

Originales

Asociación entre la variabilidad de la frecuencia cardíaca y la composición corporal en deportistas femeninas de rugby y voleibol de la Patagonia austral chilena



Josefa Fernández^a, Matías Castillo-Aguilar^b, Cristian Núñez-Espinosa^{b,*}

^a Departamento de Terapia Ocupacional, Universidad de Magallanes (UMAG), Chile.

^b Escuela de Medicina, Universidad de Magallanes (UMAG), Chile.

RESUMEN

Objetivo: Describir la relación entre parámetros de variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) y composición corporal en mujeres deportistas que entrenan en alta latitud sur. **Material y Métodos:** Estudio observacional transversal con alcance correlacional. Participaron 31 deportistas femeninas (10 de rugby y 21 de voleibol) de la región de Magallanes y Antártica Chilena. Las mediciones consistieron en composición corporal mediante bioimpedancia (Tanita BC-558). VFC registrada con una banda polar H10 en reposo, analizada en dominio temporal y frecuencia con Kubios HRV. Se calculó RMSSD, SDNN, HF, LF, VLF, índices PNS/SNS y un índice de stress. Se usó correlación de Spearman para evaluar asociaciones. **Resultados:** SDNN mostró asociación positiva con masa muscular ($r = 0.503$, $p < 0.01$) y masa ósea ($r = 0.486$, $p < 0.01$). RMSSD se asoció con masa muscular ($r = 0.408$, $p < 0.05$). HF y LF presentaron correlaciones positivas moderadas con masa muscular (HF $r = 0.358$, $p < 0.05$; LF $r = 0.450$, $p < 0.05$). El índice PNS correlacionó positivamente con masa muscular ($r = 0.423$, $p < 0.05$) y masa ósea ($r = 0.403$, $p < 0.05$). En contraste, el índice SNS y el índice de stress se asociaron negativamente con masa muscular (SNS $r = -0.475$, $p < 0.01$; stress $r = -0.559$, $p < 0.01$) y con masa ósea (SNS $r = -0.466$, $p < 0.01$; stress $r = -0.551$, $p < 0.01$). **Conclusión:** En esta muestra de 31 mujeres deportistas, mayor masa muscular y masa ósea se relacionaron con un perfil autonómico más marcado hacia la actividad parasimpática (RMSSD, SDNN, HF, índice PNS), mientras que mayores valores de los índices simpáticos y de stress se asociaron con menores valores de masa muscular y ósea. Estos resultados sugieren que la composición corporal, sobre todo masa muscular y ósea, está vinculada a la modulación autonómica en deportistas femeninas en ambientes de alta latitud.

Palabras clave: variabilidad de la frecuencia cardíaca; deportistas mujeres; composición corporal; modulación autonómica cardíaca; alta latitud sur.

Association between Heart Rate Variability and Body Composition in Female Rugby and Volleyball Athletes from Chilean Southern Patagonia

ABSTRACT

Objective: To describe the relationship between heart rate variability (HRV) parameters and body composition in female athletes training at high southern latitudes. **Material and Methods:** A cross-sectional observational study with a correlational design was conducted. Thirty-one female athletes participated, including 10 rugby players and 21 volleyball players from the Magallanes and Chilean Antarctic Region. Body composition was assessed using bioelectrical impedance analysis with a Tanita BC-558 device. HRV was recorded at rest using a Polar H10 chest strap and analyzed in the time and frequency domains with Kubios HRV software. RMSSD, SDNN, HF, LF, VLF, PNS/SNS indices, and a stress index were calculated. Spearman's correlation coefficient was used to assess associations. **Results:** SDNN showed positive associations with muscle mass ($r = 0.503$, $p < 0.01$) and bone mass ($r = 0.486$, $p < 0.01$). RMSSD was associated with muscle mass ($r = 0.408$, $p < 0.05$). HF and LF showed moderate positive correlations with muscle mass (HF: $r = 0.358$, $p < 0.05$; LF: $r = 0.450$, $p < 0.05$). The PNS index was positively correlated with muscle mass ($r = 0.423$, $p < 0.05$) and bone mass ($r = 0.403$, $p < 0.05$). In contrast, the SNS index and stress index were negatively associated with muscle mass (SNS: $r = -0.475$, $p < 0.01$; stress: $r = -0.559$, $p < 0.01$) and bone mass (SNS: $r = -0.466$, $p < 0.01$; stress: $r = -0.551$, $p < 0.01$).

* Autor de Correspondencia: Cristian Núñez-Espinosa, Escuela de Medicina, Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile. Centro Asistencial de Docencia e Investigación CADI-UMAG, Chile. e-mail: cristian.nunez@umag.cl. Address: Avenida Bulnes 01855, Box 113-D. Phone: +56 61 2201411. (Cristian Núñez-Espinosa)

$r = -0.551$, $p < 0.01$). **Conclusion:** In this sample of 31 female athletes, greater muscle and bone mass were associated with a more pronounced autonomic profile toward parasympathetic activity, as reflected by RMSSD, SDNN, HF, and the PNS index. Conversely, higher sympathetic and stress indices were associated with lower muscle and bone mass values. These findings suggest that body composition, particularly muscle and bone mass, is linked to autonomic modulation in female athletes training in high-latitude environments.

Keywords: heart rate variability; female athletes; body composition; cardiac autonomic modulation; high southern latitude.

Associação entre a variabilidade da frequência cardíaca e a composição corporal em atletas femininas de rugby e voleibol da Patagônia Austral chilena

RESUMO

Objetivo: Descrever a relação entre os parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e a composição corporal em mulheres atletas que treinam em altas latitudes do hemisfério sul. **Material e Métodos:** Estudo observacional transversal, de caráter correlacional. Participaram 31 atletas do sexo feminino, sendo 10 jogadoras de rugby e 21 de voleibol, da Região de Magalhães e da Antártica Chilena. A composição corporal foi avaliada por bioimpedância elétrica utilizando o equipamento Tanita BC-558. A VFC foi registrada em repouso com uma cinta Polar H10 e analisada nos domínios do tempo e da frequência por meio do software Kubios HRV. Foram calculados os índices RMSSD, SDNN, HF, LF, VLF, os índices PNS/SNS e um índice de estresse. A correlação de Spearman foi utilizada para avaliar as associações. **Resultados:** O SDNN apresentou associação positiva com a massa muscular ($r = 0.503$; $p < 0,01$) e a massa óssea ($r = 0.486$; $p < 0,01$). O RMSSD associou-se à massa muscular ($r = 0.408$; $p < 0,05$). HF e LF apresentaram correlações positivas moderadas com a massa muscular (HF: $r = 0.358$; $p < 0,05$; LF: $r = 0.450$; $p < 0,05$). O índice PNS correlacionou-se positivamente com a massa muscular ($r = 0.423$; $p < 0,05$) e a massa óssea ($r = 0.403$; $p < 0,05$). Em contraste, o índice SNS e o índice de estresse associaram-se negativamente à massa muscular (SNS: $r = -0.475$; $p < 0,01$; estresse: $r = -0.559$; $p < 0,01$) e à massa óssea (SNS: $r = -0.466$; $p < 0,01$; estresse: $r = -0.551$; $p < 0,01$). **Conclusão:** Nesta amostra de 31 mulheres atletas, maiores valores de massa muscular e massa óssea estiveram relacionados a um perfil autônomo mais acentuadamente orientado para a atividade parassimpática, refletido pelos índices RMSSD, SDNN, HF e PNS. Por outro lado, maiores valores dos índices simpático e de estresse associaram-se a menores valores de massa muscular e óssea. Esses resultados sugerem que a composição corporal, especialmente a massa muscular e a massa óssea, está relacionada à modulação autônoma em atletas do sexo feminino que treinam em ambientes de alta latitude.

Palavras-chave: variabilidade da frequência cardíaca; atletas do sexo feminino; composição corporal; modulação autônoma cardíaca; altas latitudes do hemisfério sul.

Introducción

La salud cardiovascular es un componente fundamental en el rendimiento deportivo, ya que determina en gran medida la capacidad del organismo para responder a las demandas físicas y recuperarse adecuadamente tras el ejercicio¹. En este contexto, la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC) se ha consolidado como un biomarcador no invasivo, ampliamente utilizado para evaluar el estado del sistema nervioso autónomo sobre el sistema cardiovascular; lo que permite estimar el nivel de recuperación, la fatiga y el grado de adaptación fisiológica al entrenamiento en deportistas^{2,3}. Asimismo, la composición corporal constituye un indicador clave del rendimiento, puesto que influye significativamente en el desempeño físico, la eficiencia del metabolismo energético y en el riesgo de lesiones⁴. En mujeres deportistas, estos parámetros se ven notablemente influenciados por los ciclos hormonales y otros procesos fisiológicos específicos, lo que hace fundamental considerar ambas dimensiones de forma integrada al evaluar el estado funcional y deportivo en este grupo⁵.

Pese a los avances en la ciencia del deporte, gran parte de la literatura científica se ha centrado principalmente en poblaciones masculinas, lo que ha generado una brecha de conocimiento sobre la fisiología del ejercicio en mujeres y ha limitado la aplicabilidad de los hallazgos generalizados en esta población⁶. Las marcadas diferencias genéticas, endocrinas, cardiovasculares y metabólicas entre sexos, justifican la necesidad de estudios específicos en mujeres⁷. Además, dentro de la evidencia disponible en mujeres deportistas, son escasos los estudios que han examinado de manera simultánea la modulación autônoma cardíaca y la composición corporal en contextos de entrenamiento específicos, pese a que ambas dimensiones pueden

interactuar de forma relevante sobre la recuperación, la adaptación al esfuerzo y el rendimiento⁸.

Este vacío de conocimiento se acentúa en contextos ambientales extremos, como los de altas latitudes sur, donde las condiciones climáticas y geográficas presentan características únicas. Las temperaturas mínimas persistentes, la marcada variabilidad estacional de la luz solar y el aislamiento geográfico pueden generar respuestas fisiológicas distintivas que imponen demandas adicionales al organismo⁹. Estas condiciones pueden alterar el metabolismo basal para favorecer la generación de calor, inducir modificaciones en la composición corporal (como un aumento del tejido adiposo) y generar ajustes en parámetros cardiovasculares (como un incremento de la presión arterial), lo que podría influir directamente en la VFC^{10,11}. En consecuencia, las deportistas que entrenan en estos entornos podrían desarrollar perfiles fisiológicos distintivos, con implicancias importantes para su rendimiento y recuperación. No obstante, la evidencia disponible en estos entornos sigue siendo limitada y, en el caso de mujeres deportistas, todavía resulta insuficiente para comprender si estas condiciones se asocian con perfiles autónomos y morfofuncionales particulares.

Diversos estudios han demostrado que la VFC se asocia con la capacidad de adaptación al entrenamiento y la recuperación post-ejercicio¹², mientras que la composición corporal afecta tanto el rendimiento como la eficacia de los mecanismos autónomos^{13,14}. Se ha planteado que factores ambientales extremos como la exposición crónica a bajas temperaturas, variaciones marcadas de luz y aislamiento geográfico, podrían modular estas interacciones, sin embargo, son escasos los estudios que analizan estas variables en contextos de alta exigencia ambiental.

En este contexto, examinar la relación entre indicadores de VFC y variables de composición corporal podría aportar información útil para una caracterización más precisa del estado fisiológico de deportistas femeninas expuestas a altas demandas de entrenamiento. El objetivo de este estudio fue describir la relación entre la VFC y los parámetros de composición corporal en mujeres deportistas que entrenan en condiciones de alta latitud sur.

Métodos

Diseño del Estudio

Se realizó un estudio observacional de corte transversal con alcance correlacional, orientado a analizar la asociación entre parámetros de variabilidad de la frecuencia cardíaca y variables de composición corporal en deportistas femeninas.

Participantes

En el estudio transversal participaron 31 mujeres deportistas competitivas pertenecientes a la región de Magallanes y la Antártica Chilena. Los criterios de inclusión fueron: tener al menos tres años de participación en deporte competitivo, mantener entrenamiento sistemático con una frecuencia mínima de cinco sesiones semanales y encontrarse activas en su disciplina al momento de la evaluación. Por otra parte, los criterios de exclusión fueron: presentar condiciones médicas que influyan en la VFC o en la composición corporal, usar medicamentos o suplementos que alteran la frecuencia cardíaca o dispositivos que modifiquen la actividad eléctrica del corazón.

Comité de Ética

Todas las participantes entregaron su autorización y firmaron el consentimiento informado antes de participar. El Comité de Ética Científico de la Universidad de Magallanes (N°003-SH-2025) aprobó este estudio siguiendo las regulaciones establecidas por la Declaración de Helsinki sobre principios éticos en investigación con seres humanos.

Procedimientos

Las mediciones se realizaron en un laboratorio entre las 09:00 y 11:00 horas con la temperatura y humedad controlada. Las participantes recibieron instrucciones de dormir adecuadamente durante al menos 7 horas la noche anterior y que evitaran el consumo de café en las últimas 8 horas. Asimismo, se solicitó evitar ejercicio físico vigoroso en las 24 horas previas a la evaluación, con el fin de reducir posibles efectos agudos sobre los parámetros de modulación autonómica cardíaca. A su llegada, las participantes fueron informadas respecto a los objetivos y riesgos del estudio y se recopiló información sociodemográfica durante la entrevista inicial. Luego, se midieron los parámetros de composición corporal.

Instrumentos

La masa corporal (kg) y el porcentaje de grasa corporal total (%) se determinaron mediante bioimpedancia, utilizando el Monitor de Composición Corporal Segmental Tanita BC-558 Ironman (Tanita Ironman, Arlington Heights, IL, USA), con una concordancia del 89,3% en relación con la prueba de absorción de rayos X dual, siguiendo protocolos de medición estándar¹⁵.

La VFC se registró por medio de una banda torácica no invasiva. La actividad autonómica cardíaca se evaluó mediante el análisis de los intervalos RR. Durante todo el procedimiento de medición de la VFC,

las deportistas permanecieron acostadas en posición supina sobre una camilla; los intervalos RR se registraron de manera continua durante los últimos 10 minutos de reposo, y se analizaron 5 minutos de esos datos. Se eliminaron los artefactos y los latidos cardíacos ectópicos, que no excedían el 3% de los datos registrados. Los registros que excedieron dicho umbral fueron considerados no aptos para el análisis, con el propósito de resguardar la calidad de la señal y la confiabilidad de los indicadores derivados. Los parámetros del dominio del tiempo considerados para el análisis fueron la raíz cuadrada de la media de las diferencias cuadradas entre intervalos RR consecutivos (RMSSD, expresada en ms) como índice de la actividad parasimpática¹⁶ y la desviación estándar de los intervalos RR (SDNN), que representa la variabilidad total e involucra tanto la contribución simpática como parasimpática de la función autonómica cardíaca¹⁷. En el dominio de la frecuencia se analizaron la banda de alta frecuencia (HF), asociada con la influencia parasimpática y la arritmia sinusal respiratoria la banda de baja frecuencia (LF), vinculada a la actividad barorrefleja, y la banda de muy baja frecuencia (VLF), que tiene múltiples determinantes y está relacionada estrechamente con el estrés emocional¹⁸. Se analizaron los datos usando el Software Kubios HRV.

Análisis Estadístico

Para la descripción de las variables, se utilizó la media y la desviación estándar, como medidas de posición y dispersión, posterior a la inspección gráfica y analítica de la distribución de las variables. En cambio, para las variables discretas, se empleó el conteo absoluto y relativo. La asociación entre las variables se evaluó con el coeficiente de asociación de Spearman, debido a la ausencia de normalidad en la distribución de las variables. La magnitud de las asociaciones se interpretó considerando tanto el valor del coeficiente como su significancia estadística, dada la naturaleza exploratoria del estudio. Para determinar la significancia estadística de las pruebas de hipótesis, se estableció la probabilidad de cometer un error tipo I en 5%, es decir, con un p-valor < 0.05. Todos los análisis se realizaron con el software JASP en su versión 0.95 (Team JASP 2025, Netherlands).

Resultados

Caracterización de la Muestra

En este estudio participaron un total de 31 mujeres deportistas. La edad de las participantes fue de 18.7 ± 7.1 años, con un rango de edad desde los 12 hasta los 35 años. La muestra se distribuyó entre dos disciplinas deportivas: 10 jugadoras de rugby (32.3%) y 21 de voleibol (67.7%). Las características de la muestra recolectada pueden observarse en la [tabla 1](#).

Asociación entre VFC y Composición Corporal

La asociación entre medidas de VFC, relacionadas con la modulación autonómica cardíaca de las deportistas, y su composición corporal, pueden observarse en la [tabla 2](#).

Discusión

El presente estudio analizó la asociación entre la modulación autonómica cardíaca y la composición corporal en mujeres deportistas que entrenan en zonas de alta latitud sur, un contexto ambiental extremo y poco explorado en la literatura científica. El principal hallazgo fue que la masa muscular y la masa ósea mostraron asociaciones más consistentes con un perfil autonómico compatible con mayor predominio parasimpático y menor activación simpática en reposo.

Tabla 1. Características antropométricas y variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) de la muestra recolectada, descritas para toda la muestra y agregadas por deporte.

Características	Global	Rugby	Voleibol
Talla (cm)	161.7 ± 7.0	161.0 ± 7.9	162.0 ± 6.7
Peso (kg)	63.1 ± 10.5	72.4 ± 11.6	58.7 ± 6.5
IMC	24.1 ± 3.9	27.9 ± 3.8	22.3 ± 2.4
Grasa corporal total	25.9 ± 6.9	30.8 ± 7.6	23.6 ± 5.2
Masa muscular total	43.2 ± 3.9	45.0 ± 3.9	42.4 ± 3.7
Porcentaje de agua	54.6 ± 8.1	52.5 ± 6.0	55.6 ± 8.8
Masa ósea	2.3 ± 0.2	2.4 ± 0.2	2.3 ± 0.2
Metabolismo basal	1,400.6 ± 122.5	1,454.8 ± 131.9	1,374.9 ± 111.8
R-R medio (ms)	760.6 ± 109.5	796.4 ± 78.5	743.6 ± 119.4
RMSSD	33.2 ± 17.6	33.5 ± 14.5	33.1 ± 19.2
SDNN	37.7 ± 15.8	37.0 ± 12.3	38.1 ± 17.5
VLF	83.4 ± 67.6	86.8 ± 60.0	81.9 ± 72.2
LF	706.9 ± 679.6	608.3 ± 321.5	753.8 ± 799.4
HF	649.5 ± 584.0	633.3 ± 460.8	657.2 ± 644.9
Índice PNS	-1.0 ± 0.9	-0.8 ± 0.7	-1.1 ± 1.0
Índice SNS	1.8 ± 2.2	1.1 ± 1.0	2.1 ± 2.6
Índice Stress	14.2 ± 9.2	12.2 ± 3.6	15.2 ± 10.8

Los datos son presentados como media ± desviación estándar.

Tabla 2. Asociación entre parámetros de variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) y variables de composición corporal en mujeres deportistas de alta latitud sur.

	Masa muscular	Grasa corporal	Masa ósea	Metabolismo basal	Porcentaje de agua
R-R Medio	0.360*	0.056	0.339	0.239	-0.123
RMSSD	0.408*	0.015	0.004	0.314	-0.055
SDNN	0.503*	-0.031	0.486**	0.388*	-0.026
HF	0.358*	-0.076	0.348	0.262	0.063
LF	0.450*	-0.024	0.422*	0.343	-0.022
VLF	0.395*	0.058	0.339	0.306	-0.105
Índice PNS	0.423*	0.005	0.403*	0.310	-0.059
Índice SNS	-0.475**	-0.062	-0.466**	-0.365*	0.115
Índice Stress	-0.559**	-0.069	-0.551**	-0.442*	0.126

Nota Prueba de correlación de Spearman.

** p < 0.01;

* p < 0.05.

Los resultados sugieren que existe una correlación positiva entre el balance autonómico cardíaco, medido por medio de la VFC, las medidas de composición corporal y metabolismo basal^{4,19}. Esto se traduce en una mejor regulación del sistema nervioso autónomo, reflejando un equilibrio adecuado entre la actividad parasimpática y simpática, esencial para la recuperación y adaptación al entrenamiento¹⁴.

Estos hallazgos son consistentes con investigaciones previas que proponen la VFC como un biomarcador no invasivo clave para la recuperación y adaptación fisiológica en deportistas¹⁹. Específicamente, una mayor VFC en reposo suele asociarse a una dominancia parasimpática y, por ende, a un mejor estado de recuperación y condición física^{2,3}. La masa muscular, como componente esencial del rendimiento físico, podría influir directamente en la actividad autonómica a través de mecanismos neurohumorales, metabólicos y vasculares. Desde una perspectiva aplicada, este patrón sugiere que una composición corporal más favorable para el rendimiento podría acompañarse de un estado autonómico de reposo más eficiente, potencialmente vinculado a una mejor recuperación entre sesiones de entrenamiento.

En esta misma línea, evidencia emergente en deportistas de alta latitud sur, especialmente nadadores competitivos, sugiere que la respuesta autonómica cardíaca difiere por sexo, tanto ante pruebas fatigantes como en el entorno competitivo. Los hombres tienden a mostrar una mayor reactividad autonómica frente al esfuerzo, mientras que en las mujeres se observa un mayor tono simpático en reposo, independiente de la composición corporal¹³.

Por otra parte, la grasa corporal no mostró una asociación significativa, lo que podría indicar que, en esta población, la masa

muscular y el nivel metabólico desempeñan un papel más relevante en la regulación autonómica cardíaca. Esta ausencia de asociación debe interpretarse con cautela, ya que podría estar influida por el tamaño muestral, la heterogeneidad etaria de la muestra y la coexistencia de disciplinas con demandas fisiológicas distintas. Esto se contrasta con lo observado en población masculina, donde mayores índices de adiposidad se asocian con una peor modulación autonómica cardíaca, evidenciada por una menor VFC en reposo y por respuestas autonómicas menos eficientes²⁰. Sin embargo, debido a que en este estudio no se evaluaron variables hormonales, fase del ciclo menstrual ni biomarcadores metabólicos, estas posibles explicaciones deben considerarse como interpretaciones fisiológicas plausibles y no como mecanismos demostrados. Estos hallazgos se podrían atribuir a la función clave del tejido adiposo como órgano endocrino, fundamental en la regulación de los ejes hormonales y su consecuente interacción con los ciclos específicos en mujeres²¹. A su vez, la interacción entre las adipocinas y los centros neuroendocrinos centrales podría influir en la forma en que se comporta la grasa corporal en esta población, modulando así su impacto en la función autonómica cardíaca^{22,23}.

Implicaciones

El presente estudio aporta evidencia que vincula la composición corporal con la modulación autonómica cardíaca, medida a través de la VFC, un marcador clave utilizado para evaluar la recuperación y capacidad de adaptación fisiológica en mujeres deportistas que

entrenan en zonas de alta latitud sur. Los hallazgos sugieren la posibilidad de avanzar hacia una caracterización más específica del perfil fisiológico y autonómico de mujeres deportistas de alta latitud sur, apoyando el diseño de estrategias de nutrición y entrenamiento orientadas a promover perfiles de composición corporal que favorezcan un balance autonómico óptimo para un mejor estado de recuperación, adaptación y desempeño deportivo o competitivo. Aunque la muestra corresponde a deportistas que entrenan en una zona de alta latitud sur, el diseño del estudio no permite atribuir de manera específica los hallazgos a dicho contexto ambiental, por lo que esta dimensión debe interpretarse como parte del escenario de estudio y no como un factor causal demostrado.

Limitaciones y fortalezas

El estudio se realizó con una muestra reducida de 31 mujeres deportistas pertenecientes a dos disciplinas deportivas, lo que limita la posibilidad de generalizar los resultados a otras poblaciones. Adicionalmente, la amplitud del rango etario y la inclusión de dos disciplinas deportivas con características distintas podrían haber introducido variabilidad biológica y funcional no controlada. Finalmente, el hecho de no poder incorporar a los análisis medidas del ciclo menstrual imposibilita la generación de hipótesis detalladas sobre el rol específico del ciclo hormonal en la modulación entre la actividad autonómica cardíaca y la composición corporal en las deportistas.

Pese a lo anterior, los hallazgos aportan a la literatura existente al entregar resultados que esclarecen el papel de la composición corporal sobre la modulación autonómica en mujeres deportistas de alta latitud sur, una población escasamente caracterizada en la literatura científica, lo que entrega una base observacional transversal para justificar el desarrollo de investigaciones futuras, construyendo sobre nuestras limitaciones para avanzar en el estado actual de conocimiento en este campo.

Conclusión

El estudio revela una asociación positiva entre la composición corporal y la modulación autonómica cardíaca en mujeres deportistas que entrenan en alta latitud sur. Particularmente, una mayor masa muscular y un metabolismo basal alto se correlacionan con una mejor VFC, sugiriendo un equilibrio óptimo para la recuperación y rendimiento deportivo. Estos hallazgos entregan nuevas perspectivas sobre la influencia de la composición corporal en la regulación autonómica femenina bajo condiciones extremas.

Contribuciones de los Autores

Conceptualización, JB; Curación de datos, JB, MC-A; Investigación, JB, MC-A; Metodología, MC-A, CN-E; Supervisión, CN-E; Análisis formal, JB, MC-A; Redacción del borrador original, JB, MC-A, CN-E; Revisión y edición, JB, MC-A, CN-E. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Consentimiento Informado

Todos los participantes recibieron información detallada sobre los objetivos, los procedimientos y las posibles implicaciones del estudio. Se obtuvo el consentimiento informado para garantizar el cumplimiento ético y la autonomía de los participantes.

Disponibilidad de los datos

Los datos brutos que respaldan las conclusiones de este artículo serán puestos a disposición por los autores sin reservas.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo sin ninguna relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

Referencias

- Romero SA, Minson CT, Halliwill JR. The cardiovascular system after exercise. *J Appl Physiol* (1985). 2017;122(4):925-932. doi:10.1152/jappphysiol.00756.2016.
- Plews DJ, Laursen PB, Stanley J, Kilding AE, Buchheit M. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. *Sports Med*. 2013;43(9):773-781. doi:10.1007/s40279-013-0071-8.
- Bellenger CR, Fuller JT, Thomson RL, Davison K, Robertson EY, Buckley JD. Monitoring athletic training status through autonomic heart rate regulation: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2016;46(10):1461-1486. doi:10.1007/s40279-016-0484-2.
- Matłosz P, Makivic B, Csapo R, Hume P, Mitter B, Martínez-Rodríguez A, et al. Body fat of competitive volleyball players: a systematic review with meta-analysis. *J Int Soc Sports Nutr*. 2023;20(1):2246414. doi:10.1080/15502783.2023.2246414.
- Meignié A, Duclos M, Carling C, Orhant E, Provost P, Toussaint JF, et al. The effects of menstrual cycle phase on elite athlete performance: a critical and systematic review. *Front Physiol*. 2021;12:654585. doi:10.3389/fphys.2021.654585.
- Lianingsih N, Irman D. Gender disparities in sport science: a research gap analysis of female athletes. *Int J Health Med Sports*. 2025;3(2):54-58. doi:10.46336/ijhms.v3i2.212.
- Bassareo PP, Crisafulli A. Gender differences in hemodynamic regulation and cardiovascular adaptations to dynamic exercise. *Curr Cardiol Rev*. 2020;16(1):65-72.
- Temme DA, Standing RJ, Best R. Training, wellbeing and recovery load monitoring in female youth athletes. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(18):11463. doi:10.3390/ijerph191811463.
- Castillo-Aguilar M, Mabe-Castro D, Mabe-Castro M, Mendes TT, Concha-Cisternas Y, Guzmán-Muñoz E, et al. The winter is coming: seasonal variations in BDNF levels among older adults in a high-latitude region-a preliminary study. *Front Psychiatry*. 2025;16:1692566. doi:10.3389/fpsyt.2025.1692566.
- Andrade-Oyarzún M, Valdés-Carrión R, Castillo-Aguilar M, Núñez-Espinosa C. Análisis antropométrico y composición corporal en jugadoras de rugby seven que entrenan en latitudes altas del sur: descripción y comparación según la posición en el campo (backs vs. forwards). *J Mov Health*. 2024;21(2):1-10.
- Castillo-Aguilar M, Mabe-Castro D, Mabe-Castro M, Oyarzo V, Harris King K, Valdés-Badilla P, et al. Cardiac autonomic regulation in response to functional power threshold testing in elite cyclists. *Rev Andal Med Deporte*. 2023;16(1):8-14. doi:10.33155/j.ram.2023.03.002.
- Amekran Y, El Hangouche AJ. Effects of exercise training on heart rate variability in healthy adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Cureus*. 2024;16(6):e62465. doi:10.7759/cureus.62465.
- Castillo-Aguilar M, Valdés-Badilla P, Herrera-Valenzuela T, Guzmán-Muñoz E, Delgado-Floody P, Andrade DC, et al. Cardiac autonomic modulation in response to muscle fatigue and sex differences during consecutive competition periods in young swimmers: a longitudinal study. *Front Physiol*. 2021;12:769085. doi:10.3389/fphys.2021.769085.
- Lucini D, Spataro A, Giovanelli L, Malacarne M, Spada R, Parati G, et al. Relationship between body composition and cardiac

- autonomic regulation in a large population of Italian Olympic athletes. *J Pers Med*. 2022;12(9):1508. doi:10.3390/jpm12091508.
15. Mialich MS, Martinez EZ, Jordão AA Jr. Comparative study of instruments for the analysis of body composition in a sample of the Brazilian population. *Int J Body Compos Res*. 2011;9(1).
 16. Buchheit M, Chivot A, Parouty J, Mercier D, Al Haddad H, Laursen PB, et al. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108(6):1153-1167. doi:10.1007/s00421-009-1315-x.
 17. Buchheit M, Gindre C. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2006;291(1):H451-H458. doi:10.1152/ajpheart.00098.2006.
 18. Akselrod S, Gordon D, Ubel FA, Shannon DC, Berger AC, Cohen RJ. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science*. 1981;213(4504):220-222. doi:10.1126/science.6166045.
 19. Prieto-González P, Sedlacek J. Effects of running-specific strength training, endurance training, and concurrent training on recreational endurance athletes' performance and selected anthropometric parameters. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(17):10773. doi:10.3390/ijerph191710773.
 20. Kothari R, Mittal G, Prashanth A, Yogesh S, Verma PK, Palande A. Sympathovagal balance and body shape index in elite and amateur athletes: the relationship unraveled. *Cureus*. 2023;15(9):e45408. doi:10.7759/cureus.45408.
 21. McGinty SJ, Matthews EL, Greaney JL, Shoemaker JK, Wenner MM. Sympathetic baroreflex sensitivity is enhanced in postmenopausal women. *J Appl Physiol* (1985). 2024;137(2):374-381. doi:10.1152/japplphysiol.00833.2023.
 22. Hansen CS, Vistisen D, Jørgensen ME, Witte DR, Brunner EJ, Tabák AG, et al. Adiponectin, biomarkers of inflammation and changes in cardiac autonomic function: Whitehall II study. *Cardiovasc Diabetol*. 2017;16(1):153. doi:10.1186/s12933-017-0643-3.
 23. Pongwattanapakin K, Care C, Sitticharoon C, Wilasrusmee KT, Keadkraichaiwat I, Maikaew P, et al. Interplay between key metabolic hormones, metabolic factors, renal function, and heart rate variability in humans with obesity. *Sci Rep*. 2025;15(1):37873. doi:10.1038/s41598-025-21757-1.