de baja frecuencia fuera mayor que el resto de barras³.
- Otro *software*, no disponible comercialmente, llamado Vivologic, calcula y aplica un factor de calibración, generando valores de mililitros para todas las respiraciones en el trazo respiratorio¹⁷.



- CardioPro Infiniti se usó para adquirir los intervalos entre latido en tiempo real del ECG y transferirlos al dominio de frecuencias de los índices de VFC: potencia de LF, potencia de HF y la relación LF/HF^{16,18}.
- Stress Sweeper Pro representa una bola que se mueve hacia arriba y hacia abajo en la pantalla coincidiendo con cada inhalación/exhalación. Por otra parte, cuenta con un gráfico lineal que se desplaza para arriba con el aumento de la VFC. Los sujetos debían tratar de mantener la línea dentro de una banda verde, la cual indicaba que la VFC era lo suficientemente alta²¹.
- Stress Eraser, al igual que CardioPro Infiniti, se aplica para la obtención de los intervalos entre latido en tiempo real para mostrarlos como una onda en una pantalla. Además, este *software* se centra principalmente en el análisis de dicha onda, que refleja la arritmia en el seno respiratorio^{12,29}.
- Kubios HRV, único *software* gratuito de todos los citados (disponible para los sistemas operativos Windows y Linus), es un *software* avanzado y fácil de usar para análisis de la VFC. Este *software* soporta varios formatos de datos de entrada para los datos del electrocardiograma (ECG) y los datos del intervalo RR de la batida a latido. Incluye un algoritmo adaptativo de detección de QRS y herramientas de corrección de artefactos, eliminación de tendencias y selección de muestras de análisis. El *software* calcula todos los parámetros de HRV de dominio de tiempo y dominio de frecuencia comúnmente utilizados y varios parámetros no lineales. Los resultados del análisis se pueden guardar como un archivo de texto ASCII y MatlabMAT-archivo, o como un informe pdf. El *software* es fácil de usar a través de su interfaz gráfica de usuario compacta³⁰.

CONCLUSIÓN

Partiendo de la revisión de la evidencia científica sobre VFC-BF podemos afirmar que el mecanismo de acción de dicho abordaje terapéutico no resulta aún concluyente, ya que los distintos estudios analizados discrepan en la interpretación de los parámetros de la VFC. Existen, por tanto, incoherencias



en los resultados clínicos, probablemente debido a una falta de control en las proporciones de inspiración/espирación que no se tienen en cuenta en la inmensa mayoría de los estudios. Por su parte, las revisiones sistemáticas consultadas coinciden en que la aplicación de la VFC-BF provoca una mejora de la disfunción autonómica a través del reforzamiento del sistema barorreflejo. Sin embargo, los efectos específicos que tiene este procedimiento sobre el SNA parasimpático aún no están claros.

En los ensayos clínicos recogidos en esta revisión, apreciamos los resultados de la VFC-BF en una amplia gama de patologías relacionadas con la pérdida del equilibrio autonómico. No obstante, la evidencia que sustenta la aplicación de esta técnica en cada patología en concreto es escasa y poco concluyente. Las muestras de estudio de los experimentos presentan tamaños dispares y se han realizado en unos casos con individuos sanos y en otros con sujetos enfermos. Por otro lado, cada ensayo clínico evalúa parámetros del SNA parasimpático diferentes en su estudio dependiendo del instrumento empleado para la medición de la VFC. Esta heterogeneidad en los estudios imposibilita por tanto hacer afirmaciones concluyentes respecto a esta técnica. Sin embargo, la evidencia examinada sitúa a la VFC-BF como un posible tratamiento preventivo de gran utilidad en personas con riesgo de padecer una futura enfermedad como consecuencia de una desregulación autonómica mantenida en el tiempo. Además, parte de la evidencia de esta revisión afirma que la VFC-BF podría usarse como un tratamiento complementario a causa del potenciamiento del efecto terapéutico que produce junto a su tratamiento clínico habitual.

En conclusión, la distinta metodología existente en la elaboración de los experimentos citados podría haber influido en la obtención de resultados tan desiguales mostrados en los ensayos clínicos de esta revisión bibliográfica. Se necesitan, por tanto, más estudios que profundicen en el manejo de este tipo de retroalimentación en patologías específicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jones, CL. HHS Public Access. 2015; 33(4):395-401. Disponible en: <<https://doi.org/10.1038/nbt.3121>.CHIP-nexus>.



2. Eddie D. NIH Public Access. 2014; 1-20. Disponible en: <<https://doi.org/10.1007/s10484-013-9217-6.Dynamic>>.
3. Weeks DL, Whitney AA, Tindall AG, Carter GT. Pilot Randomized Trial Comparing Intersession Scheduling of Biofeedback Results to Individuals with Chronic Pain. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2015; 1. Disponible en: <<https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000285>>.
4. Pereira VH, Campos I, Sousa N. The role of autonomic nervous system in susceptibility and resilience to stress. *Current Opinion in Behavioral Sciences*. 2017; 14:102-107. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2017.01.003>>.
5. Reyes del Paso GA, Langewitz W, Mulder LJM, van Roon A, Duschek S. The utility of low frequency heart rate variability as an index of sympathetic cardiac tone: A review with emphasis on a reanalysis of previous studies. *Psychophysiology*. 2013; 50(5): 477-487. Disponible en: <<https://doi.org/10.1111/psyp.12027>>.
6. Chen S, Sun P, Wang S, Lin G, Wang T. Effects of heart rate variability biofeedback on cardiovascular responses and autonomic sympathovagal modulation following stressor tasks in prehypertensives. *Journal of Human Hypertension*. 2015; 30(November 2014):1-7. Disponible en: <<https://doi.org/10.1038/jhh.2015.27>>.
7. Kotozaki Y, Takeuchi H, Sekiguchi A, Yamamoto Y, Shinada T, Araki T, Kawashima R. Biofeedback-based training for stress management in daily hassles: An intervention study. *Brain and Behavior*. 2014; 4(4):566-579. Disponible en: <<https://doi.org/10.1002/brb3.241>>.
8. Gaume A, Vialatte A, Mora-Sanchez A, Ramdani C, Vialatte FB. A psychoengineering paradigm for the neurocognitive mechanisms of biofeedback and neurofeedback. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2016; 68:891-910. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.06.012>>.
9. Sanz Fernández J. (Universidad C. de M.). Biofeedback de temperatura periférica.pdf. *Revista Española de Terapia del Comportamiento*. 1989; 7(3):273-294.



10. Lehrer PM, Gevirtz R. Heart rate variability biofeedback: How and why does it work? *Frontiers in Psychology*, 5(jul). 2014:1-9. Disponible en: <<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00756>>.
11. Li X, Zhang T, Song L-P, Zhang Y, Zhang G-G, Xing C-X, Chen H. Effects of Heart Rate Variability Biofeedback Therapy on Patients with Poststroke Depression: A Case Study. *Chinese Medical Journal*. 2015; 128(18):25-42. <Disponible en: <https://doi.org/10.4103/0366-6999.164986>>.
12. Prinsloo GE, Derman WE, Lambert MI, Laurie Rauch HG. The effect of a single session of short duration biofeedback-induced deep breathing on measures of heart rate variability during laboratory-induced cognitive stress: A pilot study. *Applied Psychophysiology Biofeedback*. 2013; 38(2):81-90 Disponible en: <<https://doi.org/10.1007/s10484-013-9210-0>>.
13. Eddie D, Vaschillo E, Vaschillo B, Lehrer P. Heart rate variability biofeedback: Theoretical basis, delivery, and its potential for the treatment of substance use disorders. *Addiction Research & Theory*. 2015; 23(4):266-272. <Disponible en: <<https://doi.org/10.3109/16066359.2015.1011625>>.
14. Lin G, Xiang Q, Fu X, Wang S, Wang S, Chen S, Wang T. Heart Rate Variability Biofeedback Decreases Blood Pressure in Prehypertensive Subjects by Improving Autonomic Function and Baroreflex. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 2012; 18(2):143-152. <Disponible en: <https://doi.org/10.1089/acm.2010.0607>>.
15. Shaffer F, McCraty R, Zerr CL. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Frontiers in Psychology*, 5(September). 2014: 1040. <Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01040>>.
16. Lin I-M, Fan S-Y, Lu H-C, Lin T-H, Chu C-S, Kuo H-F, Lu Y-H. Randomized controlled trial of heart rate variability biofeedback in cardiac autonomic and hostility among patients with coronary artery disease. *Behaviour Research and Therapy*. 2015; 70:38-46. <Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.brat.2015.05.001>>.
17. Van Diest I, Verstappen K, Aubert AE, Widjaja D, Vansteenwegen D, Vlemincx E. Inhalation/Exhalation Ratio Modulates the Effect of Slow Breathing on Heart Rate Variability and Relaxation. *Applied Psychophysiology Biofeedback*. 2014; 39(3-4):171-180. Disponible en: <<https://doi.org/10.1007/s10484-014-9253-x>>.



18. Lin IM, Tai LY, Fan SY. Breathing at a rate of 5.5 breaths per minute with equal inhalation-to-exhalation ratio increases heart rate variability. *International Journal of Psychophysiology*. 2014; 91(3):206-211. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.12.006>>.
19. Mason H, Vandoni M, Codrons E, Ugargol V, Bernardi L. Cardiovascular and Respiratory. Effect of Yogic Slow Breathing in the Yoga Beginner : What Is the Best Approach ? *Evid Based Complement Alternat Med*. 2013; 2013:743504. doi: 10.1155/2013/743504.
20. Rosaura Polak A, Witteveen AB, Denys D, Olf M. Breathing Biofeedback as an Adjunct to Exposure in Cognitive Behavioral Therapy Hastens the Reduction of PTSD Symptoms: A Pilot Study. *Applied Psychophysiology Biofeedback*. 2015; 40(1):25-31. Disponible en: <<https://doi.org/10.1007/s10484-015-9268-y>>.
21. Lewis GF, Hourani L, Tueller S, Kizakevich P, Bryant S, Weimer B, Strange L. Relaxation training assisted by heart rate variability biofeedback: Implication for a military predeployment stress inoculation protocol. *Psychophysiology*. 2015; 52(9):1167-1174. Disponible en: <<https://doi.org/10.1111/psyp.12455>>.
22. Pyne JM, Constans JI, Wiederhold MD, Gibson DP, Kimbrell T, Kramer TL, McCune, TR. Heart rate variability: Pre-deployment predictor of post-deployment PTSD symptoms. *Biological Psychology*. 2016; 121:91-98. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.10.008>>.
23. Clamor A, Warmuth AM, Lincoln TM. Arousal predisposition as a vulnerability indicator for psychosis : A general population online stress induction study. *Schizophrenia Research and Treatment*, 2015; 1-8. Disponible en: <<https://doi.org/10.1155/2015/725136>>.
24. Clamor A, Koenig J, Thayer JF, Lincoln TM. A randomized-controlled trial of heart rate variability biofeedback for psychotic symptoms. *Behaviour Research and Therapy*. 2016; 87:207-215. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.brat.2016.10.003>>.
25. Murdock KW, LeRoy AS, Fagundes CP. Trait hostility and cortisol sensitivity following a stressor: The moderating role of stress-induced heart rate variability. *Psychoneuroendocrinology*. 2017; 75:222-227. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.10.014>>.



26. Peira N, Fredrikson M, Pourtois G. Controlling the emotional heart: Heart rate biofeedback improves cardiac control during emotional reactions. *International Journal of Psychophysiology*. 2014; 91(3):225-231. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.12.008>>.
27. Peira N, Pourtois G, Fredrikson M. Learned Cardiac Control with Heart Rate Biofeedback Transfers to Emotional Reactions. *PLoS ONE*. 2013; 8(7). Disponible en: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070004>>.
28. JNC7. Tratamiento de la hipertensión arterial. *Hipertensión*. 2006; 23(9):298-312. Disponible en: <[https://doi.org/10.1016/S0212-8241\(06\)71767-4](https://doi.org/10.1016/S0212-8241(06)71767-4)>.
29. van der Zwan JE, de Vente W, Huizink AC, Bögels SM, de Bruin EI. Physical activity, mindfulness meditation, or heart rate variability biofeedback for stress reduction: a randomized controlled trial. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2015; 40(4):257-268. Disponible en: <<https://doi.org/10.1007/s10484-015-9293-x>>.
30. Tarvainen MP, Niskanen JP, Lipponen JA, Ranta-aho PO, Karjalainen PA. Kubios HRV - Heart rate variability analysis software. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2014; 113(1):210-220. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.07.024>>.



