

Evaluación del estado nutricional y vascular en estudiantes y atletas de beisbol de alto rendimiento

Dr. Miguel E. Sánchez-Hechavarría^{1,2}✉, Est. Ramón Carrazana-Escalona¹, Lic. Maylet Planas-Rodríguez¹, Dra. Leidys Cala-Calviño¹, Dr. Rafael Barrios-Deler³, Dra. Ana I. Núñez-Bouron¹ y Lic. Beatriz T. Ricardo-Ferro²

¹ Facultad de Medicina N° 1. Universidad de Ciencias Médicas. Santiago de Cuba, Cuba.

² Centro de Biofísica Médica. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

³ Hospital Clínico-Quirúrgico Juan Bruno Zayas Alfonso. Santiago de Cuba, Cuba.

Full English text of this article is also available

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 10 de abril de 2017

Aceptado: 16 de mayo de 2017

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Abreviaturas

IR: índice de reflexión

IRA: índice de rigidez arterial

TTP: tiempo de tránsito del pulso

Versiones On-Line:

Español - Inglés

✉ ME Sánchez-Hechavarría
Avenida de las Américas s/n, e/
Calles E e I. Reparto Sueño 90100.
Santiago de Cuba, Cuba.

Correos electrónicos:
miguel.sanchez881119@gmail.com;
miguel.sanchez@sierra.scu.sld.cu

RESUMEN

Introducción: La evaluación del estado vascular es uno de los pilares en la prevención de las enfermedades cardiovasculares en atletas de elite y en la población general. Los índices de reflexión y rigidez arterial de la onda de pulso constituyen elementos objetivos que favorecen su evaluación.

Objetivo: Caracterizar desde los puntos de vista antropométrico-nutricional y vascular a deportistas de beisbol de alto rendimiento.

Método: Se realizó un estudio analítico transversal, entre enero y marzo de 2016, en 28 sujetos: 14 atletas de beisbol de alto rendimiento, categoría juvenil (edad: $\bar{\chi}$ =18,2±1,4), y 14 estudiantes de medicina (edad: $\bar{\chi}$ =18,1±1,7). Se realizó una evaluación antropométrico-nutricional y se determinaron los índices de reflexión y rigidez arterial de las ondas del pulso mediante el polígrafo PowerLab® (ADInstruments) del Laboratorio de Ciencias Básicas Biomédicas de la Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba.

Resultados: Se encontraron incrementos significativos en la talla ($p=0,001$), el peso ($p<0,001$), el índice de masa corporal ($p=0,003$) y en las presiones arteriales de los deportistas con respecto a los estudiantes. A pesar de no existir diferencias significativas entre los valores del índice de reflexión ($p=0,085$), se observó un incremento de los valores del índice de rigidez arterial ($p=0,02$) en los estudiantes ($\bar{\chi}=6,1$) respecto a los deportistas ($\bar{\chi}=5,6$).

Conclusiones: Existió un aumento la presión arterial y el estado nutricional en los atletas comparado con los estudiantes, que contrasta con la menor rigidez arterial en los atletas. Lo que sugiere que en este tipo de actividad de alto rendimiento operan mecanismos fisiológicos protectores contra las enfermedades cardiovasculares.

Palabras clave: Atletas, Beisbol, Rendimiento atlético, Índice de reflexión, Índice de rigidez arterial, Evaluación nutricional

Assessment of the nutritional and vascular state in students and high-performance baseball athletes

ABSTRACT

Introduction: The assessment of the vascular state is one of the pillars in the pre-

vention of cardiovascular diseases in elite athletes, as well as in the general population. The reflection indexes and the arterial stiffness of the pulse wave are objective elements that favor this assessment.

Objective: To characterize the high-performance baseball athletes from the anthropometric-nutritional and vascular points of view.

Method: A cross-sectional study was conducted in 28 individuals, between January and March 2016: 14 high-performance baseball athletes, youth categories (age: $\bar{x}=18.2\pm 1.4$), and 14 medical students (age: $\bar{x}=18.1\pm 1.7$). An anthropometric-nutritional assessment was performed and the reflection indexes as well as the arterial stiffness pulse waves were determined by the polygraph PowerLab® (ADInstruments), of the Laboratory for Basic Biomedical Sciences at the University of Medical Sciences of Santiago de Cuba.

Results: Significant increases were found in the height ($p=0.001$), weight ($p < 0.001$), body mass index ($p=0.003$) and blood pressure of the athletes regarding the students. Although there is no significant difference among the reflection index values ($p=0.085$), an increase of the arterial stiffness index ($p=0.02$) was observed in the students ($\bar{x}=6.1$) with respect to the athletes ($\bar{x}= 5.6$).

Conclusions: There was an increase in the blood pressure and nutritional state in athletes compared to those of students, in contrast to the lower arterial stiffness in athletes. This suggests that in this type of high-performance activity, physiological protective mechanisms operate against cardiovascular diseases.

Key words: Athletes, Baseball, Athletic performance, Reflection index, Arterial stiffness index, Nutrition assessment

INTRODUCCIÓN

Actualmente las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de muerte en el mundo. Debido a que hoy en día es posible enlentecer la progresión de esta enfermedad vascular mediante agentes farmacológicos y cambios en el estilo de vida, el descubrimiento de marcadores que permitan caracterizarla mejor, mediante la identificación de la presencia de enfermedad arterial, puede facilitar una intervención más apropiada y precoz sobre los individuos afectados¹.

La valoración del pulso arterial ha sido siempre una parte importante del examen clínico. Ya desde la antigüedad se reconocía que los cambios en el carácter del pulso eran indicadores de enfermedad². Recientemente, gracias al desarrollo de nuevas tecnologías, se ha podido realizar la valoración de los indicadores de su morfología, como importantes marcadores de riesgo de enfermedad cardiovascular. Dentro de estos indicadores han ganado una gran aceptación los índices de reflexión (IR) y de rigidez arterial (IRA). El primero se relaciona con el tono vascular y el segundo, con la rigidez de las grandes arterias.

A mayor edad corresponde un valor mayor del IRA³, lo que se explica porque la edad, los cambios ambientales, así como la asociación a factores de

riesgo cardiovascular clásicos y algunos factores genéticos (determinadas variantes polimórficas de la fibrilina-1, de los receptores tipo I de la angiotensina II y del receptor de la endotelina)⁴, son responsables de cambios estructurales y funcionales de la pared arterial⁵.

Los mecanismos de degeneración y rotura de fibras elásticas, con su reemplazo por colágeno; la hipertrofia de la íntima, la necrosis del musculo liso de la capa media y fenómenos de fibrosis e inflamación, dan lugar a un proceso de adaptación mural a través del cual determinadas propiedades físicas como la distensibilidad y la capacitancia, sufren un proceso regresivo que genera una disminución de la elasticidad arterial y, por lo tanto, un aumento de su rigidez, lo que influye en el curso de la enfermedad cardiovascular⁶⁻⁸.

El IRA se refiere a la resistencia arterial modificada ante los cambios en presión/flujo en cada ciclo cardíaco. Clásicamente, la rigidez arterial se ha concebido como un factor determinante de la presión arterial sistólica, la del pulso –o diferencial– y, en menor medida, de la poscarga ventricular. Sin embargo, en las últimas décadas se ha demostrado que la importancia clínica de la rigidez arterial no se limita a su papel como determinante de condiciones hemodinámicas⁹, sino que también es:

1. Predictor independiente de riesgo cardiovascu-

- lar¹⁰⁻¹², aditivo y complementario a otros índices de riesgo global, como el de Framingham¹³.
2. Predictor de mortalidad cardiovascular y mortalidad por cualquier causa¹⁴⁻¹⁶.
 3. Útil en la estratificación de riesgo cardiovascular individual y en la reclasificación de riesgo^{17,18}.
 4. Modificable desde el punto de vista terapéutico y, si mejora, se asocia a mejor pronóstico (en subpoblaciones específicas)¹⁹.
 5. Biomarcador del estado de salud arterial, al ser indicador del «daño arterial acumulado», a diferencia de otras variables como la presión arterial, la glucemia y los lípidos sanguíneos, que pueden controlarse en pocas semanas de tratamiento, sin que ello se traduzca en mejoría de las alteraciones arteriales (por ejemplo, lesiones ateroscleróticas, aumento de la rigidez arterial)^{12,20}.

La actividad física y particularmente las actividades deportivas son desde antaño consideradas parte de un modo de vida sano²¹. El entrenamiento o ejercicio físico continuado induce una serie de adaptaciones fisiológicas y morfofuncionales sobre el sistema cardiovascular que pueden variar según la influencia de varios factores²²⁻²⁴; sin embargo, hay controversias sobre los efectos del ejercicio físico de fuerza y el deporte de alto rendimiento, ya que existe una tendencia a plantear que estas actividades producen un aumento del IRA y una disminución de la elasticidad de los vasos²⁵⁻²⁸; pero por otro lado se plantea que, a los múltiples beneficios asociados la actividad física en la reducción de la mortalidad cardiovascular, se debe sumar el hecho que el deporte de alto rendimiento no aumenta la rigidez de los vasos y mejora la composición corporal^{29,30}; por lo que se asocia el aumento de la actividad cardíaca con una mejor actividad arterial y función endotelial³¹.

Esto alude a la necesidad de conocer los cambios en el estado vascular, asociados al deporte de alto rendimiento. Por tal motivo, se decidió realizar esta investigación, con el objetivo de caracterizar el estado nutricional y vascular en estudiantes de medicina y atletas de beisbol de alto rendimiento.

MÉTODO

Se realizó un estudio observacional analítico transversal, en una muestra de 28 individuos (14 atletas [Edad: \bar{x} =18,2±1,4 años] pertenecientes al equipo provincial juvenil de béisbol de alto rendimiento de

Santiago de Cuba, en la etapa pre-competitiva, los cuales fueron pareados, por edad y sexo, con 14 estudiantes de medicina [Edad: \bar{x} = 18,1±1,7 años]), en el Laboratorio de Ciencias Básicas Biomédicas de la Facultad de Medicina N° 1 de la Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba, en el período de enero a marzo de 2016.

Técnicas y procedimientos de medición y registro de las variables

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.

Variables

Se evaluaron las variables talla, peso, índice de masa corporal, área de superficie corporal, presiones arteriales sistólica, diastólica y media, presión del pulso, y los índices de rigidez arterial y de reflexión.

Medidas antropométricas

La medición de la talla y el peso se realizó utilizando una báscula-tallímetro Soehnle Professional® con una precisión de 0,1 cm. La talla se definió como la distancia entre el punto más alto de la cabeza hasta los talones, al colocar a los voluntarios de pie, erguidos en posición anatómica y con la cabeza en el plano de Frankfort. Se calculó el índice de masa corporal (peso en kg dividido entre el cuadrado de la talla en metros), y para la estimación del área de superficie corporal (ASC) se utilizó la fórmula de Mosteller³²:

$$ASC = \sqrt{\frac{\text{peso (kg)} * \text{talla (cm)}}{3600}}$$

Registros fisiológicos

Al comienzo de la sesión de los registros de la onda de pulso, 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 estas condiciones se les permitió reposar por 10-15 minutos hasta lograr una mejor adaptación a las condiciones del local. Se colocó un transductor tonométrico sobre la falange media del miembro superior derecho, para registrar la onda de pulso durante 5 minutos; luego se tomó la presión arterial con un esfigmomanómetro y un estetoscopio calibrados y certificados.

La señal del sensor de tonometría del equipo Powerlab® se digitalizó a una frecuencia de muestreo de 1000 muestras/segundo (1 kHz) en el paquete de software LabChart® de 2012, ambos de produc-

ción australiana por la compañía ADInstruments. Este paquete de software posibilita la tabulación y exportación de los registros al paquete de programación Matlab 2016b® de la *MathWork Company*.

Se utilizó un algoritmo para la detección de los puntos de interés clínico de la onda de pulso³³, el cual calculó la primera derivada de las señales filtradas y separó los puntos sistólicos y diastólicos, así como el pie de cada intervalo de la onda de pulso. De esta forma se encontró el tiempo de tránsito del pulso entre el pico sistólico y el diastólico (TTP o *PTT [pulse transit time]* por sus siglas en inglés), y las amplitudes correspondientes con el pico sistólico y diastólico (**Figura**), además de un umbral donde el TTP estuviera en límites fisiológicos. En la propia figura se exponen las fórmulas para calcular el IR y el IRA, donde «a» es la amplitud diastólica y «b», la sistólica.

Los datos obtenidos (IR, IRA y TTP) se exportaron a un archivo CSV (del inglés *comma-separated values*) para ser procesados en el paquete estadístico SPSS.

Análisis estadístico de los datos

Se utilizó el paquete estadístico SPSS 22.0, a través del cual se procesaron los datos de las variables que se exponen en forma de valores medios (\bar{x}) y desvia-

ción estándar (DS), a los cuales también se les realizó un análisis estadístico no paramétrico con la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes, con un nivel de significación de $p < 0,05$.

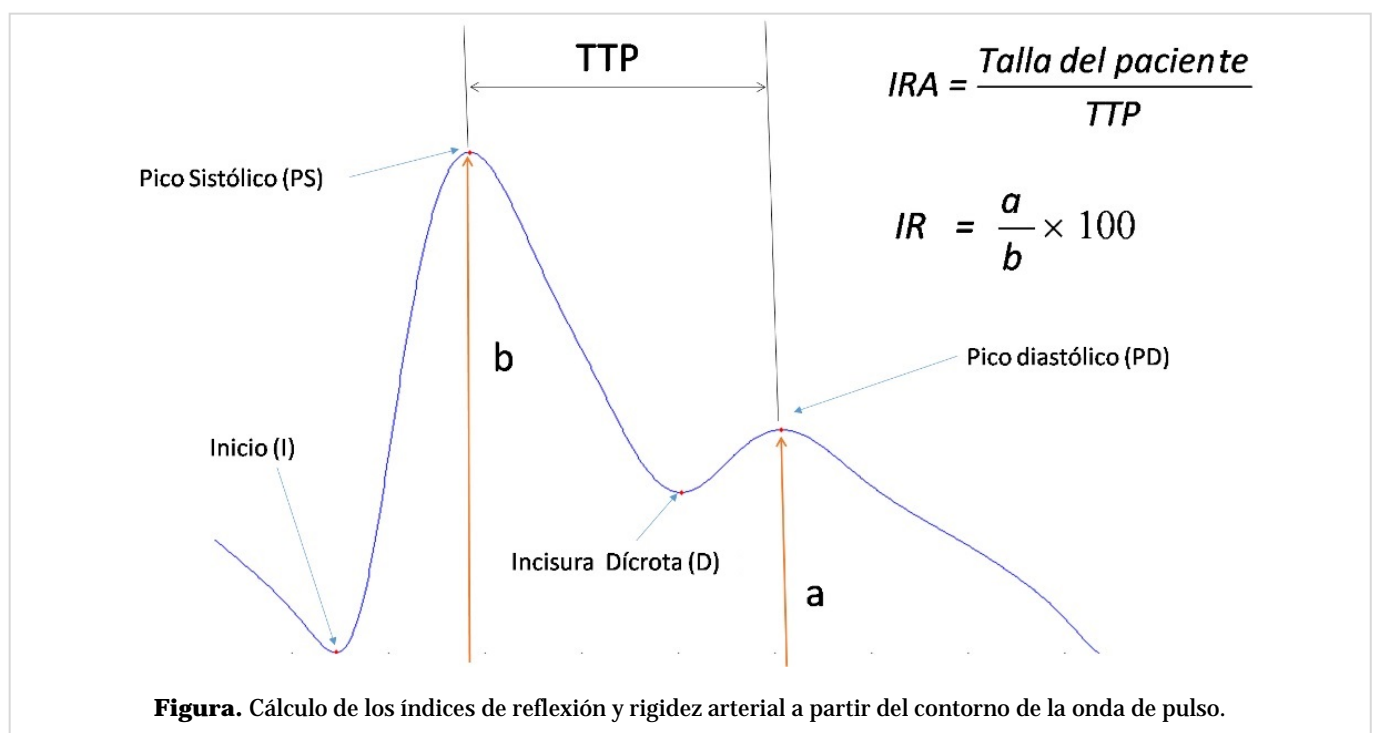
Parámetros bioéticos

Todos los participantes en la investigación estuvieron de acuerdo y mostraron su conformidad al firmar el modelo de consentimiento informado. El estudio cumplió con los criterios ético en concordancia con la política institucional y los principios de Helsinki.

RESULTADOS

En la **Tabla 1** se observan los valores medios de los indicadores de estado nutricional en estudiantes de medicina y deportistas de alto rendimiento, con un incremento significativo de la talla ($\bar{x}=180$; $p=0,001$), el peso ($\bar{x}=82,9$; $p<0,0001$), el índice de masa corporal ($\bar{x}=25,2$ $p=0,003$) y el área de superficie corporal ($\bar{x}=2,03$; $p=0,0001$) en los deportistas con respecto a los estudiantes.

En la **Tabla 2** se muestran los valores medios de los indicadores de estado vascular en ambos grupos, donde se observa un incremento significativo



en las presiones arteriales sistólica (\bar{x} =119,2; p =0,02), diastólica (\bar{x} =80; p =0,03) y media (\bar{x} =93; p =0,04) en los deportistas respecto a los estudiantes. A pesar de no existir diferencias significativas entre los valores de la presión del pulso (p =0,07) y del IR (p =0,085), se observó un incremento significativo de los valores medios del IRA en los estudiantes respecto a los deportistas (\bar{x} : 6,1 vs. 5,6; p =0,02).

Tabla 1. Diferencias en los indicadores del estado nutricional en estudiantes de medicina y Deportistas de alto rendimiento

Variables	Estudiantes		Deportistas		Significación
	Media	DE	Media	DE	
Talla (cm)	172	6,7	180	5,9	0,001
Peso (kg)	62,6	10,2	82,9	11,6	<0,0001
IMC (kg/m ²)	21,2	3,6	25,2	2,9	0,003
ASC (m ²)	1,72	0,15	2,03	0,16	0,0001

ASC, área de superficie corporal; DE, desviación estándar; IMC, índice de masa corporal.

Tabla 2. Diferencias en los indicadores del estado vascular en estudiantes de medicina y Deportistas de alto rendimiento

Variables	Estudiantes		Deportistas		Significación
	Media	DE	Media	DE	
PA sistólica (mmHg)	108,7	10,5	119,2	12	0,02
PA diastólica (mmHg)	75,2	7	80	3,9	0,03
PA media (mmHg)	86,4	7,7	93	6,0	0,04
PP (mmHg)	33,4	6,3	39,2	9,9	0,07
IRA (m/s)	6,1	0,4	5,6	0,3	0,02
IR (%)	55,5	11,4	62,5	9,1	0,085

DE, desviación estándar; IR, índice de reflexión; IRA, índice de rigidez arterial; PA, presión arterial; PP, presión del pulso.

DISCUSIÓN

En este estudio se compararon las características del estado nutricional y vascular en atletas de alto rendimiento y estudiantes de medicina. Lo encontrado en la evaluación antropométrica reafirma las características distintivas de los atletas, ya que son conocidos los cambios antropométricos asociados al deporte de alto rendimiento que posibilitan diferenciar a este grupo poblacional de la población no deportiva, los cuales se deben a los efectos tróficos del ejercicio sobre el crecimiento y desarrollo de los individuos³⁴.

Estos cambios tróficos y metabólicos asociados al deporte van acompañados a cambios circulatorios y hemodinámicos para mantener un flujo sanguíneo acorde con las necesidades tisulares del organismo humano^{23,24,35,36}. Aunque el aumento de la presión arterial se relaciona con el aumento de los índices de rigidez y de reflexión arterial en la población general^{1-4,8}, asociado al envejecimiento, la aterosclerosis y las enfermedades cardiovasculares⁹⁻¹⁷, en los atletas ocurre un fenómeno fisiológico de aumento de los valores de presión arterial debido que ellos tienen una mayor área de superficie corporal que conlleva un mayor metabolismo basal y, por ende, un mayor gasto cardíaco, variable esta que es dependiente de la presión arterial.

La ley de Ohm aplicada a la comprensión de las interacciones entre la presión, el flujo y la resis-

cia arterial, nos permite conocer que el flujo sanguíneo es directamente proporcional a la diferencia de presión, pero inversamente proporcional a su resistencia; por lo que la disminución de la rigidez arterial encontrada en los atletas de alto rendimiento, en el presente estudio, es uno de los mecanismos compensadores frente al aumento de la presión arterial y el gasto cardíaco, lo que protege a los atletas de las enfermedades cardiovasculares^{37,38}.

CONCLUSIONES

Se encontró mayor presión arterial y mejor estado nutricional en los atletas, comparado con los estudiantes, que contrasta con la disminución de la rigidez arterial en los atletas de alto rendimiento; lo que sugiere que en la actividad de alto rendimiento operan mecanismos fisiológicos protectores contra las enfermedades cardiovasculares.

BIBLIOGRAFÍA

1. Estadella C, Vázquez S, Oliveras A. Rigidez arterial y riesgo cardiovascular. *Hipertens Riesgo Vasc.* 2010;27:203-10.
2. Mackenzie IS, Wilkinson IB, Cockcroft JR. Assessment of arterial stiffness en clinical practice. *QJM.* 2002;95:67-74.
3. Millasseau SC, Kelly RP, Ritter JM, Chowienczyk PJ. Determination of age-related increases in large artery stiffness by digital pulse contour analysis. *Clin Sci (Lond).* 2002;103:371-7.
4. Oliver JJ, Webb DJ. Noninvasive assessment of arterial stiffness and risk of atherosclerotic events. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2003;23:554-66.
5. Laurent S, Katsahian S, Fassot C, Tropeano AI, Gautier I, Laloux B, et al. Aortic stiffness is an independent predictor of fatal stroke in essential hypertension. *Stroke.* 2003;34:1203-6.
6. Davies JJ, Struthers AD. Pulse wave analysis and pulse wave velocity: a critical review of their strengths and weaknesses. *J Hypertens.* 2003;21:463-72.
7. Palma JL. Métodos no invasivos para la evaluación de las propiedades físicas de las grandes arterias en la hipertensión arterial. *Nefrología.* 2002;22:16-20.
8. Laurent S, Cockcroft J, Van Borrel L, Boutouyrie P, Giannattasio C, Hayoz D, et al. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *Eur Heart J.* 2006;27:2588-605.
9. Bia D, Zócalo Y. Rigidez arterial: evaluación no invasiva en la práctica clínica. Importancia clínica y análisis de las bases metodológicas de los equipos disponibles para su evaluación. *Rev Urug Cardiol.* 2014;29:39-59.
10. Willum-Hansen T, Staessen JA, Torp-Pedersen C, Rasmussen S, Thijs L, Ibsen H, et al. Prognostic value of aortic pulse wave velocity as index of arterial stiffness in the general population. *Circulation.* 2006;113:664-70.
11. Ikonomidis I, Makavos G, Lekakis J. Arterial stiffness and coronary artery disease. *Curr Opin Cardiol.* 2015;30:422-31.
12. Vlachopoulos C, Aznaouridis K, Stefanadis C. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with arterial stiffness: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2010;55:1318-27.
13. Boutouyrie P, Vermeersch S, Laurent S, Briet M. Cardiovascular risk assessment through target organ damage: role of carotid to femoral pulse wave velocity. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2008;35:530-3.
14. Arnett DK, Evans GW, Riley WA. Arterial stiffness: a new cardiovascular risk factor? *Am J Epidemiol.* 1994;140:669-82.
15. Blacher J, Guerin AP, Pannier B, Marchais SJ, Safar ME, London GM. Impact of aortic stiffness on survival in end-stage renal disease. *Circulation.* 1999;99:2434-9.
16. Laurent S, Boutouyrie P, Asmar R, Gautier I, Laloux B, Guize L, et al. Aortic stiffness is an independent predictor of all-cause and cardiovascular mortality in hypertensive patients. *Hypertension.* 2001;37:1236-41.
17. Wang TJ. Assessing the role of circulating, genetic, and imaging biomarkers in cardiovascular risk prediction. *Circulation.* 2011;123:551-65.
18. Mitchell GF, Hwang SJ, Vasan RS, Larson MG, Pencina MJ, Hamburg NM, et al. Arterial stiffness and cardiovascular events: the Framingham Heart Study. *Circulation.* 2010;121:505-11.
19. Guerin AP, Blacher J, Pannier B, Marchais SJ, Safar ME, London GM. Impact of aortic stiffness attenuation on survival of patients in end-stage renal failure. *Circulation.* 2001;103:987-92.
20. Laurent S, Briet M, Boutouyrie P. Arterial stiffness as surrogate end point: needed clinical trials. *Hypertension.* 2012;60:518-22.
21. Hoffmann A, Isler R. Appréciation de l'aptitude à la pratique sportive sous l'angle cardiaque. *Forum Med Suisse.* 2007;7:889-94.
22. Serratos Fernández L. Adaptaciones Cardiovasculares del Deportista [Internet]. 2do Congreso Virtual de Cardiología; 2001 [citado 13 Abril 2017]. Disponible en: <http://www.fac.org.ar/scvc/llave/exercise/serrato1/serratoe.htm>
23. Carmona Puerta R, Ramos Martín R, Rabassa López-Calleja MA, Monzón León J, Pérez González L, Castro Torres Y, et al. Dispersión de la onda P incrementada en futbolistas de alto rendimiento y su relación con el tiempo de práctica deportiva. *CorSalud [Internet].* 2013 [citado 13 Mar 2017];5:155-60. Disponible en: <http://www.corsalud.sld.cu/sumario/2013/v5n2a13/dispersionp.html>
24. Geoffroy Agbélé C, Prohías Martínez JA, Castro Arca AM, Mérida Álvarez O, García Hernández RA. Adaptaciones morfofuncionales evaluadas por ecocardiograma en deportistas masculinos

- de élite en triatlón. CorSalud [Internet]. 2014 [citado 13 Mar 2017];6:167-73. Disponible en: <http://www.corsalud.sld.cu/sumario/2014/v6n2a14/triatlon.html>
25. Otsuki T, Maeda S, Iemitsu M, Saito Y, Tanimura Y, Ajisaka R, et al. Relationship between arterial stiffness and athletic training programs in young adult men. *Am J Hypertens*. 2007;20:967-73.
26. Collier SR, Kanaley JA, Carhart R, Frechette V, Tobin MM, Hall AK, et al. Effect of 4 weeks of aerobic or resistance exercise training on arterial stiffness, blood flow and blood pressure in pre- and stage-1 hypertensives. *J Hum Hypertens*. 2008;22:678-86.
27. Aldama A, Viera A, Mena V, Porto F, Rial N. Ejercicio físico y elasticidad arterial en sujetos normales mayores de 55 años. *Rev Cubana Invest Bioméd* [Internet]. 2005 [citado 16 Mar 2017];24:21-31. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ibi/v24n1/ibi03105.pdf>
28. Bertovic DA, Waddell TK, Gatzka CD, Cameron JD, Dart AM, Kingwell BA. Muscular strength training is associated with low arterial compliance and high pulse pressure. *Hypertension*. 1999;33:1385-91.
29. Tinoco-Cabral CE, Fernandes-Guerra FE, Zugno LM, Tinoco-Cabral SA, Dantas-Leite L, Fernandes Filho J, et al. El entrenamiento muscular no aumenta la rigidez arterial en humanos adultos y mejora el tono corporal. *Rev Salud Pública (Bogotá)*. 2013;15:601-13.
30. Radtke T, Schmidt-Trucksäss A, Brugger N, Schäfer D, Saner H, Wilhelm M. Ultra-endurance sports have no negative impact on indices of arterial stiffness. *Eur J Appl Physiol*. 2014;114:49-57.
31. Florescu M, Stoicescu C, Magda S, Petcu I, Radu M, Palombo C, et al. "Supranormal" cardiac function in athletes related to better arterial and endothelial function. *Echocardiography*. 2010;27:659-67.
32. Mosteller RD. Simplified calculation of body-surface area. *N Engl J Med*. 1987;317:1098.
33. Carrazana-Escalona R, Sánchez-Hechavarría ME, Ricardo-Ferro BT. Algoritmo para la detección de puntos clínicos de interés de la onda de pulso arterial [Internet]. Convención Internacional de Ciencias Técnicas. Universidad de Oriente; 2016 [citado 19 Mar 2016]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Miguel_Sanchez-Hechavarria/publication/305222298_Algorithm_for_the_detection_of_clinical_points_of_interest_of_the_arterial_pulse_wave/links/58235e7208ae61258e3ca94c.pdf?origin=publication_list
34. de Loño Capote J. La práctica del ejercicio en la infancia y en la adolescencia: factor prioritario para la salud física y mental. En: Asín Cardiel E, García Touchard A, eds. *Implicaciones cardiovasculares del ejercicio, el deporte y la obesidad*. Madrid: Fundación Ramón Areces; 2013. p. 275-80.
35. Carlos Bagnara I. Adaptaciones cardiovasculares al ejercicio físico: Una revisión de la literatura. *EFDeportes.com* [Internet]. 2010 [citado 19 Mar 2017];15. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd148/adaptaciones-cardiovasculares-al-ejercicio-fisico.htm>
36. González Juanatey JR. Fisiología del ejercicio y su repercusión cardiovascular. En: Asín Cardiel E, García Touchard A, eds. *Implicaciones cardiovasculares del ejercicio, el deporte y la obesidad*. Madrid: Madrid: Fundación Ramón Areces; 2013. p. 15-32.
37. Brillante DG, O'Sullivan AJ, Howes LG. Arterial stiffness indices in healthy volunteers using non-invasive digital photoplethysmography. *Blood Press*. 2008;17:116-23.
38. Guyton A, Hall J. *Tratado de Fisiología Médica*. 12ma ed. Barcelona: Elsevier; 2011. p.157-76.

Assessment of the nutritional and vascular state in students and high-performance baseball athletes

Miguel E. Sánchez-Hechavarría^{1,2}✉, MD; Ramón Carrazana-Escalona¹, Stud.; Maylet Planas-Rodríguez¹, BSc; Leidys Cala-Calviño¹, MD; Rafael Barrios-Deler³, MD; Ana I. Núñez-Bouron¹, MD; and Beatriz T. Ricardo-Ferro², BSc

¹ Facultad de Medicina N° 1. Universidad de Ciencias Médicas. Santiago de Cuba, Cuba.

² Centro de Biofísica Médica. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

³ Hospital Clínico-Quirúrgico Juan Bruno Zayas Alfonso. Santiago de Cuba, Cuba.

Este artículo también está disponible en español

ARTICLE INFORMATION

Received: April 10, 2017

Accepted: May 16, 2017

Competing interests

The authors declare no competing interests

Acronyms

ASI: arterial stiffness index

PTT: pulse transit time

RI: reflection index

On-Line Versions:

Spanish - English

✉ ME Sánchez-Hechavarría
Avenida de las Américas s/n, e/
Calles E e I. Reparto Sueño 90100.
Santiago de Cuba, Cuba.
E-mail address:
miguel.sanchez881119@gmail.com;
miguel.sanchez@sierra.scu.sld.cu

ABSTRACT

Introduction: The assessment of the vascular state is one of the pillars in the prevention of cardiovascular diseases in elite athletes, as well as in the general population. The reflection indexes and the arterial stiffness of the pulse wave are objective elements that favor this assessment.

Objective: To characterize the high-performance baseball athletes from the anthropometric-nutritional and vascular points of view.

Method: A cross-sectional study was conducted in 28 individuals, between January and March 2016: 14 high-performance baseball athletes, youth categories (age: $\bar{x}=18.2\pm 1.4$), and 14 medical students (age: $\bar{x}=18.1\pm 1.7$). An anthropometric-nutritional assessment was performed and the reflection indexes as well as the arterial stiffness pulse waves were determined by the polygraph PowerLab® (ADInstruments), of the Laboratory for Basic Biomedical Sciences at the University of Medical Sciences of Santiago de Cuba.

Results: Significant increases were found in the height ($p=0.001$), weight ($p<0.001$), body mass index ($p=0.003$) and blood pressure of the athletes regarding the students. Although there is no significant difference among the reflection index values ($p=0.085$), an increase of the arterial stiffness index ($p=0.02$) was observed in the students ($\bar{x}=6.1$) with respect to the athletes ($\bar{x}=5.6$).

Conclusions: There was an increase in the blood pressure and nutritional state in athletes compared to those of students, in contrast to the lower arterial stiffness in athletes. This suggests that in this type of high-performance activity, physiological protective mechanisms operate against cardiovascular diseases.

Key words: Athletes, Baseball, Athletic performance, Reflection index, Arterial stiffness index, Nutrition assessment

Evaluación del estado nutricional y vascular en estudiantes y atletas de beisbol de alto rendimiento

RESUMEN

Introducción: La evaluación del estado vascular es uno de los pilares en la prevención de las enfermedades cardiovasculares en atletas de elite y en la población general. Los índices de reflexión y rigidez arterial de la onda de pulso constituyen

elementos objetivos que favorecen su evaluación.

Objetivo: Caracterizar desde los puntos de vista antropométrico-nutricional y vascular a deportistas de beisbol de alto rendimiento.

Método: Se realizó un estudio analítico transversal, entre enero y marzo de 2016, en 28 sujetos: 14 atletas de beisbol de alto rendimiento, categoría juvenil (edad: $\bar{\chi}=18,2\pm1,4$), y 14 estudiantes de medicina (edad: $\bar{\chi}=18,1\pm1,7$). Se realizó una evaluación antropométrico-nutricional y se determinaron los índices de reflexión y rigidez arterial de las ondas del pulso mediante el polígrafo PowerLab® (ADInstruments) del Laboratorio de Ciencias Básicas Biomédicas de la Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba.

Resultados: Se encontraron incrementos significativos en la talla ($p=0,001$), el peso ($p<0,001$), el índice de masa corporal ($p=0,003$) y en las presiones arteriales de los deportistas con respecto a los estudiantes. A pesar de no existir diferencias significativas entre los valores del índice de reflexión ($p=0,085$), se observó un incremento de los valores del de rigidez arterial ($p=0,02$) en los estudiantes ($\bar{\chi}=6,1$) respecto a los deportistas ($\bar{\chi}=5,6$).

Conclusiones: Existió un aumento la presión arterial y el estado nutricional en los atletas comparado con los estudiantes, que contrasta con la menor rigidez arterial en los atletas. Lo que sugiere que en este tipo de actividad de alto rendimiento operan mecanismos fisiológicos protectores contra las enfermedades cardiovasculares.

Palabras clave: Atletas, Beisbol, Rendimiento atlético, Índice de reflexión, Índice de rigidez arterial, Evaluación nutricional

INTRODUCTION

Cardiovascular diseases are currently the leading cause of death worldwide. Due to the fact that nowadays it is possible to slow the progression of this vascular disease with the use of pharmacological agents and changes in lifestyle, the discovery of markers to characterize it better, by identifying the presence of arterial disease, can facilitate a more appropriate and early intervention on the affected individuals¹.

The assessment of the arterial pulse has always been an important part of the clinical examination. Since ancient times, it was recognized that changes in the pulse behavior were indicators of disease². Recently, thanks to the development of new technologies, it has been possible to assess its morphology's indicators, as important risk markers for the cardiovascular disease. Within these indicators, the reflection index (RI) and arterial stiffness index (ASI) have gained wide acceptance. The first relates to the vascular tone and the second to the stiffness of large arteries.

The greater the age, the greater the ASI value³, what is explained because age, environmental changes, and the association to classical cardiovascular risk factors and genetic factors (specific polymorphic variants of fibrillin-1, of type I receptors of

angiotensin II and endothelin receptor)⁴ are responsible for structural and functional changes in the arterial wall⁵.

The mechanisms of degeneration and rupture of elastic fibers, with collagen replacement, intimal hypertrophy, necrosis of the smooth muscle of the middle layer and fibrosis and inflammation phenomena lead to a process of wall adaptation, through which certain physical properties, such as distensibility and capacitance, suffer a regressive process that generates a decrease in arterial elasticity and, therefore, increased rigidity, which influences the course of cardiovascular disease⁶⁻⁸.

The ASI refers to the modified arterial resistance when there are changes in pressure/flow in each cardiac cycle. Conventionally, arterial stiffness is designed as a determinant of the systolic blood pressure, of the pulse –or differential– and, to a lesser extent, ventricular afterload. However, in recent decades, it has been shown that the clinical significance of arterial stiffness is not limited to its role as a determinant of hemodynamics conditions⁹, but also:

1. Independent predictor of cardiovascular risk¹⁰⁻¹², additive and complementary to other global risk indices, such as the Framingham¹³.
2. Predictor of cardiovascular mortality and any cause of mortality¹⁴⁻¹⁶.
3. Useful in the individual cardiovascular risk strati-

- fication and reclassifying risk^{17,18}.
4. Changeable from the therapeutic point of view and, if improves, it is associated with better prognosis (in specific subpopulations)¹⁹.
 5. Biomarker of arterial health state, being an indicator of “accumulated blood damage”, unlike other variables such as blood pressure, glycaemia and blood lipids, which can be controlled within a few weeks of treatment, without this constituting better arterial changes (for example, atherosclerotic lesions, increased arterial stiffness)^{12,20}.

The physical activity and particularly sport activities are, since a long time, considered part of a healthy lifestyle²¹. Continued training or exercise induces a series of physiological and morphological and functional adaptations on the cardiovascular system that may vary depending on the influence of several factors²²⁻²⁴; nevertheless, there are controversies about the effects of physical exercise of strength and high-performance sports, as there is a tendency to argue that these activities lead to an increase of the ASI and decreased the elasticity of the vessels²⁵⁻²⁸; but on the other hand, it is argued that, to the multiple benefits associated with physical activity in reducing cardiovascular mortality, must be added the fact that high-performance sports do not increase the rigidity of the vessels and improve body composition^{29,30}; thus, the increased cardiac activity is associated with a better arterial activity and endothelial function³¹.

This alludes the need to know the changes in the vascular condition, associated with high-performance sports. Therefore, it was decided to conduct this research, aiming to characterize the nutritional and vascular state in medical students and high performance baseball athletes.

METHOD

A cross-sectional observational study was conducted on a sample of 28 individuals (14 athletes [Age: \bar{x} =18.2±1.4 years] belonging to the provincial youth high-performance baseball team of Santiago de Cuba, in the pre-competitive stage, who were matched, by age and sex, with 14 medical students [Age: \bar{x} =18.1±1.7 years]), in the Laboratory for Basic Biomedical Sciences, Faculty of Medicine N° 1, at the University of Medical Sciences of Santiago de Cuba, in the period from January to March 2016.

Techniques and procedures for measuring and recording the variables

Each measurement was recorded by the same person, to minimize errors in methodology, at the place for body measurements of the mentioned Laboratory for Basic Biomedical Sciences.

Variables

Variables as height, weight, body mass index, body surface area, arterial pressures as systolic, diastolic and medium, pulse pressure, and the arterial stiffness and reflection indexes were evaluated.

Anthropometric measures

Measuring height and weight was performed using Soehnle Personal Scales with an accuracy of 0.1 cm. The size was defined as the distance between the highest point of the head to the heel; the volunteers placed standing upright in the anatomical position and head in Frankfort plane. The body mass index was calculated (weight in kg divided by the square of height in meters), and for the estimation of the body surface area (BSA) the Mosteller³² formula was used:

$$BSA = \sqrt{\frac{\text{weight (kg)} * \text{height (cm)}}{3600}}$$

Physiological records

At the beginning of the session records, the pulse wave in the morning (08:30-12:00 hours), the individuals were lying on a comfortable couch, placed in a room with controlled temperature between 24 and 27 degrees Celsius and dim light. Under these conditions, they were allowed to relax for 10-15 minutes to achieve a better adaptation to the place's conditions. One tonometer transducer was placed on the middle phalanx of the right forelimb, to record the pulse wave for 5 minutes; then the blood pressure was taken with calibrated and certified sphygmomanometer and stethoscope.

The computer tonometry sensor of the Powerlab® device was digitized at a sampling rate of 1000 samples/second (1 kHz) in the LabChart® software package 2012, both from Australian production of the ADInstruments company. This software package allows the tabulation and export of records to the programming package Matlab 2016b® of the Math-Work Company.

An algorithm for detecting points of clinical interest of the pulse wave³³ was used, which calculated the first derivative of the filtered signals and separated the systolic and diastolic points and the bot-

tom of each interval of the pulse wave. Thus, the transit time of the pulse was found between the systolic and diastolic peak (PTT, Pulse Transit Time) and corresponding amplitudes with the systolic and diastolic peak (**Figure**), besides a threshold where the PTT was at the physiological limits. In the figure itself, the formulas to calculate the RI and ASI were exposed, where «a» is the diastolic amplitude and «b» the systolic.

The obtained data (RI, ASI and PTT) were exported to a CVS (comma-separated values) file to be processed with the statistical package SPSS.

Statistical analysis of the data

There was used the SPSS 22.0, through which the data of the variables are presented as mean values (\bar{x}) and standard deviation (SD), to which, a non-parametric statistical analysis was conducted with a Mann-Whitney U test for independent samples, with a significance level of $p < 0.05$.

Bioethical parameters

All research participants agreed and showed their agreement by signing the informed consent model. The study met the ethical criteria in accordance with institutional policy and the principles of Helsinki.

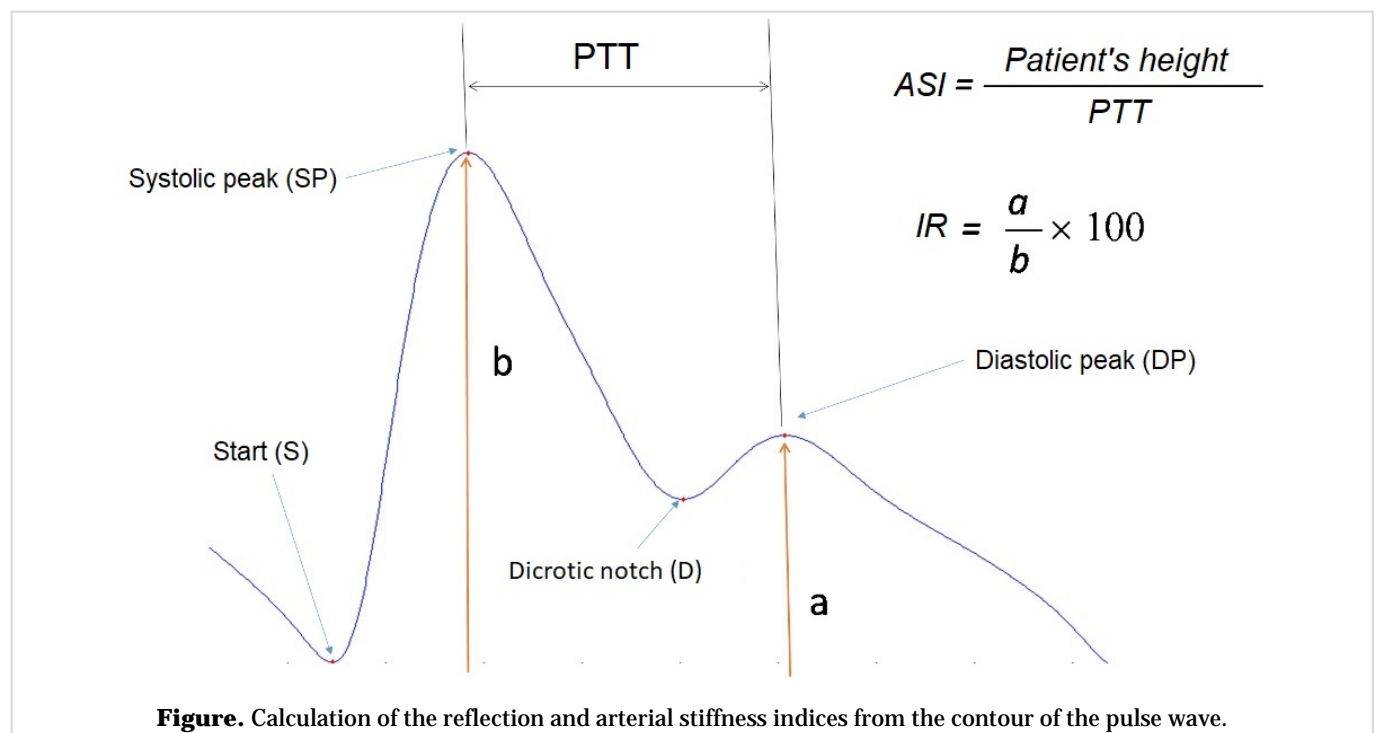
RESULTS

In **Table 1** can be observed the average values of the nutritional state indicators in medical students and high-performance athletes, with a significant increase in size ($\bar{x}=180$; $p=0.001$), weight ($\bar{x}=82.9$; $p < 0,0001$), body mass index ($\bar{x}=25.2$ $p=0.003$) and the area of body surface ($\bar{x}=2.03$; $p=0.0001$) in athletes with respect to students.

In **Table 2** are displayed the average values of the vascular state indicators in both groups, where a significant increase is observed in the blood pressures, systolic ($\bar{x}=119.2$; $p=0.02$), diastolic ($\bar{x}=80$; $p=0.03$) and medium ($\bar{x}=93$; $p=0.04$), in athletes with regard to students. Although there are no significant differences between the values of the pulse pressure ($p=0.07$) and the RI ($p=0.085$), a significant increase of the ASI's average values was observed in students regarding athletes ($\bar{x}: 6.1$ vs. 5.6 ; $p=0.02$).

DISCUSSION

In this study, the characteristics of nutritional and vascular states in high-performance athletes and medical students were compared. The findings of the



anthropometric evaluation re-affirm the distinctive characteristics of the athletes, as the anthropometric changes are known to be associated with high-performance sports, that make it possible to differentiate this population group of the non-sportive population, which are due to trophic effects of exercise on growth and development of individuals³⁴.

These trophic and metabolic changes associated with sport are accompanied by circulatory hemodynamic changes for maintaining a consistent blood flow according to the tissue needs of the human body^{23,24,35,36}. Although the increase in blood pressure is associated with increased arterial stiffness and reflection indices in the general population^{1-4,8}, associated with aging, atherosclerosis and cardiovascular disease⁹⁻¹⁷; in athletes, a physiological phenomenon of increased blood pressure values takes place, because they have a larger body surface area leading to an increased basal metabolism and, hence, greater cardiac output, a variable which is dependent on the blood pressure.

The Ohm's law, applied to the understanding of the interactions between pressure, flow and arterial resistance, allows to know that the blood flow is directly proportional to the pressure difference, but inversely proportional to its resistance; thus, decreasing arterial stiffness found in high-performance athletes, in this study, is one of the compensatory mechanisms against increased blood pressure and the cardiac output, which protects athletes from cardiovascular diseases^{37,38}.

CONCLUSIONS

There was found increased blood pressure and better nutritional state in athletes, compared with students, in contrast to the decrease in arterial stiffness in high-performance athletes; this suggests that in the

Table 1. Differences in indicators of the nutritional state in medical students and high-performance athletes.

Variables	Students		Athletes		Significance
	Mean	SE	Mean	SD	
Height (cm)	172	6,7	180	5,9	0,001
Weight (kg)	62,6	10,2	82,9	11,6	<0,0001
BMI (kg/m ²)	21,2	3,6	25,2	2,9	0,003
BSA (kg/m ²)	1,72	0,15	2,03	0,16	0,0001

BMI, body mass index; BSA, body surface area; SD, standard deviation.

Table 2. Differences in indicators of the vascular state in medical students and high-performance athletes.

Variables	Students		Athletes		Significance
	Mean	SE	Mean	SD	
Systolic BP (mmHg)	108,7	10,5	119,2	12	0,02
Diastolic BP (mmHg)	75,2	7	80	3,9	0,03
Medium BP (mmHg)	86,4	7,7	93	6,0	0,04
PP (mmHg)	33,4	6,3	39,2	9,9	0,07
ASI (m/s)	6,1	0,4	5,6	0,3	0,02
RI (%)	55,5	11,4	62,5	9,1	0,085

ASI, arterial stiffness index; BP, blood pressure; PP, pulse pressure; RI, reflection index ; SD, standard deviation.

high-performance activity, protective physiological mechanisms operate against cardiovascular diseases.

REFERENCES

1. Estadella C, Vázquez S, Oliveras A. Rigidez arterial y riesgo cardiovascular. *Hipertens Riesgo Vasc.* 2010;27:203-10.
2. Mackenzie IS, Wilkinson IB, Cockcroft JR. Assessment of arterial stiffness en clinical practice. *QJM.* 2002;95:67-74.
3. Millasseau SC, Kelly RP, Ritter JM, Chowienczyk PJ. Determination of age-related increases in large artery stiffness by digital pulse contour analysis. *Clin Sci (Lond).* 2002;103:371-7.
4. Oliver JJ, Webb DJ. Noninvasive assessment of arterial stiffness and risk of atherosclerotic events. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2003;23:554-66.

5. Laurent S, Katsahian S, Fassot C, Tropeano AI, Gautier I, Laloux B, et al. Aortic stiffness is an independent predictor of fatal stroke in essential hypertension. *Stroke*. 2003;34:1203-6.
6. Davies JI, Struthers AD. Pulse wave analysis and pulse wave velocity: a critical review of their strengths and weaknesses. *J Hypertens*. 2003;21:463-72.
7. Palma JL. Métodos no invasivos para la evaluación de las propiedades físicas de las grandes arterias en la hipertensión arterial. *Nefrología*. 2002;22:16-20.
8. Laurent S, Cockcroft J, Van Borrel L, Boutouyrie P, Giannattasio C, Hayoz D, et al. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *Eur Heart J*. 2006;27:2588-605.
9. Bia D, Zócalo Y. Rigidez arterial: evaluación no invasiva en la práctica clínica. Importancia clínica y análisis de las bases metodológicas de los equipos disponibles para su evaluación. *Rev Urug Cardiol*. 2014;29:39-59.
10. Willum-Hansen T, Staessen JA, Torp-Pedersen C, Rasmussen S, Thijs L, Ibsen H, et al. Prognostic value of aortic pulse wave velocity as index of arterial stiffness in the general population. *Circulation*. 2006;113:664-70.
11. Ikonomidis I, Makavos G, Lekakis J. Arterial stiffness and coronary artery disease. *Curr Opin Cardiol*. 2015;30:422-31.
12. Vlachopoulos C, Aznaouridis K, Stefanadis C. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with arterial stiffness: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55:1318-27.
13. Boutouyrie P, Vermersch S, Laurent S, Briet M. Cardiovascular risk assessment through target organ damage: role of carotid to femoral pulse wave velocity. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2008;35:530-3.
14. Arnett DK, Evans GW, Riley WA. Arterial stiffness: a new cardiovascular risk factor? *Am J Epidemiol*. 1994;140:669-82.
15. Blacher J, Guerin AP, Pannier B, Marchais SJ, Safar ME, London GM. Impact of aortic stiffness on survival in end-stage renal disease. *Circulation*. 1999;99:2434-9.
16. Laurent S, Boutouyrie P, Asmar R, Gautier I, Laloux B, Guize L, et al. Aortic stiffness is an independent predictor of all-cause and cardiovascular mortality in hypertensive patients. *Hypertension*. 2001;37:1236-41.
17. Wang TJ. Assessing the role of circulating, genetic, and imaging biomarkers in cardiovascular risk prediction. *Circulation*. 2011;123:551-65.
18. Mitchell GF, Hwang SJ, Vasan RS, Larson MG, Pencina MJ, Hamburg NM, et al. Arterial stiffness and cardiovascular events: the Framingham Heart Study. *Circulation*. 2010;121:505-11.
19. Guerin AP, Blacher J, Pannier B, Marchais SJ, Safar ME, London GM. Impact of aortic stiffness attenuation on survival of patients in end-stage renal failure. *Circulation*. 2001;103:987-92.
20. Laurent S, Briet M, Boutouyrie P. Arterial stiffness as surrogate end point: needed clinical trials. *Hypertension*. 2012;60:518-22.
21. Hoffmann A, Isler R. Appréciation de l'aptitude à la pratique sportive sous l'angle cardiaque. *Forum Med Suisse*. 2007;7:889-94.
22. Serratos Fernández L. Adaptaciones Cardiovasculares del Deportista [Internet]. 2do Congreso Virtual de Cardiología; 2001 [citado 13 Abril 2017]. Disponible en: <http://www.fac.org.ar/scvc/llave/exercise/serrato1/serratoe.htm>
23. Carmona Puerta R, Ramos Martín R, Rabassa López-Calleja MA, Monzón León J, Pérez González L, Castro Torres Y, et al. Dispersión de la onda P incrementada en futbolistas de alto rendimiento y su relación con el tiempo de práctica deportiva. *CorSalud* [Internet]. 2013 [citado 13 Mar 2017];5:155-60. Disponible en: <http://www.corsalud.sld.cu/sumario/2013/v5n2a13/dispersionp.html>
24. Géoffroy Agbélé C, Prohías Martínez JA, Castro Arca AM, Mérida Álvarez O, García Hernández RA. Adaptaciones morfofuncionales evaluadas por ecocardiograma en deportistas masculinos de élite en triatlón. *CorSalud* [Internet]. 2014 [citado 13 Mar 2017];6:167-73. Disponible en: <http://www.corsalud.sld.cu/sumario/2014/v6n2a14/triatlon.html>
25. Otsuki T, Maeda S, Iemitsu M, Saito Y, Tanimura Y, Ajisaka R, et al. Relationship between arterial stiffness and athletic training programs in young adult men. *Am J Hypertens*. 2007;20:967-73.
26. Collier SR, Kanaley JA, Carhart R, Frechette V, Tobin MM, Hall AK, et al. Effect of 4 weeks of aerobic or resistance exercise training on arterial stiffness, blood flow and blood pressure in pre- and stage-1 hypertensives. *J Hum Hypertens*. 2008;22:678-86.
27. Aldama A, Viera A, Mena V, Porto F, Rial N. Ejercicio físico y elasticidad arterial en sujetos norma-

- les mayores de 55 años. *Rev Cubana Invest Bioméd* [Internet]. 2005 [citado 16 Mar 2017];24:21-31. Disponible en:
<http://scielo.sld.cu/pdf/ibi/v24n1/ibi03105.pdf>
28. Bertovic DA, Waddell TK, Gatzka CD, Cameron JD, Dart AM, Kingwell BA. Muscular strength training is associated with low arterial compliance and high pulse pressure. *Hypertension*. 1999;33:1385-91.
29. Tinoco-Cabral CE, Fernandes-Guerra FE, Zugno LM, Tinoco-Cabral SA, Dantas-Leite L, Fernandes Filho J, et al. El entrenamiento muscular no aumenta la rigidez arterial en humanos adultos y mejora el tono corporal. *Rev Salud Pública (Bogotá)*. 2013;15:601-13.
30. Radtke T, Schmidt-Trucksäss A, Brugger N, Schäfer D, Saner H, Wilhelm M. Ultra-endurance sports have no negative impact on indices of arterial stiffness. *Eur J Appl Physiol*. 2014;114:49-57.
31. Florescu M, Stoicescu C, Magda S, Petcu I, Radu M, Palombo C, et al. "Supranormal" cardiac function in athletes related to better arterial and endothelial function. *Echocardiography*. 2010;27:659-67.
32. Mosteller RD. Simplified calculation of body-surface area. *N Engl J Med*. 1987;317:1098.
33. Carrazana-Escalona R, Sánchez-Hechavarría ME, Ricardo-Ferro BT. Algoritmo para la detección de puntos clínicos de interés de la onda de pulso arterial [Internet]. *Convención Internacional de Ciencias Técnicas*. Universidad de Oriente; 2016 [citado 19 Mar 2016]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/profile/Miguel_Sanchez-Hechavarría/publication/305222298_Algorithm_for_the_detection_of_clinical_points_of_interest_of_the_arterial_pulse_wave/links/58235e7208ae61258e3ca94c.pdf?origin=publication_list
34. de Loño Capote J. La práctica del ejercicio en la infancia y en la adolescencia: factor prioritario para la salud física y mental. En: Asín Cardiel E, García Touchard A, eds. *Implicaciones cardiovasculares del ejercicio, el deporte y la obesidad*. Madrid: Fundación Ramón Areces; 2013. p. 275-80.
35. Carlos Bagnara I. Adaptaciones cardiovasculares al ejercicio físico: Una revisión de la literatura. *EFDeportes.com* [Internet]. 2010 [citado 19 Mar 2017];15. Disponible en:
<http://www.efdeportes.com/efd148/adaptaciones-cardiovasculares-al-ejercicio-fisico.htm>
36. González Juanatey JR. Fisiología del ejercicio y su repercusión cardiovascular. En: Asín Cardiel E, García Touchard A, eds. *Implicaciones cardiovasculares del ejercicio, el deporte y la obesidad*. Madrid: Madrid: Fundación Ramón Areces; 2013. p. 15-32.
37. Brillante DG, O'Sullivan AJ, Howes LG. Arterial stiffness indices in healthy volunteers using non-invasive digital photoplethysmography. *Blood Press*. 2008;17:116-23.
38. Guyton A, Hall J. *Tratado de Fisiología Médica*. 12ma ed. Barcelona: Elsevier; 2011. p.157-76.