



## Relación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca y el yo-yo test en deportistas universitarios

*Relationship between heart rate variability and the yo-yo test in university athletes*

### Autores

Cristian Salazar-Orellana <sup>1</sup>  
Gastón Díaz <sup>2</sup>  
Víctor Garrido-Osorio<sup>3</sup>  
Anderson Dos Santos<sup>4</sup>  
Luis Benavides-Roca<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup> Universidad Santo Tomás, Talca (Chile)

<sup>2</sup> Universidad Católica del Maule (Chile)

<sup>3</sup> U Universidad de Las Américas (Chile)

<sup>4</sup> Universidade Paulista (Brasil)

<sup>5</sup> Universidad Autónoma (Chile)

Autor de correspondencia:  
Luis Benavides-Roca  
[benavides.roca@gmail.com](mailto:benavides.roca@gmail.com)

Recibido: 23-09-25

Aceptado: 12-11-25

### Cómo citar en APA

Salazar Orellana, C., Díaz Coria, G., Garrido Osorio, V., Dos Santos, A., & Benavides Roca, L. (2026). Relación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca y el yo-yo test en deportistas universitarios. *Retos*, 75, 71-79. <https://doi.org/10.47197/retos.v75.117688>

### Resumen

**Introducción:** La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) refleja la modulación autonómica y se relaciona con la condición física, especialmente en disciplinas de resistencia aeróbica. Sin embargo, la relación entre la VFC y el desempeño en pruebas de capacidad aeróbica, como el *Yo-Yo test*, no ha sido completamente explorada en deportistas universitarios.

**Objetivo:** Analizar la relación entre los parámetros de la VFC en reposo y el rendimiento alcanzado en la prueba de *Yo-Yo* en deportistas universitarios.

**Metodología:** Estudio correlacional transversal realizado con 32 hombres deportistas (18-26 años). Se evaluó la VFC en posiciones supina y ortostática mediante análisis en dominios temporal y frecuencial (SDNN, RMSSD, pNN50%, HF, LF, VLF y relación LF/HF). Posteriormente, se midió la velocidad alcanzada en el *Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 2*. Se utilizó la prueba de correlación de Pearson ( $p < .05$ ) para analizar las relaciones.

**Resultados:** Se observó una correlación positiva moderada entre la velocidad final del *Yo-Yo test* y los parámetros de SDNN ( $r = .42$ ;  $p = .02$ ), HF ( $r = .4$ ;  $p = .03$ ) y pNN50% en reposo. Además, se evidenció una correlación negativa entre la variación de pNN50% inducida por el cambio postural y el rendimiento ( $r = -.46$ ;  $p = .01$ ).

**Conclusiones:** Los parámetros de la VFC asociados a la actividad parasimpática tienen una relación significativa con la en el rendimiento en la prueba de *Yo-Yo* en deportistas universitarios. Estos hallazgos sugieren que la VFC podría ser una herramienta útil para proyectar la capacidad aeróbica y optimizar la planificación del entrenamiento.

### Palabras clave

Capacidad aeróbica; capacidad física; deportes; pruebas físicas

### Abstract

**Introduction:** Heart rate variability (HRV) reflects autonomic modulation and is associated with physical fitness, particularly in aerobic endurance disciplines. However, the relationship between HRV and performance in aerobic capacity tests, such as the *Yo-Yo test*, has not been fully explored in university athletes.

**Objective:** To analyze the relationship between resting HRV parameters and performance in the *Yo-Yo test* among university athletes.

**Methodologic:** A cross-sectional correlational study was conducted with 32 male athletes (aged 18-26 years). HRV was assessed in supine and standing positions using time-domain and frequency-domain analyses (SDNN, RMSSD, pNN50%, HF, LF, VLF, and the LF/HF ratio). Subsequently, the maximum velocity reached in the *Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 2* (YIRT2) was recorded. Pearson's correlation test ( $p < .05$ ) was used to examine the relationships.

**Results:** A moderate positive correlation was observed between the final velocity in the *Yo-Yo test* and the resting parameters SDNN ( $r = 0.42$ ;  $p = .02$ ), HF ( $r = 0.4$ ;  $p = .03$ ), and pNN50%. Additionally, a negative correlation was found between the postural change-induced variation in pNN50% and performance ( $r = -0.46$ ;  $p = .01$ ).

**Conclusions:** HRV parameters associated with parasympathetic activity show a significant relationship with performance in the *Yo-Yo test* among university athletes. These findings suggest that HRV could be a useful tool for predicting aerobic capacity and optimizing training planning.

### Keywords

Aerobic capacity; physical conditioning; sports; physical tests.

## Introducción

Las adaptaciones cardiovasculares asociadas al entrenamiento pueden reflejarse en los cambios de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), la cual se relaciona con las fluctuaciones en los intervalos de tiempo entre latidos cardíacos consecutivos, modulados por el sistema nervioso (Vásquez-Stuardo et al., 2021). En este contexto, la VFC se considera un indicador representativo tanto de la salud como del desempeño físico del atleta, por lo que constituye una herramienta útil para el monitoreo del entrenamiento y del estado de fatiga (Wang et al., 2025).

Desde el punto de vista fisiológico, la VFC es el resultado de la actividad del sistema nervioso autónomo, específicamente de la interacción entre los sistemas nerviosos simpático y parasimpático. Al relacionarlo con el desempeño deportivo, se ha observado que los atletas que presentan mayor rendimiento físico son aquellos que tienen valores de LF/HF más bajo en reposo, debido a su alta activación parasimpática (Claiborne et al., 2021). No obstante, la literatura aun presenta un debate sobre el entendimiento de este parámetro, el cual ha demostrado que no representa completamente el equilibrio simpático vagal, por lo cual se debe expresar conocimientos más detallados de otros valores y generar un análisis frecuencial global (Von Rosenberg et al., 2017).

Por su parte el comportamiento de la VFC durante la práctica de ejercicio físico muestra una reducción de la actividad parasimpática (SNP) y una activación del sistema nervioso simpático (SNS), lo cual se manifiesta en una disminución de la VFC (Task Force, 1996).

Por su parte, las adaptaciones inducidas por el entrenamiento permiten un aumento en las variables asociadas a la actividad parasimpática (O'Donnell & Craig, 2022), observándose un aumento de la VFC y una relación positiva con la intensidad de la carga del ejercicio (Ebersole et al., 2020). Particularmente, se ha observado que el entrenamiento aeróbico genera una respuesta adaptativa donde se incrementa los niveles de VFC en reposo y favorece el retorno más rápido a la homeostasis después del ejercicio, lo que se refleja en una relación LF/HF más baja (Hillebrand et al., 2013).

A partir de lo anterior, la literatura muestra algunas relaciones de parámetros de la VFC con la capacidad de resistencia aeróbica. Por ejemplo, Da Silva et al. (2014) determinaron que la mejora del rendimiento físico en la prueba de 5 kilómetros se asociaba con el aumento de la RMSSD (uf) en reposo. De igual forma, se ha observado que la prescripción del entrenamiento aeróbico a partir de la VFC conduce a una mejora del rendimiento (Figueiredo et al., 2022).

En este contexto, la evaluación de la capacidad aeróbica también adquiere relevancia, ya que un buen desempeño se asocia con estándares atléticos elevados (Ranković et al., 2010). En este sentido, la prueba Yo-Yo de recuperación intermitente se ha consolidado como una herramienta ampliamente utilizada para evaluar tanto la capacidad de resistencia aeróbica como la tolerancia al ejercicio intermitente de alta intensidad (Schmitz et al., 2018). Esta prueba proporciona información valiosa sobre el rendimiento físico y la eficiencia en la recuperación entre esfuerzos, aspectos que podrían estar relacionados con parámetros de la VFC (Hung et al., 2020) y con el tipo de muestra de la investigada. Particularmente este estudio evalúa a estudiantes universitarios, por lo cual, el contexto influye en los resultados finales de la VFC, con lo que se va a ver afectado por los hábitos de vida de cada participante. Específicamente, existe evidencia en poblaciones similares a la muestra de esta investigación, donde se ha observado correlaciones negativas entre la edad, la actividad parasimpática y el estrés auto percibido, lo cual lo asocian a mayor riesgo cardiovascular (Fuentes-Barria et al., 2025).

Por lo tanto, conocer variables específicas de la VFC que presenten relaciones con el rendimiento aeróbico permitiría comprender de mejor manera el funcionamiento cardiovascular ante estímulos de larga duración, así como establecer parámetros representativos de los mecanismos del sistema nervioso autónomo, ya que se ha demostrado que los índices de la VFC pueden reflejar con precisión los cambios en este sistema (Ye et al., 2022). Si bien un tono vagal alto en reposo está fuertemente asociado con la aptitud cardiovascular y la capacidad de ejercicio (Gourine & Ackland, 2019), aún es posible identificar brechas en la comprensión de la relación entre el ejercicio y el comportamiento del sistema autónomo. De acuerdo con lo anterior, el objetivo del presente estudio es relacionar los parámetros de la VFC con el rendimiento en la prueba Yo-Yo.

## Método

### *Diseño de estudio*

El presente estudio es de tipo transversal correlacional, en el que se relaciona el rendimiento del Yo-Yo test con los parámetros de variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC).

### *Participantes*

La selección de la muestra se realizó de manera no probabilística por conveniencia. Treinta y dos sujetos varones fueron seleccionados, pertenecientes a las universidades de la comuna de Talca, Chile. Los participantes tenían entre 18 y 26 años y practicaban deporte de manera regular.

Los criterios de inclusión fueron: entrenar al menos tres veces por semana.; y estar compitiendo al menos a nivel regional. Los criterios de exclusión fueron: presentar alguna lesión que impidiera realizar ejercicio.; tener alguna enfermedad cardiovascular.

Cada participante tuvo que firmar un consentimiento informado, que describía las características de las evaluaciones y establecía los criterios éticos de la Declaración de Helsinki. Todo el proceso de evaluación contó con la aprobación del comité de ética de la Universidad Santo Tomás (CEC Acreditado Res. N° 23136643/2023).

### *Procedimiento*

Se indicó a los participantes abstenerse de consumir estimulantes (p. Ej., café, té, bebida energética) y alcohol, así como realizar ejercicio físico durante las 24 horas previas a la evaluación, para evitar acumulación de fatiga.

El protocolo de medición de la VFC consistió en evaluaciones en posiciones supina y ortostática. Al llegar al laboratorio entre las 8:00 y las 10:00 a.m., se procedía a medir las variables antropométricas de peso y talla, con una báscula (modelo seca, 720 Hamburgo) debidamente calibrados. Posteriormente, el participante se ubicaba sobre una camilla en posición supina durante 8 minutos y permaneció de pie otros 8 minutos. En este tiempo el sujeto no debía presentar ninguna perturbación ni incomodidad.

Una vez terminada esta prueba, se dirigía a un gimnasio a realizar la prueba de Yo-Yo, la cual consiste en recorrer una distancia de 20 metros de ida y vuelta entre las líneas de salida y giro. El ritmo de carrera se controla mediante una señal sonora, la cual va incrementando progresivamente. Si el participante no alcanzaba a tocar la línea en el tiempo establecido por la señal, debía abandonar la prueba.

#### *Variabilidad de la frecuencia cardiaca*

La VFC se midió en ambas posiciones utilizando el Polar V800 y la banda H10 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia). Estos instrumentos fueron validados por Giles et al. (2016) y Schaffarczyk et al. (2022), respectivamente. Los datos del intervalo R-R se registraron y posteriormente se analizaron con el software Kubios, versión 4.1.2. Se obtuvieron valores en posición supina, ortostática y delta ( $\Delta$ ) de ambas posiciones (ortostática - supino). Además, se aplicó el logaritmo natural a las variables para minimizar el impacto de valores extremos y facilitar los cálculos.

Para el análisis, se consideraron variables del dominio temporal y frecuencial. En el dominio temporal se incluyó: la desviación estándar de los intervalos (SDNN [ms]); la raíz cuadrada de la media de las diferencias sucesivas (RMSSD); y el porcentaje de pares de intervalos de la frecuencia cardíaca que difieren en más de 50 milisegundos (pNN50%).

En el dominio frecuencial, las variables se obtuvieron mediante la transformación de Fourier, en la que se descomponen las señales para transformarlas en frecuencias, con esto se permite analizar las bandas de alta frecuencia (HF [ms<sup>2</sup>], 0.15–0.40 Hz), baja frecuencia (LF [ms<sup>2</sup>], 0.04–0.15 Hz) y muy baja frecuencia (VLF [ms<sup>2</sup>], 0.0033–0.04 Hz). Además, se calculó la relación LF/HF como un indicador del equilibrio entre las actividades simpática y parasimpática del sistema nervioso autónomo.

Cada variable se registró durante intervalos de tiempo de 5 minutos por posición, asegurando que los registros mostraran una estabilidad en la onda para garantizar la precisión de los datos. Una vez obtenido los valores de cada variable la interpretación de la SDNN y RMSSD representaba el funcionamiento general del sistema autónomo. La pNN50% y HF era un indicador del sistema parasimpático. Mientras

que la LF y VLF se asocia al sistema simpático con una modulación parasimpática. Por su parte, LF/HF refleja el equilibrio simpático-parasimpático.

### Yo-Yo test

La prueba Yo-Yo que se implemento es la variante YIRT 2, la cual comienza a una velocidad de 13 Km/h, la que presenta un incremento de 2 km/h después de la primera etapa y 1 km/h después de la segunda etapa. Luego continua con incrementos de velocidad escalonados de 0.5 km/h hasta llegar al agotamiento (Krustrup et al., 2003).

La variable de medición es la velocidad alcanzada al final de la prueba, la cual es a partir de la velocidad indicada por la señal sonora.

### Análisis estadístico

El análisis estadístico fue realizado con el programa IBM SPSS para Windows, versión 22.0 (New York, IBM Corp). Para la normalidad de los datos se utilizó la prueba de Kolmogorov Smirnov. Posteriormente, se analizaron las correlaciones entre las variables de la VFC y la velocidad alcanzada en el Yo-Yo test, utilizando la prueba de Pearson o Spearman, en el cual los valores  $\leq 0.39$  son clasificados como débiles, de 0.4 a 0.69 son moderados de 0.7 a 0.89 fuertes y  $>0.9$  muy fuertes, con un nivel de significancia del 5%.

## Resultados

En la Tabla 1 se presentan los datos que caracterizan a la muestra en relación con los parámetros de VFC y las variables demográficas. Se observa la media ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar (DS) de la edad ( $21.5 \pm 5.3$  años), peso ( $71.5 \pm 8.9$  kg), talla ( $171.1 \pm 32.1$  cm) y los parámetros de VFC de los participantes de este estudio. Los datos se reportan en valores de posición supina, ortostática y las diferencias entre ambas. Asimismo, se observan las variables temporales la SDNN ( $74.1 \pm 30.8$  ms), pNN50 ( $76.7 \pm 36.7$  %) y RMSSD ( $67.4 \pm 38.8$  ms) en su valor absoluto y normalizado (uf), mientras que la HF ( $1998.9 \pm 1970.2$  ms<sup>2</sup>), LF ( $1574.7 \pm 1604.3$  ms<sup>2</sup>), VLF ( $2135.8 \pm 2209.1$  ms<sup>2</sup>) y LF/HF ( $1.2 \pm 0.9$  ms<sup>2</sup>) se identificaron como variables frecuenciales.

Tabla 1. Descripción de las variables de la muestra

Generales	X	Ds	Temporales de VFC	X	Ds	Frecuenciales de VFC	X	Ds
n	32		SDNN (ms)	74.1	30.8	HF (ms <sup>2</sup> )	1998.9	1970.2
Edad	21.5	5.3	pNN50 (%)	76.7	36.7	HF ortostático	862.3	1431.7
Peso (kg)	71.5	8.9	pNN50 ortostático (%)	14.4	16.5	$\Delta$ HF (ms <sup>2</sup> )	-1.2	0.9
Talla (cm)	171.1	32.1	$\Delta$ de PNN50 (%)	-22.3	18.3	LF (ms <sup>2</sup> )	1574.7	1604.3
Frecuencia cardiaca	62.7	10.6	RMSSD (ms)	67.4	38.8	LF ortostático (ms <sup>2</sup> )	2690.5	2662.6
Velocidad Yo-Yo (k/h)	16.3	1.5	RMSSD (uf)	4.0	0.6	VLF (ms <sup>2</sup> )	2135.8	2209.1
			RMSSD Ortostático (ms)	36.8	24.5	VLF (uf)	7.2	0.9
			$\Delta$ RMSSD (ms)	-30.5	22.3	LF/HF supino (ms <sup>2</sup> )	1.2	0.9

VLF: Muy baja frecuencia, LF: baja frecuencia, HF: alta frecuencia, LF/HF: relación baja y alta frecuencia, SDNN: desviación estándar de los intervalos, RMSSD: la raíz cuadrada de la media de las diferencias sucesivas, pNN50%: el porcentaje de pares de intervalos de la frecuencia cardíaca que difieren en más de 50 milisegundos.

La tabla 2 muestra las correlaciones de los parámetros de VFC con la velocidad alcanzada en el Yo-Yo test. Se observa que las principales variables temporales que presentan relaciones positivas significativas con velocidad final de la prueba son la SDNN ( $r = 0.4$ ,  $p = .02$ ), pNN50 ( $r = 0.36$ ,  $p = .04$ ) RMSSD ( $r = 0.4$ ,  $p = .02$ ). En cuanto a las variables frecuenciales, la LF ( $r = 0.35$ ,  $p = .05$ ) y VLF ( $r = 0.36$ ,  $p = .04$ ) muestran relaciones positivas, mientras que la HF también presenta correlación significativa ( $r = 0.34$ ,  $p = .05$ ). Por su parte, los deltas de la pNN50 ( $r = -0.4$ ,  $p = .02$ ), SDNN ( $r = 0.5$ ,  $p = .01$ ) y RMSSD ( $r = -0.37$ ,  $p = .05$ ) presentan una correlación negativa con la velocidad alcanzada de la prueba Yo-Yo.

Tabla 2. Correlaciones de VFC y la velocidad de la prueba Yo-Yo

Variables de VFC	Velocidad final del Yo-Yo	
	<i>r</i>	Valor <i>p</i>
SDNN (ms)	0.4 <sup>b</sup>	0.02
DIF_SDNN (ms)	-0.5 <sup>b</sup>	0.01
RMSSD (ms)	0.4 <sup>b</sup>	0.02
RMSSD (uf)	0.4 <sup>b</sup>	0.02
RMSSD Ortostático (ms)	0.21	0.24
Δ RMSSD (ms)	-0.37 <sup>a</sup>	0.05
pNN50 (%)	0.36 <sup>a</sup>	0.04
Δ pNN50 (%)	-0.4 <sup>b</sup>	0.02
HF (ms <sup>2</sup> )	0.34 <sup>a</sup>	0.05
HF (uf)	0.35 <sup>a</sup>	0.05
Δ HF	-0.18	0.31
VLF (ms <sup>2</sup> )	0.36 <sup>a</sup>	0.04
VLF (uf)	0.37 <sup>a</sup>	0.04
LF (ms <sup>2</sup> )	0.35 <sup>a</sup>	0.05
LF (uf)	0.35 <sup>a</sup>	0.05
LF/HF (ms <sup>2</sup> )	-0.16	0.38

a: relaciones débiles, b: relaciones moderadas. VLF: Muy baja frecuencia, LF: baja frecuencia, HF: alta frecuencia, LF/HF: relación baja y alta frecuencia, SDNN: desviación estándar de los intervalos, RMSSD: la raíz cuadrada de la media de las diferencias sucesivas, pNN50%: el porcentaje de pares de intervalos de la frecuencia cardíaca que difieren en más de 50 milisegundos.

## Discusión

El objetivo de la presente investigación fue determinar la relación entre la velocidad alcanzada en la prueba Yo-Yo y los parámetros de variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC). Los principales hallazgos revelaron una relación directa de magnitud moderada entre dichas variables, así como una correlación negativa entre la velocidad del Yo-Yo test y los deltas inducidos por el cambio de posición.

Estos resultados se encuentran en consonancia con la literatura, ya que la evidencia muestra que existe una relación entre la actividad del sistema nervioso autónomo (SNA) y el rendimiento físico, principalmente en las disciplinas de resistencia aeróbica (Ortiz, 2021). Es ampliamente reconocido que los atletas de élite, especialmente los de resistencia, experimentan altas demandas aeróbicas y presentan un marcado predominio del sistema nervioso parasimpático en reposo, llegando incluso a provocar bradicardias controladas en estado basal (Wang et al., 2024).

De acuerdo a esto, Buchheit et al. (2012) reportaron relaciones relevantes entre la VFC en reposo y el volumen de oxígeno pico, lo cual evidencia el vínculo entre el SNA y el sistema aeróbico. Específicamente, se ha observado que las variables representativas del sistema parasimpático (HF) se relacionan con la aptitud aeróbica de futbolistas ( $r = 0.4$ ,  $p = .04$ ) (Tekin et al., 2025), lo cual respalda los hallazgos del presente estudio, donde se observa una relación moderada de la HF con la velocidad alcanzada en el YO-YO test. Por tanto, esta evidencia sugiere que, mayores niveles de rendimiento físico pueden asociarse con mayores valores VFC en reposo, lo que refleja una modulación vagal más eficiente (Amekran, 2024). Particularmente, la SDNN mostró una relación positiva con la velocidad alcanzada en la prueba de resistencia, lo que indica que, a medida que aumentaba el rendimiento, también aumentaba la SDNN. En este sentido, la utilización de este parámetro podría ser una herramienta útil para monitorear y relacionar el desempeño deportivo. La literatura muestra que los efectos del entrenamiento de resistencia pueden reflejarse en una disminución de los valores de SDNN posterior al esfuerzo físico, con una recuperación aproximada a los 12 minutos después del ejercicio (Song et al., 2010). Por lo tanto, el incremento de la SDNN se podría asociar con una mayor regulación autonómica y una mejor salud general (Cao et al., 2022), lo que permite identificar la sensibilidad de esta variable al ejercicio físico.

En relación con la variable RMSSD, los datos de este estudio muestran una correlación moderada entre el valor en reposo y la velocidad alcanzada en la prueba Yo-Yo, mientras que el delta de RMSSD presenta una débil correlación negativa. Esto sugiere que una mayor actividad del SNP en reposo podría estar asociada con un mejor rendimiento aeróbico. Este hallazgo coincide con lo reportado por Cataldo et al. (2018), quienes encontraron una correlación significativa entre la RMSSD y el desempeño en una carrera de 10 km ( $r = -0.7$ ;  $p = .02$ ). De forma similar, Barbosa et al. (2021) identificaron una relación directa ( $r = 0.6$ ;  $p = .01$ ) entre el valor basal de RMSSD y la velocidad alcanzada en la prueba Yo-Yo en atletas de fútbol. Estos resultados respaldan los hallazgos del presente estudio al resaltar la importancia de la RMSSD como variable clave en el análisis del rendimiento físico.

En cuanto a los parámetros de dominio frecuencial, se evidenció que la HF, representativa de la modulación parasimpática, presentó una correlación significativa con el desempeño en la prueba Yo-Yo, lo cual coincide con los hallazgos de Costa et al. (2022), quienes reportaron que este índice se asocia con mayores distancias recorridas. Resultados similares fueron descritos por Tekin et al. (2025), quienes encontraron una relación entre HF y el rendimiento en la prueba Shuttle Run, también destinada a evaluar la capacidad aeróbica.

La relevancia de estos resultados radica en el comportamiento de la actividad vagal en reposo, debido a que se propone como un marcador de preparación fisiológica para afrontar cargas de entrenamiento (Nakamura et al., 2020). En esta misma línea, una mayor actividad parasimpática basal se podría relacionar con un rendimiento superior en pruebas de resistencia (Buchheit y Gindre, 2006), lo que concuerda con las investigaciones de Zaki et al. (2024) quienes demostraron que los atletas de resistencia presentan una mayor modulación parasimpática y una mejor eficiencia cardiovascular.

De igual forma, los resultados de esta investigación mostraron que la variable pNN50% en reposo y su delta tienen una relación sobre el rendimiento aeróbico. Esto es relevante, ya que dicha variable también se asocia a la actividad parasimpática. Este hallazgo sugiere que la capacidad de mantener la modulación parasimpática tanto en estados de reposo como frente a un estímulo de baja intensidad (como el ortostatismo) constituye un indicador relevante para aptitud física. Lo anterior concuerda con lo planteado por Sousa et al. (2023), quienes destacaron que el valor de la pNN50% en reposo permite diferenciar sujetos físicamente activos y sedentarios.

La evidencia mencionada anteriormente hace referencia al efecto del SNS en el desempeño. Sin embargo, los hallazgos de este estudio también muestran que las variables asociadas al SNS (LF y VLF) presentan una relación con el desempeño en la prueba de Yo-Yo, lo cual podría deberse a una preactivación anticipatoria por parte de los deportistas. Es decir, el SNS se activa en estado de reposo como respuesta preparatoria ante el esfuerzo inminente, preparando al organismo para una mayor demanda fisiológica. Esta activación previa puede facilitar un inicio más eficiente del ejercicio, optimizar el flujo sanguíneo hacia los músculos activos y mejorar la disponibilidad de sustratos energéticos, contribuyendo a un mejor desempeño aeróbico (Hedelin et al., 2001). No obstante, la interpretación del LF debe realizarse con cautela, ya que recientemente se ha asociado tanto a la modulación del SNS como del SNP (Bishop et al., 2018).

En cuanto a los deltas de las variables de VFC, se observa que los sujetos que presentaron una menor perturbación con el cambio de posición lograron un mayor desempeño en la prueba Yo-Yo. Este hallazgo se debe a que el paso de supino a ortostático se representa como una situación de baja exigencia, por ello, los que los parámetros autonómicos que no varían significativamente podrían reflejar una mayor estabilidad vagal. Esta característica puede estar relacionada con la potencia del SNP de los participantes, ya que el comportamiento de las variables de pNN50% y la HF muestra la presencia significativa en el cambio de posición.

De acuerdo con lo anterior, se propone que una mayor eficiencia en la modulación autonómica, expresada en una mayor estabilidad vagal, se asocia con un mayor rendimiento físico, incluso ante condiciones externas. Sin embargo, la existencia de una activación simpática en reposo podría presentar una preactivación ante la futura prueba.

### **Limitaciones**

Este estudio presenta ciertas limitaciones que es importante considerar al momento de interpretar los resultados. En primer lugar, el diseño transversal solo permite observar el estado de los deportistas en un momento puntual. Para avanzar en esta línea, sería valioso desarrollar investigaciones con seguimiento longitudinal.

Si bien el número de participantes fue adecuado para un estudio de campo, un tamaño muestral mayor habría permitido contar con mayor poder estadístico, facilitando la detección de diferencias más precisas, y análisis con conclusiones más robustas. También es importante señalar que no se controlaron variables que influyen en la respuesta aguda, como el sueño, la alimentación o el nivel de estrés, factores que en la práctica pueden afectar significativamente el rendimiento.

## Conclusiones

La presente investigación concluyó que los parámetros de VFC en reposo tienen relación directa con el desempeño de la prueba Yo-Yo. Además, se identificó que las variables asociadas al sistema parasimpático son las que presentan mayor cantidad de relaciones con el rendimiento aeróbico. No obstante, el SNS también se encuentra activado de manera significativo previo al test físico en los participantes de esta investigación.

Se recomienda utilizar los datos de la VFC para proyectar el desempeño de la capacidad aeróbica de deportistas universitario.

## Referencias

- Amekran, Y. (2024). Effects of exercise training on heart rate variability in healthy adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Cureus*, 16(6).
- Barbosa, J. C., Vitor Medeiros, R. M., Mortatti, A. L., Yuzo Nakamura, F., de Sousa Fortes, L., da Silva Machado, D. G., & Igor Fonteles, A. (2021). Do heart rate variability is related to endurance performance in female futsal players? *Brazilian Journal of Kineanthropometry & Human Performance*, 23.
- Bishop, S. A., Dech, R. T., Guzik, P., & Neary, J. P. (2018). Heart rate variability and implication for sport concussion. *Clinical physiology and functional imaging*, 38(5), 733-742.
- Buchheit, M., & Gindre, C. (2006). Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 291(1), H451-H458.
- Buchheit, M., Simpson, M. B., Al Haddad, H., Bourdon, P. C., & Mendez-Villanueva, A. (2012). Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. *European journal of applied physiology*, 112, 711-723.
- Cao, R., Azimi, I., Sarhaddi, F., Niela-Vilen, H., Axelín, A., Liljeberg, P., & Rahmani, A. M. (2022). Accuracy assessment of oura ring nocturnal heart rate and heart rate variability in comparison with electrocardiography in time and frequency domains: comprehensive analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 24(1), e27487.
- Cataldo, A., Bianco, A., Paoli, A., Cerasola, D., Alagna, S., Messina, G., ... & Traina, M. (2018). Resting sympatho-vagal balance is related to 10 km running performance in master endurance athletes. *European journal of translational myology*, 28(1), 7051.
- Claiborne, A., Alessio, H., Slattery, E., Hughes, M., Barth, E., & Cox, R. (2021). Heart rate variability reflects similar cardiac autonomic function in explosive and aerobically trained athletes. *International journal of environmental research and public health*, 18(20), 10669.
- Costa, J. A., Brito, J., Nakamura, F. Y., Dores, H., & Rebelo, A. (2022). Associations between 24-h heart rate variability and aerobic fitness in high-level female soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 32, 140-149.
- Da Silva, D. F., Verri, S. M., Nakamura, F. Y., & Machado, F. A. (2014). Longitudinal changes in cardiac autonomic function and aerobic fitness indices in endurance runners: A case study with a high-level team. *European Journal of Sport Science*, 14(5), 443-451.
- Ebersole, K. T., Cornell, D. J., Flees, R. J., Shemelya, C. M., & Noel, S. E. (2020). Contribution of the autonomic nervous system to recovery in firefighters. *Journal of athletic training*, 55(9), 1001-1008.
- Figueiredo, D. H., Figueiredo, D. H., Bellenger, C., & Machado, F. A. (2022). Individually guided training prescription by heart rate variability and self-reported measure of stress tolerance in recreational runners: effects on endurance performance. *Journal of Sports Sciences*, 40(24), 2732-2740.
- Fuentes-Barría, H., Aguilera-Eguía, R., Alarcón-Rivera, M., Angarita-Davila, L., Rojas-Gómez, D., Maureira-Sánchez, J., López-Soto, O. P., & Guzmán-Muñoz, E. (2025). Relación entre la variabilidad de la frecuencia cardíaca, nivel de actividad física y factores sociodemográficos en adultos jóvenes: estudio transversal. *Retos*, 64, 211-220. <https://doi.org/10.47197/retos.v64.111922>
- Gourine, A. V., & Ackland, G. L. (2019). Cardiac vagus and exercise. *Physiology*, 34(1), 71-80.
- Hedelin, R. I. K. A. R. D., Bjerle, P., & Henriksson-Larsen, K. A. R. I. N. (2001). Heart rate variability in athletes: relationship with central and peripheral performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(8), 1394-1398.

- Hillebrand, S., Gast, K. B., de Mutsert, R., Swenne, C. A., Jukema, J. W., Middeldorp, S., ... & Dekkers, O. M. (2013). Heart rate variability and first cardiovascular event in populations without known cardiovascular disease: meta-analysis and dose–response meta-regression. *Europace*, 15(5), 742-749.
- Hung, C. H., Clemente, F. M., Bezerra, P., Chiu, Y. W., Chien, C. H., Crowley-McHattan, Z., & Chen, Y. S. (2020). Post-exercise recovery of ultra-short-term heart rate variability after yo-yo intermittent recovery test and repeated sprint ability test. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), 4070.
- Krustrup P, Mohr M, Amstrup T, Rysgaard T, Johansen J, Steensberg A, Pedersen P, Bangsbo J. (2023). La prueba de recuperación intermitente Yo-Yo: respuesta fisiológica, confiabilidad y validez. *Ejercicio deportivo de ciencia médica*, 35:697–705.
- Nakamura, F. Y., Antunes, P., Nunes, C., Costa, J. A., Esco, M. R., & Travassos, B. (2020). Heart rate variability changes from traditional vs. ultra–short-term recordings in relation to preseason training load and performance in futsal players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(10), 2974-2981.
- O'Donnell, E., & Craig, J. (2022). Habitual aerobic exercise in healthy postmenopausal women does not augment basal cardiac autonomic activity yet modulates autonomic-metabolic interactions. *Menopause*, 29(6), 714-722.
- Ortiz, J. F. T. (2021). La variabilidad de la frecuencia cardíaca y su evaluación en deportes de resistencia, una mirada bibliográfica. *Revista Digital: Actividad Física y Deporte*, 7(1), 8.
- Ranković, G., Mutavdžić, V., Toskić, D., Preljević, A., Kocić, M., Nedin-Ranković, G., & Damjanović, N. (2010). Aerobic capacity as an indicator in different kinds of sports. *Bosnian journal of basic medical sciences*, 10(1), 44.
- Schmitz, B., Pfeifer, C., Kreitz, K., Borowski, M., Faldum, A., & Brand, S. M. (2018). The Yo-Yo intermittent tests: a systematic review and structured compendium of test results. *Frontiers in physiology*, 9, 870.
- Song S H, Liu j, Gao C G, et al. (2010) Influence on heart rate variability of middle-long distance athletes during progressive increasing load exercise. *Journal of Shandong Sport University*. 26(10):62–65
- Sousa, M. Figueiredo, L. do Nascimento, R & De Pontes, C. (2023). Assessment of the Risk of Cardiovascular Diseases and its Relationship with Heart Rate Variability in Physically Active and Sedentary Individuals. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)*. 19(3): 84-96
- Task Force. (1996) 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. *Circulation*, 93: 1043-1065
- Tekin, R. T., Kudas, S., Buran, M. M., Cabuk, S., Akbasli, O., Uludag, V., & Yosmaoglu, H. B. (2025). The relationship between resting heart rate variability and sportive performance, sleep and body awareness in soccer players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 17(1), 58.
- Vásquez-Stuardo, J., Morales-Flores, H., & Cofré-Bolados, C. (2021). Monitorización del entrenamiento deportivo con variabilidad de la frecuencia cardíaca. Una revisión narrativa. *Journal of Sport and Health Research*, 13(Supl 1), 15-32.
- von Rosenberg W, Chanwimalueang T, Adjei T, Jaffer U, Goverdovsky V, Mandic DP (2017). Resolving Ambiguities in the LF/HF Ratio: LF-HF Scatter Plots for the Categorization of Mental and Physical Stress from HRV. *Front Physiol*, 8:360.
- Wang W, Shao M, Du W, Xu Y. (2024). Impact of exhaustive exercise on autonomic nervous system activity: insights from HRV analysis. *Front Physiol*, 15:1462082.
- Wang, Z., Jing, R., & Zhang, R. (2025). The impact of sports activities on the cardiac autonomic nervous system changes in college students and medical imaging analysis. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 18(2), 101376.
- Ye, Y., Tong, T. K., Kong, Z., Tao, E. D., Ying, X., & Nie, J. (2022). Cardiac autonomic disturbance following sprint-interval exercise in untrained young males: Does exercise volume matter? *Journal of Exercise Science & Fitness*, 20(1), 32-39.
- Zaki, S., Alam, M. F., Sharma, S., El-Ashker, S., Ahsan, M., & Nuhmani, S. (2024). Impact of concurrent exercise training on cardiac autonomic modulation, metabolic profile, body composition, cardiorespiratory fitness, and quality of life in type 2 diabetes with cardiac autonomic neuropathy: a randomized controlled trial. *Journal of Clinical Medicine*, 13(13), 3910.

## Datos de los/as autores/as y traductor/a:

Cristian Salazar Orellana	cristiansalazaror@santotomas.cl	Autor
Gastón Díaz Coria	Gdiazc@ucm.cl	Autor
Víctor Garrido Osório	vgarrido@fitbike.cl	Autor
Anderson Dos Santos Carvalho	ander_uai@hotmail.com	Autor
Luis Benavides Roca	Benavides.roca@gmail.com	Autor