ARTÍCULO ORIGINAL

Biometría hemática en el control médico del entrenamiento de deportistas cubanos de alto rendimiento

Hematic biometry in medical training monitoring of cuban *high*-performance *athletes*

Dra. Martha Chávez Pérez-Terán,[I] Dr. Fidel López Rosabal,[II] Dra. Yaumara Castro Gutiérrez,[II] Dra. Heidys Garrote Santana,[I] Dra. Olga M. Agramonte Llanes,[I] Lic. Ana Maria Simón Pita,[I] Lic. Elisa Suárez Cabrera,[II] Dra. Rosa María Lam Díaz[I]

[I] Instituto de Hematología e Inmunología. La Habana, Cuba.
[II] Instituto de Medicina del Deporte. La Habana, Cuba.

RESUMEN

Introducción: el control médico del entrenamiento deportivo lleva implícita la medición de parámetros hematológicos y de los índices eritrocitarios, incluido el conteo de reticulocitos, además de controles bioquímicos para velar por el estado de salud del deportista y obtener mejores resultados deportivos.
Objetivo: analizar el comportamiento de las variables de los estudios hematológicos realizados a los deportistas de las preselecciones que participaron en los juegos Panamericanos Guadalajara 2011.
Método: se realizó un estudio descriptivo transversal que tuvo como universo a 804 deportistas de alto nivel que integraban las preselecciones nacionales que se preparaban para constituir los equipos nacionales que participarían en los Juegos Panamericanos en Guadalajara, México, 2011. A todos se les realizó el perfil hematológico como parte del pasaporte biológico establecido para este tipo de competición. Además, a 328 se les realizó electroforesis de hemoglobina.
Resultados: se encontraron cifras de hemoglobina y hematocrito significativamente más bajas en el sexo femenino. La concentración de hemoglobina corpuscular media presentó diferencias significativas por grupo de deporte. En los deportistas a quienes se les realizó electroforesis de hemoglobina se encontraron 15 AS.
Conclusiones: los hallazgos de esta investigación son de gran utilidad para el diagnóstico y seguimiento de la salud de los deportistas de alto rendimiento sometidos a fuertes cargas físicas de trabajo.

Palabras clave: pasaporte biológico, perfil hematológico, AS, deportista de alto rendimiento.

ABSTRACT

Introduction: medical management of sports training implies the measurement of hematological parameters, red cell indices, reticulocyte count and biochemical controls to care for the athletes´ health condition and to obtain higher sports scores.
Objective: to analyze the behavior of the variables in hematological studies of athletes who participated in the presets Pan American Games Guadalajara 2011.
Methods: a descriptive cross-sectional study was carried out with a universe of 804 high-performance athletes from national teams, who were training to participate in the Pan American Games in Guadalajara, Mexico, 2011. Hematological profile was performed as part of the biological passport established for this type of competition. Additionally, a hemoglobin electrophoresis was carried out in 328 of them.
Results: significantly lower hemoglobin and hematocrit figures were found in females. The Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration (MCHC) showed significant differences by group of sports. In athletes who underwent electrophoresis, Hb 15 AS were found.
Conclusions: the findings of this research are useful for diagnosis and health monitoring of athletes of high-performance, under heavy physical workloads.

Keywords: biological passport, hematological profile, AS, high performance athlete.

INTRODUCCIÓN

La Medicina del Deporte es una especialidad clínica basada en ciencias básicas aplicada al deporte, fundamentalmente la bioquímica y la fisiología del ejercicio. Su objetivo es evaluar sistemáticamente el estado funcional de los deportistas para establecer los límites de resistencia a los esfuerzos físicos a que son sometidos como parte del entrenamiento, así como su capacidad de recuperación para prevenir afectaciones y optimizar el rendimiento deportivo en la alta competición.

El adecuado control médico del entrenamiento deportivo lleva implícita la medición de marcadores hematológicos, en especial la hemoglobina (Hb), el hematocrito (Hto), los índices eritrocitarios, el conteo de reticulocitos; y controles bioquímicos, los que facilitan la evaluación del estado de salud del deportista con un enfoque preventivo, de diagnóstico y seguimiento.

El ejercicio físico de moderado a intenso genera diferentes respuestas en un individuo, en dependencia del tipo y duración del ejercicio. Desde el punto de vista funcional afecta los diferentes sistemas del organismo. En el sistema hematológico se presentan modificaciones en el volumen sanguíneo, en la actividad y poblaciones leucocitarias y en el tiempo de vida eritrocitaria que genera una anemia aparente que ha sido tema de amplia discusión. Esta anemia puede, dentro de múltiples factores, estar asociada a hemólisis, la cual se relaciona a su vez con diferentes

mecanismos osmóticos o el estrés oxidativo. Todos estos factores se relacionan entre sí y redundan en un menor rendimiento en el practicante de una actividad física y por supuesto, en el del deportista.[1]

Paul Sorace y John Patzan plantean que en la anemia deportiva los niveles séricos de hierro (Fe) y Hb se diluyen por incremento en el volumen plasmático total. Esto es frecuente en deportistas de resistencia y corredores de fondo, en los que también se produce *anemia de origen mecánico* (*footstrike anemia*) o hemólisis por esfuerzo, originada por los continuos microtraumatismos del pie contra el suelo.[2] Este tipo hemólisis de glóbulos rojos puede producirse también en el entrenamiento con sobrecarga, por ejemplo, en el remo y la danza aeróbica.

Diversos autores señalan los efectos negativos de la anemia en la capacidad para realizar ejercicios y cómo influye en el rendimiento óptimo.[3]

El mecanismo por el que se produce esta expansión del volumen plasmático probablemente está relacionado con aumentos en la producción de ciertas hormonas como la aldosterona, vasopresina y renina, y de un aumento de la síntesis de albúmina por el hígado. Esto explica por qué algunos estudios encuentran mayor prevalencia de niveles bajos de Hb en deportistas.[4]

Las pérdidas de Fe vienen asociadas a la realización de ciertas modalidades de deportes de resistencia de larga duración, entre otros factores, por el estrés oxidativo inducido por el ejercicio. Esto implica que las pérdidas del mineral sean más elevadas en estos deportes.[5]

Se dan casos de deficiencia de Fe en deportes de resistencia y se observan también frecuentemente casos de este déficit, en deportes de equipo y especialmente en equipos femeninos.[6]

Se plantea que el deportista de alto rendimiento es aquel que compite en alto nivel, que realiza como mínimo 6 unidades de entrenamiento por semana y su rendimiento físico es elevado.

El rendimiento superior de los deportistas de hoy en día es el resultado de una compleja combinación de diversos factores como: genéticos, características antropométricas, rasgos cardiovasculares heredados, tipo de entrenamiento, estado nutricional y de salud. Todas estas características de cada deportista deben ser evaluadas previo al inicio de competiciones donde se requiera un alto desempeño físico.[7]

Los organismos internacionales del deporte decretaron y aplican a los deportistas de alto nivel la realización del pasaporte biológico (PB) con la finalidad de controlar biomarcadores (parámetros biológicos del deportista) que evidencian indicios de dopaje en su actuación. En él se evalúan tres perfiles diferentes derivados de los resultados de los controles sanguíneo y urinario: hematológico, esteroideo y endocrinológico. El PB es un registro de toda la información biológica de un atleta, para darle un seguimiento a los niveles de los compuestos de sangre y orina que pueden ser alterados por sustancias o métodos dopantes. Los biomarcadores del perfil hematológico son: Hto, Hb, cómputo de glóbulos rojos (RBC), porcentaje de reticulocitos (RET %), cómputo de reticulocitos (RET #), volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM) y concentración media de hemoglobina corpuscular (CHCM).[8,9]

Cuba participa en eventos internacionales donde los deportistas son sometidos a rigurosos chequeos médicos antes, durante y después de las competencias. En este trabajo se analiza el comportamiento de las variables de los estudios hematológicos realizados a los deportistas de las preselecciones que participaron en los juegos Panamericanos Guadalajara 2011.

MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo transversal que tuvo como universo a 804 deportistas de alto nivel que integraban las preselecciones nacionales que se preparaban para constituir los equipos nacionales que participarían en los Juegos Panamericanos de Guadalajara, México, 2011. A todos se les realizó el perfil hematológico como parte del pasaporte biológico.

Estos deportistas se encontraban en preparación general con volumen de entrenamiento moderado e intensidad ligera o baja; donde los volúmenes estaban dados por la cantidad de repeticiones o el tiempo de entrenamiento, y la intensidad por la frecuencia cardiaca que se alcanza durante las repeticiones o cargas. Los estudios se realizaron en reposo antes de la unidad de entrenamiento del día, constituida por todas las cargas físicas aplicadas al atleta durante ese día de entrenamiento.

Los biomarcadores escogidos y valores de referencia fueron: Hto, Hb, Ret (0,5-2 %), VCM (80-100¦L), HCM (28-32 pg.), CHCM (320-360 g/L). Los rangos que se consideran según criterios de anemia del deportista son: cifras de Hb inferiores a 130 g/L y Hto< 40 % en hombres y Hb inferiores a 120 g/L y Hto< 37 % en mujeres.

Se determinaron las variables: Hb, Hto, VCM, HCM y CHCM, mediante un equipo automatizado (*Sysmex XT 1800*, Japón), el porcentaje de reticulocitos por método manual (azul brillante de crecilo), y la lectura de láminas coloreadas por microscopia óptica. A una submuestra de 328 atletas se les realizó la electroforesis de hemoglobina en geles de agarosa en equipo *HYDRASIS*, Sebia, Francia.

Todos los deportistas se clasificaron por grupos de deportes: juegos con pelotas, combate, arte competitivo, resistencia, fuerza rápida; y por género, masculino y femenino.

Análisis estadístico

El procesamiento de los datos se realizó utilizando el programa SPSS versión 15.0 para Windows. Como medidas de resumen para las variables cuantitativas se utilizaron la media y la desviación estándar; y para las cualitativas, las frecuencias absolutas y los porcentajes. La comparación de las variables cuantitativas entre los sexos se realizó mediante la t Student. Para la comparación de las variables cuantitativas entre los grupos de deportes se empleó el análisis de varianza de un factor y en caso de encontrarse diferencias estadísticamente significativas, se aplicó *a posteriori* la prueba de Scheffé. La determinación de asociación entre variables se realizó empleando la prueba de Chi Cuadrado de independencia. En todos los casos se consideraron significativos los valores de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

El promedio de Hb y Hto en todos los deportistas fue de 138,18 g/L y 43,12, respectivamente. El conteo de reticulocitos resultó ligeramente aumentado y la CHCM disminuida (tabla 1).

Tabla 1. Media y desviación estándar de los parámetros hematológicos estudiados

Parámetro	Número	Media	Desviación estándar
Hemoglobina (g/L)	801	138,18	15,8
Hematocrito (%)	802	43,12	4,99
Reticulocitos (%)	414	2,23	1,70
Volumen corpuscular medio (*f*L)	800	92,93	32,37
Hemoglobina corpuscular media (pg)	802	30,53	18,23
Concentración de hemoglobina corpuscular media (g/L)	802	288,81	90,96

Se encontró anemia en 96 (11,9 %) deportistas; de ellos, 73 (76 %) del sexo femenino y 23 (24 %) del masculino. En estos, la media de Hb fue de 109,33 g/L para las mujeres y 123,73 g/L para los hombres. El promedio del Hto fue 36,91 %, para el sexo femenino y 41,32 % para el masculino. Al comparar ambos parámetros entre los sexos se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p< 0,05$). Los valores de Hb estuvieron por debajo de las cifras establecidas, no así el Hto.

El promedio de Hb no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de deportes, con los resultados siguientes: 137,2 g/L en juegos con pelota; 136,3 g/L en combate; 140 g/L en fuerza rápida y velocidad; 141 g/L en arte competitivo; y 140,1 g/L en resistencia. La comparación global de las constantes corpusculares por grupos de deportes solo mostró diferencia significativa en la CHCM, entre los grupos con pelotas y de combate y entre los deportes de combate y de resistencia ($p< 0,05$) (Fig. 1).

El promedio de Hto no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de deportes, con valores de 43,3 % en juegos con pelota, 42,2 % en combate, 44 % en fuerza rápida y velocidad, 43,6 % en arte competitivo y 42,9 % en resistencia. El conteo de reticulocitos tampoco mostró diferencias significativas con promedios de 2,2 % en el grupo de juegos con pelotas; 2,3 % en el de combate; 2,1 % en el de fuerza rápida y velocidad; 1,6 % en el de arte competitivo y 2,5 % en el de resistencia (Fig. 2).

Entre los deportistas a los que se les realizó electroforesis de Hb (40,7 %), 15 fueron portadores de AS (4,5 %) y 2 de AC (0,6 %). Los portadores de Hb S se encontraron en los deportes de juegos con pelotas (4,7 %); combate 9,1 %; fuerza rápida y velocidad 8,1 %, arte competitivo 4,2 % y resistencia 1,3 %; y los de Hb C, en fuerza rápida y velocidad (2,7 %) y 1,3 % en resistencia (tabla 2).

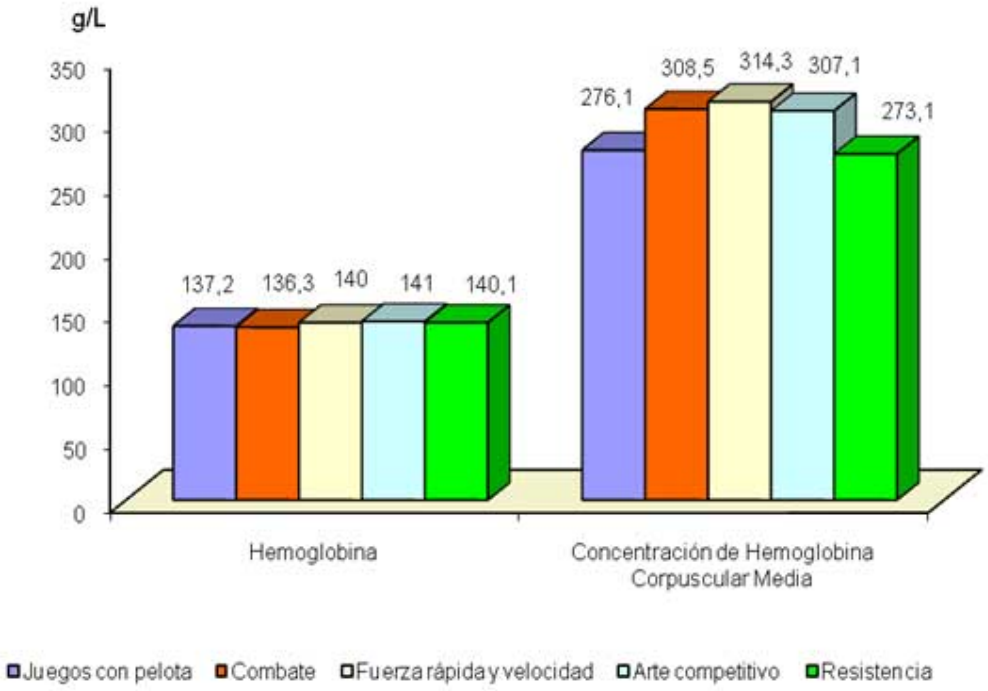

Fig. 1. Hemoglobina y concentración de hemoglobina corpuscular media en deportistas de alto rendimiento según grupos de deporte.

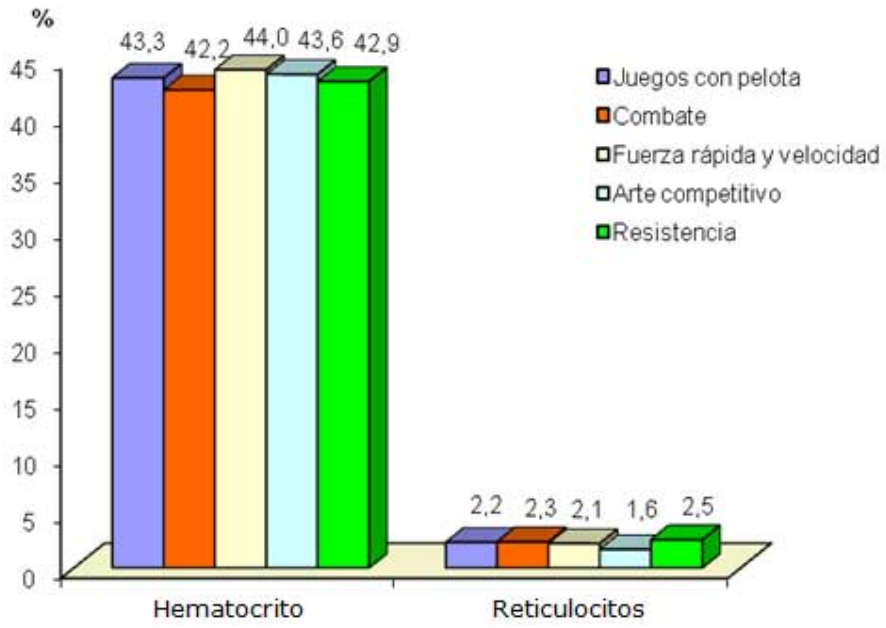

Fig. 2. Hematocrito y reticulocitos en deportistas de alto rendimiento según grupos de deporte.

Tabla 2. Electroforesis de hemoglobina en deportistas de alto rendimiento según grupos de deportes

Grupos de deportes	AA		AC		AS		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Juegos con pelota	141	95,3	0	0,0	7	4,7	148	100
Combate	20	90,9	0	0,0	2	9,1	22	100
Fuerza rápida y velocidad	33	89,2	1	2,7	3	8,1	37	100
Arte competitivo	46	95,8	0	0,0	2	4,2	48	100
Resistencia	71	97,2	1	1,4	1	1,4	73	100
Total	311	94,8	2	0,6	15	4,6	328	100

DISCUSIÓN

La anemia del deporte se estableció para designar un estado límite propio de individuos que practican actividad física de forma regular. La deficiencia de Fe es la carencia nutricional más común y la causa más frecuente de anemia del mundo. Esta adquiere especial importancia en el ámbito deportivo. Los resultados de este estudio demuestran que las mujeres fueron las de mayor disminución de los parámetros hematológicos definitorios de anemia. En la literatura se reporta mayor frecuencia de anemia en las mujeres, en quienes las necesidades y las pérdidas diarias de hierro son mayores debido fundamentalmente a las pérdidas menstruales, por el sudor, o durante los entrenamientos por la ruptura de los eritrocitos; incluso se puede perder a través del tracto gastrointestinal durante los entrenamientos. Recientemente, el metabolismo del hierro alterado en los atletas se ha atribuido al aumento de la hepcidina en el post-ejercicio.[10]

La anemia en los deportistas conduce a un menor rendimiento físico. Generalmente, los deportistas son susceptibles al descenso de los depósitos de hierro, fundamentalmente por un incremento en su utilización, por su pérdida, o por una ingesta insuficiente. Las anemias suelen ser secundarias a hemólisis y estrés oxidativo derivados de la práctica del deporte, pero también se han documentado casos por aumento de las pérdidas de hierro asociadas a la práctica de ejercicio.[11]

En especial los que practican deportes de resistencia (maratonistas, ciclistas, etc.) son un grupo en el que el déficit de hierro suele ser muy frecuente debido a las pequeñas hemorragias digestivas producidas por la falta de aporte sanguíneo a las vísceras durante el ejercicio, ya que los músculos activos necesitan un mayor flujo sanguíneo para realizar su actividad física.[12]

Los estudios acerca de la repercusión de la anemia en el rendimiento deportivo han comentado que la disminución de la Hb y el consumo de oxígeno son proporcionales, por lo que una caída de 3 g/dL ocasiona un descenso del consumo de oxígeno del 1 %.[13]

Dada la importancia de la hemoglobina en la liberación de oxígeno al músculo y obtención de energía en el metabolismo aeróbico, hacen que en el mundo se realicen diferentes investigaciones que han demostrado que existe una estrecha relación entre consumo de oxígeno, concentración de hemoglobina y volumen sanguíneo.[2,13]

Al respecto se ha demostrado que hacer ejercicio al 75 % del volumen máximo de oxígeno produce una reducción en el volumen del plasma de entre el 5 y el 10 %. Por ello es recomendable realizar correcciones del volumen plasmático cuando se analizan parámetros bioquímicos en ejercicios de alta intensidad. Esta relación entre el plasma y los eritrocitos suele expresarse mediante el valor del Hto. La comparación de los cambios inducidos por el ejercicio en los valores de Hto y concentración de proteínas plasmáticas han dado resultados contradictorios.[14]

En este sentido se ha propuesto la estimación de los cambios del plasma sanguíneo basada en los valores del Hto y la concentración de hemoglobina, ya que estos dos parámetros están directamente relacionados.

Por otra parte, una disminución de la Hb con una volemia sin cambios produce una reducción del consumo máximo de oxígeno y por tanto, del rendimiento deportivo. La disminución de la Hb asociada a un aumento del volumen sanguíneo, puede no modificar el volumen máximo de oxígeno ni el rendimiento, ya que la disminución del oxígeno arterial disponible se podrá compensar con un mayor trabajo cardíaco por aumentar la volemia circulante dentro de niveles concretos y en individuos entrenados.[15]

Actualmente se continúan estudiando los mecanismos relacionados con la pérdida de hierro inducida por el ejercicio en deportistas y la influencia de la hormona reguladora del hierro, la hepcidina, péptido producido en el hígado que actúa como regulador negativo de la absorción intestinal de hierro y de su reciclaje. El aumento de niveles de hepcidina se produce habitualmente como respuesta homeostática a estímulos inflamatorios o niveles elevados de hierro. Recientemente, se ha demostrado que factores como la frecuencia de entrenamiento, la modalidad de ejercicio y las prácticas nutricionales pueden afectar la actividad de esta hormona. Además, se ha planteado que la respuesta a la hepcidina de deportistas deficientes de hierro puede ser diferente a la de aquellos con reservas normales del mineral. Aunque la respuesta inflamatoria inducida por el ejercicio será evidente aún en los deficientes, aún no está claro cuál mecanismo regulador (la inflamación o el bajo nivel de hierro) ejercerá mayor influencia sobre la subsecuente respuesta de la hepcidina post ejercicio. Al respecto, se recomienda que cuando se trabaja con atletas con niveles subóptimos de hierro (ferritina sérica 30-50 mg/L), el enfoque médico debe ser no, solo sobre la suplementación con hierro, sino también sobre el tiempo de esta para prevenir los periodos de picos de hepcidina post ejercicio.[16,17]

El Hto disminuye por aumento del volumen plasmático debido a disminución del número de eritrocitos en el curso, principalmente de anemias crónicas a las que pueden llegar muchos deportistas por una mala preparación sin ningún control o seguimiento científico, generalmente por deficiencia de hierro. También puede suceder aumento del volumen plasmático por hemodilución: es la llamada pseudoanemia del deportista.[15]

En esta prueba se mide el porcentaje de eritrocitos que transportan oxigeno frente al volumen total de sangre, por lo que podemos conocer el estado hematológico del deportista, y existen muchos factores que lo modifican, como son: el volumen plasmático, la deformidad de los glóbulos rojos y la hemolisis.

La viscosidad sanguínea se relaciona directamente con el Hto, se describe la disminución del consumo de oxígeno por un deficiente transporte y un desplazamiento hacia la izquierda de la curva de disociación de la Hb por hiperviscosidad sanguínea, que ocurre en la hemoconcentración secundaria a la deshidratación y a la disminución del volumen plasmático en la altura. El Hto es entonces un criterio de adaptación a las cargas de trabajo en condiciones de altitud y, por lo tanto, puede ser un pronóstico de rendimiento en la altura.

La prueba de Hto es el llamado control de dopaje sanguíneo en el cual se presume el consumo de eritropoyetina ante valores iguales o superiores a 50 % que no disminuyen en una semana.[18]

Al analizar los índices eritrocitarios encontramos niveles disminuidos de la CHCM, relacionados, fundamentalmente, con los estados hipóxicos y el entrenamiento de altura. Se ha demostrado que la CHCM disminuye inmediatamente después de un maratón, debido a las situaciones de hemólisis creadas en la carrera, y por la gran cantidad de eritrocitos inmaduros liberados que poseen una menor proporción de Hb en su interior y tampoco es afectada por la hemodilución.[1,15]

El recuento de eritrocitos en sangre con frecuencia está aumentado en los primeros momentos del ejercicio, probablemente por simple hemoconcentración (transferencia de líquido sanguíneo a los tejidos). Durante ejercicios más prolongados el líquido pasa a la sangre, por lo que hay hemodilución.

La presencia de reticulocitosis es una razón de adaptación a las cargas de trabajo de predominio aeróbico para mejorar el transporte de oxígeno, y puede ser una respuesta beneficiosa temprana ante el estímulo de hipoxia durante el entrenamiento en altura.[13,18,20]

La analítica de reticulocitos en medicina deportiva se deriva de su sensibilidad; es el más alto entre los parámetros hematológicos en la identificación de la estimulación de la médula ósea, especialmente cuando se utiliza de manera fraudulenta la eritropoyetina humana recombinante.[19,20] El papel de los reticulocitos se hizo evidente cuando el recuento de los eritrocitos inmaduros fue introducido en los protocolos utilizados para fines antidopaje.[20]

La Hb y el Hto se reducen durante los más intensos períodos de formación, a lo largo de la temporada. En diferentes disciplinas deportivas, la disminución de la Hb varía del 3 al 8 % durante la temporada de competición, mientras que el rango de Ret % oscila entre el 5 al 21 %. Los reticulocitos también disminuyen después de largos periodos de entrenamiento y las competiciones, pero su variación no se asocia necesariamente con el de la Hb. Las variaciones cualitativas (tendencia de modificaciones) de los parámetros hematológicos, son más o menos independientes de la disciplina deportiva, pero cuantitativamente (cantidad de modificaciones) dependen de la disciplina deportiva.[21]

Cuando se administra eritropoyetina recombinante humana (EPO) estimula la producción de reticulocitos, sus niveles son muy sensibles a los efectos de la EPO, por lo que es muy importante el conocimiento del comportamiento de los reticulocitos en el control médico del entrenamiento y competiciones, fundamentalmente para el control antidoping.[13,18-20]

La anemia falciforme es la enfermedad hereditaria más frecuente en el mundo, reconocido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como un problema prioritario de la salud pública. Más del 70 % viven en el continente africano, donde nacen cada año aproximadamente entre 150 000 y 300 000 individuos homocigóticos.

En general, la prevalencia del rasgo falciforme oscila entre el 10 y el 40 % en África Ecuatorial y disminuye al 1 %-2 % en la costa norteafricana.[22]

En Cuba, es la anemia hemolítica más frecuente. Se calcula que el número de portadores de hemoglobina S en nuestro país es de alrededor de 300 000, y el número de enfermos, aproximadamente 4 000. La enfermedad está distribuida en todo el territorio nacional con un mayor número de enfermos en La Habana y las provincias del sur de la región oriental.[23] La incidencia del estado del portador (AS) es del 3 % en la población general y del 6 % en la negra y mestiza.[24] La identificación de portadores AS en esta serie puede estar relacionada con la frecuencia de portadores de estas hemoglobinas en la población cubana.

El portador de hemoglobina AS es generalmente asintomático, pero en la realización de algunas actividades físicas intensas presentan diferentes anormalidades como hipostenuria, hematuria, necrosis tubular renal, bacteriuria asintomática en mujeres,[25] infartos esplénicos cuando se exponen a prolongada hipoxia, como por ejemplo, al ascender a grandes alturas. Cuando realizan ejercicios intensos, la saturación de oxígeno disminuye el 50 % *in vitro* (la saturación desciende el 25 % en la prueba de sicklemia: basada en la desoxigenación de la sangre *in vitro* cuando se pone en contacto con un agente reductor), lo que brinda un margen de seguridad; sin embargo, puede ser riesgosa si se asocia a deshidratación, acidosis o cambios bruscos de temperatura corporal. Se ha reportado muerte súbita de deportistas y reclutas AS sometidos a intensas cargas de entrenamiento físico, además de rabdomiolisis, insuficiencia renal aguda, coagulación intravascular diseminada, cáncer renal, trombosis venosas, hifema y síndromes toráxicos agudos.[25-28]

En relación con este hallazgo en deportistas AS, se recomienda que a aquellos que van a ingresar a la pirámide de alto rendimiento se les realice previamente el estudio de electroforesis de hemoglobina, además de los exámenes controlados que enuncien precozmente el riesgo real de las complicaciones, como la disfunción autonómica cardiovascular, pesquisa inmunológica y renal buscando disfunción y tumor renal, exámenes oftalmológicos, dopplers transcraneal y de otros órganos, pruebas funcionales respiratorias y evaluación de la hemostasia. Se sugiere también, la no realización de ejercicios intensos ni entrenamiento en alturas y no viajar en aviones no presurizados.

Los hallazgos de esta investigación son de gran utilidad para el diagnóstico y el seguimiento de la salud de los atletas de alto rendimiento sometidos a fuertes cargas físicas de trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bonilla-Briceño JF. Respuesta hematológica al ejercicio. Rev Ciencias Salud. 2005 jul-dic;3(2):206-16.

2. Sorace P, Patzan P. Anemia and Its Effects on Performance. Strength *&* Conditioning J. 2007 Aug;29(4):25-28.

3. Myers JN, Herbert WG, Humphrey R, Figoni SF, Nieman DC, Pitetti KH. ACSM´s Resources for Clinical Exercise Physiology. Baltimore: Lippincott Williams *&* Wilkins; 2002. p. 233-42.

4. Riera J. Anemia en el deporte, Rev. Saludinámica: Atlerismo II, ed: Área científica de Menarini. ENG-812. Febrero 2011. [citado marzo 25, 2014]. Disponible en: http://blog.intersport.es/nutrición-salud/anemia-en-el deporte-ii/

5. Shaskey DJ, Green GA. Sports haematology. Sports Med. 2000;29:27-38.

6. Mielgo-Ayuso J, Urdampilleta A, Martínez-Sanz JM, Seco J. Dietary iron intake and deficiency in elite women volleyball players. Nutr Hosp. 2012 Sep-Oct; 27(5):1592-7. doi: 10.3305/nh.2012.27.5.5948.

7. Calva Pastén EA, Busto Villarreal JM, VidalIxta MT, Moreno Aranda A. Evaluación precompetitiva en el deportista de alto rendimiento. (Internet) Centro de Evaluación médica de la clínica de medicina deportiva del club de fútbol Pachuca. [Actualizado: 25.07.2011 22:50] [citado 26 de marzo 2014]. Disponible en: http://medicotuzo.webnode.es/news/evaluacion-precompetitiva-en-el-deportista-de-alto-rendimiento-/

8. Amilibia Pérez G. El pasaporte biológico: luces y sombras. ¿Todo vale? (Internet) El portal jurídico del deporte (editor). 2012. [citado 27 de marzo de 2014]. Disponible en: http://www.iusport.es

9. Díaz-Bultrón M. Pasaporte biológico. [citado 27 de marzo de 2014]. Disponible en: http://www.sportsandhealth.com.pa/index.php?option=com_content&view=article&id=336:el-pasaporte-biologico&catid=20:deportes&Itemid=77

10. Sim M, Dawson B, Landers G, Trinder D, Peeling P. Iron regulation in athletes: exploring the menstrual cycle and effects of different exercise modalities on hepcidin production. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2014 Apr;24(2):177-87.

11. Urdampilleta A, Martínez-Sanz JM, Mielgo-Ayuso J. Anemia ferropénica en el deporte e intervenciones dietético nutricionales preventivas. Rev Esp Nutr Hum Diet. 2013;17:155-64.

12. Tarrío H. Anemia en deportistas de fondo, Nutrición Deportiva, Buena Forma. Febrero 19, 2013. [Visitado: marzo 28, 2014]. Disponible en: http://www.buenaforma.org/2013/02/19/anemia-en-deportistas-de-fondo/

13. Urdampilleta A, Martínez-Sanz JM, Alvarez-Herms J. Cambios producidos en el metabolismo del hierro, parámetros hematológicos y hormonales inducidos por la práctica físico-deportiva. EFDeportes.com. Revista digital. (Buenos Aires). 2012 [citado marzo 28, 2014] septiembre; 17(172). Disponible en: http://www.efdeportes.com/efd172/el-metabolismo-del-hierro-practica-fisico-deportiva.htm

14. Brazo Sayavera J. Efectos del grado de entrenamiento sobre parámetros ergoespirométricos, metabólicos y de estrés oxidativo en diferentes intensidades de esfuerzo. [Tesis para optar al grado de Doctor], con mención europea por la Universidad de Extremadura. Cáceres. Universidad de Extremadura, marzo de 2011.

15. González Gallego J. Fisiología de la actividad física y del deporte, 1ra. Ed. en español. Madrid: McGRAW-HILL-INTERAMERICANA DE ESPAÑA: 1992. p. 138-42.

16. Peeling P, Sim M, Badenhorst CE, Dawson B, Govus AD, Abbiss CR, et al. Iron Status and the acute post-exercise hepcidin response in athletes. PLoS One. 2014 Mar; 9(3): e93002. doi:10.1371/journal.pone.0093002.

17. Forrellat-Barrios M, Fernández-Delgado N, Hernández-Ramírez P. Regulación de la hepcidina y homeostasis del hierro: avances y perspectivas. Rev Cubana Hematol Inmunol Hemoter. 2012 Dic;28(4):347-56. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-02892012000400004&lng=es

18. Moreno-Lemos SM. Importancia de las valoraciones bioquímicas como medio de control del entrenamiento en deportistas de alto rendimiento. (Monografía en Internet) Bogotá: Medicina Deportiva del Instituto Distrital de Recreación y Deporte. [citado marzo 28, 2014]. Disponible en: http://www.monografias.com/trabajos60/bioquimica-control-deportistas/bioquimica-control-deportistas.shtml

19. Banfi G. Reticulocytes in sports medicine. Sports Med. 2008;38(3):187-211.

20. Banfi G, Tavana R, Freschi M, Lundby C. Reticulocyte profile in top-level alpine skiers during four consecutive competitive seasons. Eur J Appl Physiol 2010 Jun;109(3):561-8. doi: 10.1007/s00421-010-1382-1.

21. Banfi G, Lundby C, Robach P, Lippi G. Seasonal variations of haematological parameters in athletes. Eur J Appl Physiol. 2011 Jan;111(1):9-16.

22. Fernández Aguila J, Pérez Cogle A, Fragoso M, Rivero Jimenez R. El diagnóstico temprano de la anemia falciforme: un problema no resuelto en África negra. Rev Cubana Hematol Inmunol Hemoter. 2012;28(2):195-7.

23. Svarch E, Hernández-Ramírez P, Ballester-Santovenia J. La drepanocitosis en Cuba. Rev Cubana Hematol Inmunol Hemoter [revista en la Internet]. 2004 Ago [citado 2014-05-20];20(2): Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-02892004000200009&lng=es

24. Colombo B, Svarch E, Martínez G. Genética y clínica de las hemoglobinas humanas. La Habana: Pueblo y Educación, 1994.

25. Frisancho OE, Ichiyanagui-Rodríguez C. Infarto de bazo y Hemoglobinopatía S en la altura. Rev Gastroenterol Perú. 2012;32(1):68-78.

26. Chamberland DL. Esplenic infarction in an African American male with sickle cells trait. At J Hemat. 2007 Jan;82(1):86-7.

27. Connes P, Hardy-Dessources MD, Hue O: Counterpoint: Sickle-cell trait should not be considered asyntomatic and as e benign condition during physical activity. J Appl Physiol. 2007 Dec;103(6):2138-40.

28. Tsaras G, Owusu-Ansah A, Boateng FO, Amoateng-Adjepong Y. Complications Associated with Sickle Cell Trait: A Brief Narrative Review. Am J Med. 2009 Jun;122(6):507-12. doi: 10.1016/j.amjmed.2008.12.020.

Recibido: 2 de julio de 2014.
Aceptado: 29 de agosto de 2014.

Dra. *Martha D. Chávez Pérez-Terán*. Instituto de Hematología e Inmunología. Apartado 8070, La Habana, CP 10800, Cuba. Tel (537) 643 8695, 8268. Fax (537) 644 2334. E mail: rchematologia@infomed.sld.cu