

## Valores de hematocrito y de hemoglobina en deportistas evaluados en Instituto de Deportes de Medellín (Colombia)

### Hematocrite and hemoglobine values in sportsmen assessed at the Sports Institute of Medellin, Colombia

MARTHA LUCÍA ORREGO • MEDELLÍN

#### Resumen

**Objetivo:** determinar los valores del hematocrito (hcto) y de la hemoglobina (hb), que pudieran aproximarse a los valores de referencia de los deportistas evaluados en el laboratorio clínico del Instituto Departamental de Deportes de Antioquia (Indeportes), para obtener parámetros de comparación que permitan una interpretación más precisa de estas mediciones.

**Diseño:** estudio transversal, prospectivo.

**Participantes:** la muestra la constituyeron las mediciones de 432 deportistas (234 hombres y 198 mujeres) aparentemente sanos, con edades entre 15 y 49 años, que cumplieron con los criterios de inclusión, a quienes se les realizaron 656 mediciones de hcto y de hb durante los años 2003, 2004 y 2005.

**Metodología:** se realizó un análisis del hcto y de la hb considerando el sexo, teniendo en cuenta los grupos de edad en cada sexo (15-17 años, 18-24 años y 25 años en adelante), y considerando el grupo de deporte en cada sexo (1. Grupo de arte competitivo, 2. Grupo de combate, 3. Grupo de fuerza, 4. Grupo de juegos con pelota y 5. Grupo de resistencia). Se establecieron intervalos de referencia al 95% para el hcto y para la hb en cada uno de los cinco grupos de deportes en ambos sexos, utilizando la metodología del Bootstrap.

**Resultados:** se encontraron las diferencias ya reportadas por otros estudios en los valores del hcto y de la hb entre ambos sexos. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los cinco grupos de deportes para el hcto en ambos sexos, ni para la hb del sexo masculino; sólo se encontraron diferencias en un borde de significancia para la hb ( $p=0,054$ ) entre el grupo de deportes de combate vs el grupo de deportes de resistencia del sexo femenino. Tampoco se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre los tres grupos de edad para el hcto ni para la hb en ambos sexos.

**Conclusiones:** la obtención de intervalos de referencia para el hcto y para la hb en los cinco grupos de deportes estudiados en cada sexo, permitirá optimizar la metodología utilizada para la interpretación de estas mediciones en el control y seguimiento de esta población deportiva.

Los intervalos de referencia obtenidos para el hcto y para la hb en los deportistas del sexo masculino, indican que algunos deportistas de esta población que no utilizan ninguna clase de *doping* pueden exceder los límites críticos establecidos para estas pruebas sanguíneas por algunas federaciones deportivas internacionales y nacionales, con el fin de prevenir el uso de la eritropoyetina recombinante humana exógena y otras formas de *doping* sanguíneo, y preservar la integridad física de los participantes en las competencias; por tal motivo, estos deportistas pueden ser excluidos sin justificación de las competencias.

Igualmente, los resultados plantean que es posible encontrar hctos superiores a 50% en deportistas del sexo masculino que residen en alturas inferiores a 2.000 metros sobre el nivel del mar (msnm) como en los que residen en alturas superiores.

Teniendo en cuenta que este es el primer estudio sobre parámetros hematológicos en deportistas que se realiza en Colombia, se espera que constituya un punto de partida a nivel nacional. (*Acta Med Colomb* 2007; 32: 196-205)

**Palabras claves:** *hematocrito, hemoglobina, deportistas, grupos de deportes.*

Dra. Martha Lucía Orrego Londoño:  
Magíster en Epidemiología, Especialista  
en Estadística. Bacterióloga, Instituto  
Departamental de Deportes de Antioquia  
(Indeportes)

Correspondencia: Martha Lucía Orrego  
Londoño, Calle 48 No. 70-180, Teléfono:  
2602111 Extensión 267, Fax: 2600160,  
Medellín, Antioquia (Colombia).

E-mail: marthaorrego@yahoo.com

Recibido: 02/VIII/07 Aceptado: 17/X/07

## Abstract

**Objective:** determining the hematocrite (hct) and hemoglobin (hgb) values that could approach the reference values of sportsman assessed at the “Laboratorio Clínico del Instituto Departamental de Deportes de Antioquia, (INDEPORTES)”, to obtain comparison parameters for a more precise interpretation of these measurements.

**Design:** cross Sectional prospective Study.

**Participants:** the simple measurements of 432 apparently healthy sportsmen (234 men and 198 women), ages between 15 and 49 years that met all the inclusion criteria, in whom 656 hct and hgb were measured during 2003, 2004 and 2005.

**Methodology:** hct and hgb analysis were performed taking into account gender, age groups in each gender (15-17 years, 18-24 years and from 25 years up), and taking also into account the sports group in each gender (1-Group of competitive Art de Art, 2-Group, Combat, 3-Group, Strength, 4-Group ball games and 5 Group, Endurance). The reference intervals were at 95% for hct and hgb in each one of the 5 sports groups in both genders, using the Bootstrap methodology.

**Results:** the differences in the hct and hgb values in both genders found have already been reported in other studies. No significant statistical differences in hct. were found among the 5 sports groups in both genders, or for hgb. in males, there were only significant borderline differences in hmgb ( $p=0.054$ ) in the Combat vs. the endurance group in females. There were no statistically significant differences in the three age groups for hct or for hgb in both genders.

**Conclusions:** the reference intervals for hct and hgb in the 5 sports groups studied in each gender will help optimizing the methodology used for the interpretations of these measurements in the control and follow up of this sportsmen population.

The reference intervals obtained for hct and hgb in male sportsman, indicate that those that do not use any doping substance may exceed the critical limits established for these blood tests by some International and National Sports Federations, to prevent the use of human exogenous recombinant erythropoietin and other forms of doping and preserve the physical integrity of those who participate in the competitions; it is for that reason that these sportsmen may be excluded from the competitions without any justification.

Likewise, the results show that it is possible to find hct higher than 50% in male sportsmen that live at altitudes of less than 2.000 meters as well as those that live at higher altitudes.

Taking into account that this is the first study about hematological parameters carried out in Colombia, it is expected to be the starting point at national level. (*Acta Med Colomb 2007; 32: 196-205*)

**Key words:** *hematocrite, hemoglobin, sportsmen, sports groups.*

## Introducción

La realización de mediciones periódicas de las variables hematológicas, en especial del hematocrito (hcto) y de la hemoglobina (hb), forma parte del seguimiento y del control biomédico de los deportistas, por su relación con el transporte de oxígeno y por consiguiente con el rendimiento en los deportes de resistencia, y por su utilidad junto con otras mediciones para evaluar la salud y el desempeño físico de los deportistas que entrenan en forma regular.

Numerosos estudios (1) han demostrado que el entrenamiento de la resistencia produce adaptaciones a nivel sanguíneo, caracterizadas por un incremento en el volumen sanguíneo que es explicado por una expansión del volumen plasmático y un aumento en los glóbulos rojos. El incremento en el volumen plasmático normalmente es más pronunciado que el incremento en los glóbulos rojos, lo que conduce a que estos deportistas presenten valores de hcto y de hb más bajos que las personas no entrenadas; es el hallazgo más común y se denomina “*pseudoanemia*

*dilucional*” (2, 3). Por otro lado, en menor número, otros estudios han reportado ausencia en la expansión del volumen sanguíneo durante el entrenamiento de la resistencia, lo que genera confusión para entender los efectos del entrenamiento sobre los componentes sanguíneos (1).

Otros autores (4) plantean la hipótesis de que dentro de los deportistas entrenados en resistencia se observan volúmenes sanguíneos más altos en aquellos que practican disciplinas deportivas con mayor perfusión muscular, y un mayor gasto cardiaco; y que en los deportistas entrenados anaeróticamente las adaptaciones hematopoyéticas pueden ser menos pronunciadas debido a que las demandas cardiopulmonares son más bajas durante el entrenamiento y la competencia. Los datos que comparan estas variables entre diferentes deportes son escasos, por lo que es necesario realizar más estudios enfocados en este aspecto.

Diferentes autores han realizado múltiples intentos por establecer valores de referencia de los parámetros hematológicos en los deportistas; sin embargo, los diversos estudios

no han llegado a un consenso claro, ya que algunos reportan valores similares entre los deportistas y los no deportistas (5-7) otros reportan valores más bajos en los deportistas (8, 9), y otros reportan valores más altos (10). Dichas controversias pueden ser explicadas en gran parte por la falta de control y de estandarización de la fase preanalítica y de todo el proceso analítico (recolección y manejo de las muestras), aspectos que son cruciales para garantizar la confiabilidad de los resultados, y evitar variaciones críticas en estas mediciones (11). Existen múltiples factores preanalíticos que pueden modificar la muestra antes de su análisis final; algunos se pueden controlar como el ayuno, el tiempo del día en que se toma la muestra, el sitio de obtención de la muestra, la técnica de medición, la dieta, la actividad física, la postura, el uso del torniquete, el estado de hidratación, y otros no se pueden controlar (pero deben ser considerados), como el género, la edad, los factores genéticos, el ritmo circadiano, y la altura sobre el nivel del mar donde reside la persona.

El propósito de este trabajo fue determinar los valores de hcto y de la hb de acuerdo con el sexo, con en el grupo de edad y con el grupo de deportes, que pudieran aproximarse a los valores de referencia, en los deportistas evaluados en el laboratorio clínico del Instituto Departamental de Deportes de Antioquia (Indeportes), para obtener parámetros de comparación que permitan una interpretación más precisa de estas mediciones en esta población especial.

## Material y métodos

**Tipo de estudio:** estudio transversal, prospectivo.

La muestra la constituyeron las mediciones de 432 deportistas, 234 hombres y 198 mujeres, aparentemente sanos (de acuerdo con la autopercepción de su estado de salud), con edades entre 15 y 49 años, pertenecientes a una población aproximada de 770 deportistas que tenían inscritos las ligas antioqueñas que fueron evaluadas en el Instituto Departamental de Deportes de Antioquia (Indeportes) durante los años 2003, 2004 y 2005. Se les realizaron 656 mediciones de hcto y de hb (350 mediciones al sexo masculino y 306 mediciones al sexo femenino), ya que los deportistas tuvieron acceso a diferente número de mediciones (entre una y seis mediciones) durante los tres años del estudio.

Los deportistas se clasificaron en cinco grupos de deportes\*, así: 1) Grupo de deportes de arte competitivo (éstos se caracterizan por tener una participación predominante de los órganos sensoriales, requieren movimientos extremadamente precisos, rápidos, armónicos, y el gesto técnico tiene una dimensión de gran importancia) que incluyó: budo, gimnasia, nado sincronizado, patinaje artístico y tiro, 2) Grupo de deportes de combate (son aquellos que tienen como característica relevante el contacto físico entre los participantes, ya que se realiza un enfrentamiento directo

con un adversario u oponente), que incluyó: boxeo, esgrima, judo, lucha y taekwondo, 3) Grupo de deportes de fuerza (se caracterizan por combinar la fuerza y la velocidad, desarrollando la capacidad de imponer gran aceleración en contra de la gravedad a un objeto o al propio peso del sujeto, son deportes de alta intensidad y bajo volumen, y tienen una duración menor de tres minutos), que incluyó: atletismo lanzamientos, atletismo pruebas múltiples, atletismo saltos, bicicross y levantamiento de pesas, 4) Grupo de deportes de juegos con pelota (se caracterizan por tener un objeto de juego que es el balón o la pelota), que incluyó: baloncesto, fútbol, fútbol de salón, polo acuático, softbol, squash, tenis de campo y tenis de mesa, 5) Grupo de deportes de resistencia (se caracterizan por ser de baja intensidad y alto volumen, tienen una duración mayor de 10 minutos, e implican en su realización el máximo de grupos musculares), que incluyó: actividades subacuáticas, atletismo fondo, canotaje, ciclismo ruta, ciclomontañismo, ecochallenge, natación carreras, patinaje carreras y triatlón.

Tanto la preparación del deportista como la recolección de las muestras se hizo siguiendo la mayoría de las últimas recomendaciones planteadas por el comité de expertos en la obtención de valores de referencia de la Sociedad de Química Clínica Escandinava (12) y por el Panel de Expertos sobre Teoría de los Valores de Referencia de la Federación Internacional de Química Clínica (IFCC) (13).

## Criterios de inclusión de los participantes

Todos los deportistas participantes cumplieron con los siguientes criterios de inclusión:

a) Ayuno absoluto de alimentos y bebidas (excepto el agua), mínimo de ocho horas, b) Sentirse bien el día del examen, c) Ausencia de enfermedad viral o infecciosa en las últimas dos semanas, d) No haber donado sangre en los últimos tres meses, e) Su asistencia al laboratorio no podía obedecer a problemas de salud que requirieran la medición de estas dos variables, sino a una programación dentro de su control biomédico del entrenamiento, f) No haber competido el día anterior al examen, g) Cumplir con el horario de recolección de las muestras (7:00-9:00 a.m.).

Los criterios de inclusión se verificaron mediante la utilización de una encuesta (autoaplicable) que llenaron el día del examen, durante los 15 minutos que debieron permanecer sentados en reposo antes de la recolección de la muestra sanguínea.

## Recolección de la muestra sanguínea

Se extrajeron 3 ml de sangre de una vena del antebrazo utilizando el torniquete el menor tiempo posible para evitar el éxtasis venoso, y se depositaron en un tubo Vacutainer tapa lila con anticoagulante EDTA líquido.

## Técnica de medición

Las mediciones de hcto y de hb se realizaron en las dos horas siguientes a la recolección de las muestras sanguíneas,

\* Los deportes se agruparon de acuerdo con la clasificación utilizada por la Subgerencia del Deporte Asociado de Indeportes Antioquia, vigente en ese período.

en un equipo de hematología automatizado Coulter ACT-DIFF (Beckman Coulter).

### Consideraciones éticas

El estudio fue aprobado por el comité de ética de Indeportes Antioquia. Teniendo en cuenta que la asistencia de los deportistas al laboratorio obedeció a una programación de rutina para el control de su entrenamiento, y que la investigación se realizó con las mediciones obtenidas de estas evaluaciones, no se consideró la utilización del consentimiento informado.

Patrocinio financiero: Indeportes Antioquia

### Análisis estadístico

Se utilizó el programa estadístico SPSS (versión 12.0) y el programa "R" versión 2.2.1 para todos los análisis.

Se obtuvo un promedio de los valores del hcto y de la hb en los casos en que los deportistas asistieron más de una vez al laboratorio durante los tres años de duración del estudio.

Para el análisis de la variabilidad del hcto y de la hb de acuerdo con la edad, los deportistas se reunieron en tres grandes grupos de edad.

**Primer grupo:** conformado por los deportistas con edades entre 15 y 17 años (Grupo de los adolescentes).

**Segundo grupo:** conformado por los deportistas con edades entre 18 y 24 años (Grupo de adultos jóvenes).

**Tercer grupo:** conformado por los deportistas con edades entre 25 y 49 años (Grupo de adultos).

Para evaluar la normalidad de las dos variables (hcto y hb) de acuerdo con el sexo, en los tres grupos de edad y en los cinco grupos de deportes por sexo, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov en los casos en que el tamaño de la muestra fue mayor o igual a 50, y la prueba de Shapiro Wilks en los casos en que fue menor de 50.

Para el análisis de las diferencias entre los dos sexos se aplicó una prueba de Mann-Whitney, y para el análisis de las diferencias entre los tres grupos de edad y entre los cinco grupos de deportes se aplicó una prueba de Kruskal-Wallis. En los casos en que la prueba de Kruskal Wallis reportó diferencias estadísticas significativas entre los tres grupos de edad o entre los cinco grupos de deportes para las variables analizadas, se utilizó para las comparaciones múltiples, una prueba tipo Tukey no paramétrica (14). El nivel de significancia utilizado fue del 5%.

Posteriormente, se estimó el intervalo de referencia recomendado por la Federación Internacional de Química Clínica (13), y a la vez el más usado, el intervalo "interpercentil" limitado por los percentiles  $(100-95)/2$  y  $(100+95)/2$ , que corresponden al percentil 2,5% y al percentil 97,5% para un intervalo de referencia del 95%, cada uno con su respectivo intervalo de confianza.

Para el cálculo de estos intervalos de referencia se utilizó el método de *Bootstrap*, que constituye hasta el presente el mejor método disponible (13) y el desarrollo más significativo en la estimación de los intervalos de referencia.

La estimación con el método del *Bootstrap* se practicó de la siguiente manera (15):

- Se realizó un remuestreo con reemplazo para crear  $m$  series de datos remuestreadas (también llamadas muestras *Bootstrap*) que contenían el mismo número de observaciones ( $n$ ) de la serie de datos original. Para desarrollar este remuestreo con reemplazo, una observación o dato de la serie original fue seleccionada aleatoriamente y copiada a la serie de datos remuestreada que estaba siendo creada; el dato que fue usado o copiado no fue borrado de la serie de datos original. Posteriormente otra observación o dato fue seleccionado aleatoriamente, y el proceso fue repetido hasta que la serie de datos remuestreada de tamaño  $n$  fue creada. Como resultado, la misma observación pudo ser incluida en la serie de datos remuestreada una, dos o más veces, o ninguna. Para lo anterior, a cada una de las series de datos del hcto y de la hb que constituyeron los cinco grupos de deportes (divididos por sexo) se le realizaron 10.000 remuestrados; este número de remuestrados se utilizó con el fin de aumentar la probabilidad de cubrir el verdadero valor del parámetro de interés y para reducir la amplitud y disminuir la variabilidad en la estimación del intervalo de confianza.
- En segundo lugar, el estadístico descriptivo seleccionado (en este caso, el percentil 2,5% y el percentil 97,5%), se calculó para cada serie de datos remuestreada.
- En tercer lugar, se calculó un intervalo de confianza del 95% para cada uno de los dos percentiles, a partir de la colección de valores obtenidos para éstos. Para el cálculo del intervalo de confianza se utilizó el método  $BC_a$  (método del intervalo de confianza del percentil con corrección de sesgo y aceleración). Este método se basa en la realización de histogramas de frecuencias de los  $m$  estadísticos calculados, en este caso de los 10.000 percentiles al 2,5% y de los 10.000 percentiles al 97,5% obtenidos a partir de las 10.000 series remuestreadas para cada una de las series de datos del hcto y de la hb que constituyeron los cinco grupos de deportes, divididos por sexo (los percentiles 2,5% y 97,5% constituyen los límites del intervalo de referencia del 95%). Adicionalmente, el método calcula dos coeficientes: 1) Coeficiente de corrección de sesgo que ajusta la asimetría en la distribución de las muestras del bootstrap, y 2) Coeficiente de aceleración que ajusta las varianzas no constantes dentro de las series de datos remuestreadas (o muestras del bootstrap).

Para la realización del *Bootstrap* se utilizó el programa estadístico "R"<sup>\*\*\*</sup>.

<sup>\*\*\*</sup> El *Bootstrap* fue ejecutado en el paquete estadístico "R" (R Development Core Team, 2005), usando la librería boot (Ripley, 2005) disponible en [www.R-Project.org](http://www.R-Project.org). Se utilizó el comando boot (...) para obtener las 10.000 réplicas bootstrap de los percentiles 2,5% y 97,5%. El "R" tiene nueve algoritmos diferentes para estimar un percentil; en este estudio se utilizó el séptimo algoritmo que emplea una forma de interpolación lineal y produce estimaciones de los percentiles 2,5 y 97,5 más alejadas del mínimo y del máximo, respectivamente, con más frecuencia que los otros algoritmos. Este algoritmo se especifica con el argumento `type = 7` dentro del comando `quantile(...)`, el cual calcula un percentil de una muestra de datos para una probabilidad dada. El comando `boot.ci(...)` se empleó para calcular el intervalo de confianza tipo "BCa" para cada percentil.

## Resultados

### De acuerdo con el sexo

El 86,9% de las mediciones del sexo masculino (304 mediciones) correspondieron a deportistas residentes en municipios del área metropolitana\*\*\* de la ciudad de Medellín, con alturas entre 1.425 y 1.575 metros sobre el nivel del mar (*msnm*), el 7,1% (25 mediciones) a residentes en alturas entre 2.120 y 2.640 *msnm*, el 4,0% (14 mediciones) a residentes en alturas entre 1 y 650 *msnm*, y el 2,0% restante (siete mediciones) a residentes en alturas entre 1.411 y 1.890 *msnm*, procedentes de otros sitios de Colombia.

El 95,8% de las mediciones del sexo femenino (293 mediciones) correspondieron a deportistas residentes en municipios del área metropolitana de la ciudad de Medellín, con alturas entre 1.300 y 1.775 *msnm*, el 2,3% (siete mediciones) a residentes en alturas entre 2.125 y 2.500 *msnm*, el 1,6% (cinco mediciones) a residentes en alturas entre 5 y 995 *msnm* y el 0,3% restante (una medición) a una residente a 1.538 *msnm*, procedente de otro sitio de Colombia.

La prueba de normalidad para cada una de las dos variables de acuerdo con el sexo indicó que los datos del hcto en ambos sexos, y los datos de la hb del sexo femenino provienen de una población con distribución normal; mientras que los datos de la hb del sexo masculino no cumplieron el supuesto de normalidad (Prueba de Kolmogorov-Smirnov  $p = 0,01$ ).

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los dos sexos para el hcto y para la hb (Prueba de Mann-

Whitney  $p < 0,001$ ), lo que concuerda con los resultados de la mayoría de estudios relevantes (7, 10, 16).

Los deportistas del sexo masculino presentaron en promedio valores de hcto =  $46,2 \pm 2,8$  y de hb =  $15,3 \pm 1,0$ ; mientras que las deportistas del sexo femenino presentaron en promedio valores de hcto =  $40,5 \pm 2,4$  y de hb =  $13,3 \pm 0,9$ .

### Grupos de edad

Las pruebas de normalidad para cada una de las dos variables en los tres grupos de edad de acuerdo con el sexo indicaron que todos los datos provienen de una población con distribución normal, excepto los datos de la hb del sexo masculino para el grupo de edad de 25 años en adelante que no cumplieron el supuesto de normalidad (Prueba de Kolmogorov-Smirnov  $p = 0,02$ ).

No se encontraron diferencias estadísticas significativas en los valores del hcto y de la hb entre los tres grupos de edad para el sexo masculino, ni para el sexo femenino.

### Grupos de deportes

Las pruebas de normalidad para cada uno de los cinco grupos de deportes de acuerdo con el sexo indicaron que los valores del hcto y de la hb del grupo de deportes de fuerza del sexo femenino no provienen de una población con distribución normal (prueba de Shapiro Wilks con valor  $p = 0,02$  para el hcto y  $p = 0,04$  para la hb); los valores de la hb del grupo de deportes de juegos con pelota del sexo masculino tampoco cumplieron el supuesto de normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov con valor  $p = 0,04$ ).

Las características basales y del entrenamiento de los deportistas de cada uno de los grupos de deportes de acuerdo con el sexo se muestran en la Tabla 1.

\*\*\* El área metropolitana comprende la ciudad de Medellín y los municipios de: Barbosa, Bello, Caldas, Copacabana, Envigado, Girardota, Itagüí, La Estrella y Sabaneta.

**Tabla 1.** Características basales y del entrenamiento de cada uno de los cinco grupos de deportes de acuerdo con el sexo.

Grupos de deportes	Sexo	n	Edad (en años)	Edad deportiva (en años)	Volumen de entrenamiento semanal (Horas)
1. Arte competitivo	Masculino	24	25,3 ± 11,0 (15 - 49)	10,5 ± 4,8 (3 - 25)	19,8 ± 10,8 (3 - 39)
	Femenino	38	17,4 ± 3,5 (15 - 39)	8,4 ± 2,5 (3 - 15)	18,1 ± 7,4 (3 - 42)
2. Combate	Masculino	36	21,4 ± 4,9 (15 - 33)	8,1 ± 4,9 (1 - 22)	20,2 ± 6,8 (6 - 35)
	Femenino	13	20,1 ± 3,8 (17 - 31)	5,1 ± 2,5 (2 - 13)	21,0 ± 6,8 (4 - 31)
3. Fuerza	Masculino	30	21,8 ± 5,8 (15 - 39)	6,8 ± 4,6 (1 - 17)	24,1 ± 7,6 (12 - 45)
	Femenino	25	21,7 ± 4,1 (16 - 32)	6,8 ± 3,6 (1 - 16)	22,6 ± 8,0 (9 - 36)
4. Juegos con pelota	Masculino	55	21,4 ± 4,5 (15 - 36)	8,7 ± 4,5 (2 - 22)	19,7 ± 8,3 (6 - 38)
	Femenino	87	23,3 ± 5,4 (15 - 36)	8,1 ± 4,8 (1 - 23)	10,8** ± 5,6 (4 - 30)
5. Resistencia	Masculino	89	22,2 ± 5,4 (15 - 40)	7,7 ± 4,0 (1 - 24)	28,4* ± 10,0 (5 - 52)
	Femenino	35	19,5 ± 4,2 (15 - 34)	5,9 ± 3,9 (1 - 16)	22,5 ± 9,3 (10 - 49)

Se presenta la media ± la desviación estándar, y los valores mínimos y máximos entre paréntesis.

\*Diferencias significativas en el volumen de entrenamiento semanal con: grupo de deportes de arte competitivo ( $p < 0,002$ ), combate ( $p < 0,001$ ) y juegos con pelota ( $p < 0,001$ ), del sexo masculino (los valores "p" corresponden a los reportados por la prueba tipo Tukey no paramétrica).

\*\*Diferencias significativas en el volumen de entrenamiento semanal con: grupo de deportes de arte competitivo, combate, fuerza y resistencia del sexo femenino (prueba tipo Tukey no paramétrica:  $p < 0,001$  para los cuatro casos).

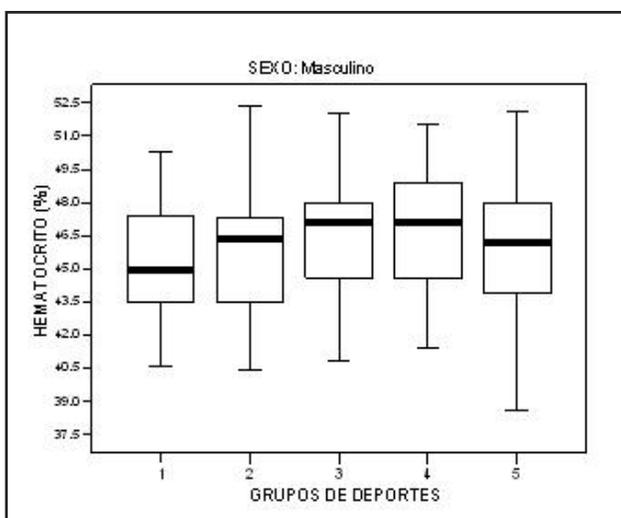
En la tabla anterior sólo se indican las diferencias estadísticas en el volumen de entrenamiento semanal entre los cinco grupos de deportes para cada sexo.

La distribución de los valores del hcto y de la hb entre los cinco grupos de deportes para cada sexo se muestra en las Figuras 1, 2, 3 y 4.

No se observaron diferencias estadísticas significativas para el hcto entre los cinco grupos de deportes para ninguno de los dos sexos, ni para la hb del sexo masculino; sólo se encontraron diferencias en un borde de significancia en los valores de la hb entre los cinco grupos de deportes del sexo femenino (prueba de Kruskal-Wallis  $p = 0,054$ ). Posteriormente, las comparaciones múltiples (prueba tipo Tukey no paramétrica) indicaron que sólo hay diferencias en un borde de significancia entre el grupo de deportes de combate vs el grupo de deportes de resistencia del sexo femenino.

Los valores promedios del hcto y de la hb para ambos sexos en los cinco grupos de deportes se muestran en la Tabla 2.

Los resultados de los intervalos de referencia obtenidos por el método del *Bootstrap* para cada uno de los cinco grupos de deportes de acuerdo con el sexo se muestran en las Tablas 3 y 4.

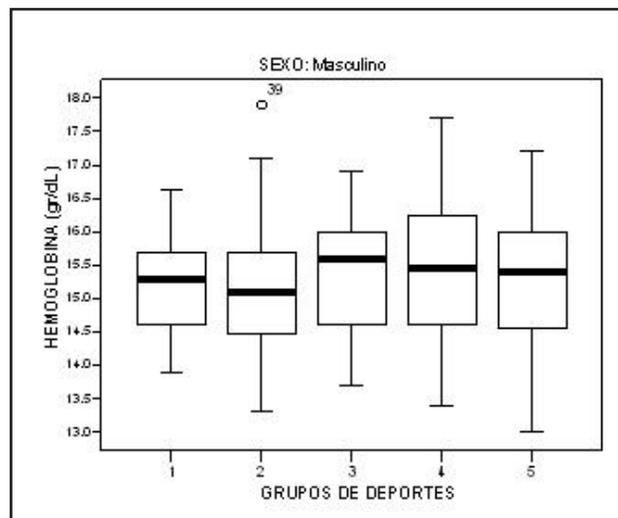


**Figura 1.** Distribución de los valores del hcto entre los cinco grupos de deportes para el sexo masculino. Grupos de deportes: 1) Arte competitivo, 2) Combate, 3) Fuerza, 4) Juegos con pelota y 5) Resistencia.

El 50% de los valores está comprendido dentro de cada caja, el primer y tercer cuartil (percentil 25 y 75, respectivamente) corresponden a los bordes inferior y superior de cada caja, la línea negra gruesa dentro de cada caja indica el valor de la mediana; los extremos de las líneas verticales o bigotes que salen de cada caja son los valores que delimitan el 95% central de los datos, y en los casos en que no hay presencia de outliers coinciden con los valores mínimo y máximo de la distribución, los valores compatibles con outliers son representados como puntos individuales.

Los grupos 4 y 5 son aproximadamente, los más simétricos con respecto a la mediana; el grupo 1 presenta una distribución con asimetría a la derecha, lo que indica que los deportistas del sexo masculino de Arte competitivo con valores de hcto entre el percentil 25 (43,4%) y el percentil 50 (45,0%) presentan menor dispersión de los datos que los deportistas que presentan valores de hcto entre el percentil 50 y el percentil 75 (47,4%). Los grupos de deportes 2 y 3 presentan distribuciones con asimetría a la izquierda.

Se observa que el valor de la mediana más bajo (45,0%) corresponde al grupo 1, y los valores más altos para la mediana son los que corresponden a los grupos 3 y 4 (47,1% en ambos grupos).



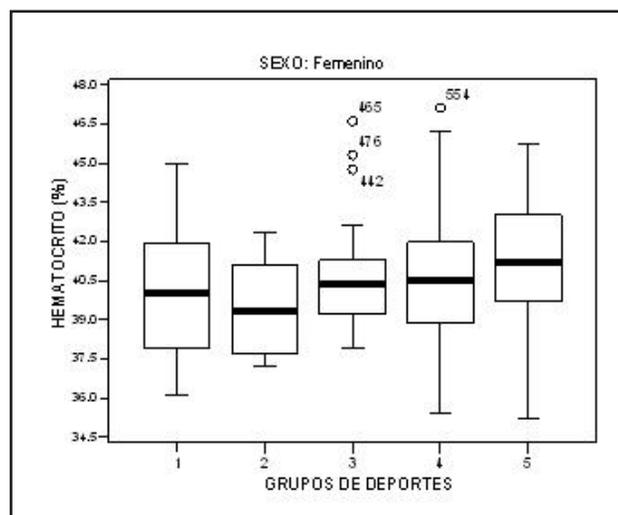
**Figura 2.** Distribución de los valores de la hb entre los cinco grupos de deportes para el sexo masculino.

Los valores de las medianas entre los cinco grupos de deportes fluctúan entre 15,1 gr/dL que es la más baja y corresponde al grupo 2 (Combate) y 15,6 gr/dL que es la más alta y corresponde al grupo 3 (Fuerza).

El grupo de deportes con mayor variabilidad es el grupo 4 (Juegos con pelota), y el grupo que presenta menor variabilidad en los datos es el grupo 1 (Arte competitivo).

El grupo con el rango más amplio es el grupo 2 (rango = 4,6, valor mínimo = 13,3 gr/dL y valor máximo = 17,9 gr/dL), y el grupo con menor rango es el grupo 1 (rango = 2,7, valor mínimo = 13,9 gr/dL y valor máximo = 16,6 gr/dL).

Se observa un valor compatible con un outliers en el grupo 2 (Combate) que corresponde a un deportista que presentó el valor de la hb = 17,9 gr/dL.



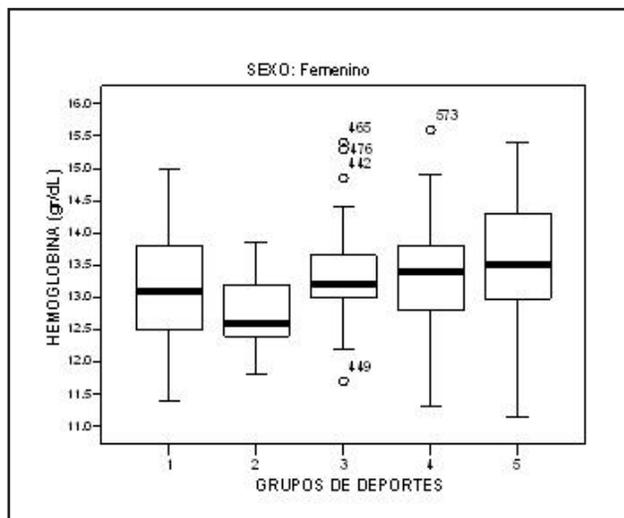
**Figura 3.** Distribución de los valores del hcto entre los cinco grupos de deportes para el sexo femenino.

Los cinco grupos de deportes muestran distribuciones aproximadamente simétricas con respecto a la mediana.

Los valores de las medianas entre los cinco grupos de deportes fluctúan entre 39,3%, que es la mediana más baja y corresponde al grupo 2 (Combate) y 41,2% que es la mediana más alta y corresponde al grupo 5 (Resistencia).

El grupo con el rango más amplio es el grupo 4 (rango = 11,7, valor mínimo = 35,4% y valor máximo = 47,1%), y el grupo con menor rango es el grupo 2 (rango = 5,2, valor mínimo = 37,2% y valor máximo = 42,4%).

Se observan tres valores compatibles con outliers en el grupo 3 (Fuerza) que corresponden a tres deportistas que presentaron valores de hcto = 46,6%, 45,3% y 44,8% (observaciones 465, 476 y 442, respectivamente); también se observa un valor compatible con un outliers en el grupo 4 (Juegos con pelota), que corresponde a una deportista que presentó un hcto = 47,1%.



**Figura 4.** Distribución de los valores de la hb entre los cinco grupos de deportes para el sexo femenino.

Los valores de las medianas entre los cinco grupos de deportes fluctúan entre 12,6 gr/dL, que es la más baja y corresponde al grupo 2 (Combate) y 13,5 gr/dL, que es la más alta y corresponde al grupo 5 (Resistencia).

Los grupos de deportes con mayor variabilidad en los datos son los grupos 1 y 5 (Arte competitivo y Resistencia, respectivamente), y el grupo que presenta menor variabilidad en los datos es el grupo 3 (Fuerza).

Se observan cuatro valores compatibles con outliers en el grupo 3 (Fuerza) que corresponden a cuatro deportistas que presentaron valores de hb = 15,4 gr/dL, 15,3 gr/dL, 14,9 gr/dL (tres outliers superiores) y 11,7 gr/dL (outliers inferior); también se observa otro valor compatible con un outliers en el grupo 4 (Juegos con pelota), y corresponde a una deportista que presentó una hb = 15,6 gr/dL.

Como lo muestra la tabla anterior, para el sexo masculino, el intervalo de referencia más amplio para el hcto se obtuvo para el grupo de deportes de combate (rango = 10,9), y el más amplio para la hb se obtuvo para los grupos de deportes de combate y juegos con pelota (rango = 3,8 y 3,7, respectivamente).

El intervalo de referencia con menor longitud tanto para el hcto como para la hb lo presentaron los grupos de deportes de arte competitivo y fuerza (rango = 8,4 y 8,5, respectivamente para el hcto, y rango = 2,5 y 2,6, respectivamente para la hb).

Como lo indica la Tabla 4, para el sexo femenino, el intervalo de referencia más amplio para el hcto y para la hb se obtuvo para el grupo de deportes de resistencia (rango = 9,0 para el hcto y rango = 3,4 para la hb).

El intervalo de referencia con menor longitud tanto para el hcto como para la hb lo presentó el grupo de deportes de combate (rango = 4,7 para el hcto y 1,8 para la hb).

### Discusión

Se ha encontrado que tanto el ejercicio de alta intensidad y corta duración (principalmente anaeróbico), como el ejercicio prolongado (resistencia) producen una hemoconcentración sanguínea inmediata posejercicio, seguida por una sobreexpansión o hemodilución del volumen plasmático (17); dicha expansión se presenta generalmente en las tres

**Tabla 2.** Valores promedio del hematocrito y de la hemoglobina para ambos sexos en los cinco grupos de deportes.

Grupos de deportes	Sexo masculino		Sexo femenino	
	Hematocrito %	Hemoglobina g/dL	Hematocrito %	Hemoglobina g/dL
1. Arte competitivo	45,5 ± 2,7 (40,6 - 50,3)	15,2 ± 0,8 (13,9 - 16,6)	39,9 ± 2,3 (36,1 - 45,0)	13,1 ± 0,9 (11,4 - 15,0)
2. Combate	45,8 ± 3,1 (40,4 - 52,4)	15,1 ± 1,0 (13,3 - 17,9)	39,3 ± 1,9 (37,2 - 42,4)	12,8 ± 0,7 (11,8 - 13,9)
3. Fuerza	46,6 ± 2,5 (40,8 - 52,0)	15,4 ± 0,8 (13,7 - 16,9)	40,8 ± 2,2 (37,9 - 46,6)	13,4 ± 0,9 (11,7 - 15,4)
4. Juegos con pelota	46,8 ± 2,7 (41,4 - 51,5)	15,4 ± 1,1 (13,4 - 17,7)	40,6 ± 2,3 (35,4 - 47,1)	13,4 ± 0,8 (11,3 - 15,6)
5. Resistencia	45,9 ± 2,8 (38,6 - 52,2)	15,3 ± 0,9 (13,0 - 17,2)	41,1 ± 2,7 (35,3 - 45,7)	13,5 ± 1,0 (11,1 - 15,4)

Se presenta la media ± la desviación estándar, y los valores mínimos y máximos entre paréntesis.

**Tabla 3.** Percentiles 2,5% y 97,5% que constituyen los intervalos de referencia de 95% para el hematocrito y para la hemoglobina.

Grupos de deportes	Sexo masculino			
	Percentil 2,5%	Percentil 97,5%	Percentil 2,5%	Percentil 97,5%
1. Arte competitivo	41,6 (40,6-41,9)	50,0 (48,8-50,3)	14,0 (13,9-14,3)	16,5 (16,2-16,6)
2. Combate	40,8 (40,4-40,9)	51,7 (48,7-52,4)	13,4 (13,3-13,5)	17,2 (16,2-17,9)
3. Fuerza	42,1 (40,8-42,7)	50,6 (49,1-52,0)	14,0 (13,7-14,1)	16,6 (16,2-16,9)
4. Juegos con pelota	42,3 (41,4-42,6)	50,8 (50,3-51,5)	13,7 (13,4-14,0)	17,4 (16,9-17,7)
5. Resistencia	40,8 (38,6-42,0)	50,9 (49,7-52,2)	13,4 (13,0-13,7)	16,8 (16,5-17,2)

Cada uno de los percentiles se muestra acompañado de su respectivo intervalo de confianza de 95% (entre paréntesis).

**Tabla 4.** Percentiles 2,5% y 97,5% que constituyen los intervalos de referencia del 95% para el hematocrito y para la hemoglobina.

Grupos de deportes	Sexo femenino			
	Percentil 2,5%	Percentil 97,5%	Percentil 2,5%	Percentil 97,5%
1. Arte competitivo	36,5 (36,1-36,6)	44,0 (42,3-45,0)	11,6 (11,4-11,7)	14,8 (14,0-15,0)
2. Combate	37,4 (37,2-37,5)	42,1 (41,1-42,4)	12,0 (11,8-12,0)	13,8 (13,4-13,9)
3. Fuerza	38,2 (37,9-38,4)	45,4 (43,3-46,6)	12,1 (11,7-12,4)	15,1 (14,5-15,4)
4. Juegos con pelota	36,4 (35,4-37,3)	45,0 (43,7-47,1)	11,7 (11,3-12,2)	14,9 (14,6-15,6)
5. Resistencia	36,5 (35,3-37,2)	45,5 (45,0-45,7)	11,8 (11,2-12,1)	15,2 (14,6-15,4)

Cada uno de los percentiles se muestra acompañado de su respectivo intervalo de confianza del 95% (entre paréntesis).

horas siguientes al ejercicio agudo, y puede persistir por tres a cinco días después de cesar el ejercicio o entrenamiento (3). Teniendo en cuenta que en los deportistas de este estudio un 25% presentó entre 9 y 13 horas de reposo, otro 25% presentó entre 13 y 22 horas de reposo, otro 25% entre 22 y 32 horas de reposo, y el último 25% presentó entre 32 y 36 horas de reposo en el momento de la recolección de la muestra (el rango fluctuó entre nueve horas y un día y medio de reposo), se deben considerar todavía los efectos de la hemodilución aguda, debido a que la expansión del volumen plasmático en una gran mayoría podría no haber sido parcialmente resuelta.

Veinticinco de los 234 (10,7%) deportistas del sexo masculino que participaron en el estudio presentaron valores de hcto superiores al 50% así: 12 deportistas presentaron hctos entre 50,1% y 50,9%, 10 entre 51,0% y 51,9%, y tres deportistas entre 52,0% y 52,4%; estos 25 deportistas se distribuyeron en los cinco grupos de deportes estudiados: tres pertenecían al grupo de deportes de arte competitivo, cuatro al grupo de combate, tres al grupo de fuerza, 10 al grupo de juegos con pelota y cinco al grupo de resistencia. Estos hallazgos concuerdan con los reportados por Marx y Vergouwen (5), por Vergouwen y colaboradores (18), y por Shumacher y colaboradores (19), quienes también encontraron valores de hcto superiores a 50% en deportistas del sexo masculino de varias disciplinas.

Sólo seis de estos 25 deportistas estaban tomando medicamentos en el momento de la recolección de la muestra (tres de ellos estaban consumiendo complementos, vitaminas y/o minerales, y los otros tres antiinflamatorios y analgésicos).

Quince de los 25 deportistas anteriores eran residentes en la ciudad de Medellín (1.538 msnm), cinco en el municipio de Bello (1.450 msnm), dos en el municipio de Itagüí (1.550 msnm), uno en el municipio de Marinilla (2.120 msnm), uno en el municipio de La Ceja (2.200 msnm) y un deportista residente en la ciudad de Duitama (2.530 msnm); teniendo en cuenta que 22 de los 25 deportistas que presentaron valores de hcto superiores al 50% eran residentes en alturas entre 1.450 y 1.550 msnm y sólo tres deportistas eran residentes en alturas mayores a 2.000 msnm, se puede

plantear que es posible encontrar estos valores en deportistas masculinos limpios (que no utilizan ninguna clase de doping de acuerdo con sus antecedentes y el conocimiento que se tiene de ellos) que nacen o residen en alturas inferiores a 2.000 msnm como en los deportistas que nacen o residen en alturas superiores.

Entre los deportistas existe un gran interés en invertir la pseudoanemia deportiva y llevar los hctos a niveles normales o superiores; un volumen más alto del hcto puede ser alcanzado mediante la inyección de eritropoyetina (EPO) que es una hormona que aumenta el volumen de los glóbulos rojos.

El doping sanguíneo y en especial el doping con EPO constituye un problema crucial en muchas disciplinas de resistencia, ya que además de la manipulación de los resultados de las competencias, se han encontrado muchos efectos colaterales y diferentes complicaciones, como por ejemplo, la muerte de un alto número de ciclistas que se asume ha sido causada por el abuso de la EPO (2).

Entre los esfuerzos para prevenir el uso de la EPO y otras formas de doping sanguíneo, la Unión Ciclista Internacional (UCI) y la Federación Internacional de Ski (FIS) introdujeron desde 1997 normas para la realización de pruebas sanguíneas al azar antes de las competencias. La UCI (20) y la FIS (21) establecen como límites críticos para excluir un deportista de una competencia valores de hcto superiores a 50% y/o de hb superiores a 17 g/dL en el caso de los varones, y para las mujeres valores de hcto superiores a 47% y/o de hb superiores a 16 g/dL. Este año la Federación Colombiana de Patinaje (según artículo 15 de la Resolución 047 del 11 de mayo de 2007) también determinó como nivel máximo permitido para participar en las competencias un hcto de 50% para los varones y de 48% para las mujeres.

Con base en lo anterior, los resultados de este estudio también demuestran que los valores límites críticos para estas pruebas sanguíneas establecidos por estas federaciones deportivas internacionales y nacionales, con el fin de prevenir el uso de la eritropoyetina recombinante humana exógena y otras formas de doping sanguíneo, y preservar la integridad física de los participantes en las competencias, pueden ser excedidos por algunos deportistas; en particular,

el límite de 50% para el hcto masculino puede conducir a un número alto e inaceptable de falsos positivos (deportistas que serían excluidos de las competencias a pesar de no utilizar ninguna clase de doping).

En el sexo femenino sólo se observó un valor de hcto = 47,1% (sólo 0,1% superior al límite de 47% establecido por la UCI y la FIS para excluir las mujeres de las competencias; este hcto correspondió a una deportista de microfútbol (grupo de deportes de juegos con pelota), residente en la ciudad de Medellín.

Por otro lado, si se comparan los valores de la hb con los límites establecidos por la UCI y la FIS (17,0 gr/dL para el sexo masculino y 16,0 g/dL para el sexo femenino), se observa que seis de los 234 (2,6%) participantes del sexo masculino presentaron valores de hb superiores a este límite y fluctuaron entre 17,1 y 17,9 gr/dL; el valor de hb más alto (17,9 gr/dL) correspondió a un deportista de esgrima (grupo de deportes de combate), residente en la ciudad de Medellín. Tres de los seis deportistas pertenecían al grupo de deportes de juegos con pelota, dos al grupo de deportes de combate y un deportista al grupo de deportes de resistencia.

Con respecto a las mujeres el valor de hb más alto fue 15,6 gr/dL y correspondió a una deportista de fútbol (grupo de deportes de juegos con pelota), residente en el municipio de Sabaneta (1.550 *msnm*), por lo que ningún valor excedió el límite.

Los resultados de este estudio no concuerdan con los reportados por Dugüé y colaboradores (22) quienes no encontraron en su estudio ningún hcto basal por encima de 50% y plantean que es poco probable obtener un hcto por encima de este valor si se sigue el procedimiento de estandarización que ellos recomiendan para neutralizar los efectos de los factores preanalíticos que pueden afectar la muestra antes de su análisis. La recolección de la muestra en este estudio se realizó siguiendo la mayoría de las recomendaciones establecidas por el comité de expertos en la obtención de valores de referencia de la Sociedad de Química Clínica Escandinava (12); sin embargo, aunque una de las debilidades en la fase de la recolección de la muestra fue la falta de estandarización con respecto a la alimentación y al periodo de entrenamiento, los resultados sugieren que se pueden obtener hctos basales por encima de 50% aun después de controlar los efectos de una gran mayoría de los factores preanalíticos.

### Grupos de deportes

En el análisis de los datos de este estudio, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los cinco grupos de deportes para el hcto en ambos sexos, ni para la hb del sexo masculino; solo se encontraron diferencias en un borde de significancia para la hb ( $p = 0,054$ ) entre el grupo de deportes de combate vs el grupo de deportes de resistencia del sexo femenino. Estos hallazgos no concuerdan con los reportados por Shumacher y colaboradores (23), quienes encontraron valores de hcto y hb más altos en los deportis-

tas entrenados en fuerza comparados con los deportistas de resistencia y con los de entrenamiento mixto; estos últimos presentaron valores de hcto y hb más altos comparados con los de resistencia. Las diferencias en los resultados podrían ser explicadas en parte por la forma como Shumacher y colaboradores agruparon los deportistas en su estudio, ya que ellos analizaron tres grupos de deportes e incluyen, por ejemplo, en el mismo grupo de fuerza los deportistas levantadores de pesas, luchadores y atletas lanzadores de martillo, jabalina o disco, mientras que en nuestro estudio se analizaron cinco grupos de deportes, y los luchadores se incluyeron en el grupo de deportes de combate. Otra diferencia en el aspecto metodológico radica en que en el estudio de Shumacher y colaboradores las muestras se tomaron después de que los deportistas permanecieron dos días en reposo, mientras que en nuestro estudio un 75% de los deportistas presentó entre nueve y 32 horas de reposo en el momento de la recolección de la muestra, por lo que presentaban una mayor influencia de la hemodilución aguda.

Con respecto a los límites superiores de los intervalos de referencia (percentil 97,5) del hcto en cada uno de los cinco grupos de deportes se observa que para el sexo masculino todos los límites superiores exceden el valor crítico que establece la UCI, la FIS y la Federación Colombiana de Patinaje, excepto el grupo de deportes de arte competitivo; sin embargo, el intervalo de confianza de este percentil (48,8 – 50,3) también excede el límite de 50% en 0,3%. Para la hb se observa que el grupo de deportes de combate y el grupo de juegos con pelota presentan el percentil 97,5% superior a 17,0 g/dL, al igual que el intervalo de confianza de este percentil para el grupo de deportes de resistencia.

En el caso de las mujeres, ninguno de los límites superiores de los cinco intervalos de referencia del hcto y de la hb, de los cinco grupos de deportes estuvo por encima de los límites de la UCI, de la FIS y de la Federación Colombiana de Patinaje para estas pruebas sanguíneas; se observa que el intervalo de confianza del percentil 97,5 del grupo de deportes de juegos con pelota excedió este límite sólo en 0,1% para el hcto.

### Limitaciones

La falta de estandarización en la fase de la recolección de la muestra con respecto a la alimentación y al periodo de entrenamiento. Tampoco se consideró la influencia que pudo tener el consumo de medicamentos sobre estas dos variables; 40% de las mediciones de cada sexo correspondieron a deportistas que estaban consumiendo algún tipo de medicamento (los más frecuentes fueron: los antiinflamatorios, los analgésicos y en mayor proporción las vitaminas, los minerales y los suplementos).

### Fortalezas

El principal objetivo de este estudio fue establecer valores de hcto y de hb que pudieran aproximarse a los valores de referencia de los deportistas que son evaluados en Indeportes

Antioquia; se obtuvo una muestra representativa de las diferentes disciplinas deportivas que conforman esta población, a partir de un gran número de deportistas del sexo masculino y femenino. Otra fortaleza la constituye el método (boots-trap) elegido para la obtención de los valores de referencia que es el mejor método disponible en el momento.

### Conclusiones

La obtención de intervalos de referencia para el hcto y para la hb en los cinco grupos de deportes estudiados en cada sexo, permitirá optimizar la metodología utilizada para la interpretación de estas mediciones en el control y seguimiento de esta población deportiva.

Los intervalos de referencia obtenidos para el hcto y para la hb en los deportistas del sexo masculino, indican que algunos deportistas de esta población que no utilizan ninguna clase de doping pueden exceder los límites críticos establecidos para estas pruebas sanguíneas por algunas federaciones deportivas internacionales y nacionales, con el fin de prevenir el uso de la eritropoyetina recombinante humana exógena y otras formas de doping sanguíneo, y preservar la integridad física de los participantes en las competencias; por tal motivo, estos deportistas pueden ser excluidos sin justificación de las competencias.

Igualmente, los resultados plantean que es posible encontrar hctos superiores a 50% en deportistas del sexo masculino que residen en alturas inferiores a 2.000 msnm como en los que residen en alturas superiores.

Teniendo en cuenta que este es el primer estudio sobre parámetros hematológicos en deportistas que se realiza en Colombia, se espera que constituya un punto de partida a nivel nacional.

### Agradecimientos

A mi profesor en mi formación como epidemióloga, Rubén Darío Manrique, Químico Farmacéutico y Epidemiólogo, Director de Investigaciones de la Universidad CES por su asesoría científica; a Pablo Andrés Guzmán González, Especialista en Estadística y Candidato a Magíster en Estadística de la Universidad Nacional, por la realización de la programación del Bootstrap y la Prueba Tukey no paramétrica; y a mi compañera de trabajo de muchos años, María Mora de Carrillo, Bacterióloga quien me colaboró en la recolección y verificación de la información de las encuestas.

### Referencias

1. Sawka MN, Convertino VA, Eichner ER, Schnieder SM, Young AJ. Blood volume: importance and adaptations to exercise training, environmental stresses, and trauma/sickness. *Med Sci Sports Exerc* 2000; **32**: 332-48
2. Schmidt W, Biermann B, Winchenbach P, Lison S, Bönning D. How valid is the determination of hematocrit values to detect blood manipulations? *Int J Sports Med* 2000; **21**: 133-8
3. Shaskey DJ, Green GA. Sports Haematology. *Sports Med* 2000; **29**: 27-38
4. Heinicke K, Wolfarth B, Winchenbach P, Biermann B, Schmid A, Huber G, Friedmann B, Schmidt W. Blood volume and hemoglobin mass in elite athletes of different disciplines. *Int J Sports Med* 2001; **2**: 504-12
5. Marx J, Vergouwen P. Packed-cell volume in elite athletes. *Lancet* 1998; **352**: 451
6. Weight LM, Klein M, Noakes D, Jacobs P. "Sports anemia"- a real or apparent phenomenon in endurance-trained athletes. *Int J Sports Med* 1992; **13**: 344-7
7. Mayr A, Kuipers H, Falk M, Santer P, Wierer B. Comparison of Hematologic Data in World Elite Junior Speed Skaters and in Non-Athletic Juniors. *Int J Sports Med* 2006; **27**: 283-8
8. O'toole ML, Douglas PS, Douglas W, Hiller B, Laird RH. Hematocrits of triathletes: is monitoring useful?. *Med Sci Sports Exerc* 1999; **31**: 372-7
9. Legaz A, Alonso JM, Díaz AE, Navarro F. Índices de la serie roja y del metabolismo del hierro en atletas de carreras de élite: relación con el rendimiento deportivo y frecuencia anémica. *Archivos de Medicina del Deporte* 1999; **XVI**: 121-32
10. Nikolaidis MG, Protosygiellou MD, Petridou A, Tsalis G, Tsigilis N, Mougios V. Hematologic and Biochemical Profile of Juvenile and Adult Athletes of Both Sexes: Implications for Clinical Evaluation. *Int J Sports Med* 2003; **24**: 506-11
11. Lippi G, Franchini M, Guidi GC. Haematological testing and Antidoping Policies [Letter to the Editors]. *Int J Sports Med* 2005; **26**: 508-509
12. Alstrom T, Grasbeck R, Solberg HE. Establishing reference values from adults: recommendation on procedures for the preparation of individuals, collection of blood, and handling and storage of specimens. *Scand J Clin Lab Invest* 1993; **53**: 649-52
13. Solberg HE. The IFCC recommendation on estimation of reference intervals. The RefVal Program. *Clin Chem Lab Med* 2004; **42**: 710-4.
14. Zar JH. Nonparametric multiple comparisons. En: *Biostatistical Analysis*. 4ta ed. New Jersey; 1999. Pp. 223-5
15. Haukoos JS, Lewis RJ. Advanced Statistics: Bootstrapping Confidence Intervals for Statistics with "Difficult" Distributions. *Acad Emerg Med* 2005; **12**: 360-5
16. Telford RD, Cunningham RB. Sex, sport, and body-size dependency of hematology in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1991; **23**: 788-94
17. Kargotich S, Goodman C, Keast D, Morton A. The influence of exercise-induced plasma volume changes on the interpretation of biochemical parameters used for monitoring exercise, training and sport. *Sports Med* 1998; **2**: 101-7
18. Vergouwen PC, Collée T, Marx JM. Haematocrit in elite athletes. *Int J Sports Med* 1999; **20**: 538-41
19. Shumacher YO, Grathwohl D, Barturen JM, Wollenweber M, Heinrich L, Schmid A, Huber G, Keul J. Haemoglobin, haematocrit and red blood cell indices in elite cyclists. Are the control values for blood testing valid?. *Int J Sports Med* 2000; **21**: 380-5
20. UCI Cycling Regulations. Part 13 Sporting Safety and Conditions. [Sitio en Internet] Hallado en URL: <http://www.uci.ch/img/Archive/Rules/13con-E.pdf>. Acceso Noviembre 15 de 2006
21. FIS Procedural Guidelines to the FIS Anti-Doping Rules 2006-2007. [Sitio en Internet]. Hallado en URL: <http://www.fis-ski.com/uk/rulesandpublications/medicalantidoping/rulesandforms.html>. Acceso Julio 12 de 2007
22. Dugué B, Leppänen E, Gräsbeck R. Packed-cell volume in athletes (Letter). *Lancet* 1998; **352**: 1387-8
23. Shumacher Y, Schmid A, Grathwohl D, Bültermann D. Hematological indices and iron status in athletes of various sports and performances. *Med Sci Sports Exerc* 2002; **34**: 869-75