

Relación entre el control autonómico cardíaco e índices antropométricos normales en hombres jóvenes. Tunja, Boyacá, Colombia, 2014

Edgar Yaset Caicedo-Ochoa*
Jorge Andrés Urrutia-Gómez*

*Estudiante de Medicina de VIII Nivel. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Miembro del Grupo de Análisis en Resistencia Bacteriana de Boyacá. Tunja. Boyacá. Colombia.

Correspondencia: Sr. Edgar Yaset Caicedo. Dirección: Avenida Colón No. 26-60. Tunja. Boyacá. Colombia. Teléfono: +57 3124566792. Correo electrónico: eyaset@gmail.com

RESUMEN

Introducción: El sobrepeso y la obesidad han aumentado su prevalencia a nivel global; estos factores se relacionan con diferentes patologías, entre estas, la alteración en la función autonómica cardíaca junto con un posible desarrollo de enfermedad cardiovascular. **Objetivo:** Describir y comparar la relación entre los índices antropométricos normales con los parámetros de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en hombres jóvenes. **Materiales y métodos:** Se realizó un estudio ex post-facto correlacional. Se analizaron datos de una muestra de 30 hombres jóvenes entre 18 y 22 años, estudiantes de medicina, los cuales colaboraron voluntariamente, a quienes se determinó el índice de masa corporal y el índice cintura-cadera, además, se tomó la tensión arterial y se realizó un electrocardiograma a cada uno de ellos. Para el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca mediante electrocardiograma, los intervalos NN obtenidos fueron convertidos en figuras geométricas y, a partir de ellas, fueron medidos el índice triangular, interpolación triangular de los intervalos NN, los índices SD₁ y SD₂ del diagrama de Poincaré, la desviación estándar de todos los intervalos NN, la raíz cuadrada del promedio de la suma de los cuadrados de las diferencias entre los intervalos NN, dominios de frecuencia en las bandas de baja frecuencia, alta frecuencia y la relación LF/HF. **Resultados:** Los sujetos tuvieron una edad promedio de 19,5±0,9 años, peso de 66,3±7,6 Kg, índice de masa corporal de 22±2,3 Kg/m² e índice cintura-cadera de 0,86±0,1. Se encontró una relación inversa estadísticamente significativa entre la interpolación triangular de los intervalos NN y el índice cintura-cadera ($r = -0,396$, $p < 0,05$). Los demás parámetros medidos de la variabilidad de la frecuencia cardíaca no mostraron correlación estadísticamente significativa. **Conclusión:** Cambios en los índices antropométricos afectan la modulación cardíaca, siendo la obesidad central medida por el índice cintura-cadera, un mejor predictor del control nervioso cardíaco y el balance simpático-vagal. **MÉD UIS. 2015;28(3):301-8.**

Palabras clave: Pruebas de Función Cardíaca. Obesidad. Antropometría. Frecuencia Cardíaca. Sobrepeso.

Relation between cardiac autonomic control and normal anthropometric indices in young men. Tunja, Boyaca, Colombia, 2014

ABSTRACT

Introduction: Overweight and obesity have increased their prevalence worldwide; these factors relate to different pathologies, among them, alteration in cardiac autonomic function with a possible development of cardiovascular disease. **Objective:** To describe and compare the relation between normal anthropometric indices to parameters of heart rate variability. **Materials and methods:** An ex post-facto correlational study was carried out. It was analyzed data from a sample of 30 young men between 18 and 22 years old, medical students, who collaborated voluntarily, whom body mass index and waist-hip ratio was determined, and also, blood pressure and an electrocardiogram was performed for each one. For the analysis of electrocardiogram heart rate variability, the NN intervals obtained were converted into geometric figures and, from them, we calculated the triangular index, triangular interpolation of NN intervals, SD₁ and SD₂ indices of Poincaré's diagram, standard deviation of every NN interval, the square root of the average of the addition of squares of differences between NN intervals, frequency domain as low frequency bands, high frequency bands and relation LF/HF. **Results:** Subjects had an average age of 19.5±0.9 years old; weight of 66.3±7.6 Kg, body mass index of 22±2.3 Kg/m² and waist-hip ratio of 0.86±0.1. We found a statistically significant inverse relation between the triangular interpolation of NN intervals and waist-hip ratio ($r = -0.396$, $p < 0.05$). **Conclusion:** Changes in anthropometric indices affect heart modulation, being central obesity measured by waist-hip ratio, a better predictor of heart nervous control and sympathovagal balance. **MÉD UIS. 2015;28(3):301-8.**

Keywords: Heart Function Tests. Obesity. Anthropometry. Heart Rate. Overweight.

Artículo recibido el 16 de febrero de 2015 y aceptado para publicación el 25 de octubre de 2015.



DOI: <http://dx.doi.org/10.18273/revmed.v28n3-2015004>

¿Cómo citar este artículo?: Caicedo-Ochoa EY, Urrutia-Gómez JA. Relación entre el control autonómico cardíaco e índices antropométricos normales en hombres jóvenes. Tunja, Boyacá, Colombia, 2014. MÉD UIS. 2015;28(3):301-8.

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) presenta al Índice de Masa Corporal (IMC) como el cociente del peso en kilogramos sobre el cuadrado de la talla expresada en metros. Se define como sobrepeso un IMC mayor o igual a 25 Kg/m², mientras que un IMC mayor o igual a 30 Kg/m² indica obesidad¹. El Índice Cintura-Cadera (ICC) es un coeficiente que relaciona la disposición del tejido adiposo de un individuo, siendo un cociente entre la circunferencia de la cadera en centímetros y la circunferencia de la cintura en centímetros y definiendo como obesidad, un ICC mayor o igual a 0,9 para los hombres y un ICC mayor o igual a 0,85 para las mujeres^{2,3}. La prevalencia de sobrepeso y obesidad está aumentando de forma alarmante, tanto en países desarrollados como en vía de desarrollo^{4,5}, relacionándose con la aparición de enfermedades cardíacas, metabólicas, renales, desórdenes del sueño, cáncer y problemas mentales⁶⁻¹². La OMS señala a la obesidad como una nueva epidemia global, consolidándose así, como un problema de salud pública para las naciones^{13,14}. Marie Ng et al. muestra que la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad entre 1980 y 2013 aumentó 27,5% para los adultos y 47,1% en niños¹⁵, evidenciando el rápido avance de esta entidad. En la actualidad se considera que aproximadamente 2,3 billones de personas presentan sobrepeso y 703 millones son obesas¹⁶. Esta problemática se presenta también en el contexto latinoamericano y otros países emergentes donde se evidencia una rápida transición demográfica y nutricional, especialmente en áreas urbanas debido a los cambios hacia un estilo de vida occidental, presentes en la disminución de la actividad física por trabajos más automatizados, urbanización, mayores niveles de estrés y variación en los patrones dietéticos, pasando de una dieta rica en cereales y vegetales a una dieta con altos porcentajes de calorías provenientes de azúcares y grasas saturadas^{17,18}, teniendo como resultado final un aumento en la aparición de sobrepeso y obesidad¹⁹.

Según el estudio *Cardiovascular Risk Factor Multiple Evaluation in Latin America*, que evaluó la prevalencia de factores de riesgos cardiovasculares en siete

ciudades de Latinoamérica, reportó una prevalencia de obesidad del 18% al 31% de la población²⁰. En la actualidad, México es el país latinoamericano con mayor prevalencia de sobrepeso y obesidad con cifras de 66,8% en hombres y 71,4% en mujeres, ocupando la sexta posición a nivel mundial. En Colombia, para el 2013 se reportó una prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad del 52,7% en hombres y 57% en mujeres¹⁵. También es de señalar, que este fenómeno no solo se presenta en las poblaciones adultas, sino que se está presentando de manera alarmante en población pediátrica, que para el contexto latinoamericano, México reportó en 1999 una prevalencia de obesidad en población infantil del 18,4% que pasó en 2011 a ser de un 31,7%; en Argentina pasó de 18,6% en 1999 a 26% en 2006; en Colombia en 1995, el 2,6% de los preescolares presentaban sobrepeso mientras que en el 2010 se reportó un 13,4% de sobrepeso en población entre los 5 y 17 años, con un 4,1% de obesidad²¹.

Fisiológicamente, la dimensión del tejido adiposo tiene una relación con el componente cardiovascular y metabólico²². El corazón dentro de su regulación presenta un componente intrínseco y uno neurológico, que está relacionado con el sistema nervioso autónomo. Esto se evidencia mediante la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC), que se define como la variación de la frecuencia del latido cardíaco durante un intervalo de tiempo en un análisis de periodos circadianos consecutivos²³. Generalmente se mide mediante registro electrocardiográfico calculando las diferencias de tiempo entre cada onda R²⁴. Para el análisis de la VFC, se evalúan aspectos basados en el dominio de tiempo, frecuencia, medidas geométricas y la evaluación de variables no lineales. En el dominio de tiempo, se tiene la evaluación de aspectos estadísticos como el promedio de tiempo de los intervalos, su desviación estándar, la raíz cuadrada de esta, entre otros. La frecuencia, obtenida a partir de la transformación de Fourier, se describe generalmente como Frecuencia Alta [*High Frequency* (HF)] a un intervalo entre 0,15 a 0,4 Hz, Frecuencia Baja [*Low Frequency* (LF)] a un intervalo entre 0,04 a 0,15 Hz y el cociente de las dos (LF/HF). Todos estos elementos se han caracterizado como medidas relacionadas a tres componentes

que se pueden evidenciar de la relación del control nervioso cardíaco: predominio de la acción simpática, de la acción parasimpática y un efecto de modulación global cardíaca, el cual hace más énfasis a un componente intrínseco del corazón. La reducción de estos parámetros se han relacionado con aumentos en la mortalidad de la población con enfermedad cardiovascular²⁵. En modelos animales, la obesidad fue asociada con una disminución de la actividad del sistema nervioso simpático²⁶. Por otro lado, en estudios realizados en humanos, los resultados son variables, desde aumento a disminución, tanto del componente simpático como del parasimpático²⁷⁻⁹. Se ha descrito que el aumento del ICC es un predictor de reducción de VFC en hombres y mujeres obesas³⁰. Asimismo, el aumento del IMC ha estado fuertemente relacionado con reducción de la VFC³¹; no obstante, hay estudios que no relacionan el IMC con los parámetros de la VFC^{32,33}. Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo describir la relación entre los índices antropométricos normales con los parámetros de la VFC en hombres jóvenes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de tipo ex post-facto correlacional. La medida se realizó durante los meses de enero a junio del 2014, con una muestra de 30 estudiantes universitarios de sexo masculino, con edades entre los 18 y 22 años, de la Escuela de Medicina, adscrita a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, que participaron de manera voluntaria. Los criterios de exclusión fueron el sexo femenino³⁴, ser fumador crónico³⁵, deportista de alto rendimiento³⁶ y padecer de enfermedades cardiovasculares o respiratorias. Las variables antropométricas a estudiar fueron el peso en kilogramos, talla en metros, IMC, ICC, según el protocolo propuesto por la OMS³, frecuencia cardíaca según registro electrocardiográfico y presión arterial sistólica y diastólica en milímetros de mercurio.

Se citó a los voluntarios entre las 14:00 y 17:30 horas, con la recomendación de no consumir ninguna bebida con cafeína o algún medicamento antes del registro electrocardiográfico. El Electrocardiograma (ECG) fue tomado en decúbito supino, sobre una camilla confortable en un espacio aislado para que no intervinieran ruidos externos y así garantizar el estado de reposo para su toma. Se tomó el ECG cuando el sujeto se encontraba relajado. Uno de los electrodos se situó en el antebrazo derecho, otro

sobre el maléolo interno del pie derecho y otro sobre el maléolo interno del pie izquierdo para la toma de la derivación DII, además de la toma de la derivación V5, como única derivación precordial; esta forma de tomar las derivaciones se realizó ya que solo se necesitaba la toma de la derivación DII y este es el equipo mínimo para la captura de esta derivación. Esto fue tomado por ser derivaciones en que la onda R es positiva, además de que existe mayor eficiencia para la captura de los intervalos NN. El ECG se tomó por un lapso de cinco minutos y la toma fue realizada por medio del programa POWERLAB® que registró los datos y exportó los archivos para su análisis, por medio del programa KUBIOS HRV™ Software gratis, creado por la Universidad del Este de Finlandia.

En la medición de la VFC se tomó como variables a estudio, del dominio de tiempo, entendiéndose a este como la evaluación estadística del tiempo entre onda NN; se midió el promedio de los intervalos NN, la desviación estándar [*Standard deviation of the NN intervals (SDNN)*], la raíz cuadrada del promedio de la suma de los cuadrados de las diferencias entre los intervalos NN [*Square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent NN intervals (RMSSD)*] y el porcentaje de intervalos NN que difieren más de 50 ms en el registro total [*NN50 count divided by the total number of all NN intervals (pNN50)*]. Todos estos parámetros se han relacionado con una evaluación del componente simpático del control nervioso cardíaco, donde se ha descrito que a mayor valor de estas variables se relaciona con alteración de los mecanismos de adaptación autónoma cardíaca²⁴.

En las medidas geométricas, que se obtiene a partir de una elaboración gráfica de los intervalos NN en un histograma, se tuvo en cuenta el Índice Triangular de la VFC (NNtri), que se define como el total de intervalos NN divididos por la medida de la altura del histograma; la Interpolación Triangular de los intervalos NN del histograma [*Triangular Interpolation of NN interval histogram (TINN)*], que se define como el ancho de la línea base de la media de la distribución como una base de la aproximación de la distribución de los intervalos NN. Los métodos no lineales, se generan del análisis de las interacciones complejas de variables hemodinámicas, electrofisiológicas y humorales, en el cual se intenta medir mediante el Diagrama de Poincaré, un método de análisis relacionado con la teoría matemática del caos, donde se toma como referente la formación de una nube de puntos, donde el desarrollo de la

configuración de una elipse, permite evaluar el eje corto denominado SD1 y eje largo llamado SD2. Estos parámetros guardan relación con una actividad de la modulación global, que se relaciona con el componente intrínseco, como el sistema propio de conducción cardíaca (Ver Figura 1).

Para el componente de frecuencias, obtenidas a partir de la transformación de Fourier, que es una técnica matemática donde se transforma señales entre el dominio de tiempo y el dominio de frecuencia, en el cual se halla el espectro de frecuencias que tiene la función, con que se evaluó el componente de bandas de baja frecuencia que se relaciona con el componente parasimpático, bandas de alta frecuencia y el cociente entre estos dos elementos (LF/HF), que se describen como una medición al componente simpático. Las series NN fueron filtradas usando el método *Smoothness priors* con $\alpha=300$ y una interpolación cúbica predefinida de 4 Hz.

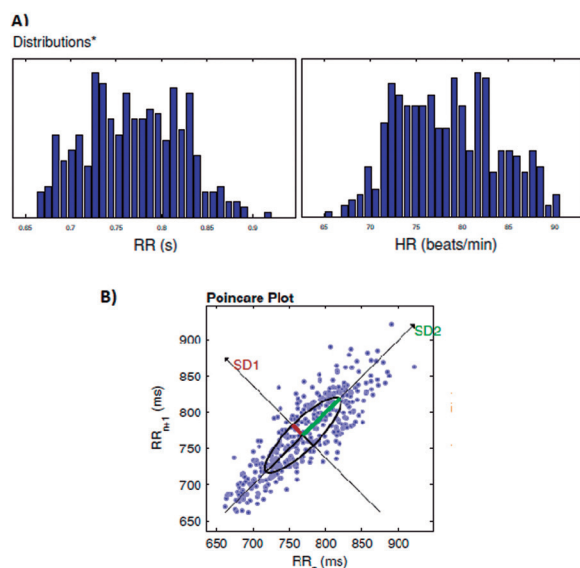


Figura 1. Representación gráfica de Parámetros de la VFC. A) Histograma base de los intervalos NN. B) Diagrama de Poincaré frente a los intervalos NN

Fuente: Autores. Imagen realizada por el programa Kubios HRV™.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el programa IBM SPSS Statistics 22. Las variables continuas fueron descritas mediante promedio y desviación estándar, las variables categóricas fueron descritas mediante proporciones de porcentaje. El coeficiente de correlación de Pearson se usó para relacionar las variables de la VFC con el peso, IMC o ICC. Se consideraron valores estadísticamente significativos aquellos menores a $p < 0,05$.

RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS

Los 30 sujetos presentaron una edad promedio $19,5 \pm 0,97$ años con un intervalo de 18 a 22 años, un peso de $66,3 \pm 7,68$ Kg con un intervalo de 56 a 83 Kg, un IMC de $22 \pm 2,3$ Kg/m², con un intervalo de 18 a 26,7 Kg/m², y un ICC de $0,86 \pm 0,04$ que presentó un rango entre 0,79 a 0,98 (Ver Tabla 1). La muestra tuvo un patrón homogéneo en sus medidas antropométricas ya que el promedio de IMC e ICC se encontró en valores de normalidad y se tuvo una población joven.

Tabla 1. Características físicas de los sujetos (n=30)

Variable	Distribución Media \pm DS
Edad	19,5 \pm 0,97
Peso (Kg)	66,3 \pm 7,7
Talla (m)	1,73 \pm 0,03
IMC (Kg/m ²)	22 \pm 2,3
Circunferencia de Cintura (cm)	79,1 \pm 6,9
Circunferencia de Cadera (cm)	91,7 \pm 5,4
ICC	0,86 \pm 0,04
Presión Sistólica	115,3 \pm 10,3
Presión Diastólica	74,4 \pm 9,2

*DS= Desviación estándar.

Fuente: Autores.

CARACTERÍSTICAS DE LA VFC Y CORRELACIÓN CON ANTROPOMETRÍA

Frente a los parámetros de la VFC, los elementos del dominio de tiempo como SDNN, tuvo un promedio de $87 \pm 47,5$ y RMSSD $88,9 \pm 60$. En las medidas geométricas se obtuvo una media de RR_{Tri} de $16,1 \pm 5,5$ y TINN de $368,4 \pm 170,7$. Los elementos de frecuencia tuvieron una medida de LF de $0,43 \pm 0,18$ y HF de $0,56 \pm 0,18$ (Ver Tabla 2).

La correlación realizada entre peso, IMC e ICC con los parámetros de la VFC, están descritos en la tabla 3, donde existe una correlación inversa estadísticamente significativa entre el ICC y TINN ($r = -0,396$, $p < 0,05$) (Ver Tabla 3). Por lo tanto, TINN como

patrón de la modulación nerviosa cardíaca puede ser afectado inversamente con la obesidad abdominal, siendo un elemento susceptible de variación; dado que el estudio tuvo una población con valores antropométricos entre la normalidad y se trata de un grupo de hombres jóvenes.

Tabla 2. Características de los parámetros de VFC (n=30)

Variable	Distribución Media±DS
Media de los intervalos NN	882,2±114,4
SDNN	87±47,5
Media de la FC	70,4±9,7
RMSSD	88,9±60,0
pNN50	38,9±19,6
RRtri	16,1±5,5
TINN	368,4±170,7
SD1	67,6±46,7
SD2	107,1±42,6
LF	0,4±0,18
HF	0,56±0,18
LF/HF	1±0,9

*RRtri: Índice Triangular de los intervalos NN. *DS= Desviación Estándar.

Fuente: Autores.

DISCUSIÓN

El estudio encuentra una relación inversa entre el ICC y TINN, siendo esta una variable del control nervioso cardíaco. Los dos parámetros a evaluar, el ICC y el IMC, han presentado diversos resultados en otras investigaciones respecto a la VFC. Birch et al. describen una relación inversa entre el IMC y las variables RMSSD y pNN50³⁷. Por otra parte, Hoon Yi et al. reportan que el ICC está más relacionado con la predicción de la disminución de VFC, hallando relaciones inversas con RMSSD, LF y pNN50³⁸. Se ha descrito que la obesidad central medida con el ICC, es mejor predictor de disfunción autonómica cardíaca que la obesidad general medida por el IMC³⁹, evidenciando una relación inversa entre los valores antropométricos y el comportamiento de las variables de la VFC. En algunas investigaciones se reporta un

cambio en los dominios de frecuencia, demostrando un desbalance en la relación simpático-vagal, que generalmente es de predominio simpático^{40,41}.

Sin embargo, los estudios que relacionan los parámetros de la VFC con los índices antropométricos presentan distintas variables de confusión, que pueden alterar los resultados. No obstante, se ha descrito el papel que tiene el ICC y el IMC como predictores de enfermedad cardíaca y de diabetes⁴²⁻⁴. Cheng et al. describen que el ICC es mejor predictor de riesgo en hipertensión y diabetes tipo 2⁴⁵; por otra parte, Friedman et al. exponen que el IMC se relaciona mejor con otros factores de riesgo cardiovascular, como dislipidemia⁴⁶; sin embargo, son los parámetros más usados en la valoración de consulta en un paciente, frente a la distribución de su masa corporal y que según los referentes de la OMS alertan la presencia de sobrepeso o de obesidad en el paciente.

Tabla 3. Coeficientes de Correlación de Pearson entre Peso, IMC e ICC y los parámetros de VFC

Variable	Peso	IMC	ICC
Media de los intervalos NN	-0,19	-0,25	-0,13
Media de la FC	0,16	0,22	0,08
SDNN	0,04	0,05	-0,01
RMSSD	0,03	0,04	-0,11
pNN50	-0,23	-0,22	-0,25
RRtri	-0,15	-0,06	-0,19
TINN	-0,30	-0,17	-0,39*
SD1	-0,19	-0,14	-0,20
SD2	-0,31	-0,27	-0,34
LF	-0,01	0,37	-0,01
HF	0,01	-0,37	0,01
LF/HF	-0,01	0,05	-0,07

*p<0.05.

Fuente: Autores.

Siendo la obesidad un componente muy diverso que trae a colación varias alteraciones, entre ellas el desarrollo de diabetes, inclusive se ha mencionado el término Diabetes^{47,48}, relacionando que la diabetes se presenta en el contexto de la obesidad y en donde se ha descrito que factores fisiológicos que alteran a los receptores Glut, produciendo el agotamiento de

la función pancreática y aumentando la producción de ácidos grasos libres, desarrollan una lipotoxicidad, la cual aumenta la resistencia a la insulina. Así, la diabetes y la obesidad generan un terreno fisiológico para alteraciones de orden cardiovascular, renal, hepático y neurológico en cuestión de tiempo⁴⁷.

Se considera a la variable TINN como un parámetro de la modulación global cardíaca, evidenciándose que este factor se relaciona generalmente con una medida general de la función cardiovascular, describiéndose que la disminución de esta variable puede relacionarse con el grado de afección funcional cardíaca y la disminución de la fracción de eyección⁴⁹. El estado metabólico también influye en esta variable, habiendo una relación inversa entre los índices antropométricos y el TINN⁵⁰. No obstante, se evidencia que TINN puede ser alterada por diversas condiciones, como lo expone Parazzini *et al.*, donde describen relaciones inversas entre TINN y la exposición a las ondas electromagnéticas de los celulares del sistema global de comunicaciones móviles, como los celulares con dicho sistema GSM⁵¹.

El resultado de este trabajo coincide con otros reportados sobre la alteración de TINN en referencia a valores antropométricos. Vanderlei *et al.* exponen una disminución de la modulación global representada en TINN, SD1 y SD2 en 133 niños entre 8 y 13 años divididos en dos grupos, comparando niños con obesidad grado 1 con niños eutróficos. Bobbioni-Harsch *et al.* demuestran que los pacientes obesos presentan disminución de TINN y de otras variables antes de ingresar a un plan de pérdida de peso⁵². Así, la disminución de TINN es un reflejo del compromiso de la función cardíaca y del papel que tiene la distribución de grasa corporal frente al control nervioso cardíaco.

El equipo investigador reconoce diversas limitaciones, principalmente en lo concerniente al tamaño de la muestra de estudio, debido a que no es un referente estadístico que pueda proveer una significancia óptima; no obstante, los resultados del presente estudio son un precedente para futuras investigaciones de mayor calibre relacionadas con la temática.

Por lo tanto, el estudio al sopesar los referentes de cómo los índices antropométricos se relacionan con los parámetros de la VFC, el comportamiento de TINN frente a otros contextos y lo que reportan las investigaciones de TINN frente a la VFC, sugiere

que los cambios mínimos en el aumento de la grasa corporal, siendo un mejor predictor los de obesidad central, generan una alteración en la función cardíaca global, como una disminución en la capacidad de adaptación cardíaca dada por el componente nervioso cardíaco y una disminución en la fracción de eyección ventricular, promoviendo con el tiempo un desbalance simpático-vagal, que sumado a otras alteraciones metabólicas propias del exceso de grasa corporal, puede generar o agravar patologías cardiovasculares la falla cardíaca o la hipertensión o endocrinas que tiene relación con el estado cardiovascular como es la diabetes.

CONCLUSIONES

Los índices antropométricos pueden tener una relación con el control nervioso cardíaco; según el presente estudio, el ICC es un elemento que se puede relacionar con una alteración en la modulación global cardíaca, que se representa por una disminución de TINN, la cual es una medida geométrica de la VFC. Así, la medición del ICC sería un buen predictor de la alteración del control nervioso cardíaco, por lo que variaciones en la obesidad central pueden asociarse a modificaciones del componente simpático-vagal y la función cardíaca, siendo el substrato para el desarrollo de patologías como falla cardíaca. No obstante, el estudio reconoce que no presenta una muestra estadísticamente significativa, sin embargo, puede ser un precedente para abordar mejor esta área de investigación en futuras investigaciones.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Según la normativa colombiana, como lo refiere la resolución 8430 de 1993, la presente investigación se clasifica con riesgo mínimo, en la que cada participante fue informado del procedimiento y este fue aceptado de manera voluntaria por medio del consentimiento informado.

FINANCIAMIENTO

El presente estudio fue financiado por parte de los autores.

CONFLICTO DE INTERÉS

Ninguno declarado por los autores.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los compañeros Sebastián Leonardo Manrique y Omar Santiago Chacón, estudiantes adscritos a la Escuela de Medicina de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, por su colaboración en la recolección y tabulación de los datos, y al equipo del Laboratorio de Simulación Clínica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- WHO Expert Consultation. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet*. 2004;363(9403):157-63.
- Nishida C, Ko GT, Kumanyika S. Body fat distribution and noncommunicable diseases in populations: overview of the 2008 WHO Expert Consultation on Waist Circumference and Waist-Hip Ratio. *Eur J Clin Nutr*. enero de 2010;64(1):2-5.
- OMS | Obesidad y sobrepeso [Internet]. WHO. [citado 17 de agosto de 2015]. Recuperado a partir de: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>
- Abelson P, Kennedy D. The obesity epidemic. *Science*. 4 de junio de 2004;304(5676):1413.
- Haslam DW, James WPT. Obesity. *Lancet*. 1 de octubre de 2005;366(9492):1197-209.
- Canoy D, Cairns BJ, Balkwill A, Wright FL, Green J, Reeves G, et al. Body mass index and incident coronary heart disease in women: a population-based prospective study. *BMC Med*. 2 de abril de 2013;11(1):87.
- Mansur RB, Brietzke E, McIntyre RS. Is there a «metabolic-mood syndrome»? A review of the relationship between obesity and mood disorders. *Neurosci Biobehav Rev*. mayo de 2015;52:89-104.
- He F, Rodriguez-Colon S, Fernandez-Mendoza J, Vgontzas AN, Bixler EO, Berg A, et al. Abdominal obesity and metabolic syndrome burden in adolescents--Penn State Children Cohort study. *J Clin Densitom Off J Int Soc Clin Densitom*. marzo de 2015;18(1):30-6.
- Suneja M, Kumar AB. Obesity and perioperative acute kidney injury: A focused review. *J Crit Care*. 1 de agosto de 2014;29(4):694.e1-694.e6.
- Nixon JP, Mavanji V, Butterick TA, Billington CJ, Kotz CM, Teske JA. Sleep disorders, obesity, and aging: The role of orexin. *Ageing Res Rev*. marzo de 2015;20:63-73.
- Zhang Y, Liu H, Yang S, Zhang J, Qian L, Chen X. Overweight, obesity and endometrial cancer risk: results from a systematic review and meta-analysis. *Int J Biol Markers*. 2014;29(1):21-9.
- Pazaitou-Panayiotou K, Polyzos SA, Mantzoros CS. Obesity and thyroid cancer: epidemiologic associations and underlying mechanisms. *Obes Rev*. 1 de diciembre de 2013;14(12):1006-22.
- Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser*. 2000;894:i - xii, 1-253.
- López-Alarcón MG, Rodríguez-Cruz M. Epidemiología y genética del sobrepeso y la obesidad: Perspectiva de México en el contexto mundial. *Bol Méd Hosp Infant México*. diciembre de 2008;65(6):421-30.
- Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet*. agosto de 2014;384(9945):766-81.
- James WPT. The epidemiology of obesity: the size of the problem. *J Intern Med*. 1 de abril de 2008;263(4):336-52.
- Uauy R, Monteiro CA. The challenge of improving food and nutrition in Latin America. *Food Nutr Bull*. 1 de junio de 2004;25(2):175-82.
- Cuevas A, Alvarez V, Olivos C. The emerging obesity problem in Latin America. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. marzo de 2009;7(3):281-8.
- Uauy R, Albala C, Kain J. Obesity trends in Latin America: transitioning from under- to overweight. *J Nutr*. marzo de 2001;131(3):893S - 899S.
- Schargrodsky H, Hernández-Hernández R, Champagne BM, Silva H, Vinuesa R, Silva Ayçaguer LC, et al. CARMELA: Assessment of Cardiovascular Risk in Seven Latin American Cities. *Am J Med*. enero de 2008;121(1):58-65.
- Fajardo Bonilla E. Childhood Obesity: Another problem of malnutrition. *Rev Med*. junio de 2012;20(1):6-8.
- Poliakova N, Després J-P, Bergeron J, Almérás N, Tremblay A, Poirier P. Influence of obesity indices, metabolic parameters and age on cardiac autonomic function in abnormally obese men. *Metabolism*. septiembre de 2012;61(9):1270-9.
- Gil Rodas, Lluís Capdevila, Carlos Carbaullido, Juan Ramos. variabilidad de la frecuencia cardiaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (I). -. *Arch Med Deporte*. 2008;25(123):41-8.
- Electrophysiology TF of the ES of C the NAS of P. Heart Rate Variability Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use. *Circulation*. 3 de enero de 1996;93(5):1043-65.
- Villareal RP, Liu BC, Massumi A. Heart rate variability and cardiovascular mortality. *Curr Atheroscler Rep*. marzo de 2002;4(2):120-7.
- Bray GA. Obesity, a disorder of nutrient partitioning: the MONA LISA hypothesis. *J Nutr*. agosto de 1991;121(8):1146-62.
- Zahorska-Markiewicz B, Kuagowska E, Kucio C, Klin M. Heart rate variability in obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord J Int Assoc Study Obes*. enero de 1993;17(1):21-3.
- Peterson HR, Rothschild M, Weinberg CR, Fell RD, McLeish KR, Pfeifer MA. Body fat and the activity of the autonomic nervous system. *N Engl J Med*. 28 de abril de 1988;318(17):1077-83.
- Sztajzel J, Golay A, Makoundou V, Lehmann TNO, Barthassat V, Sievert K, et al. Impact of body fat mass extent on cardiac autonomic alterations in women. *Eur J Clin Invest*. agosto de 2009;39(8):649-56.
- Freeman R, Weiss ST, Roberts M, Zbikowski SM, Sparrow D. The relationship between heart rate variability and measures of body habitus. *Clin Auton Res Off J Clin Auton Res Soc*. octubre de 1995;5(5):261-6.
- Piestrzeniewicz K, Łuczak K, Lelonek M, Wranicz JK, Goch JH. Obesity and heart rate variability in men with myocardial infarction. *Cardiol J*. 2008;15(1):43-9.
- Chen G-Y, Hsiao T-J, Lo H-M, Kuo C-D. Abdominal obesity is associated with autonomic nervous derangement in healthy Asian obese subjects. *Clin Nutr Edinb Scotl*. abril de 2008;27(2):212-7.
- Millis RM, Austin RE, Hatcher MD, Bond V, Faruque MU, Goring KL, et al. Association of body fat percentage and heart rate variability measures of sympathovagal balance. *Life Sci*. 30 de enero de 2010;86(5-6):153-7.
- Trevizani GA, Nasario-Junior O, Benchimol-Barbosa PR, Silva LP, Nadal J. Cardiac autonomic changes in middle-aged women: identification based on principal component analysis. *Clin Physiol Funct Imaging*. 23 de diciembre de 2014;
- Gac P, Sobieszkańska M. Effects of cigarette smoke on Holter ECG recordings in patients with arterial hypertension. Part 1: Time domain parameters of heart rate variability. *Environ Toxicol Pharmacol*. enero de 2014;37(1):404-13.
- Cunha FA, Montenegro RA, Midgley AW, Vasconcellos F, Soares PP, Farinatti P. Influence of exercise modality on agreement between gas exchange and heart rate variability thresholds. *Braz J Med Biol Res Rev Bras Pesqui Médicas E Biológicas Soc Bras Biofísica Al*. agosto de 2014;47(8):706-14.
- Birch SL, Duncan MJ, Franklin C. Overweight and reduced heart rate variability in British children: An exploratory study. *Prev Med*. noviembre de 2012;55(5):430-2.
- Yi SH, Lee K, Shin D-G, Kim JS, Kim H-C. Differential association of adiposity measures with heart rate variability measures in Koreans. *Yonsei Med J*. 1 de enero de 2013;54(1):55-61.
- Farah BQ, Prado WL do, Tenório TR dos S, Ritti-Dias RM. Heart rate variability and its relationship with central and general obesity in obese normotensive adolescents. *Einstein São Paulo Braz*. septiembre de 2013;11(3):285-90.
- Farah BQ, Barros MVG, Balagopal B, Ritti-Dias RM. Heart Rate

- Variability and Cardiovascular Risk Factors in Adolescent Boys. *J Pediatr.* noviembre de 2014;165(5):945-50.
41. Vanderlei LCM, Pastre CM, Júnior F, Forte I, Godoy MF de. Geometric indexes of heart rate variability in obese and eutrophic children. *Arq Bras Cardiol.* julio de 2010;95(1):35-40.
 42. Kim KS, Owen WL, Williams D, Adams-Campbell LL. A comparison between BMI and Conicity index on predicting coronary heart disease: the Framingham Heart Study. *Ann Epidemiol.* octubre de 2000;10(7):424-31.
 43. Barrios V, Escobar C, Calderón A. Clinical profile and management of patients with hypertension and chronic ischemic heart disease according to BMI. *Obes Silver Spring Md.* octubre de 2010;18(10):2017-22.
 44. Moselakgomo VK, Toriola AL, Shaw BS, Goon DT, Akinyemi O. Body mass index, overweight, and blood pressure among adolescent schoolchildren in Limpopo province, South Africa. *Rev Paul Pediatr.* diciembre de 2012;30(4):562-9.
 45. Cheng C-H, Ho C-C, Yang C-F, Huang Y-C, Lai C-H, Liaw Y-P. Waist-to-hip ratio is a better anthropometric index than body mass index for predicting the risk of type 2 diabetes in Taiwanese population. *Nutr Res N Y N.* septiembre de 2010;30(9):585-93.
 46. Freedman DS, Ogden CL, Goodman AB, Blanck HM. Skinfolds and coronary heart disease risk factors are more strongly associated with BMI than with the body adiposity index. *Obes Silver Spring Md.* enero de 2013;21(1):E64-70.
 47. Riobó Serván P. Obesidad y diabetes. *Nutr Hosp.* septiembre de 2013;28:138-43.
 48. Farag YMK, Gaballa MR. Diabetes: an overview of a rising epidemic. *Nephrol Dial Transplant.* 1 de enero de 2011;26(1):28-35.
 49. Minamihaba O, Yamaki M, Tomoike H, Kubota I. Severity in myocardial dysfunction contributed to long-term fluctuation of heart rate, rather than short-term fluctuations. *Ann Noninvasive Electrocardiol Off J Int Soc Holter Noninvasive Electrocardiol Inc.* abril de 2003;8(2):132-8.
 50. Pt AS, Joseph PK, Jacob J. Automated Diagnosis of Diabetes Using Heart Rate Variability Signals. *J Med Syst.* 1 de junio de 2012;36(3):1935-41.
 51. Parazzini M, Ravazzani P, Tognola G, Thuróczy G, Molnar FB, Sacchetti A, et al. Electromagnetic fields produced by GSM cellular phones and heart rate variability. *Bioelectromagnetics.* febrero de 2007;28(2):122-9.
 52. Bobbioni-Harsch E, Sztajzel J, Barthassat V, Makoundou V, Gastaldi G, Sievert K, et al. Independent evolution of heart autonomic function and insulin sensitivity during weight loss. *Obes Silver Spring Md.* febrero de 2009;17(2):247-53.