

ENTRENAMIENTO EN *BIOFEEDBACK* DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA SOBRE LA ACTIVIDAD AUTONÓMICA DE PACIENTES CON INSUFICIENCIA CARDIACA Y SOBREVIVIENTES DE COVID-19

Guadalupe Lizzbett Luna Rodríguez, Viridiana Peláez Hernández, Norma Camacho Mendoza

*Y cuando todo se acabe
y se hagan polvo las hadas,
no habré sabido porqué
me he vuelto loco por nada.*

Pedro Guerra

RESUMEN

Las alteraciones autonómicas y cardiovasculares se observan en diversos padecimientos crónicos, por ejemplo, la insuficiencia cardiorrespiratoria y como secuelas de COVID-19. En ambos casos, estas condiciones generan alteraciones en el estado autonómico, físico y emocional del paciente, con deterioro del estado de salud y una menor capacidad de recuperación.

El entrenamiento en *biofeedback* de la variabilidad de la frecuencia cardiaca ha demostrado ser un tratamiento no invasivo y ejercer un efecto positivo sobre la disfunción autonómica de pacientes con diversos padecimientos crónicos; sin embargo, son escasas las investigaciones en pacientes con insuficiencia cardiorrespiratoria y en COVID-19.

En el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas se realizó un estudio de cuatro casos: tres pacientes con insuficiencia cardiorrespiratoria y uno con COVID-19 se sometieron a una intervención en *biofeedback* de la variabilidad de la frecuencia cardiaca con el objetivo de mejorar su modulación autonómica. Al término del tratamiento los cuatro pacientes mostraron mejoría en los niveles totales tanto de variabilidad como en el espectro de HF, en la mayoría de los casos los cambios se mantuvieron en el largo plazo. También se asoció con mejoría del funcionamiento simpato-vagal, físico y emocional.

El entrenamiento en *biofeedback* de la variabilidad de la frecuencia cardiaca induce cambios autonómicos que mejoran la regulación autonómica, emocional y física. Fomentar este tipo de tratamiento en el manejo multidisciplinario de estas poblaciones ayuda a los pacientes a mejorar su salud física, mental y calidad de vida.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades crónicas respiratorias afectan a cerca de 10.3% de la población mundial.¹ Una de las más importantes es la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC); por dar un ejemplo, 7.8% de la población en la Ciudad de México la padece.^{2,3} La EPOC ha sido asociada con otras comorbilidades crónicas, entre las que destaca la insuficiencia cardiaca (IC).⁴ Se calcula que, al menos, uno de cada cinco pacientes con EPOC desarrollará IC como comorbilidad,⁵ dando lugar a la insuficiencia cardiorrespiratoria (ICR) y generando una mayor tasa de mortalidad, rehospitalizaciones, exacerbaciones y comorbilidades.^{2,6}

A partir del brote de SARS-CoV-2, se estiman alrededor de 536 millones de contagios confirmados y más de 6.3 millones de muertes en el ámbito mundial.⁷ En México, más de 6.5 millones de personas se han contagiado y más de 326 mil han fallecido por esa causa. Los sobrevivientes de COVID-19 han desarrollado diversas secuelas, entre las que destacan daño pulmonar, renal, cardiovascular, musculoesquelético, neuronal, psicológico y cognitivo.^{8,9}

Se estima que, a un año de su recuperación, los sobrevivientes tienen 72% de riesgo de padecer IC⁹ debido a complicaciones cardiovasculares dentro de la etapa aguda: eventos coronarios agudos y enfermedad tromboembólica venosa.¹⁰ Este daño cardiovascular, sumado a otras secuelas, aumenta el número de comorbilidades, incrementa las tasas de mortalidad y reduce la posibilidad de recuperación.

ALTERACIONES AUTONÓMICAS EN PACIENTES CON ICR Y SOBREVIVIENTES DE COVID-19

Los pacientes con ICR cursan con alteraciones autonómicas generadas principalmente por el alto grado de disfunción cardiaca que padecen, lo que, aunado a su poca movilidad física,¹¹ genera tanto disminución en la regulación cardiaca y respiratoria, como arritmias,

hipertensión, disfunción endotelial y disautonomía. Estas alteraciones autonómicas también pueden verse agravadas en presencia de comorbilidades psicológicas como la ansiedad.¹²

El alto grado de disautonomía, en conjunto con alteraciones propias de la ICR, como hipoxia y menor irrigación cerebrovascular,¹³ además de los factores de riesgo de cada paciente, aumentan la posibilidad de desarrollar otros padecimientos degenerativos, como enfermedad de Alzheimer o demencia vascular.¹⁴

Durante su etapa aguda, la COVID-19 provoca una importante respuesta inmunológica e incrementa el nivel de inflamación celular¹⁵ el cual permanece durante la recuperación.¹⁶ Debido a esto, los sobrevivientes manifiestan alteraciones periféricas, cognitivas y centrales, incluyendo daño en el funcionamiento vagal y alteraciones sistémicas¹⁷ que, en conjunto con las comorbilidades de cada paciente, incrementan la disautonomía.¹⁶

Los sobrevivientes de esta enfermedad presentan diversos trastornos psicológicos que se relacionan, en parte, con los procesos de adaptación durante su recuperación, pero también con las alteraciones autonómicas e inflamatorias que se presentan en el largo plazo, impidiendo su adecuada recuperación y disminuyendo su salud general.¹⁸

VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA: HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN AUTONÓMICA

Uno de los métodos no invasivos por excelencia para evaluar el funcionamiento autonómico es la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC), la cual se refiere al intervalo de tiempo entre latidos¹⁹ y refleja la interacción entre el funcionamiento autonómico, cardiovascular y cerebral.²⁰ Este biomarcador se ha relacionado con el estado de salud y la mortalidad;²¹ tanto en pacientes con padecimientos crónicos como en aquellos con enfermedades infecciosas o inmunes se han observado alteraciones asociadas, principalmente, con niveles bajos de la VFC, peor estado de salud y mayores tasas de mortalidad.^{22,23}

La VFC se obtiene mediante un electrocardiograma o fotopleletismografía y existen diversos métodos para su análisis; uno de los más empleados es el análisis espectral. Esta técnica permite evaluar los cambios en la frecuencia cardiaca a partir de un dominio espectral de frecuencias posibilitando observar los componentes del ritmo cardiaco. El espectro se divide en bandas de poder y se cuantifica el potencial de cada una, o se determina la frecuencia o relación entre ellas, además de que cada una se asocia con una actividad fisiológica específica,²⁴ tal como se describe a continuación.^{19,24}

- Alta frecuencia (HF): de 0.15 a 0.4 Hz. Se relaciona con la arritmia sinusal respiratoria, actividad parasimpática y vagal.
- Baja frecuencia (LF): de 0.04 a 0.15 Hz. Se asocia a actividad simpática con componentes de actividad parasimpática y actividad barorrefleja.

- Muy baja frecuencia (VLF): de 0.0033 a 0.04 Hz. Se relaciona con desactivación parasimpática y regulación térmica y visceral, así como actividad del sistema renina-angiotensina-aldosterona.

Además, el espectro de frecuencias permite cuantificar el nivel de VFC presente a partir del siguiente cociente:²⁵ $(LF + VLF) / HF$, donde el resultado se clasifica de la siguiente manera: VFC alta: 0-0.89; VFC moderada: 0.90-1.1; VFC baja: >1.1. El resultado del cociente de VFC indica un nivel global de este, presentándose como una relación inversa: mientras mayor sea la cantidad del cociente, menor es el nivel de VFC.

VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN PACIENTES CON ICR Y SOBREVIVIENTES DE COVID-19

Los pacientes con ICR muestran bajos niveles de VFC asociados con el grado de disfunción autonómica y cardiovascular que desarrollan en parte por las anomalías en la frecuencia cardíaca y en la presión arterial generadas por un desequilibrio simpato-vagal.^{11,26,27} Esto genera una disminución de los niveles de VFC, incrementa el riesgo de otros eventos cardiovasculares adversos y las tasas de mortalidad²² e impide que los pacientes sean capaces de adaptarse adecuadamente a las condiciones generadas por su padecimiento.²⁸

También se ha encontrado que niveles bajos de VFC provocan alteraciones en otras esferas, como el funcionamiento cognitivo.²⁹ En diversos estudios se encontró que los pacientes con IC y niveles bajos de VFC también tiene peores ejecuciones en pruebas de atención, memoria y funcionamiento ejecutivo.³⁰⁻³⁵

En pacientes con COVID-19 se ha encontrado una disminución del espectro de frecuencia altas y un nivel bajo de VFC que se relacionan con un peor estado de salud durante el periodo de hospitalización.¹⁶ En el seguimiento, incluso en pacientes con cuadros leves/moderados de la enfermedad, se muestra sobreactivación simpática, incremento de la frecuencia cardíaca y menor capacidad de relajación en comparación con controles.³⁶ Se ha observado que los sobrevivientes de COVID-19 presentan desregulación autonómica que puede prolongarse más allá de los tres meses posteriores a su recuperación,³⁷ lo que impactaría en los niveles de VFC y en el funcionamiento simpato-vagal.

En el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas (INER), un seguimiento a 434 sobrevivientes de COVID-19 a tres meses del alta hospitalaria encontró niveles bajos de VFC en 67-81% de los casos, incluso en periodos de relajación; solamente 13-28% mostraron niveles altos de VFC. Estos resultados se asocian con una posible alteración autonómica o disautonomía²⁵ relacionada con las alteraciones psicológicas presentadas comúnmente en esta población (ansiedad, depresión, trastorno de estrés posttraumático, problemas de sueño).¹⁸ Los datos también fueron consistentes con los reportados en otras investigaciones realizadas al egreso hospitalario de pacientes sobrevivientes de COVID-19.^{16,36-37} Los hallazgos de las disfunciones autonómicas y alteraciones simpato-vagales asociados con las alteraciones en la VFC en esta población han sido atribuidas principalmente a los niveles de inflamación celular que persisten en el largo plazo.³⁸

MODULACIÓN A TRAVÉS DEL ENTRENAMIENTO EN *BIOFEEDBACK* DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA

Existen diferentes intervenciones conductuales que disminuyen las alteraciones autonómicas, en especial la sobreactivación simpática para mejorar la calidad de vida del paciente, además de reducir comorbilidades y mortalidad. Una de estas estrategias es el entrenamiento en *biofeedback* de la VFC. Esta es una técnica de intervención psicológica y conductual incluida en el campo de la psicofisiología aplicada. Se define como un conjunto de procedimientos enfocados a proporcionar al paciente información precisa y en tiempo real de algún aspecto de su actividad o respuesta fisiológica, con el objetivo de que él aprenda a regular esta actividad o respuesta de manera voluntaria. La modificación fisiológica se presenta en conjunto con cambios en pensamientos, conductas y emociones.³⁹

El entrenamiento en *biofeedback* de la VFC es una intervención que alcanza efectos a corto y largo plazo, los cuales suelen observarse como un aumento de la homeostasis cardíaca y la actividad barorrefleja. Los efectos surgen a partir de la estimulación vagal y del descenso de la hiperactividad simpática, induciendo altos niveles de relajación.²⁰ Por otro lado, es capaz de mejorar la modulación inflamatoria al controlar y disminuir los niveles de inflamación celular, generando así una mejor regulación sistémica, en especial a nivel cardiovascular,⁴⁰ y mejorar el funcionamiento autonómico. Dentro del espectro de frecuencias de la VFC, las HF también se incrementan, lo que mejora la calidad de vida y la salud, disminuyendo a su vez las tasas de mortalidad.⁴¹ Este entrenamiento también mejora la regulación emocional, la conductual y el funcionamiento cognitivo, además de disminuir la sintomatología ansiosa y depresiva en pacientes con enfermedades crónicas.^{16,35,42,43}

El protocolo de entrenamiento en *biofeedback* de la VFC incluye la modificación de esta mediante la práctica de respiración diafragmática, promoviendo una tasa respiratoria de seis respiraciones por minuto, que favorece una relajación natural e induce cambios en el circuito cardiorrespiratorio que modula y controla la regulación autonómica,⁴⁴ estimulando la actividad vagal y modulando la frecuencia cardíaca y la presión arterial.³³

El entrenamiento consta de una sesión semanal durante, al menos, seis semanas.⁴⁵ Se utiliza un *software* especializado que brinda un reforzamiento visual y auditivo cuando los pacientes alcanzan una coherencia cardíaca y un incremento de la VFC mediante la sincronización de la frecuencia cardíaca y la respiración abdominal. El entrenamiento se acompaña de psicoeducación y/o técnicas cognitivo-conductuales enfocadas al tratamiento de las condiciones emocionales o cognitivas.^{35,45}

En los pacientes con enfermedades cardiovasculares, la evidencia de la efectividad del entrenamiento en *biofeedback* de la VFC es amplio, en la mayoría se ha encontrado mejoría en los niveles de VFC, en las bandas de LF y HF del espectro de frecuencias^{35,41} y en la capacidad de atención, ejecutiva y de memoria, junto con una disminución en sintomatología ansiosa, depresiva y en los niveles de hostilidad. Algunos estudios, como el de Yu,⁴¹ demuestran impacto en el reingreso hospitalario en un año (13.33% de pacientes intervenidos vs. 35.59% del grupo control).

A pesar de la evidencia a favor, son pocos los estudios que actualmente investigan la efectividad del entrenamiento en *biofeedback* de la VFC en padecimientos como la ICR y dentro de la recuperación de COVID-19.

En la Coordinación de Psicología del Servicio de Cardiología del INER se implementó el entrenamiento en *biofeedback* de la VFC como intervención psicofisiológica en pacientes que mostraban alteraciones en la VFC, para conocer si este entrenamiento modifica la regulación y funcionamiento autonómico a través del incremento y mejoría de la VFC.

A continuación, se muestran los resultados de cuatro estudios de caso, pacientes adultos mayores que aceptaron participar y firmaron el consentimiento informado (**Tabla 1**).

Tabla 1. Características sociodemográficas y clínicas de los pacientes

Caso	Sexo	Edad	Escolaridad	Ocupación	Comorbilidades
A (ICR)	Femenino	84	Bachillerato	Hogar	SAOS
B (ICR)	Femenino	72	Primaria	Trabajo independiente	Hipertensión arterial
C (ICR)	Masculino	60	Secundaria	Hogar	SAOS
D (COVID-19)	Femenino	73	Licenciatura	Hogar	Diabetes e hipertensión arterial

ICR: insuficiencia cardiorrespiratoria; SAOS: síndrome de apnea obstructiva del sueño.

Fuente: elaborada con datos obtenidos del estudio de cuatro casos realizado en el INER por los autores.

Se realizó una evaluación basal de la VFC mediante una valoración psicofisiológica que consistió en cuatro fases: ojos abiertos, ojos cerrados, relajación natural y relajación inducida, cada fase duró aproximadamente 2.30 minutos. La VFC se registró mediante un sensor de volumen del pulso sanguíneo (BVP) colocado en el dedo pulgar de la mano izquierda. Esta evaluación se repitió al término del entrenamiento en *biofeedback* de la VFC y un mes después.

El protocolo de entrenamiento en *biofeedback* de la VFC se basó en el propuesto por Leherer y colaboradores,⁴⁵ que es uno de los más utilizados en pacientes con diferentes alteraciones crónicas. El entrenamiento consistió en una sesión de una hora a la semana durante seis semanas y la modificación de la VFC se entrenó con la técnica de respiración diafragmática para lograr una tasa respiratoria de siete a seis respiraciones por minuto. Se empleó

el software BioGraph infiniti, con una pantalla de estímulos visuales y auditivos y se registró la actividad fisiológica con el sensor BVP y una banda respiratoria abdominal. También se les brindó asesoramiento psicológico.

Los resultados se analizaron mediante un análisis descriptivo de cada una de las bandas que componen el espectro de frecuencia y del nivel total de VFC obtenido a través del cociente antes mencionado.²⁵ Se tomaron en cuenta los resultados del análisis de la VFC a lo largo de las tres evaluaciones: pretratamiento o línea base, postratamiento y seguimiento. La VFC se clasificó de acuerdo con los siguientes rangos: VFC alta, VFC media o VFC baja.

El nivel total de la VFC aumentó en los pacientes con ICR, tal como se muestra en la **Figura 1**, mientras que los resultados de acuerdo con cada una de las bandas del espectro de frecuencias se muestran en la **Figura 2** para HF, en la **Figura 3** para LF y en la **Figura 4** para VLF.

Los niveles de VFC en los tres pacientes con IC mejoraron después del entrenamiento en VFC; sin embargo, es más notable en el paciente C. Durante el seguimiento, la paciente A mostró resultados similares; mientras que la paciente B aunque sus niveles de VFC empeoraron durante el seguimiento, continuaron siendo mejores que los niveles basales que presentaba. En el caso de la paciente con COVID-19 (paciente D) presentaba un nivel de VFC disminuido que incrementó notablemente después del entrenamiento, aunque el nivel de VFC total decrementó durante el seguimiento, este continuó siendo mayor que en la evaluación inicial (**Figura 1**).

En las gráficas se observa que los pacientes con IC tenían una HF basal reducida, la cual aumentó después del entrenamiento en *biofeedback*, siendo más notorio en el caso B y C. La mejoría se mantuvo en las pacientes A y B. En este último caso, aunque los por-

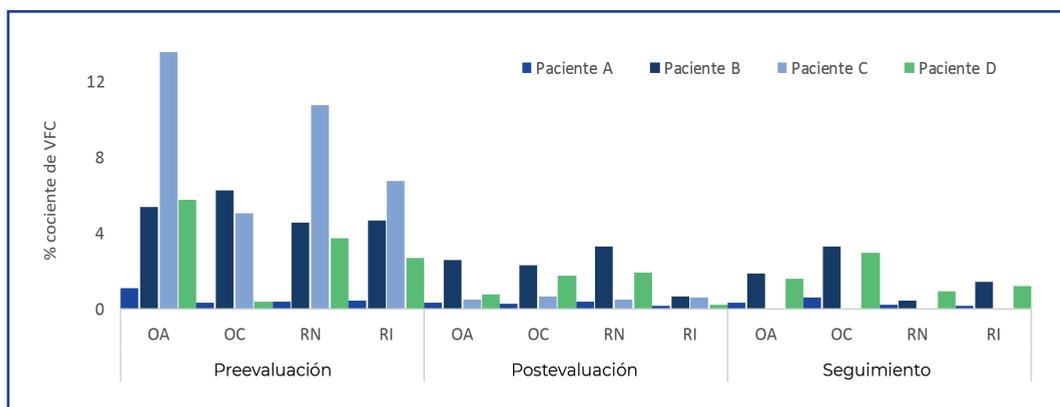


Figura 1. Resultados del análisis del nivel total de VFC de cada paciente.

OA: ojos abiertos; OC: ojos cerrados; RN: relajación natural; RI: relajación inducida. El paciente C no cuenta con resultados de seguimiento debido al comienzo de la pandemia por COVID-19.

Fuente: elaborada con datos obtenidos del estudio de cuatro casos realizado en el INER por los autores.

centajes de esta frecuencia disminuyeron durante el seguimiento, continuaron siendo mayores que los porcentajes basales que tenía. En el caso de la paciente D, las HF se encontraban disminuidas antes de iniciar el tratamiento, después del entrenamiento logró un incremento notable, que se mantuvo así durante el seguimiento en comparación a la línea base (**Figura 2**).

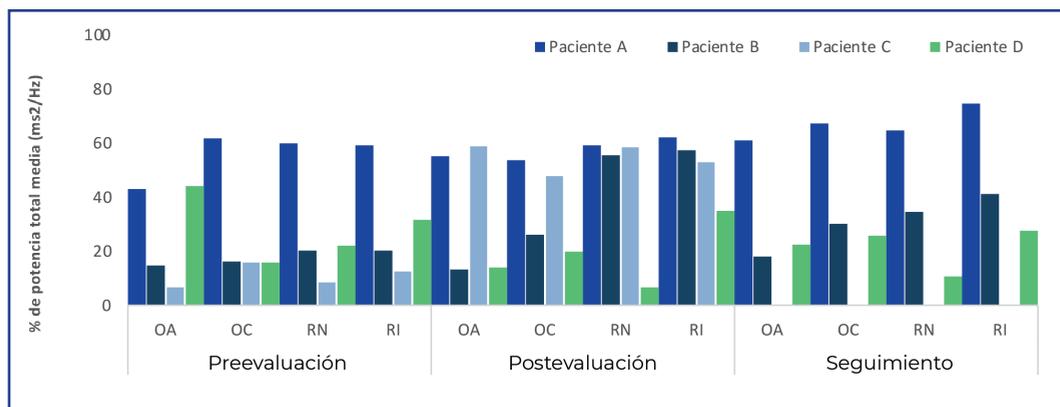


Figura 2. Efectos del entrenamiento en *biofeedback* de la VFC sobre la banda de alta frecuencia de cada paciente. OA: ojos abiertos; OC: ojos cerrados; RN: relajación natural; RI: relajación inducida. El paciente C no cuenta con resultados de seguimiento debido al comienzo de la pandemia por COVID-19.

Fuente: elaborada con datos obtenidos del estudio de cuatro casos realizado en el INER por los autores.

En la **Figura 3** se observa que los niveles de LF se encontraban inicialmente disminuidos en los tres pacientes con IC, después del entrenamiento los porcentajes se observan disminuidos en las pacientes A y B, especialmente en la fase de relajación natural, mientras que en el paciente C los índices de esta banda incrementaron notablemente. En el largo plazo, la paciente A continúa presentando disminución, mientras que la paciente B presenta notables incrementos en comparación con la línea base. Por otro lado, la paciente D presentó un porcentaje moderadamente bajo de LF basal, después del tratamiento estos porcentajes disminuyeron notablemente en la fase de relajación natural e incrementaron en la relajación inducida, durante el seguimiento los porcentajes presentan en general un incremento con respecto a la línea base.

La **Figura 4** muestra que los niveles de VLF inicialmente se encontraban disminuidos en la paciente A y con altos porcentajes en los pacientes B y C, después del entrenamiento en *biofeedback* de la VFC, decrecieron bastante en los tres casos; sin embargo, el cambio fue significativo en el paciente C. En el largo plazo, los niveles de VLF se mantuvieron bajos en comparación con la línea base en las pacientes A y B. Respecto a la paciente D, las VLF mostraban porcentajes altos en todas las fases durante la evalua-

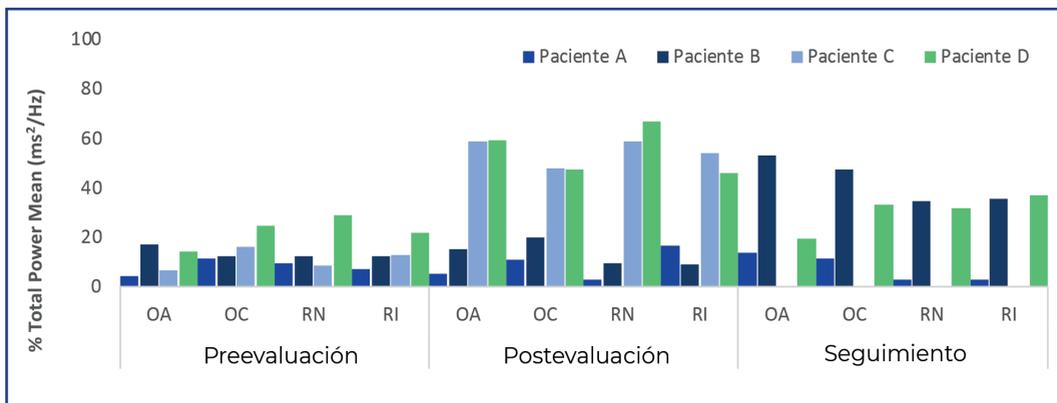


Figura 3. Efecto del entrenamiento en *biofeedback* de la VFC sobre la banda de bajas frecuencias de cada paciente. OA: ojos abiertos; OC: ojos cerrados; RN: relajación natural; RI: relajación inducida. El paciente C no cuenta con resultados de seguimiento debido al comienzo de la pandemia por COVID-19.
Fuente: elaborada con datos obtenidos del estudio de cuatro casos realizado en el INER por los autores.

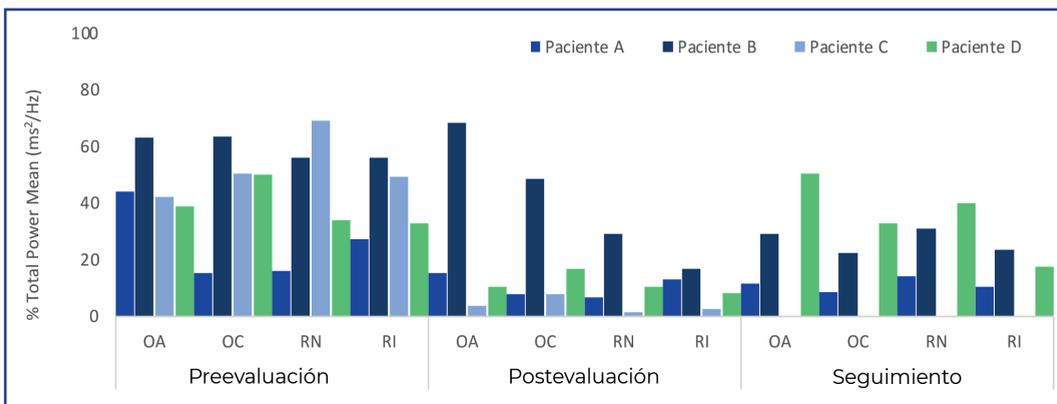


Figura 4. Efecto del entrenamiento en *biofeedback* de la VFC sobre la banda de muy bajas frecuencias de cada paciente. OA: ojos abiertos; OC: ojos cerrados; RN: relajación natural; RI: relajación inducida. El paciente C no cuenta con resultados de seguimiento debido al comienzo de la pandemia por COVID-19.
Fuente: elaborada con datos obtenidos del estudio de cuatro casos realizado en el INER por los autores.

ción inicial y después del tratamiento se observó una disminución notable en todas las fases; sin embargo, durante el seguimiento se observó de nuevo un incremento. A pesar de ello, los cambios logrados después del entrenamiento se mantienen en la fase de ojos cerrados y en relajación inducida.

DISCUSIÓN

El objetivo del estudio fue conocer los efectos del entrenamiento en *biofeedback* de la VFC sobre el funcionamiento autonómico, en especial sobre la VFC. El entrenamiento mostró efectos positivos sobre el funcionamiento autonómico evaluado mediante el nivel de VFC. Al término del entrenamiento, todos los pacientes habían mejorado el nivel de este biomarcador, los resultados concuerdan con los reportados por otros autores,^{33-35,42} quienes también reportan mejoría en los niveles de VFC en pacientes con padecimientos después del entrenamiento.

Los cambios observados en los niveles de VFC se asocian con mejoría en la estimulación y conectividad vagal, lo que genera una mayor regulación tanto simpato-vagal como autonómica, así como una mejor capacidad de relajación,²⁹ lo que se vincula a mejoría en la actividad prefrontal y, por ende, a mejoría cognitiva y emocional.²⁸ Los resultados observados dentro del espectro de frecuencias de la VFC después del entrenamiento se asocian a una mejor habilidad para modificar su VFC, principalmente en estados de relajación, esto asociado a los incrementos en el espectro de las HF y LF; ambas frecuencias se encuentran relacionadas con mejoría en el funcionamiento simpato-vagal y una modulación parasimpática.⁴³

Los resultados observados en las LF difieren de los reportados por la literatura,^{33,45} y esto podría deberse al efecto de algunos medicamentos como los β -bloqueadores empleados principalmente en pacientes con IC, pues se ha reportado que pueden inducir descensos en esta banda de frecuencia.⁴⁷

La banda de actividad asociada con las HF en los cuatro pacientes mostró mejoría, la cual fue más notoria en los casos B, C y D; este mismo comportamiento se observó en los estudios de Nolan⁴⁷ y Swanson.³⁵ Los resultados se explican debido a una mejoría en la regulación autonómica generada a partir del entrenamiento en respiración y la frecuencia respiratoria baja que genera, relacionándose también con un estado de relajación e influenciando el control parasimpático sobre el funcionamiento cardíaco,⁴⁸ además de asociarse con un mejor funcionamiento neuronal, cognitivo y emocional.^{28,31} Sólo en la paciente A los cambios se mantuvieron en el largo plazo, mientras que en los pacientes B y D, los porcentajes disminuyeron, pero se mantuvieron más altos en comparación con los basales.

La mayoría de las investigaciones no reporta los cambios observados en el espectro de VLF después del entrenamiento en *biofeedback* de la VFC; sin embargo, esta banda se asocia con hiperactividad simpática. En la evaluación inicial, los pacientes con ICR (casos B y C) y con COVID-19 (caso D) mostraron altos porcentajes de esta frecuencia, la cual disminuyó después del entrenamiento, mientras que en el seguimiento se observó que, en los casos A y B los porcentajes se incrementaron, siendo más notables en la paciente B, pero manteniéndose en menor porcentaje en comparación con la evaluación inicial. Por su parte, en el caso D se observó un patrón similar, aunque en el seguimiento los porcentajes de esta frecuencia se incrementaron notablemente, manteniendo los cambios sólo en la fase de relajación inducida. Los resultados observados en los pacientes B y D podrían asociarse con una modulación autonómica a partir del incremento en la actividad parasimpática (dada por la HF) y que podría tener un efecto inhibitorio en la actividad simpática, generando que tanto el sistema cardiovascular como el sistema autónomo tengan un mejor balance^{42,43} y

que, a pesar del incremento de las VLF durante el seguimiento, se generara un mayor estado de bienestar y relajación subjetivo reportado por los pacientes.

Cabe mencionar que los resultados en el funcionamiento autonómico se relacionaron con los cambios clínicamente significativos observados en funciones cognitivas como atención, memoria y funciones ejecutivas en los pacientes con ICR,⁵⁷ mientras que en el caso de la paciente con COVID-19 se asociaron a una mejoría en su estado de ánimo, principalmente relacionada con una disminución de sintomatología ansiosa.²⁵

CONCLUSIONES

Los pacientes con ICR y los sobrevivientes de COVID-19 desarrollan alteraciones cardiovasculares que impactan sobre el estado autonómico, físico y emocional, generando un peor estado de salud y una menor capacidad de autorregulación. El entrenamiento en *biofeedback* de la VFC es una estrategia no invasiva capaz de mejorar el funcionamiento autonómico.

Los cambios clínicamente significativos en el funcionamiento autonómico de pacientes con ICR y en sobrevivientes de COVID-19 observados especialmente en el incremento del nivel total de VFC y del espectro de altas frecuencias, están vinculados a un mayor estado de relajación y una mejoría en el estado simpato-vagal que puede reflejarse a nivel conductual en cambios clínicamente significativos en procesos cognitivos y en el estado emocional. Finalmente, el estado autonómico y su interrelación con otros procesos como los cognitivos o emocionales apoya la evidencia ya existente y promueve el tratamiento multidisciplinario para pacientes con ICR y sobrevivientes de COVID-19, lo que permitiría fortalecer el tratamiento no farmacológico que mejore la salud física, cognitiva y mental, además de mejorar su calidad de vida.

FUENTES CONSULTADAS

1. Adeloye D, Song P, Zhu Y et al. Global, regional, and national prevalence of, and risk factors for, chronic obstructive pulmonary disease (COPD) in 2019: a systematic review and modelling analysis. *Lancet Respir Med.* 2022;10(5):447-458.
2. Montes de Oca M, Lopez-Varela MV. The PLATINO Study: contributions to COPD knowledge. *BRN Rev.* 2017;3:3-17.
3. De Miguel Díez J, Carrasco-Garrido P, Rejas-Gutiérrez J et al. The influence of heart disease on characteristics, quality of life, use of health resources, and costs of COPD in primary care settings. *BMC Cardiovasc Disord.* 2010;10:8.
4. De Miguel Díez J, Chancafe Morgan J, Jiménez García R. The association between COPD and heart failure risk: a review. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2013;8:305-312.
5. Mengistu Yohannes A, Baldwin RC, Connolly MJ. Depression and anxiety in elderly patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Age Ageing.* 2006;35(5):457-459.
6. Black-Shinn JL, Kinney GL, Wise AL et al. Cardiovascular disease is associated with COPD severity and reduced functional status and quality of life. *COPD.* 2014;11(5):546-551.
7. github.com. COVID-19 Data Repository by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University. Tomado de < <https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19>>, consultado el 26 de marzo de 2023.
8. Crook H, Raza S, Nowell J et al. Long COVID-mechanisms, risk factors, and management. *BMJ.* 2021;374:n1648.
9. Mak IW, Chu CM, Pan PC et al. Long-term psychiatric morbidities among SARS survivors. *Gen Hosp Psychiatry.* 2009;31(4):318-326.
10. Clerkin KJ, Fried JA, Raikhelkar J et al. COVID-19 and cardiovascular disease. *Circulation.* 2020;141(20):1648-1655.

11. Gunduz H, Talay F, Arinc H et al. Heart rate variability and heart rate turbulence in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Cardiol J*. 2009;16(6):553-559.
12. Chalmers JA, Quintana DS, Abbott MJA, Kemp AH. Anxiety disorders are associated with reduced heart rate variability: a meta-analysis. *Front Psychiatry*. 2014;5:80.
13. Singh B, Parsaik AK, Mielke MM et al. Chronic obstructive pulmonary disease and association with mild cognitive impairment: the Mayo Clinic Study of Aging. *Mayo Clin Proc*. 2013;88(11):1222-1230.
14. Adelborg K, Horváth-Puhó E, Ording A et al. Heart failure and risk of dementia: a Danish nationwide population-based cohort study. *Eur J Heart Fail*. 2017;19(2):253-260.
15. Leitzke M, Stefanovic D, Meyer JJ et al. Autonomic balance determines the severity of COVID-19 courses. *Bioelectron Med*. 2020;6(1):22.
16. Kaliyaperumal, D, Rk K, Alagesan M, Ramalingam S. Characterization of cardiac autonomic function in COVID-19 using heart rate variability: a hospital based preliminary observational study. *J Basic Clin Physiol Pharmacol*. 2021;32(3):247-253.
17. González-Duarte A, Nordcliffe-Kauffmann L. Is "happy hypoxia" in COVID-19 a disorder of autonomic interoception? A hypothesis. *Clin Auton Res*. 2020;30(4):331-333.
18. Mazza MG, De Lorenzo R, Conte C et al. Anxiety and depression in COVID-19 survivors: Role of inflammatory and clinical predictors. *Brain Behav Immun*. 2020;89:594-600.
19. 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. *Front Psychol*. 2014;5:1040.
20. McCraty R, Shaffer F. Heart rate variability: new perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk. *Glob Adv Health Med*. 2015;4(1):46-61.
21. Soares-Miranda L, Sattelmair J, Chaves P et al. Physical activity and heart rate variability in older adults: the cardiovascular health study. *Circulation*. 2014;129(21):2100-2110.
22. Currie KD, Rosen LM, Millar PJ et al. Heart rate recovery and heart rate variability are unchanged in patients with coronary artery disease following 12 weeks of high-intensity interval and moderate-intensity endurance exercise training. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2013;38(6):644-650.
23. Carod-Artal FJ. Infectious diseases causing autonomic dysfunction. *Clin Auton Res*. 2018;28(1):67-81.
24. Rodas G, Pedret Carballido C, Ramos J, Capdevila L. Variabilidad de la frecuencia cardíaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (I). *Arch Med Deporte*. 2008;25(123):41-47.
25. Peláez-Hernández V, Luna-Rodríguez GL, Orea-Tejeda A et al. Heart rate variability disturbances and biofeedback treatment in COVID-19 survivors. *E-Journal of Cardiology-Practice*. 2021;21(4).
26. Mohammed J, Derom E, De Wandele I et al. Autonomic symptoms in patients with moderate and severe chronic obstructive pulmonary disease. *Acta Clin Belg*. 2018;73(3):182-190.
27. Triposkiadis F, Karayannis G, Giamouzis G et al. The sympathetic nervous system in heart failure physiology, pathophysiology, and clinical implications. *J Am Coll Cardiol*. 2009;54(19):1747-1762.
28. André N, Yvart FX. Change in heart rate variability in response to deep-breathing treatment in cardiac patients with anxiety disorders: A preliminary case study experiment. *J de Ther Comport et Cogn*. 2015;25(4):168-176.
29. Park G, Thayer JF. From the heart to the mind: cardiac vagal tone modulates top-down and bottom-up visual perception and attention to emotional stimuli. *Front Psychol*. 2014;5:278.
30. Gillie BL, Vasey MW, Thayer JF. Heart rate variability predicts control over memory retrieval. *Psychol Sci*. 2014;25(2):458-465.
31. Forte G, Favieri F, Casagrande M. Heart rate variability and cognitive function: a systematic review. *Front Neurosci*. 2019;13:710.
32. Frewen J, Finucane C, Savva GM et al. Cognitive function is associated with impaired heart rate variability in ageing adults: the Irish longitudinal study on ageing wave one results. *Clin Auton Res*. 2013;23(6):313-323.
33. Del Pozo JM, Gevirtz RN, Scher B, Guarneri E. Biofeedback treatment increases heart rate variability in patients with known coronary artery disease. *Am Heart J*. 2004;147(3):E11.
34. Chang WL, Lee JT, Li CR et al. Effects of heart rate variability biofeedback in patients with acute ischemic stroke: a randomized controlled trial. *Biol Res Nurs*. 2020;22(1):34-44.
35. Swanson KS, Gevirtz RN, Brown M et al. The effect of biofeedback on function in patients with heart failure. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2009;34(2):71-91.
36. Freire APCF, Lira FS, Morano AEVA et al. Role of body mass and physical activity in autonomic function modulation on post-COVID-19 Condition: An Observational Subanalysis of Fit-COVID study. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(4):2457.
37. Radin JM, Quer G, Ramos E et al. Assessment of prolonged physiological and behavioral changes associated with COVID-19 infection. *JAMA Netw Open*. 2021;4(7):e2115959.
38. Goldberger JJ, Arora R, Buckley U, Shivkumar K. Autonomic nervous system dysfunction: JACC Focus Seminar. *J Am Coll Cardiol*. 2019;73(10):1189-1206.
39. Vila Castellar J, Guerra Muñoz P. *Introducción a la psicofisiología clínica*. Madrid: Pirámide, 2009.
40. Malik M, Bigger JT, Camm AJ et al. 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. *Eur Heart J*. 1996;17:354-381.

41. Yu LC, Lin IM, Fan SY et al. One-year cardiovascular prognosis of the randomized, controlled, short-term heart rate variability biofeedback among patients with coronary artery disease. *Int J Behav Med.* 2018;25(3):271-282.
42. Jester DJ, Rozek EK, McKelley RA. Heart rate variability biofeedback: implications for cognitive and psychiatric effects in older adults. *Aging Ment Health.* 2019;23(5):574-580.
43. McCraty R, Atkinson M, Tomasino D, Bradley RT. The coherent heart. Heart-brain interactions, psychophysiological coherence, and the emergence of system-wide order. *Int Rev.* 2009;5(2):10-115.
44. Noble DJ, Hochman S. Hypothesis: pulmonary afferent activity patterns during slow, deep breathing contribute to the neural induction of physiological relaxation. *Front Physiol.* 2019;10:1176.
45. Lehrer PM, Vaschillo E, Vaschillo B. Resonant frequency biofeedback training to increase cardiac variability: rationale and manual for training. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2000;25(3):177-191.
46. Luna Rodríguez GL. Efecto del *biofeedback* de la variabilidad de la frecuencia cardiaca sobre el estado cognitivo y autónomo en pacientes con insuficiencia cardiorrespiratoria: estudios de caso. Tesis de licenciatura. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2022.
47. Nolan RP, Kamath MV, Floras JS et al. Heart rate variability biofeedback as a behavioral neurocardiac intervention to enhance vagal heart rate control. *Am Heart J.* 2005;149(6):1137.
48. Migliaro RE, Contreras Chahinian P, Ricca-Mallada R. Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca, sus mecanismos y su relación con la innervación autónoma. En Gelpi JR, Buchholtz B (eds.), *Neurocardiología. Aspectos fisiopatológicos e implicaciones clínicas.* Elsevier, 2018.