



Nutrición Hospitalaria



Trabajo Original

Epidemiología y dietética

Patrones dietéticos relacionados con la actividad autonómica cardiorrespiratoria en universitarios

Dietary patterns related to cardiorespiratory autonomic activity in university students

Aurora Páramo-Lira¹, José Javier Reyes-Lagos², Alejandra-Donají Benítez-Arciniega³, José de Jesús Garduño-García⁴, Eric Alonso Abarca-Castro⁵, Pilar Cruz-López³, Socorro Camarillo-Romero⁶

¹Facultad de Odontología. Universidad Autónoma del Estado de México; ²Departamento de Ingeniería Eléctrica. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. ³Facultad de Medicina. Universidad Autónoma del Estado de México. ⁴Servicio de Medicina Interna. Instituto Mexicano del Seguro Social, HGR-²⁵¹. Metepe. ⁵División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana. Lerma de Villada. Estado de México, México. ⁶Facultad de Química. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca de Lerdo. México

Resumen

Introducción: la variabilidad cardíaca (VFC), la variabilidad respiratoria (VFR) y el cociente pulso-respiración (PRQ) describen la modulación autonómica, pero su relación con la dieta universitaria está poco estudiada.

Objetivo: explorar la asociación entre patrones dietéticos y actividad autonómica en universitarios mexicanos.

Métodos: noventa y un jóvenes fueron clasificados mediante análisis factorial en patrón saludable (PDS) o no saludable (PDNS). De señales latido-latido (RR) y respiración-respiración (BB) de 5 minutos se extrajeron: log-potencia de alta frecuencia (HF_{log}), índice parasimpático (PNS) y simpático (SNS), índice de estrés, intervalo RR medio (mean RR), exponentes fractales α_1 y α_2 , dispersión de Poincaré (SD2) y relación de potencia baja-frecuencia/alta-frecuencia (LF/HF); VFR: frecuencia respiratoria media (BRmean) y desviación BB (SDBB); PRQ: mPRQ (promedio). Se aplicaron pruebas t/U y correlaciones ($p \leq 0.05$).

Resultados: el 53 % siguió el PDNS. El PDS exhibió un HF_{log} mayor y $\alpha_1 \approx 1$ en hombres. Dentro del PDS, los productos animales magros se vincularon con $\downarrow$ SNS, $\downarrow$ estrés, $\downarrow \alpha_2$ y $\uparrow$ mean RR; los cereales sin grasa con $\uparrow$ PNS y $\downarrow$ LF/HF en hombres; las frutas-verduras con $\downarrow$ BRmean y $\uparrow$ SDBB; leguminosas y pescado enlatado con $\downarrow$ mPRQ. En el PDNS, las bebidas azucaradas redujeron PNS, HF_{log} y SD2 e incrementaron el SNS en mujeres, mientras que en hombres aumentaron el estrés y α_2 , los cereales con grasa elevaron el α_2 .

Conclusión: el PDS favorece el tono vagal, la estabilidad fractal y la sincronía cardiorrespiratoria, mientras que el PDNS aumenta la actividad simpática y reduce la variabilidad, sobre todo en mujeres. Los hallazgos respaldan las intervenciones nutricionales tempranas que promuevan el PDS.

Palabras clave:

Patrones dietéticos.
Variabilidad de la frecuencia cardíaca.
Variabilidad de la frecuencia respiratoria.
Sistema nervioso autónomo.

Recibido: 21/05/2025 • Aceptado: 23/09/2025

José Javier Reyes-Lagos (javier.reyes@cinvestav.mx) y Socorro Camarillo-Romero (mscamarillor@uaemex.mx) son los dos autores de correspondencia de este artículo.

Información sobre financiamiento: esta investigación fue financiada por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT, CVU: 998759). La agencia financiadora no participó en el diseño del estudio, la recopilación y el análisis de datos, ni en la redacción del manuscrito.

Agradecimientos: los autores agradecen a todos los participantes voluntarios de esta investigación. Agradecemos al Doctorado en Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Estado de México. También agradecemos a Rubén Gerardo Sánchez-Baca, quien brindó asistencia técnica y en la recopilación de datos.

Declaración de conflicto de intereses: los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses en relación con la preparación del presente manuscrito.

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener conflicto de interés.

Inteligencia artificial: los autores declaran no haber usado inteligencia artificial (IA) ni ninguna herramienta que use IA para la redacción del artículo.

Páramo-Lira A, Reyes-Lagos JJ, Benítez-Arciniega AD, Garduño-García JJ, Abarca-Castro EA, Cruz-López P, Camarillo-Romero S. Patrones dietéticos relacionados con la actividad autonómica cardiorrespiratoria en universitarios. Nutr Hosp 2025;42(6):1247-1257

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.05954>

Correspondencia:

Socorro Camarillo-Romero. Facultad de Química. Universidad Autónoma del Estado de México. P. Colón s/n, Residencial Colón Col. Ciprés. 50120. Toluca de Lerdo, Estado de México. México
e-mail: mscamarillor@uaemex.mx

©Copyright 2025 SENPE y ©Arán Ediciones S.L. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

Abstract

Introduction: heart-rate variability (HRV), respiratory-rate variability (RRV) and the pulse-respiration quotient (PRQ) reflect autonomic modulation, yet their relationship with university dietary habits remains understudied.

Objective: to examine the association between dietary patterns and autonomic activity among university students.

Methods: ninety-one young adults were classified, via factor analysis, into a healthy (PDS) or an unhealthy (PDNS) dietary pattern. From 5-min beat-to-beat (RR) and breath-to-breath (BB) recordings we extracted: high-frequency log power (HFlog), parasympathetic (PNS) and sympathetic (SNS) indices, stress index, mean RR interval (Mean RR), fractal exponents α_1 and α_2 , Poincaré dispersion (SD_2), and the low- to high-frequency power ratio (LF/HF). For RRV we obtained mean breathing rate (BRmean) and BB deviation (SDBB); for PRQ we calculated mean PRQ (mPRQ). Student's t-, Mann-Whitney U-tests and Spearman correlations were applied ($p \leq 0.05$).

Results: fifty-three percent of participants followed the PDNS. In men, the PDS showed higher HFlog and $\alpha_1 \approx 1$. Within the PDS, lean animal products were linked to $\downarrow$ SNS, $\downarrow$ stress, $\downarrow \alpha_1$, and $\uparrow$ Mean RR; non-fat cereals to $\uparrow$ PNS and $\downarrow$ LF/HF in men; fruits-vegetables to $\downarrow$ BRmean and $\uparrow$ SDBB; legumes and canned fish to $\downarrow$ mPRQ. In the PDNS, sugary drinks decreased PNS, HFlog and SD_2 but increased SNS in women, and raised stress and α_2 in men; fat-rich cereals elevated α_2 .

Conclusion: the PDS enhances vagal tone, fractal stability and cardiorespiratory synchrony, whereas the PDNS heightens sympathetic activity and lowers variability, particularly in women. These findings support early nutritional interventions that foster the PDS.

Keywords:

Dietary patterns. Heart rate variability. Respiratory rate variability. Autonomic nervous system.

INTRODUCCIÓN

La escala global de la obesidad y el sobrepeso representa una amenaza creciente para la salud pública. En 2022, el 43 % de los adultos presentaban sobrepeso y un 16 % obesidad, condiciones que elevaban de manera significativa el riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) (1). Las últimas encuestas realizadas en México reportaron un incremento en la incidencia de ECNT asociado a la elevada prevalencia del sobrepeso (37,3 %) y la obesidad (38,9 %) (2), debido principalmente a la mala alimentación, al sedentarismo y a la falta de sueño.

El patrón dietético (PD) se define como la dieta que consume un individuo o una población durante un periodo de tiempo, incluyendo todas las combinaciones de alimentos, bebidas y nutrimentos que reflejan las diferentes preferencias, tradiciones y economía (3). En general, los PD pueden clasificarse dependiendo de sus componentes y sus atribuciones a la salud o a la enfermedad. Por ejemplo, uno de los PD considerado “saludable” (PDS) está caracterizado por un alto consumo de verduras, frutas, cereales integrales, productos lácteos descremados o bajos en grasa, carnes magras, aves, huevos, mariscos, leguminosas, frutos secos, semillas y aceites vegetales (3), y un PD “no saludable” (PDNS) está caracterizado por una mayor ingesta de carnes grasas y procesadas, productos lácteos enteros, cereales refinados, azúcares simples, aceites vegetales refinados y sal, y es bajo en vitaminas, nutrimentos inorgánicos, fibra y antioxidantes (4).

Por otro lado, el sistema nervioso autónomo (SNA) es el encargado de regular la homeostasis en el organismo a través del antagonismo y la sinergia entre el sistema nervioso simpático (SNS) y el sistema nervioso parasimpático (SNP) (5). La evidencia sugiere que la actividad del SNA se ve influenciada por la calidad de la dieta y del patrón dietético (6,7). Una forma no invasiva y ampliamente utilizada de medir su funcionamiento y equilibrio es la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), la cual describe los cambios en los intervalos cardiacos latido a latido consecutivos (RR) en un periodo de tiempo específico (8). La VFC se ha estudiado en diversas poblaciones, evidenciándose

reiteradamente que una VFC elevada indica un funcionamiento adecuado del SNA (9). Sin embargo, la VFC puede oscilar debido a la arritmia sinusal respiratoria (ASR), lo que provoca la aceleración de la frecuencia cardíaca (FC) mientras que la exhalación provoca un efecto opuesto (5), por lo que estudiar la variabilidad de la frecuencia respiratoria (VFR) es relevante para identificar las oscilaciones que existen entre una respiración y otra (B-B: *breath to breath*, por sus siglas en inglés) (10). En este sentido, la actividad autonómica cardiorrespiratoria se evalúa en conjunto a través del cociente pulso-respiración (o PRQ, por sus siglas en inglés) el cual proviene de la división entre la frecuencia cardíaca y la frecuencia respiratoria instantáneas (11). La VFC y la VFR se evalúan a través de índices lineales que ofrecen principalmente información acerca del funcionamiento del SNS y del SNP (8,10), mientras que los índices no lineales brindan información sobre el equilibrio o desequilibrio en el organismo (8).

En diversos estudios se ha referido que ciertos grupos de alimentos (12-14) y patrones dietéticos (6,7,15) afectan al funcionamiento cardiaco medido por la VFC. Sin embargo, la asociación de la alimentación con la actividad autonómica cardiorrespiratoria ha sido poco estudiada, sobre todo en jóvenes saludables. Un estudio que incluya estas variables puede proporcionar evidencia científica para diseñar medidas preventivas tempranas de enfermedades cardiovasculares. Los objetivos de este estudio son comparar la actividad autonómica cardiorrespiratoria entre jóvenes con PDS y PDNS utilizando índices lineales y no lineales de VFC, VFR y PRQ, y además explorar las correlaciones específicas entre el consumo de grupos de alimentos y la actividad autonómica cardiorrespiratoria.

MATERIALES Y MÉTODOS

DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS PARTICIPANTES

Estudio observacional, transversal, comparativo y correlacional. Los participantes fueron hombres y mujeres de entre 18 y 23 años, inscritos en la Universidad Autónoma del Estado de

México (UAEMéx). No se incluyeron las personas que refirieron tener enfermedades o consumir medicamentos que alterasen la VFC o la VFR, ni aquellos que hubieran consumido café, chocolate o bebidas energéticas, o que hubieran fumado o realizado ejercicio, 6 horas antes del estudio. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación (CEI) de la Facultad de Medicina de la UAEMéx, con el registro: 005.2023. Todos los participantes contaron con el consentimiento informado y el estudio se realizó de acuerdo con lo citado por la Declaración de Helsinki.

PROCEDIMIENTO

Los participantes fueron citados en el Laboratorio de Instrumentación de la Facultad de Medicina de la UAEMéx, durante el periodo de marzo a noviembre de 2023. Se recolectaron la información de identificación y las variables socioeconómicas de cada participante; posteriormente se aplicó el cuestionario internacional de actividad física en su versión corta (IPAQ-7) (16) y, finalmente, se pasó un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos. Se realizaron las mediciones antropométricas de peso y estatura, así como las mediciones electrocardiográficas (ECG) y respiratorias (RESP) en una sola ocasión.

MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS Y ACTIVIDAD FÍSICA

La altura se obtuvo con un estadiómetro (Seca®, 213, Hamburgo, Alemania). El peso, la masa grasa, la grasa visceral y la masa muscular se obtuvieron por bioimpedancia eléctrica (Tanita® BC-533, Tokio, Japón). El diagnóstico y la clasificación del estado nutricional se realizaron con base en la clasificación del índice de masa corporal (IMC), considerando su uso para estudios epidemiológicos (17). A partir del IPAQ-7 se obtuvo el tiempo sentado y los METS por semana: al multiplicar el tiempo en minutos por su valor MET (caminar = 3,3, actividad física moderada = 4 y actividad física vigorosa = 8 MET) por días a la semana y sumando el total (16).

CONSUMO DE ALIMENTOS Y DERIVACIÓN DE PATRONES DIETÉTICOS

El consumo de alimentos fue obtenido a través del cuestionario semicuantitativo de ingestión de alimentos (FFQ) que registra la frecuencia de consumo en 116 ítems, validado en la población mexicana (18). El FFQ asignó una ración común (*p. ej.*, 1 manzana, 1 rebanada de pan, etc.) para cada alimento. Los participantes informaron de la frecuencia de consumo en los últimos tres meses, utilizando 10 opciones de respuesta desde “nunca” hasta “6 o más veces al día”. La frecuencia de consumo se convirtió en la ingestión diaria mediante la sumatoria de la energía aportada por todos los alimentos consumidos. Se

utilizó el Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE) para obtener los nutrimentos de los 116 alimentos registrados. Los alimentos se clasificaron en 14 grupos de alimentos, de acuerdo con su contenido en los componentes de interés para la ocurrencia de eventos cerebrovasculares (EVC) (19,20), en concordancia con el SMAE. Los patrones dietéticos (PD) se obtuvieron mediante el análisis factorial de componentes principales (PCA) con rotación Varimax. El número de factores se basó en los componentes con un autovalor > 1,5 y en la interpretabilidad de los factores. Los autovalores representaron la varianza explicada por cada factor. La carga factorial de los componentes se confirmó con la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett. El PD fue definido por los grupos de alimentos con una carga factorial $\geq 0,3$. Se obtuvieron dos PD: patrón dietético saludable (PDS) y patrón dietético no saludable (PDNS). El PDS está caracterizado por un mayor consumo de productos de origen animal (POA) bajos en grasa, frutas y verduras, oleaginosas y aguacate, pescados enlatados (atún y sardina) y cereales sin grasa; el PDNS lo está por una mayor ingestión de bebidas azucaradas, dulces, frituras, leche azucarada, grasa saturada y cereales con grasa. Los patrones dietéticos fueron nombrados considerando las recomendaciones dietéticas generales para adultos saludables (3).

ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES FISIOLÓGICAS CARDIORRESPIRATORIAS

Las mediciones de electrocardiograma (ECG) y actividad respiratoria (RESP) se realizaron de acuerdo con las consideraciones citadas por la Sociedad Europea de Cardiología y la Sociedad Norteamericana de Marcapasos y Electrofisiología (8).

Las señales fisiológicas de ECG y RESP se registraron simultáneamente, en un ambiente tranquilo y sin ruido, en un horario de 7:30 a 11:00 a.m. Se realizaron mediciones de 5 minutos utilizando el BIOPAC MP150 (BIOPAC Systems, Inc. Goleta, CA, EE. UU) con el módulo de amplificación ECG100 y RESP100, con una frecuencia de muestreo de 1000 Hz (Fig. 1). Las señales de ECG se obtuvieron utilizando la derivación DII. Previo a las mediciones, la zona fue limpiada con alcohol metílico y se utilizaron electrodos desechables untados con gel electrolítico especial. Las señales respiratorias se obtuvieron con un cinturón abdominal, bien ajustada a la altura del ombligo. Durante la recolección de las señales, los participantes no portaban dispositivos móviles ni objetos de metal y se encontraban en condiciones fisiológicamente estables: posición supina, relajados, con respiración normal, despiertos, con los ojos abiertos y sin moverse.

Las señales fisiológicas de ECG y RESP fueron exportadas a través de archivos de texto con el *software* AcqKnowledge (BIOPAC Systems®, Inc. Estados Unidos de América). Los intervalos RR se detectaron mediante comprobaciones visuales y correcciones manuales con el programa QRStool (21). El análisis lineal

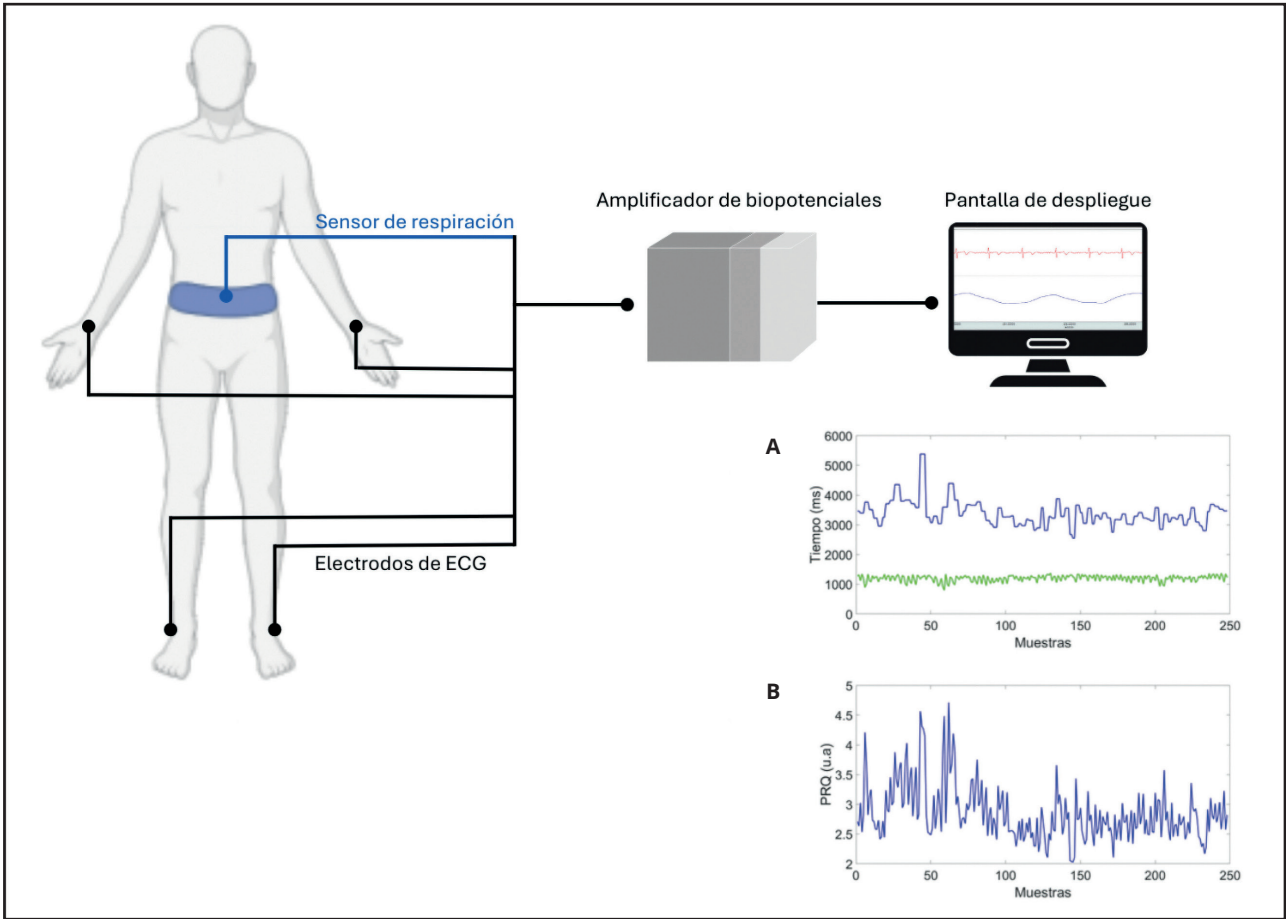


Figura 1. Esquema del sistema de adquisición y procesamiento de señales para evaluar la modulación autónoma cardiorrespiratoria. En este protocolo se registraron de forma simultánea la señal electrocardiográfica (ECG) y la señal respiratoria (RESP). La señal de ECG se obtuvo ubicando el electrodo positivo en la pierna izquierda, el electrodo negativo en el brazo derecho y la tierra en la pierna derecha, mientras que la RESP se capturó mediante un cinturón abdominal. Una vez adquiridas ambas señales, se calcularon las series temporales de intervalos RR y de intervalos respiratorios (BB). En el panel a) se ilustran las series temporales RR y BB. En el panel b) se muestra la señal del cociente pulso-respiratorio (PRQ), obtenida a partir de la relación entre la frecuencia cardíaca y la frecuencia respiratoria. *Elaboración propia.

de VFC (dominios de tiempo y frecuencia) y no lineal se realizó con el programa Kubios HRV standard (3.5.0) (Kupio, North Savonia, Finlandia) (22). Para el análisis de VFC en este estudio se consideró: índice del sistema nervioso parasimpático (PNS index), índice del sistema nervioso simpático (SNS index), *stress index* (índice de Baevsky), media de los intervalos RR (mean RR, en pulsaciones/min), desviación estándar de los intervalos RR (SDRR, en ms), frecuencia cardíaca media (mean HR, en pulsaciones/min), raíz cuadrada media de las diferencias sucesivas de intervalos RR (RMSSD, en ms), el porcentaje de intervalos RR sucesivos que difieren en más de 50 ms (pNN50, %), potencia de baja frecuencia (LF, en potencia absoluta-ms², valores transformados en logaritmo natural de potencias absolutas-log, y unidades normalizadas-n.u.), potencia de alta frecuencia (HF, en: potencia absoluta-ms², valores transformados en logaritmo natural de potencias absolutas-log, y unidades normalizadas-n.u.), relación entre las potencias de banda LF y HF (LF/HF ratio), desviación estándar de los puntos perpendiculares a la línea de identidad (SD1), desviación estándar a lo largo de la línea de

identidad (SD2), relación entre SD2 y SD1 (SD2/SD1), entropía aproximada (ApEn), entropía muestral (SampEn), análisis de fluctuaciones sin tendencia (DFA) utilizado para estimar el índice de escalamiento fractal a corto plazo (α_1) y a largo plazo (α_2) en función de la escala temporal. Las señales RESP fueron analizadas con MATLAB (The MathWorks, Inc.®, Natick, Massachusetts, EE. UU.). La posición temporal del punto máximo de las crestas respiratorias se detectó con *scripts* internos personalizados en MATLAB, con lo que se determinó la señal BB (respiración- respiración). De esta forma, se calcularon los índices temporales de la VFR, incluyendo la frecuencia respiratoria media (BRmean), la desviación estándar de los intervalos BB (SDBB, ms) y la raíz cuadrada media de las diferencias sucesivas del intervalo BB (RMSSD_{BB}, ms). La serie temporal del cociente pulso-respiratorio (PRQ) se calculó utilizando los valores RR y BB como se describe en la literatura (11). El PRQ fue utilizado para procesar las mediciones no lineales utilizando el programa PhyBios (23), obteniendo el PRQ medio (mPRQ), la entropía muestral (SampEn_{PRQ}), la entropía difusa

Tabla I. Características de los estudiantes universitarios por sexo

Variables	Total (n = 91)	Hombres (n = 37)	Mujeres (n = 54)	Valor p*
Edad (años)	20,04 ± 1,4	19,6 ± 1,4	20,3 ± 1,4	0,043*
IMC (kg/m ²)	23,7 ± 2,9	23,7 ± 2,9	23,7 ± 3,0	0,870
Grasa corporal (%)	24,9 ± 8,3	18,3 ± 6,0	29,4 ± 6,4	0,000*
Masa muscular (kg)	45 ± 7,9	53,2 ± 5,3	39,4 ± 2,8	0,000*
Agua corporal (%)	53 ± 5,9	58,2 ± 3,9	49,3 ± 3,9	0,000*
Hueso (kg)	2,3 ± 0,4	2,8 ± 0,2	2,1 ± 0,1	0,000*
Índice de grasa visceral (unidades)	2,65 ± 2	3,22 ± 2,5	2,2 ± 1,5	0,066
AF (METS por semana)	2519,3 ± 2177,1	3264,6 ± 2351,7	2008,6 ± 1907,6	0,008*
Tiempo sentado (minutos)	419,2 ± 157,4	383,6 ± 150,8	443,6 ± 158,5	0,133
Horas de sueño	6,5 ± 1,3	6,6 ± 1,1	6,3 ± 1,4	0,099

Las variables se presentan como media ± desviación estándar (DE). *La diferencia de medias es significativa al nivel $p < 0,05$. †Se utilizó la prueba t de Student para el IMC y la ‡U de Mann-Whitney para edad, grasa corporal, masa muscular, agua corporal, hueso, grasa visceral, AF, tiempo sentado y horas de sueño. IMC: índice de masa corporal; AF: actividad física; METS: equivalentes metabólicos de tarea.

(FuzzEn_{PRQ}), la entropía de distribución (DistEn_{PRQ}), la entropía de fase (PhaseEn_{PRQ}), la entropía de permutación (PermEn_{PRQ}) y la entropía de dispersión (DispEn_{PRQ}).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se evaluaron las distribuciones de las variables mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. De acuerdo con la normalidad de cada variable cuantitativa, se aplicó la prueba t de Student o la prueba U de Mann-Whitney para realizar comparaciones entre los grupos de estudio. Las variables cuantitativas se expresaron como medias ± desviación estándar (DE) y las variables cualitativas en porcentajes, analizadas mediante la prueba del chi cuadrado para evaluar diferencias entre categorías. Además, se llevaron a cabo análisis correlacionales bivariados para determinar las asociaciones entre los índices cardiorrespiratorios y los componentes del PDS y del PDNS. Se utilizó el coeficiente de Pearson para las variables paramétricas y el coeficiente de Spearman para las variables no paramétricas, considerando estadísticamente significativos los valores de p iguales o menores de 0,05. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software IBM SPSS (versión 26, IBM International Business Machines Inc. Armonk, NY, EE. UU.).

RESULTADOS

De los 107 participantes se incluyeron 91 (37 hombres y 54 mujeres) (2 se excluyeron por presentar señales electrocardiográficas por encima del rango normal y 14 por mostrar un consumo de energía mayor o menor de 3 DE de la ingesta

dietética media). A continuación se presentan los resultados del estudio, organizados en las secciones de: Características de la población y patrones dietéticos; Comparación de índices cardiorrespiratorios en PDS y PDNS; y Análisis de correlación entre índices cardiorrespiratorios y grupos de alimentos.

CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN Y PATRONES DIETÉTICOS

La tabla I muestra las características de la población y la tabla II presenta las características de los PD, encontrando que el

Tabla II. Cargas factoriales para los patrones dietéticos de jóvenes saludables derivadas mediante análisis de componentes principales*

Patrón dietético saludable (PDS)		Patrón dietético no saludable (PDNS)	
0,745	POA bajos en grasa	0,713	Bebidas azucaradas
0,638	Frutas y verduras	0,668	Dulces y frituras
0,610	Oleaginosas y aguacate	0,536	Lácteos con azúcar
0,608	Pescados enlatados	0,433	Grasa saturada
0,606	Cereales sin grasa	0,351	Cereales con grasa
0,447	Leguminosas		

*Por practicidad solo presentan las cargas ≥ 0.3 .

54 % de la varianza total explica el consumo de los primeros 4 grupos de alimentos en esta población. El PDS se caracterizó por un alto consumo de productos de origen animal bajos en grasa, frutas, verduras, oleaginosas, aguacate, pescados enlatados, cereales sin grasa y leguminosas, y el PDNS se caracterizó por un elevado consumo de bebidas azucaradas, dulces, frituras, lácteos con azúcar, grasa saturada y cereales con grasa.

Al comparar los PD identificados se observó que los participantes con PDNS tenían un mayor consumo de cereales con grasa (62 ± 37 g/día) en comparación con quienes seguían un PDS (44 ± 27 g/día, $p = 0,022$). Asimismo, la ingesta energética era significativamente más alta en el grupo con PDNS (2250 ± 631 kcal/día) que en el grupo con PDS (2003 ± 762 kcal/día, $p = 0,031$). De forma similar, el consumo total de lípidos resultó ser mayor en el grupo con PDNS (75 ± 23 g/día) que en el grupo con PDS (64 ± 27 g/día, $p = 0,011$). No se encontraron diferencias significativas en el resto de los grupos de alimentos, ni en los demás componentes nutricionales evaluados entre ambos patrones.

COMPARACIÓN DE ÍNDICES CARDIORRESPIRATORIOS EN EL PDS Y EL PDNS

La figura 2 muestra las diferencias estadísticas entre los índices de VFC por PD. El índice HF_{log} fue ligeramente mayor en las personas con PDS ($6,8 \pm 1,1$) que en las personas con PDNS ($6,7 \pm 1,6$) ($p = 0,010$). Al comparar la población por sexos, en los hombres, HF_{log} y α_1 resultaron ser mayores en el PDS ($6,8 \pm 0,9$; $0,9 \pm 0,2$, respectivamente) en comparación con el PDNS ($6,7 \pm 1,5$; $0,8 \pm 0,3$) ($p = 0,055$; $p = 0,058$).

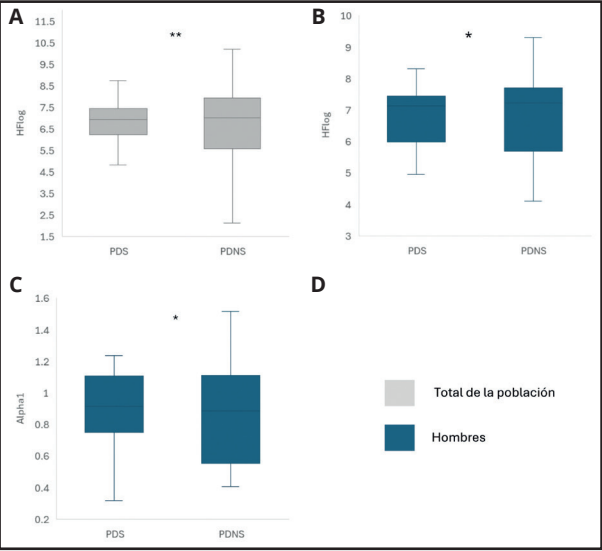


Figura 2. Diagramas de cajas de índices lineales y no lineales de VFC clasificado por tipo de PD en la población total y en hombres. **La diferencia de medias es significativa al nivel $p < 0,05$ (t de Student). *La diferencia de medias es cercana a la significancia estadística ($p = 0,055$; $p = 0,058$) (PDS: patrón dietético saludable; PDNS: patrón dietético no saludable).

ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN ENTRE ÍNDICES CARDIORRESPIRATORIOS Y GRUPOS DE ALIMENTOS

La figura 3 muestra las correlaciones entre los grupos de alimentos pertenecientes al PDS (mayores de 0,220) y al PDNS, y los índices lineales y no lineales de las medidas de VFC y VFR-PRQ del total de la población.

En la población total, los grupos de alimentos pertenecientes al PDS mostraron varias correlaciones significativas. Particularmente, los tres valores de correlación más altos se observaron con el consumo de POA bajos en grasa y de frutas y verduras. El consumo de POA bajos en grasa se correlacionó negativamente con BRmean ($r = -0,268$, $p = 0,010$; panel e) y ApEn ($r = -0,238$, $p = 0,023$; panel c), mientras que el consumo de frutas y verduras mostró una correlación negativa con BRmean ($r = 0,248$, $p = 0,018$; panel f). Estas asociaciones sugieren una posible modulación de la frecuencia respiratoria y de la complejidad autonómica en función de la calidad de la dieta. Respecto a los alimentos característicos del PDNS, únicamente el consumo de lácteos con azúcar mostró asociaciones significativas, observándose una correlación positiva con SampEn ($r = 0,218$, $p = 0,037$; panel g), lo cual podría indicar una mayor irregularidad respiratoria vinculada a este tipo de alimentos.

La figura 4 muestra las correlaciones (únicamente correlaciones con una r mayor de 0,375) entre los grupos de alimentos pertenecientes al PDS y al PDNS, y los índices de VFC y VFR-PRQ en los hombres.

En los hombres, los tres valores de correlación más altos se observaron en relación con los alimentos pertenecientes a ambos PD. En primer lugar, el consumo de pescados enlatados se correlacionó negativamente con ApEn ($r = -0,477$, $p = 0,003$; panel a), sugiriendo una disminución de la complejidad del control autonómico asociado con este grupo alimenticio. En segundo lugar, la ingestión de cereales sin grasa se asoció negativamente con α_1 ($r = -0,461$, $p = 0,004$; panel d), indicador de correlaciones a corto plazo en la variabilidad cardíaca. Finalmente, el consumo de lácteos con azúcar mostró una correlación positiva con PermEn_{PRQ} ($r = 0,455$, $p = 0,005$; panel i), lo que podría reflejar una mayor impredecibilidad cardiorrespiratoria vinculada a este tipo de alimentos.

En la figura 5 se observan las correlaciones entre el consumo de grupos de alimentos pertenecientes al PDS y los índices de VFC, VFR-PRQ en las mujeres (únicamente correlaciones con una r mayor de 0,287).

En las mujeres, los tres valores de correlación más altos se observaron en relación con el consumo de pescados enlatados. Este grupo alimenticio mostró una correlación positiva con SDBB ($r = -0,353$, $p = 0,009$; panel c) como con RMSSD_{BB} ($r = -0,348$, $p = 0,010$; panel d), lo cual sugiere una asociación entre este tipo de consumo y una menor variabilidad respiratoria.

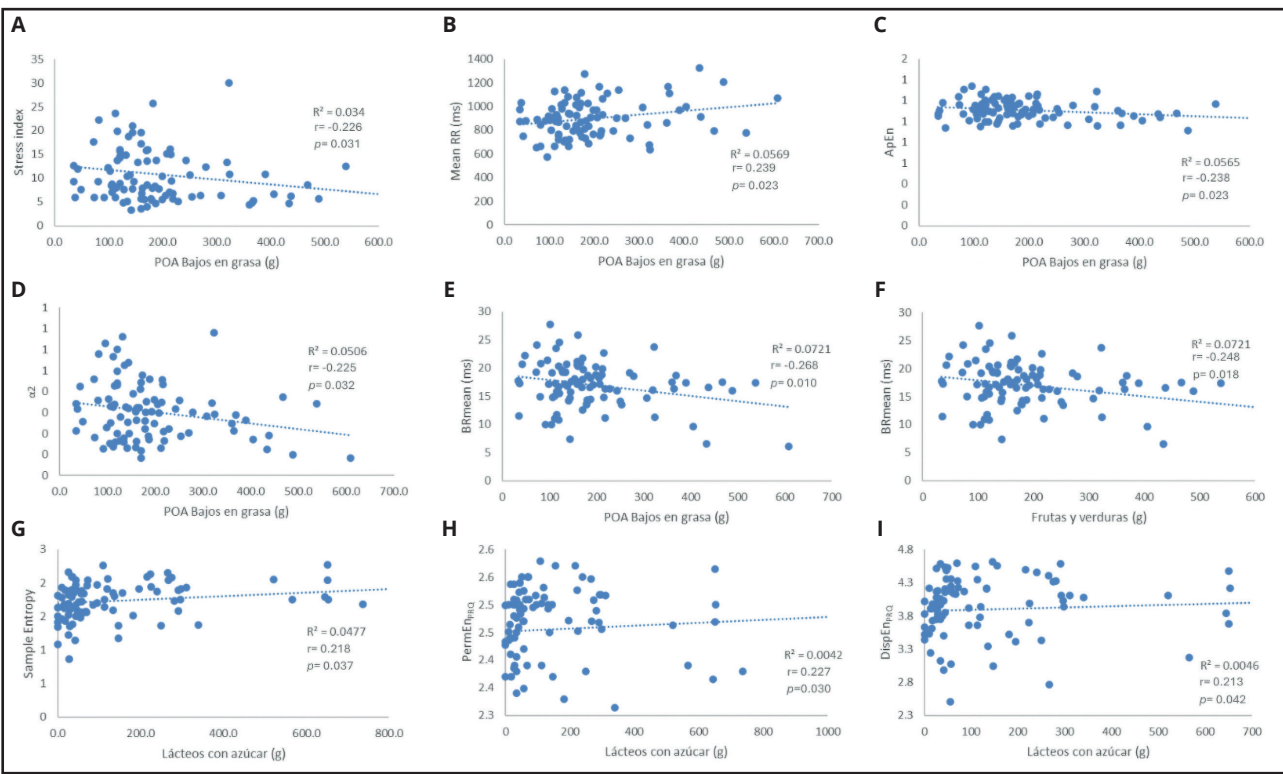


Figura 3. Correlaciones entre los grupos de alimentos pertenecientes al PDS y al PDNS y los índices lineales y no lineales de las medidas de VFC, VFR-PRQ del total de la población.

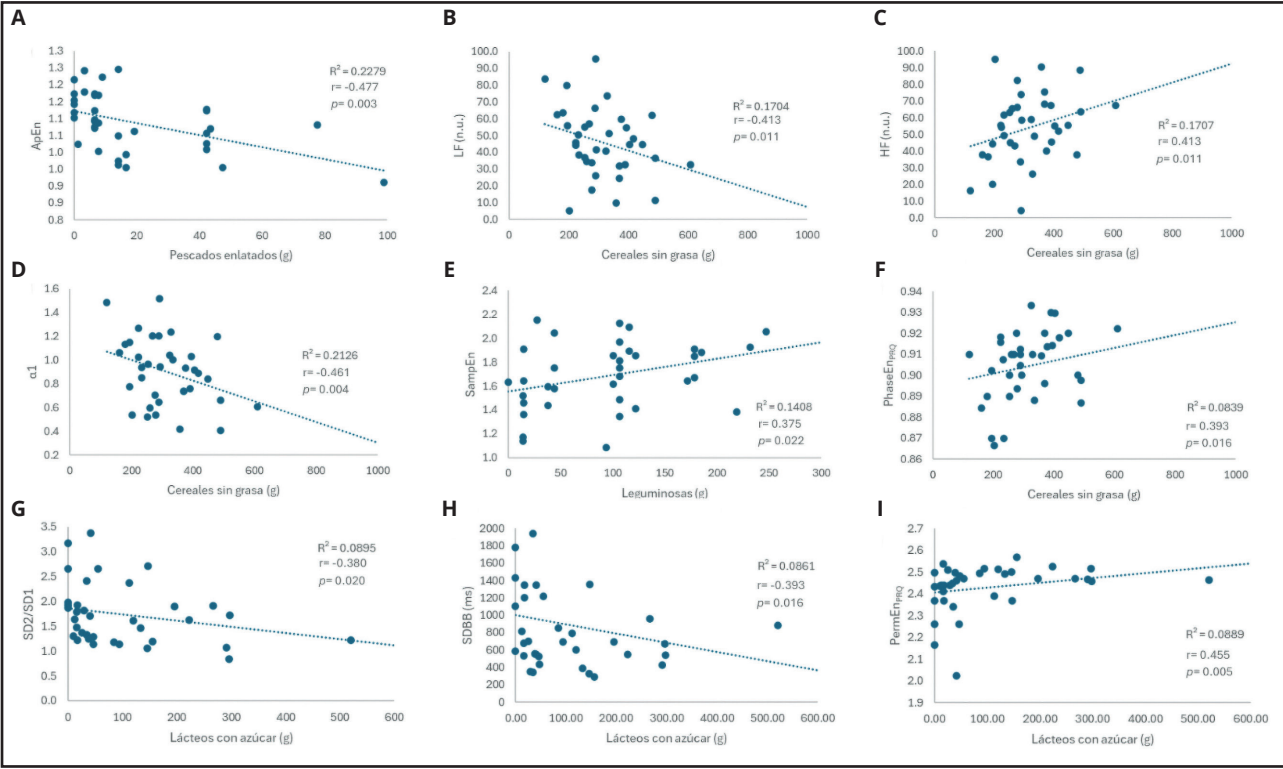


Figura 4. Correlaciones entre los grupos de alimentos pertenecientes al PDS y al PDNS y los índices lineales y no lineales de las medidas de VFC, VFR-PRQ en hombres.

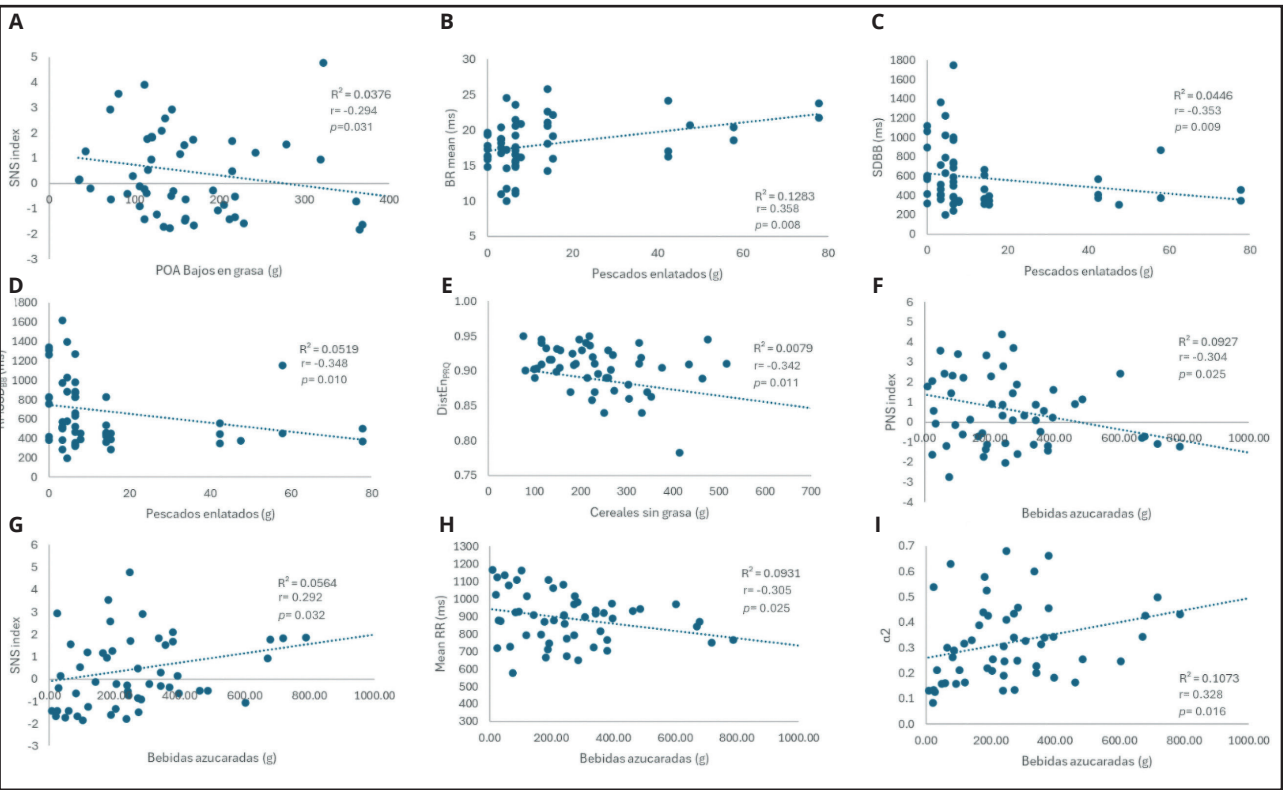


Figura 5. Correlaciones entre los grupos de alimentos pertenecientes al PDS y los índices lineales y no lineales de las medidas de VFC, VFR-PRQ en mujeres.

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo comparar la actividad autonómica cardiorrespiratoria entre estudiantes con PDS y PDNS utilizando índices lineales y no lineales de VFC, VFR y PRQ, así como explicar correlaciones específicas entre grupos de alimentos frente a la actividad autonómica cardiorrespiratoria. Dentro de este estudio, el 47 % de la población presentó un PDS caracterizado por un alto consumo de productos de origen animal bajos en grasa, verduras y frutas, oleaginosas y aguacate, pescados enlatados, cereales sin grasa y leguminosas, y el 53 % un PDNS representado por una ingestión elevada de bebidas azucaradas, dulces y frituras, lácteos con azúcar, grasa saturada y cereales con grasa. En contraste con nuestros resultados, un estudio realizado en estudiantes universitarios mexicanos de Guadalajara describió 3 PD principales: el PD “occidentalizado tradicional”, el PD “saludable” y el PD “proteína animal y bebidas alcohólicas” y recalcó que el consumo de un PD menos saludable se asociaba con ser menor de 22 años, con ser hombre y con el consumo de tabaco (24). En este mismo sentido, el apego a un PD poco saludable y el consumo de alcohol durante los años universitarios puede permanecer hasta la edad adulta, pudiendo contribuir al incremento de peso (25) o al desarrollo de ECNT. Cabe señalar que esta población realizaba AF de moderada a vigorosa, siendo esta un factor protector de futuras comorbilidades. Sin embargo, surge la necesidad de

diseñar intervenciones que fomenten la toma de decisiones saludables al incrementar las opciones de alimentos de mejor calidad nutricional y a precios accesibles y disminuir las opciones poco saludables. Por otro lado, dentro de los resultados el PDNS se caracterizó por tener un mayor aporte de energía y lípidos. Los lípidos de la dieta van a tener un efecto positivo o negativo en la salud dependiendo del tipo de grasa que se esté consumiendo. De esta manera, una dieta alta en grasas se ha asociado con el incremento de la actividad termorreguladora del SNS (26) y con una mayor reactividad cardiovascular (27), así como el consumo de una dieta elevada en ácidos grasos trans se ha relacionado con una menor VFC tanto en adultos mayores como en jóvenes (28). No obstante, estudios han descrito que el consumo de una dieta rica en grasas no se ha correlacionado con cambios autonómicos tanto en mujeres delgadas como en mujeres con obesidad (29), ni en personas saludables (30). Dentro de los resultados únicamente se encontró un mayor HF_{log} en el PDS en comparación con el PDNS en la población total y en hombres, así como un α₁ cercano a uno en el grupo de hombres. Estos resultados sugieren que un mayor consumo del PDS podría mejorar el funcionamiento parasimpático y ayudar a mantener la regulación autonómica dinámica, así como un α₁ cercano a 1 en el PDS podría sugerir un comportamiento fractal saludable en la actividad autonómica cardíaca (31), especialmente en hombres.

No existen muchos estudios que correlacionen el impacto que tiene un PD en la actividad autonómica, sin embargo, Dai J y cols. correlacionaron el consumo de una dieta mediterránea con una mayor VFC medida por SDNN, RMSSD y pNN50 (6). Fu C y cols. asociaron al consumo de una dieta vegetariana por más de 2 años en mujeres postmenopáusicas saludables con una mayor actividad parasimpática medida por HF, en comparación con mujeres con una dieta omnívora (7), y Blumenthal J y cols. describieron que un programa intensivo de 4 meses con dieta DASH (≤ 2300 mg de sodio/día) en conjunto con terapia para cambios de conducta alimentaria y ejercicio 3 veces por semana de 30-45 minutos podría favorecer el incremento de la actividad parasimpática (HF) en reposo en pacientes con hipertensión resistente (15). Asimismo, se han descrito asociaciones entre el consumo de grupos de alimentos o alimentos específicos y su efecto sobre la VFC; por ejemplo, el consumo de verduras de hojas verdes se ha asociado positivamente con la actividad vagal y negativamente con el funcionamiento simpático (32), y un mayor consumo de fruta presentó un impacto significativo en la mejora de la VFC (12). Dentro de nuestros resultados el consumo de verduras como espinaca, calabaza, jitomate, nopal, flor de calabaza, betabel, en conjunto con frutas como naranja, plátano, durazno, manzana, uva, pera, mango y mandarina, no presentó un efecto en la VFC pero sí se asoció negativamente con la FC en hombres. Por otro lado, múltiples estudios han reportado tanto asociaciones positivas como negativas entre el consumo de pescado, atún y *n*-3 en la VFC. Entre ellos, Mozaffarian D y cols. realizaron un estudio en adultos mayores y describieron que el consumo de atún, pescados y *n*-3 podría incrementar la actividad parasimpática (HF) y disminuir la modulación simpático-parasimpática (LF/HF ratio), sugiriendo un mejor funcionamiento autonómico asociado con su consumo regular (33). Este mismo resultado también fue identificado en un metaanálisis que investigó la influencia de la suplementación con aceite de pescado a corto plazo en la VFC (34). Sin embargo, Park S y cols., al realizar un estudio longitudinal, no encontraron asociaciones entre la VFC y el consumo de pescado azul oscuro o ácidos grasos *n*-3 (32). Dentro de los resultados de este estudio, el consumo de pescados enlatados como el atún y la sardina favorecieron el funcionamiento parasimpático en la población total, pero disminuyeron la complejidad cardíaca en hombres. De la misma manera, el consumo de POA bajos en grasa, entre los que se incluían los pescados frescos, el cerdo, la res, el pollo, la salchicha, el jamón y el huevo, favoreció la actividad parasimpática en mujeres y se correlacionó negativamente con la actividad simpática, el *stress index* y la complejidad cardíaca independientemente del sexo. A pesar de que no existen estudios que relacionen el consumo de POA bajos en grasa con la VFC, un estudio identificó que el consumo de proteína se ha asociado negativamente con los complejos supraventriculares prematuros (12). Dentro de los resultados, el consumo de grasas saturadas no se correlacionó con ningún componente de la VFC; sin embargo, los cereales con grasa se correlacionaron positivamente con la complejidad cardíaca y la α₂ en hombres, sugiriendo que

el consumo de cereales con grasa podría provocar una mayor aleatoriedad del comportamiento de la frecuencia cardíaca posiblemente al activar la función neurohumoral y simpática (35), probablemente por su contenido de hidratos de carbono (30). Una dieta elevada en hidratos de carbono puede aumentar progresivamente la relación LF/HF en mujeres delgadas (29) debido al incremento de la actividad simpática (30) y la disminución de la actividad vagal (29). La posible respuesta entre la ingestión de hidratos de carbono y el incremento de la actividad simpática podría estar relacionada con la insulina, ya que esta hormona provoca un efecto vasodilatador en el músculo esquelético, por lo que el cuerpo de forma compensatoria activa el SNS para generar vasoconstricción del mismo lecho vascular, generando la disminución de la resistencia vascular y un aumento en el flujo sanguíneo del músculo esquelético (36). Este efecto fisiológico posiblemente dé respuesta a los resultados encontrados en este estudio, ya que el consumo de bebidas azucaradas se asoció negativamente con el funcionamiento parasimpático y positivamente con el simpático, y provocó una disminución de la VFC a largo plazo (SD2) en las mujeres, lo que coincide con un estudio realizado con 12 sujetos con normopeso, que concluyó que el consumo de refrescos endulzados con jarabe de maíz de alta fructuosa reduce la VFC al disminuir la sensibilidad barorrefleja cardiovagal espontánea (37). Estos resultados podrían sugerir que el consumo de hidratos de carbono simples provenientes de bebidas azucaradas pueden generar una hiperactividad simpática en mujeres y, por lo tanto, un desbalance autonómico a largo plazo, aumentando el riesgo de ECV (38), fundamentándolo de igual manera en un estudio que asoció positivamente al consumo productos a base de cereales y el consumo de *snacks* y azúcar con los complejos ventriculares prematuros (12). De acuerdo con la búsqueda de información que se ha realizado para este estudio, no existe reporte de trabajos que incluyan estas variables, por lo que este podría ser uno de los primeros estudios en correlacionar al consumo de cereales sin grasa con un mayor funcionamiento parasimpático y un menor funcionamiento simpático en hombres. Entre los cereales sin grasa que se consideraron en este estudio estaban la avena, el arroz, la pasta, el pan de caja, el cereal, el bolillo, la papa, el elote y la tortilla de maíz. El efecto positivo en la VFC y el consumo de cereales sin grasa posiblemente se relacione con su aporte de fibra, ya que el consumo de la fibra de los cereales se ha asociado con un menor riesgo de mortalidad por todas las causas, por ECV y por cáncer (39). Asimismo, uno de los puntos más importantes de este estudio es que es uno de los primeros en correlacionar los grupos de alimentos con la VFR y PRQ. No obstante, es imprescindible señalar que se ha encontrado que el cociente respiratorio puede incrementar después de una comida rica en hidratos de carbono (29) y disminuir con una dieta rica en grasas (26), coincidiendo en parte con los resultados de este estudio, ya que el consumo de lácteos con azúcar se correlacionó positivamente con la VFR en hombres y con la complejidad respiratoria en la población total. Sin embargo, las grasas saturadas, los pescados enlatados

(en hombres) y los POA bajos en grasa (población total) también se asociaron positivamente con la VFR, sugiriendo que los lácteos con azúcar, debido a su contenido de grasa y proteína, podrían favorecer el funcionamiento respiratorio, principalmente en hombres. No obstante, en mujeres podría existir un efecto opuesto, ya que la ingestión de pescados enlatados se correlacionó negativamente con la VFR y con el PRQ, y los cereales sin grasa se correlacionaron negativamente con la complejidad respiratoria. Además, es importante señalar que las leguminosas en hombres y los pescados enlatados en mujeres fueron los únicos grupos de alimentos que se correlacionaron con el cociente pulso-respiratorio, el cual capta la interacción bidireccional que existe entre el sistema cardíaco y el respiratorio (11). El que la asociación entre la ingestión de pescados y de leguminosas sea negativa con mPRQ podría sugerir que estos alimentos pueden provocar una frecuencia cardíaca más baja para una frecuencia respiratoria dada, sugiriendo un cambio hacia una menor dominancia simpática y una mayor actividad parasimpática, lo que indica una regulación autonómica mejor y un menor esfuerzo cardiovascular (11).

Durante el proceso de investigación se presentaron algunas limitaciones. Una de ellas es que, debido a que el diseño transversal del estudio no permite hacer inferencias causales, debería evaluarse la ingestión dietética de una forma longitudinal incluyendo múltiples evaluaciones en relación con los índices cardiorrespiratorios, o elaborar un protocolo que incluya específicamente un grupo de alimento y lo correlacione con los cambios en los índices cardiorrespiratorios. Otra limitante es la cantidad de la muestra, por lo que se recomienda para estudios futuros incluir muestras más grandes. También es importante tomar en cuenta que el estudio incluyó a estudiantes universitarios de 18 a 23 años, por lo que los resultados no pueden generalizarse a otras edades y los estudios futuros deberán incluir diferentes grupos de edad para tener una visión más amplia. Además, es importante indicar que este estudio no consideró un protocolo de respiración controlada, el cual ha demostrado mejorar el componente simpático del barorreflejo (40). La información dietética obtenida en este estudio fue a través de un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos, el cual puede llegar a sobrestimar o subestimar la ingestión de algunos grupos de alimentos u omitir alimentos de consumo habitual. Asimismo, el cuestionario utilizado no estima adecuadamente el consumo de grasas poliinsaturadas, colesterol, vitamina E y ácido fólico, lo cual pudo limitar los resultados, principalmente al correlacionar el consumo de pescados enlatados, POA bajos en grasa y oleaginosas y aguacate con los índices cardiorrespiratorios (18), por lo que podría ser beneficioso para otros estudios considerar el uso de recordatorios de 24 horas repetidos y abiertos para obtener información completa sobre el consumo de alimentos; en conjunto con la aplicación del cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos, también puede preguntarse sobre los hábitos alimentarios y prácticas dietéticas habituales y utilizar biomarcadores. Por último, en este estudio no se tomó en cuenta el ciclo menstrual de las mujeres, lo que puede haber limitado los datos y debería controlarse en estudios futuros.

CONCLUSIONES

El 53 % de los universitarios presentaron un PDNS caracterizado por un alto consumo de alimentos con elevado contenido de componentes críticos, lo que indica la importancia de este tipo de estudios que identifican la necesidad de realizar intervenciones dietéticas locales para reducir el riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles como la EVC en un futuro. Asimismo, el consumo de un PDS caracterizado por la ingestión de alimentos recomendables se asoció positivamente con el funcionamiento parasimpático y un mejor comportamiento fractal en la actividad autonómica cardíaca en hombres. De igual manera, se evidenció que el consumo de grupos de alimentos en específico podría tener una relación directa en los índices cardiorrespiratorios, ya que los grupos de alimentos pertenecientes al PDS, como los POA bajos en grasa, favorecieron el funcionamiento vagal en las mujeres y disminuyeron el funcionamiento del SNS en la población total; las frutas y verduras disminuyeron la FC en hombres y los pescados enlatados incrementaron la actividad parasimpática en la población total y favorecieron la VFR en hombres, pero no en mujeres. El consumo de atún y sardinas enlatadas en mujeres y el consumo de leguminosas en hombres sugirieron una asociación con una menor dominancia simpática y una mayor actividad parasimpática medida con mPRQ, y los cereales sin grasa favorecieron la actividad parasimpática y disminuyeron la simpática en hombres. Respecto a los grupos de alimentos del PDNS, las bebidas azucaradas se asociaron negativamente con el funcionamiento parasimpático y positivamente con el simpático en mujeres, los lácteos con azúcar disminuyeron la complejidad cardíaca y respiratoria en la población total, y en conjunto con las grasas saturadas disminuyeron la VFR en los hombres y los cereales con grasa disminuyeron la complejidad cardíaca en los hombres. Estos resultados destacan la importancia de tener una alimentación recomendable para mantener un adecuado funcionamiento autonómico cardiorrespiratorio. Se sugiere continuar con las investigaciones de este tipo que busquen el efecto del consumo de alimentos sobre el funcionamiento del SNA.

BIBLIOGRAFÍA

1. World Health Organization. Obesity and overweight [Internet]. World Health Organization 2025 [citado 13 mayo 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

2. Shamah-Levy T, Lazcano-Ponce EC, Cuevas-Nasu L, Romero-Martínez M, Gaona-Pineda EB, Mendoza-Alvarado LR. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua 2023. Resultados Nacionales. Inst Nac Salud Pública [Internet] 2024. Disponible en: https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut-continua2023/doctos/informes/ensanut_23_112024.pdf

3. US Department of Agriculture UD of H and HS. Dietary Guidelines for Americans, 2020–2025 [Internet]. 9th Edition; December 2020. Disponible en: https://www.dietaryguidelines.gov/sites/default/files/2020-12/Dietary_Guidelines_for_Americans_2020-2025.pdf

4. Christ A, Lauterbach M, Latz E. Western Diet and the Immune System: An Inflammatory Connection. *Immunity* 2019;51(5):794-811. DOI: 10.1016/j.immuni.2019.09.020

5. Karemaker JM. An introduction into autonomic nervous function. *Physiol Meas* 2017;38(5):R89-118. DOI: 10.1088/1361-6579/aa6782

6. Dai J, Lampert R, Wilson PW, Goldberg J, Ziegler TR, Vaccarino V. Mediterranean dietary pattern is associated with improved cardiac autonomic function among middle-aged men: a twin study. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2010;3(4):366-73. DOI: 10.1161/CIRCOUTCOMES.109.905810

7. Fu C-H, Yang CCH, Lin C-L, Kuo TBJ. Effects of Long-Term Vegetarian Diets on Cardiovascular Autonomic Functions in Healthy Postmenopausal Women. *Am J Cardiol* 2006;97(3):380-3. DOI: 10.1016/j.amjcard.2005.08.057

8. 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* 1996;93(5):1043-65.

9. Vanderlei LC, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2009;24(2):205-17. DOI: 10.1590/s0102-76382009000200018

10. Soni R, Muniyandi M. Breath Rate Variability: A Novel Measure to Study the Meditation Effects. *Int J Yoga* 2019;12(1):45-54. DOI: 10.4103/ijoy.IJOY_27_17

11. Scholkmann F, Wolf U. The Pulse-Respiration Quotient: A Powerful but Untapped Parameter for Modern Studies About Human Physiology and Pathophysiology. *Front Physiol* 2019;10:371. DOI: 10.3389/fphys.2019.00371

12. Reginato E, Azzolina D, Folino F, Valentini R, Bendinelli C, Gafare CE, et al. Dietary and Lifestyle Patterns are Associated with Heart Rate Variability. *J Clin Med* 2020;9(4). DOI: 10.3390/jcm9041121

13. George K, Immaculate Joy S, Thomas NS, Balamurali R, Baskaran K. Gender-Based Vegetarian and Nonvegetarian Dietary Impact on Cardiac Autonomic Function of Heart Rate Variability. *J Am Coll Nutr* 2021;40(3):237-41. DOI: 10.1080/07315724.2020.1753130

14. Fysekidis M, Kesse-Guyot E, Valensi P, Arnault N, Galan P, Hercberg S, et al. Association Between Adherence To The French Dietary Guidelines And Lower Resting Heart Rate, Longer Diastole Duration, And Lower Myocardial Oxygen Consumption. *The NUTRIVASC Study. Vasc Health Risk Manag* 2019;15:463-75. DOI: 10.2147/VHRM.S215795

15. Blumenthal JA, Hinderliter AL, Smith PJ, Mabe S, Watkins LL, Craighead L, et al. Effects of Lifestyle Modification on Patients With Resistant Hypertension: Results of the TRIUMPH Randomized Clinical Trial. *Circulation* 2021;144(15):1212-26. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.121.055329

16. Medina C, Barquera S, Janssen I. Validity and reliability of the International Physical Activity Questionnaire among adults in Mexico. *Rev Panam Salud Publica* 2013;34(1):21-8.

17. Rubino F, Cummings DE, Eckel RH, Cohen R V, Wilding JPH, Brown WA, et al. Definition and diagnostic criteria of clinical obesity. *Lancet Diabetes Endocrinol* 2025;13(3):221-62. DOI: 10.1016/S2213-8587(24)00316-4

18. Hernández-Avila M, Romieu I, Parra S, Hernández-Avila J, Madrigal H, Willett W. Validity and reproducibility of a food frequency questionnaire to assess dietary intake of women living in Mexico City. *Salud Publica Mex* 1998;40(2):133-40. DOI: 10.1590/s0036-36341998000200005

19. Zhu Y, Bo Y, Liu Y. Dietary total fat, fatty acids intake, and risk of cardiovascular disease: a dose-response meta-analysis of cohort studies. *Lipids Health Dis* 2019;18(1):91. DOI: 10.1186/s12944-019-1035-2

20. Gan L, Zhao B, Inoue-Choi M, Liao LM, Graubard BI, Weinstein SJ, et al. Sex-specific associations between sodium and potassium intake and overall and cause-specific mortality: a large prospective U.S. cohort study, systematic review, and updated meta-analysis of cohort studies. *BMC Med* 2024;22(1):132. DOI: 10.1186/s12916-024-03350-x

21. Allen JJ, Chambers AS, Towers DN. A pragmatic manual for getting started with QRStool: Reducing EKG data and obtaining many metrics with CMetX; 2011.

22. Tarvainen MP, Niskanen J-P, Lipponen JA, Ranta-Aho PO, Karjalainen PA. Kubios HRV-heart rate variability analysis software. *Comput Methods Programs Biomed* 2014;113(1):210-20. DOI: 10.1016/j.cmpb.2013.07.024

23. Silva LEV, Fazan R, Marin-Neto JA. PyBioS: A freeware computer software for analysis of cardiovascular signals. *Comput Methods Programs Biomed* 2020;197:105718. DOI: 10.1016/j.cmpb.2020.105718

24. Betancourt-Núñez A, Márquez-Sandoval F, González-Zapata LI, Babio N, Vizmanos B. Unhealthy dietary patterns among healthcare professionals and students in Mexico. *BMC Public Health* 2018;18(1):1246. DOI: 10.1186/s12889-018-6153-7

25. Lloyd-Richardson EE, Lucero ML, Dibello JR, Jacobson AE, Wing RR. The relationship between alcohol use, eating habits and weight change in college freshmen. *Eat Behav* 2008;9(4):504-8. DOI: 10.1016/j.eatbeh.2008.06.005

26. Nagai N, Sakane N, Moritani T. Metabolic responses to high-fat or low-fat meals and association with sympathetic nervous system activity in healthy young men. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2005;51(5):355-60. DOI: 10.3177/jnsv.51.355

27. Jakulj F, Zernicke K, Bacon SL, van Wieringen LE, Key BL, West SG, et al. A high-fat meal increases cardiovascular reactivity to psychological stress in healthy young adults. *J Nutr* 2007;137(4):935-9. DOI: 10.1093/jn/137.4.935

28. Soares-Miranda L, Stein PK, Imamura F, Sattelmair J, Lemaitre RN, Siscovick DS, et al. Trans-fatty acid consumption and heart rate variability in 2 separate cohorts of older and younger adults. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2012;5(4):728-38. DOI: 10.1161/CIRCEP.111.966259

29. Tentolouris N, Tsigos C, Perea D, Koukou E, Kyriaki D, Kitsou E, et al. Differential effects of high-fat and high-carbohydrate isoenergetic meals on cardiac autonomic nervous system activity in lean and obese women. *Metabolism* 2003;52(11):1426-32. DOI: 10.1016/s0026-0495(03)00322-6

30. Welle S, Lilavivat U, Campbell RG. Thermic effect of feeding in man: Increased plasma norepinephrine levels following glucose but not protein or fat consumption. *Metabolism* 1981;30(10):953-8. DOI: 10.1016/0026-0495(81)90092-5

31. Kamath MV, Watanabe M, Upton A. Heart rate variability (HRV) signal analysis: clinical applications. CRC press; 2016.

32. Park SK, Tucker KL, O'Neill MS, Sparrow D, Vokonas PS, Hu H, et al. Fruit, vegetable, and fish consumption and heart rate variability: the Veterans Administration Normative Aging Study. *Am J Clin Nutr* 2009;89(3):778-86. DOI: 10.3945/ajcn.2008.26849

33. Mozaffarian D, Stein PK, Prineas RJ, Siscovick DS. Dietary Fish and ω -3 Fatty Acid Consumption and Heart Rate Variability in US Adults. *Circulation* 2008;117(9):1130-7. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.732826

34. Xin W, Wei W, Li X-Y. Short-term effects of fish-oil supplementation on heart rate variability in humans: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 2013;97(5):926-35. DOI: 10.3945/ajcn.112.049833

35. Hotta N, Otsuka K, Murakami S, Yamanaka G, Kubo Y, Matsuoaka O, et al. Fractal analysis of heart rate variability and mortality in elderly community-dwelling people — Longitudinal Investigation for the Longevity and Aging in Hokkaido County (LILAC) study. *Biomed Pharmacother* 2005;59:S45-8. DOI: 10.1016/s0753-3322(05)80009-5

36. Scott EM, Greenwood JP, Vacca G, Stoker JB, Gilbey SG, Mary DASG. Carbohydrate ingestion, with transient endogenous insulinaemia, produces both sympathetic activation and vasodilatation in normal humans. *Clin Sci (Lond)* 2002;102(5):523-9.

37. Chapman CL, Reed EL, Worley ML, Pietrafesa LD, Kueck PJ, Bloomfield AC, et al. Sugar-sweetened soft drink consumption acutely decreases spontaneous baroreflex sensitivity and heart rate variability. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2021;320(5):R641-52. DOI: 10.1152/ajpregu.00310.2020

38. Thayer JF, Yamamoto SS, Brosschot JF. The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *Int J Cardiol* 2010;141(2):122-31. DOI: 10.1016/j.ijcard.2009.09.543

39. Hajishafiee M, Saneei P, Benisi-Kohansal S, Esmailzadeh A. Cereal fibre intake and risk of mortality from all causes, CVD, cancer and inflammatory diseases: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Br J Nutr* 2016;116(2):343-52. DOI: 10.1017/S0007114516001938

40. Sakakibara M, Kaneda M, Oikawa LO. Efficacy of Paced Breathing at the Low-frequency Peak on Heart Rate Variability and Baroreflex Sensitivity. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2020;45(1):31-7. DOI: 10.1007/s10484-019-09453-z