

# Medicine & Science in Sports & Exercise®

Volumen 28, Número 3

1996

Pronunciamento

## El uso del dopaje sanguíneo como una ayuda ergogénica

---

Este pronunciamento fue escrito para el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM, por sus siglas en inglés) por: Michael N. Sawka, Ph.D., FACSM, (Director), Michael J. Joyner, M.D., D. S. Miles, Ph.D., FACSM, Robert J. Robertson, Ph.D., FACSM, Lawrence L. Spriet, Ph.D., FACSM, y Andrew J. Young, Ph.D., FACSM.

Este documento fue traducido al idioma español por el M.Sc. José Moncada Jiménez (Escuela de Educación Física y Deportes, Universidad de Costa Rica) y la Licda. Ana Victoria Mora Rojas (Universidad de Costa Rica). Se agradece la revisión de la traducción a Iñigo Mujika, Ph.D. (España).

### RESUMEN

Pronunciamento del American College of Sports Medicine sobre El uso del dopaje sanguíneo como una ayuda ergogénica. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 28, No. 3, pp. i-viii, 1996. El dopaje sanguíneo se logra bien mediante la infusión de glóbulos rojos o por la administración del fármaco eritropoyetina para aumentar artificialmente la masa de glóbulos rojos. El dopaje sanguíneo puede mejorar la capacidad del atleta para realizar ejercicios de resistencia submáxima y máxima. Además, el dopaje sanguíneo puede ayudar a reducir el estrés fisiológico durante el ejercicio en el calor y tal vez en altitud. Por contra, el dopaje sanguíneo se asocia con riesgos que pueden ser serios y perjudiciales para el rendimiento deportivo. Estos riesgos conocidos aumentan debido a controles médicos inadecuados, así como a la interacción entre la deshidratación con el ejercicio y el estrés ambiental. Finalmente, los riesgos médicos que se relacionan con el dopaje sanguíneo han sido estimados a partir de estudios de investigación controlados cuidadosamente, y el uso del dopaje sanguíneo sin supervisión médica aumentará estos riesgos. La posición del American College of Sports Medicine (ACSM) es que cualquier procedimiento de dopaje sanguíneo utilizado para intentar mejorar el rendimiento deportivo es antiético, injusto y expone al atleta a riesgos sin garantía alguna y potencialmente serios para la salud.

### INTRODUCCIÓN

Este pronunciamento se refiere a la práctica de aumentar la masa de glóbulos rojos (GR), conocida como "dopaje sanguíneo", con el propósito de mejorar el rendimiento deportivo. Los GR influyen en el rendimiento deportivo ya que llevan oxígeno al músculo esquelético y ayudan a mantener el estado ácido-básico. Se cree que un aumento moderado (5%) en la masa de GR es una adaptación al entrenamiento de resistencia que requiere varios meses para llevarse a cabo (41,53,73). Sin embargo, algunos atletas eligen aumentar de manera artificial su masa de GR bien mediante una infusión de GR previamente almacenados, o bien tomando el fármaco eritropoyetina (EPO), el cual estimula la producción de glóbulos rojos. La investigación ha demostrado que aumentar artificialmente

la masa de GR puede mejorar la capacidad de una persona para realizar ejercicio de resistencia y tolerar algunos ambientes extremos (24,55,58).

La posición del American College of Sports Medicine (ACSM) es que cualquier procedimiento de dopaje sanguíneo utilizado para intentar mejorar el rendimiento deportivo es antiético, injusto y expone al atleta a riesgos sin garantía alguna y potencialmente serios para la salud. Sin embargo, es aceptable aumentar artificialmente la masa de GR con propósitos de tratamiento médico y para la investigación científica legítima. Los médicos aumentan la masa de GR para mejorar la capacidad de ejercicio de pacientes anémicos que sufren de insuficiencia renal, SIDA y otras enfermedades. Además, los científicos aumentan la masa de GR en individuos que son objeto de investigación (bajo condiciones médicas controladas) para mejorar su comprensión sobre las respuestas fisiológicas al ejercicio y a los ambientes extremos.

## **HISTORIA/ DEFINICIONES/ ÉTICA**

### **Historia**

El interés de la prensa no especializada en el dopaje sanguíneo se derivó de su supuesto uso en eventos de carrera de larga distancia, ciclismo, esquí de fondo y duatlón desde los Juegos Olímpicos de 1972 y durante numerosos campeonatos mundiales. A pesar de que se ha acusado a muchos atletas de usar el dopaje sanguíneo, pocos lo han confesado. Una notable excepción fueron los miembros del equipo masculino de ciclismo de los Estados Unidos en los Juegos Olímpicos de 1984, quienes confesaron haberse infundido GR antes de la competencia (16). Aparte de las medallas o enfermedades que se cree que hayan podido derivar del dopaje sanguíneo, estos atletas han vivido con el estigma del fraude, el cual ha ensombrecido sus logros deportivos.

Recientemente, la prensa no especializada ha especulado que la administración de EPO podría haber contribuido a la muerte de dieciocho ciclistas europeos (22,71). Esta sospecha se debió a: (a) el lapso entre la aparición de la EPO comercial y la muerte de los ciclistas, y (b) el conocimiento de que algunos ciclistas habían utilizado previamente infusiones sanguíneas para mejorar su rendimiento. Sin embargo, no hay evidencia de que estos ciclistas estuvieran bajo la influencia de la EPO y los detalles de su muerte no han aparecido en la literatura médica.

### **Definiciones**

El dopaje sanguíneo se considera una “ayuda ergogénica” dentro del contexto del rendimiento deportivo y la práctica de ejercicio. El deportista considera que una ayuda ergogénica es un procedimiento o agente que proporciona al atleta una capacidad competitiva mayor a la que se logra por medio de los métodos normales de entrenamiento (42). Por el contrario, el científico del ejercicio define una ayuda ergogénica como un procedimiento o agente experimental que aumenta el rendimiento deportivo en comparación con una condición placebo (42). Una mejoría en el rendimiento deportivo se demuestra en el laboratorio al: (a) prolongar el tiempo para llegar al agotamiento con una intensidad dada de ejercicio, (b) lograr una producción media de potencia mayor para un ejercicio con una duración determinada, (c) alcanzar una producción de potencia máxima mayor, y/o (d) lograr un tiempo menor para completar un ejercicio determinado.

### **Ética**

Las decisiones éticas con respecto al uso del dopaje sanguíneo como una ayuda ergogénica deben considerar la *seguridad*, la *legalidad* y la *efectividad* del procedimiento. Una ayuda ergogénica debería utilizarse en el entrenamiento y en la competición sólo cuando se ha determinado inequívocamente que el procedimiento no implica riesgos médicos (i.e., es seguro), está dentro de las

reglas que rigen un deporte en particular (i.e., es legal), y produce la mejoría deseada en el rendimiento competitivo (i.e., es efectiva). El dopaje sanguíneo no cumple con los dos primeros criterios con respecto a la aplicación competitiva.

El Comité Olímpico Internacional define el dopaje como “el uso de sustancias fisiológicas en cantidades anormales y con métodos anormales con el fin exclusivo de alcanzar un aumento artificial e injusto del rendimiento en competición” (18). Con base en esta definición, el Comité Olímpico Internacional ha prohibido el dopaje sanguíneo (la infusión de GR y la administración de eritropoyetina) como una ayuda ergogénica.

## **ADMINISTRACIÓN/ ACCIONES FISIOLÓGICAS**

### **Administración**

Se puede incrementar de manera artificial la masa de GR bien mediante la infusión de GR o bien administrando EPO. La infusión de GR producidos por uno mismo (infusión autóloga) o por otra persona (infusión homóloga) aumentará rápidamente la masa de GR, pero este aumento sólo se mantendrá durante varias semanas (37). La administración de EPO elevará lentamente el número de GR a lo largo de varias semanas, pero el aumento se mantendrá mientras se continúe el tratamiento con EPO.

Para la infusión autóloga, se extraen varias unidades sanguíneas (~ 450 ml cada una) por flebotomía, se recolectan los GR, se almacenan y son reinfundidos posteriormente. Entre cada flebotomía transcurren varias semanas para que pueda reestablecerse el hematocrito normal antes de la siguiente flebotomía o reinfusión. Para las infusiones autólogas, se requiere de técnicas de congelamiento de glicerol para permitir el almacenamiento prolongado de GR sin que se degraden (65). Para las infusiones homólogas pueden utilizarse técnicas de refrigeración para el almacenamiento a corto plazo; sin embargo, los GR se degradarán progresivamente y el período máximo de almacenamiento es de alrededor de 42 días. Las técnicas de almacenamiento y manipulación de sangre son importantes ya que influyen en el funcionamiento y en la tasa de supervivencia de los GR, lo que contribuye a la variabilidad de la respuesta a las dosis entre estudios.

La EPO se produce principalmente en los riñones y estimula la producción de GR en la médula ósea (34). Recientemente, el gen de la EPO fue clonado y manipulado genéticamente, por lo que la EPO está disponible a nivel comercial (21,30). Clínicamente, la EPO se le administra principalmente a los pacientes con insuficiencia renal junto con la hemodiálisis, pero este fármaco también se proporciona en los casos de trauma, SIDA y a otros pacientes anémicos (1,26,57). Los pacientes que recibieron dosis intravenosas (I.V.) de EPO presentaron aumentos de hemoglobina dosis-dependientes bastante uniformes durante muchas semanas(49), y los estudios clínicos indican que la administración subcutánea (S.c.) permite que los niveles de EPO sanguínea se mantengan al administrar con menos frecuencia dosis más bajas de EPO que por vía I.V. (33,49).

### **Acciones fisiológicas**

Se cuantifica mejor la efectividad de la infusión de GR y la administración de EPO para aumentar el número de GR midiendo la masa de GR mediante tecnologías de isótopo radioactivo (53); sin embargo, muchos hospitales y laboratorios de investigación no cuentan con este recurso. Por lo tanto los índices clínicos simples como el hematocrito o la concentración de hemoglobina se utilizan a menudo para estimar los cambios en la masa de GR. Estos índices clínicos están influenciados por efectos independientes tanto de la masa de GR como del volumen plasmático; por lo tanto, si la infusión de GR o la administración de EPO también alteraran el volumen plasmático, entonces estos índices proporcionarían estimaciones inexactas de los cambios en la masa de GR.

Varios estudios han llevado a cabo mediciones del volumen sanguíneo en personas tanto antes como después de la infusión de GR (29,50,52,54) o de la administración de EPO (19,31,36). Por lo general, estos estudios indican que el añadir GR “extra” provoca una reducción compensatoria en el volumen plasmático para mantener el mismo volumen sanguíneo inicial (31,36,50,54); sin embargo, este no es siempre el caso (52). Por lo tanto, el uso de solamente valores de hematocrito y/o hemoglobina para cuantificar la cantidad de GR “extra” por lo general generará una sobreestimación del aumento en la masa de GR después de la infusión de GR o de la administración de EPO. No obstante, estos índices clínicos (hematocrito y hemoglobina), estiman con exactitud el aumento en la capacidad de transporte del oxígeno y los cambios de viscosidad que se vinculan con los GR “extra”.

Las diferencias en la supervivencia de los GR y en las respuestas del volumen plasmático a la infusión dificultan la comparación de las características de la *dosis* (cantidad de GR infundidos)-*respuesta* (aumento en el hematocrito o hemoglobina) entre los estudios. Para una persona determinada, a más GR infundidos, mayor aumento en la hemoglobina. Por ejemplo, Spriet y col. (59) indicaron que cuando a individuos sanos se les infundieron los GR producto de dos unidades sanguíneas, la hemoglobina aumentó un ~8%, y cuando se les infundieron los GR producto de tres unidades sanguíneas la hemoglobina aumentó en ~10%. Cuando se comparan las personas sanas, la magnitud del aumento de la hemoglobina es bastante variable para una cantidad determinada de GR infundidos. Para un grupo de 21 individuos sanos, la infusión de los GR producto de dos unidades sanguíneas aumentó la hemoglobina (media  $\pm$  DS = 10%  $\pm$  5%) en un rango de 2%-18% (56).

Existen pocos datos publicados con respecto a las características de la dosis-respuesta de la EPO en sujetos sanos. Berglund y Ekblom (4) compararon dos dosis S.c. de EPO para aumentar la hemoglobina en individuos saludables. Ocho personas recibieron 20 U·kg<sup>-1</sup> S.c. de EPO, tres veces por semana durante 6 sem., y otras siete personas recibieron 20 U·kg<sup>-1</sup> S.c. de EPO tres veces a la semana durante 4 sem., seguidas por 40 U·kg<sup>-1</sup> de EPO durante las siguientes tres semanas. En ambos grupos, la hemoglobina aumentó (0.28 g·sem<sup>-1</sup>) de forma lineal y fue 11% mayor después de 6 sem. Casoni y colaboradores. (13) administraron 30 U·kg<sup>-1</sup> S.c de EPO cada dos días durante 6 sem. a 20 sujetos sanos y descubrieron que su hemoglobina aumentó en un 6%.

## RENDIMIENTO DEPORTIVO

### Potencia aeróbica máxima

Es importante una alta potencia aeróbica máxima (o consumo máximo de oxígeno, VO<sub>2máx</sub>) para tener éxito en los eventos deportivos que requieren de actividad sostenida a tasas metabólicas altas; por lo tanto, el aumento en el VO<sub>2máx</sub> a menudo se traduce en una mejoría en el rendimiento deportivo. El VO<sub>2máx</sub> se define como la tasa máxima a la cual los tejidos corporales utilizan el oxígeno durante el ejercicio físico, y depende tanto de factores circulatorios centrales (aporte de oxígeno) como periféricos (extracción de oxígeno). El aporte de oxígeno a los músculos que trabajan está en función del flujo sanguíneo muscular y del contenido de oxígeno de la sangre. Si el dopaje sanguíneo aumenta la concentración de hemoglobina, entonces el contenido de oxígeno aumentará, ya que cada gramo de hemoglobina transporta alrededor de 1.34 ml de oxígeno; además, el aporte de oxígeno aumentará en tanto que no disminuya el flujo sanguíneo.

Los investigadores que infundieron los GR producto de 2 unidades sanguíneas señalaron aumentos del 4% al 11% en el VO<sub>2máx</sub> (9,11,14, 43,50,52,59,62,64). Los investigadores que infundieron los GR producto de 3-5 unidades sanguíneas indicaron que la infusión de la segunda a la quinta unidad produjo aumentos adicionales en el VO<sub>2máx</sub> (14,59). Se ha demostrado en numerosos estudios que la administración de EPO aumentará de forma evidente el VO<sub>2máx</sub> de pacientes anémicos con hemodiálisis

(3,27,32,36,47). Sin embargo, la infusión de GR y la administración de EPO parecen proporcionar efectos ergogénicos similares para un momento dado de hemoglobina en personas sanas (19).

Los investigadores (32,36,46,56) señalan que la relación entre los cambios en la hemoglobina/hematocrito y los cambios en el  $VO_{2\text{máx}}$  después del dopaje sanguíneo son fuertes en los análisis grupales, pero no se mantienen en los análisis individuales. Por lo tanto, parece que la respuesta ergogénica de una persona al dopaje sanguíneo puede depender de una variedad de factores fisiológicos, como la genética, el nivel de condición física y el estado de entrenamiento (56).

### **Resistencia submáxima**

Cuando se aumenta el  $VO_{2\text{máx}}$  por medio del dopaje sanguíneo, una producción de potencia absoluta dada representa un porcentaje menor del nuevo  $VO_{2\text{máx}}$  (producción de potencia relativa inferior). En un estudio, por ejemplo, la producción de potencia que representaba el 91% del  $VO_{2\text{máx}}$  antes del dopaje, fue solamente del 87% y del 85% de los nuevos valores del  $VO_{2\text{máx}}$  después de la reinfusión de GR de 2 y 3 unidades sanguíneas, respectivamente (59). Como consecuencia, muchas investigaciones indican un  $VO_2$  invariable, frecuencias cardíacas más bajas, valores menores de ácido láctico arterial y venoso y valores de pH venosa y arterial mayores a una producción de potencia submáxima estandarizada tras el dopaje sanguíneo (11,14,19,20,43,45,59). Esta reducción en el estrés fisiológico contribuye a la mejora del rendimiento submáximo después del dopaje sanguíneo.

Se han utilizado numerosas pruebas de laboratorio para determinar los efectos del dopaje sanguíneo en el rendimiento submáximo. En corredores masculinos muy entrenados, la infusión de GR mejoró el tiempo de carrera hasta el agotamiento a un 95% del  $VO_{2\text{máx}}$  previo a la infusión, en un 20% y un 34% (carrera control, ~7 min) a las 24 h y 7 d, respectivamente (11). Otro grupo de corredores masculinos de larga distancia bien entrenados mejoró sus tiempos de carrera de ~8 km (5 millas) sobre una banda sin fin en un ~2% después de la infusión de GR, ocurriendo la mayoría de las reducciones en los últimos ~3 km (2 millas) (69). Escaladores de montaña entrenados presentaron un aumento del 16% en el tiempo de carrera sobre una banda sin fin durante una prueba de etapas múltiples después de la infusión de GR (45). Los hombres no entrenados corrieron sobre la banda sin fin un 13% más al mismo porcentaje del  $VO_{2\text{máx}}$  (~67% antes y después) después de la infusión de GR (63). En mujeres activas, el tiempo hasta el agotamiento aumentó un 19%-26% durante una prueba progresiva sobre cicloergómetro después de la infusión de GR (43).

La administración de EPO mejoró el tiempo de carrera hasta el agotamiento en un 17% durante una prueba progresiva sobre una banda sin fin en hombres que entrenan de forma recreativa (19). De forma similar, las investigaciones han mostrado que la administración de EPO en adultos y niños anémicos con enfermedad renal aumenta su capacidad de trabajo físico en ~10%-100% (3,7,12,15,27,34,36,47).

### **Rendimiento en las carreras**

Los estudios que examinan la efectividad del dopaje sanguíneo en el rendimiento en las carreras señalan mejoras de manera consistente, en especial en los eventos de larga distancia, en comparación con los de corta distancia. En los corredores de distancia entrenados, la infusión de GR disminuyó el tiempo en una carrera de ~5 km (3 millas) en ~24 s, y una reinfusión placebo no tuvo efecto (25). Para esquiadores de fondo (diseño de ciego sencillo), los tiempos de carrera de 15 km disminuyeron un 5% y un 3% a las 3 h y los 14 d después de la infusión, respectivamente (5). Para los corredores de larga distancia (diseño de doble ciego), los tiempos de carrera de 10 km disminuyeron en 69 s después de la infusión de GR (8). En otro estudio (diseño de doble ciego), los mismos investigadores encontraron que la infusión de GR disminuyó el tiempo de carrera de 1500 m en una pista atlética en ~5 s (9). En ambos estudios, las infusiones placebo no influyeron en el tiempo de carrera.

Recientemente, se llevó a cabo un análisis de mejoría acumulativa en el tiempo de carrera después de la reinfusión de GR (producto de 2 unidades sanguíneas) en función de la distancia de la carrera (58). Los datos que se emplearon en el análisis se derivaron del estudio de laboratorio y de los tres estudios de campo mencionados anteriormente, en los cuales participaron hombres en carreras de distancias comprendidas entre 1500 m y 10 km. La mejoría acumulativa en los tiempos de carrera después de la reinfusión aumentó en función de la distancia recorrida, de modo que los tiempos de carreras pronosticados mejoraron ~7, ~30, y ~68 s, en distancias de 2, 6 y 10 km, respectivamente.

## **ESTRÉS AMBIENTAL**

### **Altitudes elevadas**

Cuando se llega a altitudes elevadas, la baja presión del oxígeno en el aire inspirado disminuye las tensiones del oxígeno arterial, por lo tanto, la saturación del oxígeno de la hemoglobina desciende, y a la vez, disminuye el contenido de oxígeno arterial. La reducción del  $VO_{2máx}$  en elevaciones inferiores a los 1000 m es apenas medible; entre los 1000 y los 2000 m ocurre una pequeña reducción variable; y por encima de los 2000 m ocurre una reducción lineal de alrededor de un 10% por cada 1000 m de ascenso adicionales. La resistencia, o el tiempo hasta el agotamiento durante el ejercicio submáximo prolongado se reducen de manera similar en altitudes elevadas.

En pocos estudios se han investigado los efectos del dopaje sanguíneo en personas expuestas a altitudes elevadas. En 1947, Pace y col. (38) demostraron que los individuos que recibieron 1000 ml de GR presentaron frecuencias cardíacas menores mientras caminaban a una altura simulada de 4712 m (cámara hipobárica), en comparación con individuos del grupo de control. Las frecuencias cardíacas de los sujetos que recibieron infusiones de GR a esta altitud fueron comparables con las de los sujetos del grupo de control, que se ejercitaban 1581 m más abajo. Este dato originó el concepto de que el dopaje sanguíneo confiere el efecto “reducción de altitud” (“altitude-lowering” effect).

Más tarde, Robertson y col. (45) señalaron que la exposición a una altitud simulada de 3566 m (respiración de gas hipóxico), redujo el  $VO_{2máx}$  únicamente en un 10% en sujetos que habían recibido 750 ml de GR, en comparación con la reducción del 20% en el  $VO_{2máx}$  que se observó en los mismos individuos antes de la infusión de GR. Posteriormente, los mismos investigadores (44) señalaron que a una altitud simulada inferior, de 2255 m, la infusión de 334 ml de GR evitó totalmente la reducción del 10% en el  $VO_{2máx}$  que se observó durante la exposición hipóxica antes de la infusión.

En los estudios sobre el dopaje sanguíneo realizados por Pace y col. (38) y Robertson y col. (44,45), se utilizaron condiciones de altitud simulada consistentes en períodos bastante breves (< 1 h) en una cámara hipobárica o respirando mezclas de gas hipóxico. Young y colaboradores (72) estudiaron los efectos del dopaje sanguíneo en personas que viven a nivel del mar que ascendieron con rapidez hasta la cumbre del Pikes Peak a 4300 m, y que permanecieron en el lugar durante 15 días. Los sujetos que recibieron 290 ml de GR el día antes de ascender, experimentaron un descenso del 25% en el  $VO_{2máx}$ , valor que no fue significativamente diferente al de la reducción del 28% que experimentaron los sujetos del grupo de control (72). Además, el tiempo de carrera de 2 millas (al aire libre) a 4300 m no varió de forma significativa entre los individuos con dopaje sanguíneo y los del grupo control, aunque los sujetos con dopaje sanguíneo tendieron a mostrar una mayor mejora en su tiempo de carrera después de 9 días de aclimatación a la altitud (39).

Surgen varias interpretaciones de los diferentes estudios revisados. Los efectos ergogénicos del dopaje sanguíneo podrían disminuir conforme aumenta la altitud. Por lo tanto, al nivel del mar, el dopaje sanguíneo aumenta el  $VO_{2máx}$ , y a altitudes relativamente bajas (< 2500 m) el dopaje sanguíneo podría prevenir los descensos en el  $VO_{2máx}$  que se relacionan con la hipoxia (44). En las personas que ascienden a altitudes moderadas (> 2500 pero < 3800 m), el dopaje sanguíneo podría reducir, pero no

evitar por completo, la disminución en el  $VO_{2\text{máx}}$  (45); mientras que los efectos del dopaje sanguíneo en el  $VO_{2\text{máx}}$  podrían ser insignificantes en altitudes más elevadas (72). Otra posibilidad es que los efectos ergogénicos sean aparentes sólo con la exposición hipóxica aguda, y que la aclimatación que ocurre con las exposiciones que duran más de unas cuantas horas oculten de algún modo los efectos ergogénicos. Una última consideración es que el aumento inducido en la hemoglobina fue menor en los experimentos a 4300 m (72) que en los estudios a altitudes inferiores donde se demostraron los efectos ergogénicos (44,45).

### **Estrés por calor**

Varios mecanismos podrían permitir que el dopaje sanguíneo proporcione un beneficio ergogénico a quienes se ejercitan en el calor. La magnitud de los aumentos en la temperatura central durante el ejercicio se relaciona con la intensidad relativa del ejercicio ( $\%VO_{2\text{máx}}$ ) (55). Por lo tanto, podrían darse aumentos menores en la temperatura central durante el ejercicio después del dopaje sanguíneo. Además, el aumento en el contenido del oxígeno arterial inducido por el dopaje sanguíneo, podría permitir que los requerimientos sistémicos en el transporte de oxígeno a un nivel dado de ejercicio submáximo sean alcanzados con un flujo sanguíneo muscular menor. Esto debería reducir un poco la competencia entre los requerimientos circulatorios del metabolismo y la disipación de calor y permitir la redistribución del flujo sanguíneo hacia la piel. Además, si el dopaje sanguíneo aumentara el volumen sanguíneo, esto podría servir como una reserva para apoyar la termorregulación.

En dos investigaciones se han estudiado los efectos ergogénicos potenciales del dopaje sanguíneo en las personas que se ejercitan en el calor. Sawka y colaboradores. (50) pusieron a hombres no aclimatados a caminar en el calor antes y 48 h después de haber recibido 300 ml de GR. El dopaje sanguíneo redujo la acumulación de calor y aumentó la sensibilidad de la sudoración, pero no alteró la temperatura central durante el ejercicio (50,51). Además, se observaron respuestas más moderadas en la FC (50) y en el cortisol (23). La importancia de la leve ventaja termorregulatoria y de la reducción en el estrés fisiológico después del dopaje sanguíneo parecieron cuestionables a la luz de los marcados beneficios conferidos por la aclimatación al calor.

Posteriormente, esos investigadores (52) examinaron si el dopaje sanguíneo proporcionaría alguna ventaja termorregulatoria a las personas aclimatadas al calor y que se ejercitan en el calor, y si la deshidratación ocultaría cualquier beneficio (o tal vez resaltaría una desventaja aún no reconocida) resultante del dopaje sanguíneo. Antes y después (2 – 4 días) de la infusión con ~ 300 ml GR, los hombres aclimatados al calor caminaron en el calor, en una ocasión cuando estaban normalmente hidratados, y otro día, deshidratados al 5% de su peso corporal. El dopaje sanguíneo proporcionó una ventaja termorregulatoria substancial independientemente del estado de hidratación. Esto se demostró al disminuir las temperaturas centrales, los umbrales de sudoración y las frecuencias cardíacas; y al aumentar la sensibilidad de la sudoración durante el ejercicio después del dopaje sanguíneo cuando estaban euhidratados e hipohidratados (51,52).

Por lo tanto, el dopaje sanguíneo puede ser una ayuda ergogénica para las personas que se ejercitan en el calor. El dopaje sanguíneo brinda una ventaja termorregulatoria, la cual parece ser máxima para las personas aclimatadas al calor y leve para las personas no aclimatadas.

### **Estrés por frío**

Los efectos ergogénicos del dopaje sanguíneo no se han evaluado bajo condiciones de estrés por frío. No existe una razón para creer que la mejoría en el  $VO_{2\text{máx}}$  observada en ambientes de clima moderado después del dopaje sanguíneo sería menos aparente con el estrés por frío. Por lo tanto, el dopaje sanguíneo podría permitir tiritar y/o mantener actividad física voluntaria por más tiempo o más vigorosamente. Por el contrario, el dopaje sanguíneo podría aumentar la susceptibilidad a la lesión

periférica por frío (e.g., congelación, pie de trinchera) si la viscosidad de la sangre aumentara lo suficiente para deteriorar la microcirculación durante la vasoconstricción que induce el frío. En ausencia de datos experimentales, estos efectos son sólo especulaciones.

## **RIESGOS MÉDICOS/ DETECCIÓN**

### **Riesgos del hematocrito elevado**

La viscosidad aumenta la resistencia vascular independientemente del diámetro de los vasos sanguíneos, y se requiere de contracciones cardíacas más fuertes para hacer circular la sangre (28,60). La viscosidad sanguínea aumenta de forma exponencial a medida que el hematocrito aumenta por encima del 30% (35). Con hematocritos muy elevados (i.e., policitemia clínica, hematocrito  $\geq 55\%$ ), las desventajas fisiológicas de la hiperviscosidad pueden ser perjudiciales para el rendimiento en el ejercicio y para la salud. Los atletas que compiten o entrenan mientras se encuentran dopados con sangre, pueden alcanzar hematocritos así de altos mediante una combinación de GR extra y la deshidratación, la cual reduce el volumen plasmático.

Se cree que el flujo sanguíneo denso que se asocia con hematocritos muy altos (ya que estos riesgos no están documentados en personas sanas), aumenta los riesgos de eventos tromboembólicos, tales como un accidente cerebrovascular o un infarto del miocardio. También puede causar estasis venosa en las venas pequeñas y tal vez trombosis, lo que podría ocasionar también una trombosis venosa profunda y una embolia pulmonar. Los pacientes con condiciones patológicas (tales como Policitemia Vera), que tienen hematocritos  $\geq 55\%$ , deben someterse a evaluación médica y a menudo debe practicárseles una flebotomía para reducir su hematocrito. Recientemente, se señaló que el dopaje sanguíneo no aumentó la actividad fibrinolítica en los individuos sanos expuestos a gran altitud, a pesar de que tenían hematocritos del 52% y del 55% en reposo y después de ejercicio máximo, respectivamente (40).

### **Riesgos de la infusión/ transfusión**

Se estima que el riesgo asociado a recibir una transfusión homóloga de una unidad de GR analizada y evaluada apropiadamente, es de alrededor 1 en 200,000 para la hepatitis B, y entre 1 y 3 en 10,000 para la hepatitis C (17). Sin embargo, el riesgo de adquirir una enfermedad hepática seria e irreversible o de morir debido a la hepatitis C es probablemente mucho menor: 1 en 10,000–20,000. El riesgo de una infección por VIH (SIDA) está en un rango de 1 en 150,000 en el sureste de los Estados Unidos y de 1 en 1,000,000 en el centro de los Estados Unidos (2). El riesgo general para todos los Estados Unidos de una infección de VIH es de 1 en 340,000 (2). Otros riesgos de los bancos de sangre incluyen reacciones mayores a la transfusión por incompatibilidad sanguínea debido a una clasificación errónea en el laboratorio; reacciones menores a la transfusión, incluyendo fiebre y dolores corporales; lesión pulmonar aguda relacionada con la transfusión e infección bacteriana (48). El riesgo general de que un receptor de sangre adquiriera una enfermedad seria o fatal por medio de la transfusión es aproximadamente de 3 en 10,000 (17,66).

Los informes de la prensa señalan que los atletas han recibido transfusiones sanguíneas homólogas de amigos y parientes, indebidamente analizadas y evaluadas (16). El riesgo de una transfusión sin supervisión médica es ciertamente mayor del asociado a recibir una transfusión de productos sanguíneos analizados adecuadamente por necesidad médica. Además, se puede argumentar que el riesgo de recibir productos sanguíneos de parientes o amigos es en realidad mayor del que se asocia con recibir sangre de un donador voluntario anónimo, ya que los amigos y los parientes son menos susceptibles de revelar factores de riesgo comportamentales potenciales para la transmisión de enfermedades infecciosas.



La infusión autóloga de GR no es del todo segura. Un error de laboratorio, una equivocación en el etiquetado y una mala manipulación de los productos sanguíneos son las causas más comunes de la morbilidad seria relacionada con la infusión. Aunque esto es poco frecuente, el riesgo de un error en el laboratorio es el mismo para las transfusiones sanguíneas autólogas y homólogas (17,66). Además, las personas que reciben infusiones autólogas tienen el riesgo de adquirir infecciones bacterianas debido a la mala manipulación de los productos sanguíneos (17,66).

### Los riesgos de la Eritropoyetina

La Eritropoyetina (EPO) causa pocos efectos secundarios, y los que se han señalado no se atribuyen necesariamente al fármaco (58,70). En los pacientes de hemodiálisis, la EPO se asocia con un aumento en la presión sanguínea arterial (12,61). El European Multicenter Study señaló que la EPO (dosis semanal promedio de  $\sim 250 \text{ U}\cdot\text{kg}^{-1}$ , I.V.) aumentó la presión arterial media (en reposo) de 95 a 99 mm Hg a los 6 meses, pero no aumentó (97 mm Hg) después de 1 año (61). El Canadian Multicenter Study indicó que la EPO ( $\sim 300 \text{ U}\cdot\text{kg}^{-1}$ , I.V.) no alteró la presión sanguínea sistólica (en reposo), pero aumentó la presión sanguínea diastólica de 78 a 85 mm Hg después de 6 meses (12). La incidencia de la elevación de la presión sanguínea parece tener relación con la dosis de EPO (10).

Existe cierta evidencia de que la EPO podría afectar la presión sanguínea de adultos sanos. Berglund y Ekblom (4) estudiaron las respuestas de la presión sanguínea de estudiantes de educación física sanos que recibieron EPO ( $\sim 30 \text{ U}\cdot\text{kg}^{-1}$ , S.C.), durante 6–7 semanas. No presentaron ninguna diferencia en la presión sanguínea sistólica o en la diastólica en reposo, o en la presión sanguínea sistólica durante el ejercicio de intensidad leve (100 W). Durante el ejercicio de intensidad moderada (200 W), la presión sanguínea sistólica aumentó de 177 a 191 mm Hg después de la EPO. Por lo tanto, el aumento de la presión sanguínea debería considerarse como un factor de riesgo potencial de la EPO para los atletas.

Otros efectos secundarios que se asocian con la EPO incluyen síntomas similares a los de la gripe e hipercaliemia. Por lo general, los síntomas similares a los de la gripe son moderados y no persisten (70). Se han señalado aumentos en los niveles del potasio plasmático en los pacientes de diálisis que reciben terapia de EPO; el aumento parece ser máximo al principio del tratamiento (70). Las personas sanas que reciben múltiples inyecciones de EPO podrían inhibir su producción endógena de EPO (68). Probablemente esta inhibición no ocurre hasta que la administración de EPO ha aumentado la masa de GR por encima de los niveles normales previos al tratamiento (68).

### Detección

La evaluación de las ayudas ergogénicas en los atletas está restringida actualmente a muestras de orina. El uso de muestras sanguíneas mejoraría la capacidad para detectar el dopaje sanguíneo.

**Transfusión homóloga.** Es posible realizar una evaluación para detectar diferencias antigénicas sutiles en las muestras sanguíneas para determinar si un atleta ha recibido GR de otra persona. Sin embargo, ya que se piensa que el uso de sangre homóloga para mejorar el rendimiento atlético es poco frecuente, el esfuerzo que esto implica podría no valer la pena para beneficiarse en una competencia justa (6,13).

**Infusión autóloga.** Es difícil realizar una evaluación para detectar transfusiones sanguíneas autólogas. Aunque hay algunos cambios sutiles en la forma de los GR conforme las células “envejecen” mientras están almacenadas, es difícil desarrollar una prueba bastante fiable basada en estos cambios (6,13).

**EPO.** La EPO puede ocasionar cambios en el tamaño de los GR, en el contenido de hemoglobina en los GR y en otros parámetros que podrían detectarse con el análisis hematológico de rutina. Sin embargo, estos índices también podrían cambiar como resultado del ejercicio y de la exposición ambiental, y podrían carecer de la fiabilidad que se requiere para una prueba concluyente sobre el uso de la EPO (6). Además, ya que la EPO es una hormona peptídica, la vida media de la EPO que se administra de

manera exógena será corta, mientras que los efectos fisiológicos van a durar más (49). Esto dificulta el desarrollo de pruebas altamente fiables usando los niveles de concentración de EPO para detectar su uso (49,68).

La EPO humana de origen recombinante está menos cargada negativamente y tiene menos movilidad electroforética que la EPO endógena de personas sanas (67). Wide y colaboradores. (68) han utilizado esta información con éxito para detectar la presencia de EPO administrada de manera exógena. Ellos señalaron que cuando se administró EPO exógena, ésta podía detectarse en muestras de suero hasta 3 días después de la inyección, y en muestras de orina hasta 2 días después de la inyección sin falsos resultados positivos (68).

## **CONCLUSIONES**

La posición del American College of Sports Medicine (ACSM) es que cualquier procedimiento de dopaje sanguíneo utilizado para intentar mejorar el rendimiento deportivo es antiético, injusto y expone al atleta a riesgos sin garantía alguna y potencialmente serios para la salud. El dopaje sanguíneo puede mejorar la capacidad del atleta para realizar ejercicios de resistencia submáxima y máxima. Además, el dopaje sanguíneo puede ayudar a reducir el estrés fisiológico durante el ejercicio en el calor y tal vez en altitud. Todos los procedimientos de dopaje sanguíneo tienen riesgos médicos concomitantes que pueden ser serios y reducir el rendimiento deportivo. Los controles médicos inadecuados aumentan estos riesgos conocidos, así como la interacción entre la deshidratación con el ejercicio y el estrés ambiental. Finalmente, los riesgos médicos asociados con el dopaje sanguíneo se han calculado a partir de estudios de investigación cuidadosamente controlados, y el uso del dopaje sanguíneo sin supervisión médica aumentará estos riesgos.

## **RECONOCIMIENTO**

Este pronunciamiento reemplaza el artículo de 1987 del ACSM titulado “El dopaje sanguíneo como una ayuda ergogénica”.

Este pronunciamiento fue revisado para el American College of Sports Medicine por miembros representativos, el Comité de Pronunciamientos, y por: E. R. Eichner, M.D., FACSM, R. Gotshall, Ph.D., C. Robert Valeri, M.D., y Melvin H. Williams, Ph.D., FACSM.

## **BIBLIOGRAFÍA**

La bibliografía se puede consultar en: <http://www.msse.com>