

Diferencias en los parámetros lineales del balance autonómico basal entre estudiantes de medicina y atletas juveniles de béisbol

Dr. Víctor E. González-Velázquez¹✉ , Dra. Elys M. Pedraza-Rodríguez¹ , Dr. Yoander Nápoles-Zaldívar² , Dr. José A. Sánchez-Guerra³ , MSc. Gustavo A. Muñoz-Bustos⁴, Dra. Jeniffer Rodríguez Nuviola⁵; Dr. David de J. Bueno-Revilla⁵ ; Dr. Erislandis López-Galán⁵  y Dr. Miguel E. Sánchez-Hechavarría⁶ 

¹ Hospital Universitario Clínico Quirúrgico Arnaldo Milián Castro, Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

² Universidad de Ciencias Médicas de Holguín, Filial de Ciencias Médicas de Banes Urselia Díaz Báez. Banes, Holguín Cuba.

³ Universidad de Ciencias Médicas de Granma, Filial de Ciencias Médicas de Bayamo Dr. Efraín Benítez Popa. Bayamo, Granma, Cuba.

⁴ Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Las Américas, Sede Concepción. Concepción, Chile.

⁵ Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba. Santiago de Cuba, Cuba.

⁶ Departamento de Ciencias Básicas y Morfológicas, Facultad de Medicina, Universidad Católica de la Santísima Concepción. Concepción, Chile.

Full English text of this article is also available

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 23 de noviembre de 2019

Aceptado: 3 de enero de 2020

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Abreviaturas

FC: frecuencia cardíaca

HF: alta frecuencia (siglas en inglés de *high frequency*)

LF: baja frecuencia (siglas en inglés de *low frequency*)

VFC: variabilidad de la frecuencia cardíaca

VLF: muy baja frecuencia (siglas en inglés de *very low frequency*)

✉ ME Sánchez-Hechavarría
Alonso de Ribera 2850. CP 4090541.
Concepción, Chile.
Correos electrónicos:
misanchez@ucsc.cl y
miguel.sanchez881119@gmail.com

RESUMEN

Introducción: La modulación autonómica cardiovascular puede ser considerada como una herramienta útil en la determinación del estado fisiológico de la interacción entre los sistemas nervioso autónomo y cardiovascular.

Objetivo: Determinar las diferencias en los parámetros lineales del balance autonómico basal entre estudiantes de medicina y atletas juveniles de béisbol.

Método: Se realizó un estudio analítico de tipo transversal en el Laboratorio de Ciencias Básicas Biomédicas de la Facultad N°. 1 de la Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba. Universo y muestra de 36 individuos (Grupo 1: 18 atletas juveniles de béisbol de alto rendimiento, Grupo 2: 18 estudiantes de medicina). Los datos fueron recolectados, mediante de polígrafo PowerLab de 8 canales, y fueron procesados usando el software Kubios® versión 3.0.4 Premium.

Resultados: Existieron diferencias significativas en los valores de pNN50 ($p=0,009$), índice de estrés (*stress index* [$p=0,044$]), y en los índices parasimpático ($p=0,005$) y simpático ($p=0,001$) entre estudiantes y atletas. La capacidad discriminadora del índice parasimpático para asociarse con la mejor forma física de los atletas fue buena (área bajo la curva 0,784). El punto de corte óptimo por encima del cual el índice parasimpático se asocia al grupo de los atletas quedó establecido en 0,57.

Conclusiones: El índice parasimpático se asoció con el grupo de atletas, lo que evidencia el predominio vagal en la modulación de la actividad cardíaca en los sujetos de este grupo.

Palabras clave: Variabilidad de la frecuencia cardíaca, Ejercicio físico, Atletas, Béisbol, Estudiantes de medicina

Differences in linear parameters of the basal autonomic balance between medical students and young baseball players

Contribución de los autores

VEGV, EMPR y MESH: Concepción y diseño de la investigación; obtención, análisis e interpretación de los datos y redacción del manuscrito. YNZ, JASG, GAMB: Obtención del dato primario y ayuda en la redacción del manuscrito. JRN, DJBR y ELG: Análisis e interpretación de los datos y ayuda en la redacción del manuscrito. Todos los autores revisaron críticamente el manuscrito y aprobaron el informe final.

ABSTRACT

Introduction: Cardiovascular autonomic modulation can be considered a useful tool in determining the physiological state of the interaction between the autonomic nervous system and the cardiovascular system.

Objectives: To determine the differences in linear parameters of the basal autonomic balance between medical students and young baseball players.

Methods: A cross-sectional analytical study was carried out in the Biomedical Basic Sciences Laboratory, Faculty No.1, of the University of Medical Sciences Universidad de Ciencias Médicas in Santiago de Cuba. The population and sample consisted of 36 individuals (Group 1: 18 high-performance young baseball athletes, Group 2: 18 medical students). Data was collected using an 8-channel PowerLab polygraph and it was processed using the Kubios® Software version 3.0.4 Premium.

Results: There were significant differences in the values between students and athletes: $pNN50$ ($p=0.009$), stress index ($p=0.044$) and in parasympathetic ($p=0.005$) and sympathetic ($p=0.001$) indexes. The discriminatory ability of the parasympathetic index to be associated with the best physical fitness of the athletes was good (area under the curve 0.784). The optimum cut-off point above which the parasympathetic index is associated with the group of athletes was set at 0.57.

Conclusions: The parasympathetic index was associated with the group of athletes, showing the vagal predominance in the modulation of cardiac activity in the individuals belonging to this group.

Keywords: Heart rate variability, Exercise, Athletes, Baseball, Medical students

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el análisis de los intervalos periódicos entre latidos cardíacos ha demostrado la complejidad de la regulación nerviosa cardiovascular¹. La determinación de las diferencias entre grupos de sujetos sanos en estado basal permite identificar las características que se asocian con una mejor forma física y una mejor función cardíaca.

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) se define como la variación que ocurre en el intervalo de tiempo, entre latidos cardíacos consecutivos². Las técnicas más utilizadas para evaluarla son los métodos lineales, que están basados en los dominios de tiempo, de frecuencia y de tiempo-frecuencia³. También estudios de los métodos no lineales han verificado su utilidad práctica^{4,5}.

La modulación autonómica de la función cardíaca puede ser considerada como una herramienta útil en la determinación del estado fisiológico de la interacción entre el sistema nervioso autónomo y el cardiovascular. El análisis espectral de la VFC en atletas ha demostrado la presencia de cambios adaptativos en la dinámica simpático-vagal de la regulación autonómica cardiovascular, siempre en relación con las cargas de entrenamiento aplicadas⁶⁻⁸.

Los atletas juveniles experimentan niveles de es-

trés altos en relación con su rendimiento deportivo y académico⁹⁻¹¹. Su desempeño deportivo está vinculado con factores nerviosos que pueden ser medidos mediante métodos no invasivos como la VFC^{12,13}, y algunos autores^{4,14} han argumentado su utilidad para el análisis del perfil psicofisiológico, la determinación de las zonas de entrenamiento y la detección de procesos de estrés-recuperación.

Además de su relación con el deporte, la VFC se ha asociado fuertemente con diversas características fisiológicas aplicables al campo de la medicina¹⁵, como son los niveles de estrés entre estudiantes universitarios^{16,17} y la hipertensión arterial entre individuos jóvenes^{18,19}. Por su parte, el índice parasimpático ha sido relacionado, por varios autores^{20,21}, con una mejor función cardiovascular y un mejor rendimiento deportivo, mientras que el predominio simpático se ha vinculado con la obesidad y el sedentarismo^{22,23}.

Se ha identificado una alta correspondencia entre los niveles de rendimiento deportivo y los índices de la actividad parasimpática en atletas²⁴; sin embargo, algunos autores^{25,26} afirman que estas variables no pueden ser relacionadas con el rendimiento deportivo, pero sí con un mejor estado físico y cardiovascular.

El objetivo de esta investigación fue determinar las diferencias en los parámetros lineales del balan-

ce autonómico basal entre estudiantes de medicina y atletas juveniles de béisbol.

MÉTODO

Se realizó un estudio analítico de tipo transversal en el Laboratorio de Ciencias Básicas Biomédicas de la Facultad N° 1 de la Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba.

La población de estudio estuvo constituida por 36 jóvenes masculinos, atletas y estudiantes, con edades comprendidas entre 17 y 19 años, que fueron divididos en 2 grupos: uno compuesto por 18 atletas de alto rendimiento del equipo juvenil de béisbol (media de edad de $18,1 \pm 1,7$ años) y el otro, por 18 estudiantes de primero y segundo año de la carrera de Medicina en la Universidad de Ciencias Médicas de esta provincia (media de edad de $18,2 \pm 1,4$ años). Los individuos de este último grupo fueron pareados por edad y sexo y seleccionados a través de un muestreo aleatorio simple de modo que se obtuviera una relación 1:1 y así evitar los sesgos inherentes a la selección.

Ninguno de los seleccionados tenía antecedentes de enfermedades que pudieran interferir con la dinámica cardiovascular fisiológica o su regulación por el sistema nervioso autónomo, y como requisito previo a los registros no podían fumar, tomar café, ni realizar ejercicios físicos intensos desde el día anterior.

Registros fisiológicos y procesamiento de las señales

Los datos fueron recolectados en el Laboratorio de Ciencias Básicas Biomédicas de la Facultad N° 1 de la Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba. Cada medición fue registrada por la misma persona, para minimizar los errores de metodología, en el local de mediciones corporales del mencionado laboratorio de Ciencias Básicas Biomédicas.

Al comienzo de la sesión de los registros electrocardiográficos, en la mañana (08:30-12:00 horas), los sujetos fueron acostados en una camilla cómoda, situada en una habitación con temperatura controlada entre 24 y 27 grados Celsius y luz tenue, en un ambiente con control del ruido ambiental y la humedad, sin distracciones ni interacciones entre los voluntarios. En estas condiciones se les permitió descansar por 10-15 minutos hasta lograr una mejor adaptación a las condiciones del local. No existió circulación de personal ajeno a los encargados de

los registros dentro de la habitación.

Se colocaron los electrodos correspondientes a las derivaciones de los miembros, para registrar el trazado electrocardiográfico durante 5 minutos. La señal eléctrica se recogió mediante el polígrafo de 8 canales PowerLab® de producción australiana por la compañía ADInstruments (2016); luego esta se digitalizó a una frecuencia de muestreo de 1000 muestras/segundo (1 kHz) mediante el Software Kubios® versión 3.0.4 Premium (2018), de producción finlandesa. Este paquete de software posibilita la tabulación y exportación de los registros, en formato *.mat, al paquete de programación MatLab® 2016 de la MathWork Company.

El procesamiento ulterior de los registros digitalizados incluyó su inspección visual. La discriminación de los picos de la onda R de la señal digitalizada y el cálculo de los intervalos RR se realizaron empleando el método de Sabarimalai-Manikandan²⁷. El conjunto de intervalos RR obtenidos constituyeron la serie de datos a partir de la cual se realizó todo el análisis posterior de la VFC mediante el mencionado software Kubios®. Se utilizaron las bandas de frecuencias tradicionales de la VFC según lo recomendado por el Consenso Internacional de Expertos sobre la VFC de 1996²⁸, los cuales fueron para frecuencias muy bajas [VLF: 0,003-0,04 Hz]; bajas [LF: 0,04-0,15 Hz] y altas [HF: 0,15-0,4 Hz].

Se tuvieron en cuenta las siguientes variables (se mantuvo su idioma original por ser la forma internacionalmente conocida)^{28,29}:

- Frecuencia cardíaca (FC): valor medio durante la medición, expresada en latidos/minuto.
- FC min/máx: valor mínimo/máximo de la FC durante la medición (latidos/minuto).
- Intervalo RR: Duración media de los intervalos RR, se expresa en milisegundos (ms).
- SDNN (*standard deviation of all normal-to-normal [NN] intervals*): Desviación estándar de todos los intervalos RR normales (ms). NN es el intervalo entre los complejos QRS adyacentes normales; es decir, que se producen normalmente por el ritmo sinusal)
- RMSSD: Raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR (ms). The square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent NN intervals
- NN50: número de pares de intervalos RR consecutivos con una diferencia entre ellos > 50 ms.
- pNN50: Porcentaje de los intervalos RR consecutivos con una diferencia entre ellos > 50 ms.

- Índice triangular del RR (*RR triangular index*): medición geométrica que calcula la densidad de los intervalos RR divididos por la altura de su histograma.
- TINN (*triangular interpolation of the highest peak of the histogram of all NN intervals*): es el ancho de referencia de un histograma de intervalos RR.
- Índice de estrés (*Stress index*): Raíz cuadrada del índice de estrés de Baevsky.
- Índice del sistema nervioso parasimpático (*PNS index*): calculado en base a los resultados registrados de la media de la distancia RR, RMSSD y HF en unidades de energía normalizada (n.u.).
- Índice del sistema nervioso simpático (*SNS index*): calculado en base a los resultados registrados de la media de la FC, índice de estrés y LF (n.u.).
- Altas frecuencias (HF) (n.u.): energía normalizada en el espectro de 0,15-0,4 Hz en que se descompone la serie temporal de intervalos RR consecutivos: $HF = HF/(LF + HF)$. La HF está claramente relacionada con la actividad del sistema nervioso parasimpático e influenciado por la frecuencia respiratoria.
- Bajas frecuencias (LF) (n.u.): energía normalizada en el espectro de 0,04 a 0,15 Hz en que se descompone la serie temporal de intervalos RR consecutivos: $LF = LF/(LF + HF)$. Es la zona más controvertida en su interpretación ya que puede atribuirse a influencias de los sistemas nerviosos.
- Muy bajas frecuencias (VLF): compuesta por ondas entre 0,003-0,04 Hz, la VLF es un componente mucho menos definido y la existencia de procesos fisiológicos específicos atribuibles a los cambios de la VFC en el período de medición son incluso cuestionables.
- Relación o cociente LF/HF: Aunque bajo polémica, se ha propuesto como un indicador del ba-

lance simpático-vagal.

Para la cualificación de las variables como cualitativas ordinales se tuvo en cuenta el diagrama del modelo multiparamétrico que aporta el Software Kubios®, tal como se muestra en el ejemplo de uno de los sujetos (**Figura 1**). Las variables pertenecientes al tono parasimpático (intervalos RR, RMSSD, HF e índice del sistema nervioso parasimpático) y al tono simpático (FC, índice de estrés, LF e índice del sistema nervioso simpático) fueron categorizadas según su desviación estándar (DE) de la siguiente forma: bajo (< -2 DE), normal (entre ± 2 DE) y alto (> 2 DE).

Análisis estadístico

Para el procesamiento estadístico de los datos se utilizó el Software SPSS versión 22.0 para Windows. Las medias fueron comparadas a través de la prueba *t de Student* para grupos independientes en aquellas variables que presentaron una distribución normal (fue probada la normalidad a través la prueba de Kolmogorov-Smirnov). Las variables cuantitativas que no se distribuyeron normalmente fueron comparadas a través de la prueba U de Mann-Whitney. Para el análisis cualitativo de las variables se utilizó el Chi cuadrado de Pearson. Se estableció la diferencia como estadísticamente significativa cuando $p < 0,05$. Se calculó el tamaño del efecto de Cohen interpretando sus resultados como bajo, medio y alto según su valor³⁰.

Se realizó un análisis mediante la curva ROC (*Receiver operating characteristic* [característica operativa del receptor]) para determinar la capacidad discriminatoria de las variables de interés para asociarse con el grupo de atletas. Se tomaron los valores de sensibilidad y especificidad de las coordenadas de la curva y se determinó el punto de corte de

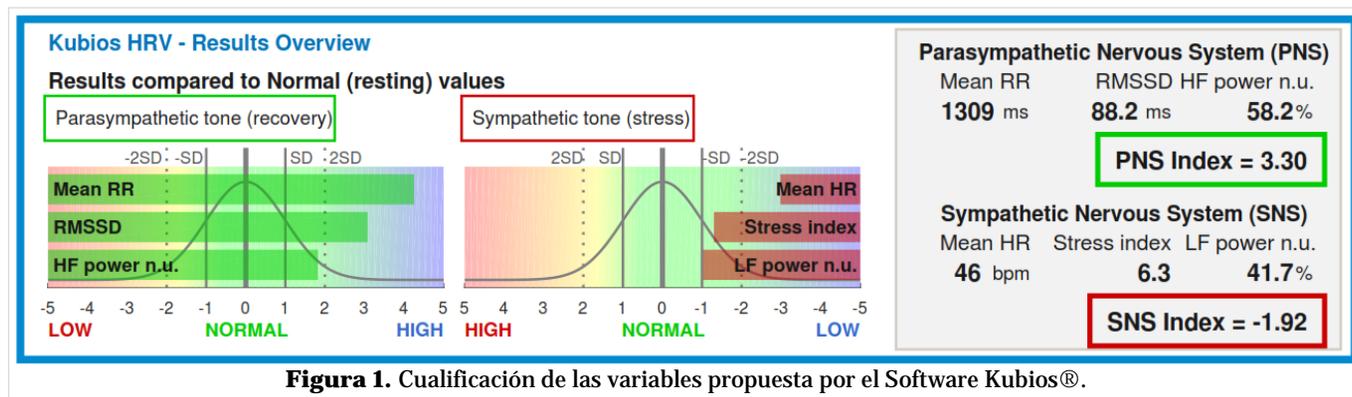


Figura 1. Cualificación de las variables propuesta por el Software Kubios®.

la variable con capacidad discriminadora, mediante la fórmula:

$d = \sqrt{[0 - (1 - \text{especificidad})]^2 + (1 - \text{sensibilidad})^2}$. Todo el análisis se realizó con una confiabilidad de un 95 %.

Consideraciones Éticas

La investigación fue aprobada por el comité de ética de la institución. Los datos personales de los sujetos no fueron publicados y se siguieron los principios establecidos en la Declaración de Helsinki. Cada

individuo firmó un consentimiento informado.

RESULTADOS

Los valores de FC resultaron significativamente inferiores en el grupo de atletas ($p < 0,001$). De forma inversa, en ese mismo grupo, los valores de los intervalos RR resultaron mayores (**Tabla 1**).

En la **tabla 2** se puede apreciar que existió un

Tabla 1. Análisis de la frecuencia cardíaca y los intervalos RR en estudiantes y atletas.

Variable	Total	Estudiantes	Atletas	Tamaño del efecto	p ^a
FC	66,72 ± 11,74	74,89 ± 8,78	58,56 ± 8,09	1,93 (Alto)	< 0,001*
FC mínima	59,17 ± 10,02	65,89 ± 8,14	52,44 ± 6,69	1,81 (Alto)	< 0,001*
FC máxima	78,42 ± 14,19	88,61 ± 8,60	68,22 ± 10,97	2,07 (Alto)	< 0,001*
Intervalo RR	927,11 ± 172,70	810,50 ± 102,21	1043,72 ± 148,87	1,83 (Alto)	< 0,001*

^a Prueba U de Mann-Whitney.

* Estadísticamente significativo.

Los resultados se expresan en media ± desviación estándar.
FC, frecuencia cardíaca.

Tabla 2. Parámetros lineales en del balance autonómico basal en estudiantes y atletas.

Variable	Total	Estudiantes	Atletas	Tamaño del efecto	p
SDNN	56,70 ± 25,14	50,85 ± 25,40	62,54 ± 24,15	0,47 (Medio)	0,166 ^b
RMSSD	66,05 ± 43,01	52,83 ± 39,30	79,27 ± 43,53	0,64 (Medio)	0,064 ^b
NN50	103,53 ± 68,58	81,33 ± 72,16	125,72 ± 58,59	0,68 (Medio)	0,051 ^b
pNN50	34,53 ± 25,09	23,91 ± 23,33	45,16 ± 22,64	0,92 (Alto)	0,009* ^b
Índice triangular del RR	12,78 ± 4,79	11,68 ± 5,06	13,88 ± 4,36	0,47 (Medio)	0,172 ^b
TINN	287,81 ± 121,99	260,61 ± 119,74	315,00 ± 121,38	0,45 (Medio)	0,185 ^b
Índice de estrés	8,73 ± 3,87	10,01 ± 4,16	7,44 ± 3,16	0,70 (Medio)	0,044* ^b
Índice del SNP	0,88 ± 1,93	0,00 ± 1,66	1,76 ± 1,81	1,01 (Alto)	0,005* ^a
Índice del SNS	-0,09 ± 1,36	0,64 ± 1,29	-0,82 ± 1,02	1,26 (Alto)	0,001* ^a
Altas frecuencias (HF)	51,39 ± 17,48	50,94 ± 17,92	51,84 ± 17,54	0,05 (Bajo)	0,880 ^b
Bajas frecuencias (LF)	48,43 ± 17,52	48,88 ± 17,95	47,98 ± 17,59	0,05 (Bajo)	0,880 ^b
VLF	4,27 ± 6,46	3,42 ± 2,14	5,12 ± 8,93	0,26 (Medio)	0,438 ^b
LF/HF	1,31 ± 1,27	1,25 ± 0,97	1,33 ± 1,53	0,06 (Bajo)	0,853 ^b

^a Prueba U de Mann-Whitney.

^b Prueba *t* de Student.

Los resultados se expresan en media ± desviación estándar

* Estadísticamente significativo

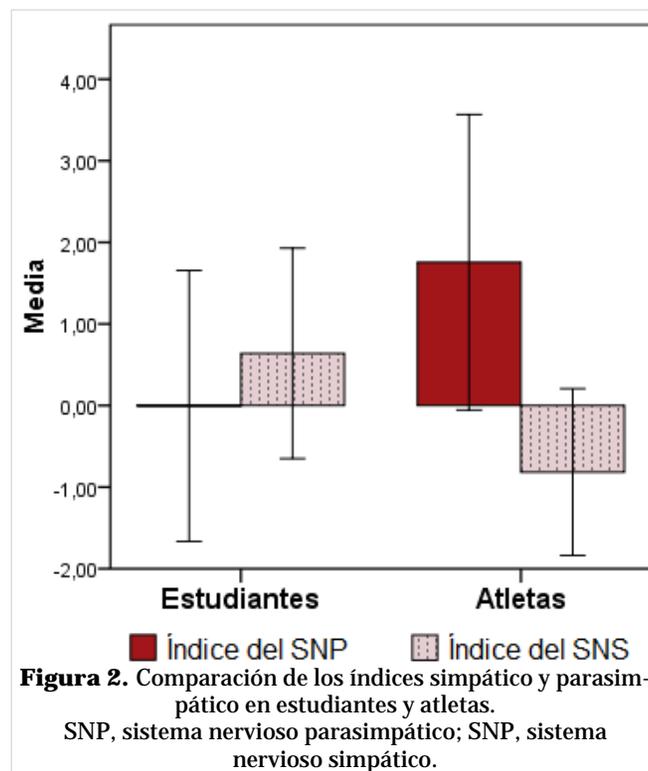
NN50, número de pares de intervalos RR consecutivos con una diferencia entre ellos > 50 ms; **pNN50**, porcentaje de los intervalos RR consecutivos con una diferencia entre ellos > 50 ms; **RMSSD**, raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR (ms); **SDNN**, desviación estándar de todos los intervalos RR normales (ms); **SNP**, sistema nervioso parasimpático; **SNS**, sistema nervioso simpático; **TINN**, ancho de referencia de un histograma de intervalos RR; **VLF**, muy bajas frecuencias.

incremento significativo en los valores de pNN50 en el grupo de atletas, variable que traduce una mejor capacidad para experimentar variaciones altas espontáneas de la FC. Además se observa que existieron diferencias estadísticamente significativas en las variables índice de estrés y en los índices parasimpático y simpático entre estudiantes y atletas.

En la **figura 2** se muestra como el valor del índice parasimpático resultó ser mayor y predominantemente positivo en el grupo de atletas, mientras que el índice simpático en este grupo presentó valores inferiores y preponderantemente negativos.

En la **tabla 3** se muestra la cualificación de las variables que traducen características propias de los tonos parasimpático y simpático, donde se observa que los parámetros lineales: intervalos RR y RMSSD, pertenecientes al tono vagal, fueron superiores en el grupo de los atletas y mostraron diferencias estadísticamente significativas.

El análisis de la curva ROC de los índices simpático y parasimpático en relación con el grupo de atletas, muestra que la capacidad discriminatoria del índice parasimpático para asociarse con la mejor forma física de los atletas fue buena (área bajo la curva 0,784 [**Tabla 4**]). El punto de corte óptimo por encima del cual este índice se asocia al grupo de los atletas quedó establecido en 0,57 (**Figura 3**).



DISCUSIÓN

La disminución significativa de los valores de FC en

Tabla 3. Análisis cualitativo de los parámetros lineales del balance autonómico basal en estudiantes y atletas.

Variable	Balance autonómico basal						p ^a
	Bajo		Normal		Alto		
	Estudiantes	Atletas	Estudiantes	Atletas	Estudiantes	Atletas	
Tono parasimpático							
Intervalos RR	6 (33,3)	0 (0,0)	12 (66,7)	12 (66,7)	0 (0,0)	6 (33,3)	0,002*
RMSSD	0 (0,0)	0 (0,0)	15 (83,3)	8 (44,4)	3 (16,7)	10 (55,6)	0,018*
Altas frecuencias (HF)	1 (5,6)	1 (5,6)	12 (66,7)	12 (66,7)	5 (27,8)	(27,8)	1,000
Índice del SNP	0 (0,0)	0 (0,0)	15 (83,3)	11 (61,1)	3 (16,7)	7 (38,9)	0,264
Tono simpático							
Frecuencia cardíaca	0 (0,0)	5 (27,8)	8 (44,4)	13 (42,2)	10 (55,6)	0 (0,0)	<0,001*
Índice de estrés	1 (5,6)	2 (11,1)	14 (77,8)	16 (88,9)	3 (16,7)	0 (0,0)	0,177
Bajas frecuencias (LF)	4 (22,2)	3 (16,7)	13 (42,2)	14 (77,8)	1 (5,6)	1 (5,6)	0,767
Índice del SNS	0 (0,0)	1 (5,6)	15 (83,3)	17 (94,4)	3 (16,7)	0 (0,0)	0,127

^a Chi cuadrado de Pearson

*Estadísticamente significativo

RMSSD, raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR (ms); **SNP**, sistema nervioso parasimpático; **SNS**, sistema nervioso simpático.

Los resultados muestran frecuencia absoluta (%)

el grupo de atletas coincide con lo planteado por otros autores^{4,31,32}, ya que es común encontrar una mejor capacidad de reserva funcional cardíaca en sujetos que practiquen ejercicios sistemáticamente³³, dada por una sístole más efectiva que se traduce en una mejor perfusión a los tejidos periféricos.

Los resultados de este estudio muestran que el valor de pNN50 resultó significativamente menor en el grupo de estudiantes. Este resultado coincide con lo planteado por Tonello *et al*³⁴, quienes obtuvieron un menor valor de dicha variable en sujetos más sedentarios y con menor capacidad aeróbica. Según Jarczok *et al*³⁵, el pNN50 es útil en la estimación del porcentaje de activación vagal, y su preponderancia en atletas habla a favor de un predominio parasimpático en este grupo.

La variable índice de estrés resultó significativamente superior en el grupo de los estudiantes, lo cual identifica a este grupo con la mayor sensibilidad autonómica al estrés, quizás por la mayor exposición a este estímulo. Estudios previos^{17,36,37} han demostrado que el estrés mental lleva a una disminución de la VFC, lo que sugiere un aumento de la actividad simpática y una reducción de la parasimpática.

La medición de la VFC ha sido utilizada previamente para determinar niveles de tolerancia al estrés entre diferentes grupos de sujetos sanos^{38,39}. El índice de estrés caracteriza la regulación simpática; esta se encarga, durante el estrés mental o físico, de estabilizar el ritmo, disminuir la duración de los intervalos RR y hacer los intervalos muy similares⁴⁰; lo que se ha asociado con depresión⁴¹, obesidad^{42,43} y muerte súbita cardiovascular³³.

El predominio del índice parasimpático encontrado en el grupo de los atletas, coincide con lo obtenido por Harriss *et al*⁴⁴, quienes obtuvieron tanto un predominio vagal como una disminución simpática en atletas. La asociación entre el índice vagal y la adaptación cardiovascular positiva al entrenamiento en atletas juveniles ha sido determinada anteriormente; Chen *et al*⁴⁵ demostraron los beneficios del masaje reflexológico para aumentar el tono parasimpático, como estrategia de recuperación postentrenamiento.

Tabla 4. Área bajo la curva ROC de los índices simpático y parasimpático para asociarse con el grupo de atletas.

Variables	Área	Error típico	p	Intervalo de confianza (95%)	
				Límite inferior	Límite superior
Índice del SNP	0,784	0,079	0,004*	0,630	0,938
Índice del SNS	0,207	0,075	0,003*	0,060	0,354

*Estadísticamente significativo

Hipótesis nula: área verdadera = 0,5

SNP, sistema nervioso parasimpático; SNS, sistema nervioso simpático.

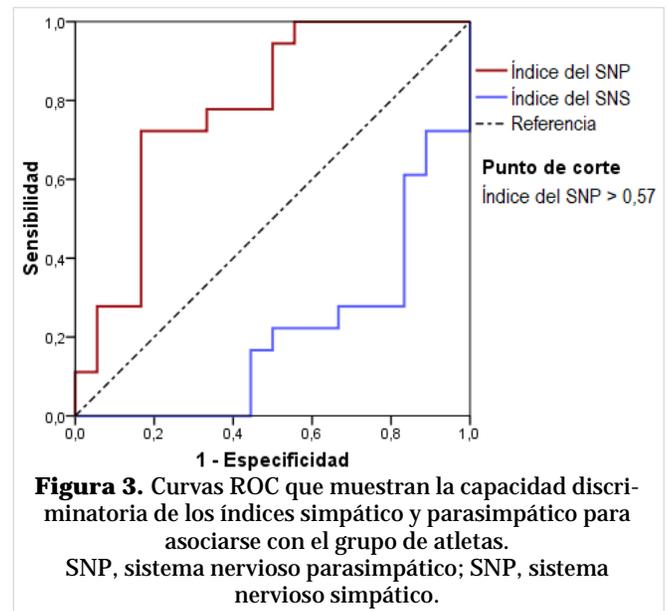


Figura 3. Curvas ROC que muestran la capacidad discriminatoria de los índices simpático y parasimpático para asociarse con el grupo de atletas. SNP, sistema nervioso parasimpático; SNS, sistema nervioso simpático.

Los cambios de los índices parasimpáticos de la VFC en respuesta al entrenamiento han sido positivamente asociados con mejoras en varios marcadores de acondicionamiento en atletas individuales y de equipo^{46,47}. Sin embargo, el entrenamiento físico reciente (últimas 24 horas), en sujetos desentrenados, cambia el balance del sistema nervioso autónomo a un mayor impulso simpático y una disminución parasimpática^{48,49}.

La práctica sistemática de ejercicio físico contribuye a la mejora de la modulación autonómica en individuos jóvenes, por lo que mayores valores en las variables del sistema nervioso parasimpático y menores en las del simpático, traducen un mejor estado fisiológico⁵⁰. Los hallazgos de esta investigación coinciden con lo descrito en una revisión sistemática realizada por da Silva *et al*⁵¹, quienes describen que los principales resultados descritos en atletas, al compararlos con grupos control, son los

mayores valores de intervalos RR y ondas de alta frecuencia (predominio vagal). Además, este mismo autor plantea que el tamaño del efecto de Cohen (*Cohen's effect size*) muestra que algunos factores, como modalidad deportiva y protocolo usado para los registros, influyen en estos resultados.

En el presente estudio se realizó un análisis cualitativo de los índices simpático y parasimpático mediante el modelo multiparamétrico propuesto por los autores del Software Kubios® para determinar su utilidad. Se demostró que existieron limitaciones en cuanto a la cualificación de los índices de ambos componentes del sistema nervioso autónomo (simpático y parasimpático), pues estas variables resultaron significativas al analizarlas cuantitativamente, mas no resultó así en su categoría cualitativa ordinal. Los autores del presente estudio consideran que dicho modelo presenta limitaciones, ya que utiliza valores de referencia para establecer puntos de corte (normal, alto y bajo) que no son aplicables a todas las poblaciones.

La determinación del punto de corte del índice parasimpático en 0,57 para asociarse con el grupo de atletas de béisbol, mediante los valores de sensibilidad y especificidad aportados por el análisis de curva ROC, se propone por los autores de esta investigación como referencia para futuros estudios, al tomar en consideración que este se estableció en un grupo de sujetos sanos y con una óptima modulación autonómica de la función cardiovascular.

CONCLUSIONES

El balance autonómico basal entre estudiantes de medicina y atletas de béisbol experimenta cambios en varios parámetros lineales de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, lo que traduce una mejor capacidad adaptativa autonómica en los atletas. Específicamente el índice parasimpático resultó asociarse con el grupo de deportistas, lo que evidencia el predominio vagal en la modulación de la actividad cardíaca en los sujetos de este grupo.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio se realizó como parte de la primera Beca Estudiantil de Investigación en Psicofisiología Cardiovascular "Iván Pávlov". Los autores agradecen a los profesores y estudiantes que hicieron posible dicha iniciativa.

BIBLIOGRAFÍA

1. West BJ, Turalska M. Hypothetical Control of Heart Rate Variability. *Front Physiol* [Internet]. 2019 [citado 12 Nov 2019];10:1078. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2019.01078/full>
2. Torres-Leyva M, Carrazana-Escalona R, Ormigo-Polo LE, Ricardo-Ferro BT, López-Galán E, Ortiz-Alcolea L, *et al.* Respuesta autonómica cardiovascular durante la prueba isométrica cubana del peso sostenido. *CorSalud* [Internet]. 2019 [citado 12 Nov 2019];11(1):1-10. Disponible en: <http://www.revcorsalud.sld.cu/index.php/cors/article/view/342/812>
3. Mirescu SC, Ciocoiu AL, David L, Tarba C. Heart rate variability: a practical review for the beginner. *Studia UBB Biologia* [Internet]. 2017 [citado 12 Nov 2019];62(1):87-100. Disponible en: <https://doi.org/10.24193/subbb.2017.1.06>
4. González-Velázquez VE, Cobiellas-Carballo LI, Rebutillo-Escobar RM, Semanat-Gabely W, Bueno-Revilla DJ, López-Galán E, *et al.* Modifications of the non-linear parameters of the heart rate variability related to the systematic practice of physical exercise. *Rev Cuban Invest Bioméd* [Internet]. 2019 [citado 13 Nov 2019];38(1). Disponible en: <http://www.revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/122>
5. Germán-Salló Z, Germán-Salló M. Non-linear methods in HRV analysis. *Procedia Technology* [Internet]. 2016 [citado 13 Nov 2019];22:645-51. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.01.134>
6. Iellamo F, Lucini D, Volterrani M, Casasco M, Salvati A, Gianfelici A, *et al.* Autonomic nervous system responses to strength training in top-level weight lifters. *Physiol Rep* [Internet]. 2019 [citado 13 Nov 2019];7(20):e14233. Disponible en: <https://doi.org/10.14814/phy2.14233>
7. Solana-Tramunt M, Morales J, Buscà B, Carbonell M, Rodríguez-Zamora L. Heart-Rate Variability in Elite Synchronized Swimmers. *Int J Sports Physiol Perform*. 2019;14(4):464-71.
8. Sekiguchi Y, Adams WM, Benjamin CL, Curtis RM, Giersch GEW, Casa DJ. Relationships between resting heart rate, heart rate variability and sleep characteristics among female collegiate cross-country athletes. *J Sleep Res*[Internet]. 2019 [citado 13 Nov 2019];28(6):e12836.. Disponible en: <http://doi.org/10.1111/jsr.12836>

9. Britton DM, Kavanagh EJ, Polman RCJ. Validating a Self-Report Measure of Student Athletes' Perceived Stress Reactivity: Associations With Heart-Rate Variability and Stress Appraisals. *Front Psychol* [Internet]. 2019 [citado 13 Nov 2019];10:1083. Disponible en: <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01083>
10. Avilés IE, Morey GJ, Rivera CL, Chévere-Rivera K. Sobre-entrenamiento: Relación entre el estrés y la recuperación en atletas jóvenes en deportes de combate. *RED Rev Entren Deport*. 2018;32(3):3-11.
11. Solhjoo S, Haigney MC, McBee E, van Merriënboer JJG, Schuwirth L, Artino AR Jr, Battista A, Ratcliffe TA, Lee HD, Durning SJ. Heart Rate and Heart Rate Variability Correlate with Clinical Reasoning Performance and Self-Reported Measures of Cognitive Load. *Sci Rep* [Internet]. 2019 [citado 14 Nov 2019];9(1):14668. Disponible en: <http://doi.org/10.1038/s41598-019-50280-3>
12. Cornell DJ, Paxson JL, Caplinger RA, Seligman JR, Davis NA, Ebersole KT. Resting Heart Rate Variability Among Professional Baseball Starting Pitchers. *J Strength Cond Res*. 2017;31(3):575-81.
13. Carvajal W, Ríos A, Echevarría I, Martínez M, Miñoso J, Rodríguez D. Body type and performance of elite cuban baseball players. *MEDICC Rev*. 2009;11(2):15-20.
14. Ortigosa J, Reigal RE, Carranque G, Hernández-Mendo A. Variabilidad de la frecuencia cardíaca: Investigación y aplicaciones prácticas para el control de los procesos adaptativos en el deporte. *Rev Iberoam Psicol Ejerc Deporte*. 2018;13(1):121-30.
15. McConnell M, Schwerin B, So S, Richards B. RR-APET - Heart rate variability analysis software. *Comput Methods Programs Biomed* [Internet]. 2020 [citado 15 Nov 2019];185:105127. Disponible en: <http://doi.org/10.1016/j.cmpb.2019.105127>
16. Kuhnell R, Whitwell Z, Arnold S, Kingsley MIC, Hale MW, Wahrendorf M, et al. Assessing the association of university stress and physiological reactivity with decision-making among students. *Stress*. 2020;23(2):136-43.
17. Pedraza-Rodríguez EM, Almira-Gómez CR, Cortina Reyna S, Bueno-Revilla D J, López-Galán E, Sánchez-Hechavarría ME. Modifications of the non-linear parameters of the heart rate variability related to the mental arithmetic test. *Rev Cuban Invest Bioméd* [Internet]. 2019 [citado 15 Nov 2019];38(1). Disponible en: <http://www.revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/161>
18. Rodríguez Pena A, Guirado Blanco O, González Paz HJ, Ballesteros Hernández M, Casas Blanco JC, Cárdenas Rodríguez AE. Balance autonómico basal y durante el ejercicio isométrico en jóvenes con diferente reactividad cardiovascular. *CorSalud* [Internet]. 2019 [citado 16 Nov 2019];11(1):11-20. Disponible en: <http://www.revcorsalud.sld.cu/index.php/cors/article/view/435/813>
19. Rodríguez Pena A, Guirado Blanco O, González Paz HJ, Ballesteros Hernández M. Hemodynamics patterns at rest and during isometric sustained weight test in normoreactive, hyperreactive and with hypertensive response young people: Gender differences. *Rev Cuban Invest Bioméd* [Internet]. 2019 [citado 16 Nov 2019];38(1). Disponible en: <http://www.revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/165>
20. Buchheit M, Simpson MB, Al Haddad H, Bourdon PC, Mendez-Villanueva A. Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(2):711-23.
21. 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):773-81.
22. Molfino A, Fiorentini A, Tubani L, Martuscelli M, Rossi Fanelli F, et al. Body mass index is related to autonomic nervous system activity as measured by heart rate variability. *Eur J Clin Nutr*. 2009;63(10):1263-5.
23. Avendaño A, Rodríguez EA, Urbina A. ¿Es la grasa abdominal subcutánea un predictor de la variabilidad cardíaca en hombres con bajo riesgo metabólico? *Rev Univ Ind Santander Salud* [Internet]. 2016 [citado 17 Nov 2019];48(3):341-51. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/suis/v48n3/v48n3a09.pdf>
24. Rosales-Soto G, Corsini-Pino R, Monsálves-Álvarez M, Yáñez-Sepúlveda R. Respuesta del balance simpático-parasimpático de la variabilidad de la frecuencia cardíaca durante una semana de entrenamiento aeróbico en ciclistas de ruta. *Rev Andal Med Deporte*. 2016;9(4):143-7.
25. van der Zwan JE, de Vente W, Huizink AC, Bögels

- SM, de Bruin EI. Physical activity, mindfulness meditation, or heart rate variability biofeedback for stress reduction: a randomized controlled trial. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2015;40(4): 257-68.
26. Segovia V, Manterola C, González M, Rodríguez-Núñez I. El entrenamiento físico restaura la variabilidad del ritmo cardiaco en la insuficiencia cardiaca. Revisión sistemática. *Arch Cardiol Mex*. 2017;87(4):326-35.
27. Manikandan MS, Soman KP. A novel method for detecting R-peaks in electrocardiogram (ECG) signal. *Biomed Signal Process Control*. 2012;7(2): 118-28.
28. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*. 1996;93(5):1043-65.
29. Bravi A, Longtin A, Seely AJ. Review and classification of variability analysis techniques with clinical applications. *Biomed Eng Online* [Internet]. 2011 [citado 19 Nov 2019];10:90. Disponible en: <http://doi.org/10.1186/1475-925X-10-90>
30. Quintana DS. Statistical considerations for reporting and planning heart rate variability case-control studies. *Psychophysiology*. 2017;54(3):344-9.
31. Cayres SU, Vanderlei LC, Rodrigues AM, Silva MJ, Codogno JS, Barbosa MF, *et al*. Sports practice is related to parasympathetic activity in adolescents. *Rev Paul Pediatr*. 2015;33(2):174-80.
32. Baikuev RF, Romanov KP, Abdullaev VV. The inability to identify the top-class athletes based on heart rate variability indices. *Eastern Eur Scient J* [Internet]. 2016 [citado 19 Nov 2019];(3). Disponible en: <http://doi.org/10.12851/EESJ201606C01ART01>
33. Sacha J. Interaction between heart rate and heart rate variability. *Ann Noninvasive Electrocardiol*. 2014;19(3):207-16.
34. Tonello L, Reichert FF, Oliveira-Silva I, Del Rosso S, Leicht AS, Boullosa DA. Correlates of heart rate measures with incidental physical activity and cardiorespiratory fitness in overweight female workers. *Front Physiol* [Internet]. 2016 [citado 19 Nov 2019];6:405. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00405>
35. Jarczok MN, Guendel H, McGrath JJ, Balint EM. Circadian rhythms of the autonomic nervous system: Scientific implication and practical implementation. En: *Chronobiology - The Science of Biological Time Structure*. IntechOpen [Internet]. 2019 [citado 19 Nov 2019]. Disponible en: <http://doi.org/10.5772/intechopen.86822>
36. León-Ariza HH, Botero-Rosas DA, Sánchez-Jiménez A, Ramírez-Villada JF, Acero-Mondragón EJ. Cognición, respuesta electroencefalográfica y su relación con la variabilidad de la frecuencia cardíaca. *Rev Fac Med* [Internet]. 2017 [citado 19 Nov 2019];65(1):67-72. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v65n1.57140>
37. Taelman J, Vandeput S, Spaepen A, Van Huffel S. Influence of mental stress on heart rate and heart rate variability. En: Vander Sloten J, Verdonck P, Nyssen M, Haueisen J, eds. *4th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering* [Internet]. Heidelberg: Springer; 2009 [citado 19 Nov 2019]. p. 1366-9. (Part of the IFMBE Proceedings book series [IFMBE, volume 22]). Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-89208-3_324
38. Lim SJ, Kim C. Effects of autogenic training on stress response and heart rate variability in nursing students. *Asian Nurs Res (Korean Soc Nurs Sci)*. 2014;8(4):286-92.
39. Dong SY, Lee M, Park H, Youn I. Stress resilience measurement with heart-rate variability during mental and physical stress. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc* [Internet]. 2018 [citado 19 Nov 2019];2018:5290-3. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/EMBC.2018.8513531>
40. Baevisky RM, Chernikova AG. Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods. *Cardiometry* [Internet]. 2017 [citado 20 Nov 2019];(10):66-76. Disponible en: <http://doi.org/10.12710/cardiometry.2017.10.6676>
41. Hamilton JL, Alloy LB. Atypical reactivity of heart rate variability to stress and depression across development: Systematic review of the literature and directions for future research. *Clin Psychol Rev*. 2016;50:67-79.
42. Young HA, Benton D. Heart-rate variability: a biomarker to study the influence of nutrition on physiological and psychological health? *Behav Pharmacol*. 2018;29(2 and 3-Spec Issue):140-51.
43. Rossi RC, Vanderlei LC, Gonçalves AC, Vanderlei FM, Bernardo AF, Yamada KM, *et al*. Impact of obesity on autonomic modulation, heart rate and blood pressure in obese young people. *Auton Neurosci*. 2015;193:138-41.
44. Harriss AB, Abbott K, Kimpinski K, Holmes JD, Johnson AM, Walton DM, *et al*. An Evaluation of

- Heart Rate Variability in Female Youth Soccer Players Following Soccer Heading: A Pilot Study. *Sports (Basel)* [Internet]. 2019 [citado 20 Nov 2019];7(11):229. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/sports7110229>
45. Chen YS, Lu WA, Clemente FM, Bezerra JP, Kuo CD. Increased parasympathetic activity by foot reflexology massage after repeated sprint test in collegiate football players: A randomised controlled trial. *Sports* [Internet]. 2019 [citado 20 Nov 2019];7:228. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/sports7110228>
46. Plews DJ, Laursen PB, Kilding AE, Buchheit M. Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training? A case comparison. *Eur J Appl Physiol*. 2012; 112(11):3729-41.
47. Boullosa DA, Abreu L, Nakamura FY, Muñoz VE, Domínguez E, Leicht AS. Cardiac autonomic adaptations in elite Spanish soccer players during preseason. *Int J Sports Physiol Perform*. 2013;8(4): 400-9.
48. Plews DJ, Laursen PB, Buchheit M. Day-to-Day Heart-Rate Variability Recordings in World-Champion Rowers: Appreciating Unique Athlete Characteristics. *Int J Sports Physiol Perform*. 2017; 12(5):697-703.
49. Gambassi BB, Almeida FJF, Almeida AEA, Ribeiro DAF, Gomes RSA, Chaves LFC, et al. Acute response to aerobic exercise on autonomic cardiac control of patients in phase III of a cardiovascular rehabilitation program following coronary artery bypass grafting. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2019; 34(3):305-10.
50. Gomez CG, Rodríguez DAS, Carvalho WRG, Mostarda CT, Gambassi BB, Rodrigues B, et al. The practice of sport climbing contributes to the improvement of autonomic modulation in young individuals. *J Exerc Physiol* [Internet]. 2017 [citado 22 Nov 2019];20(2):84-91. Disponible en: https://www.asep.org/asep/asep/JEPonlineAPRIL2017_Souza.pdf
51. da Silva VP, de Oliveira NA, Silveira H, Mello RG, Deslandes AC. Heart rate variability indexes as a marker of chronic adaptation in athletes: a systematic review. *Ann Noninvasive Electrocardiol*. 2015;20(2):108-18.