

Canvis hematològics i de minerals en ciclistes al llarg de la temporada esportiva

Cambios hematológicos y de minerales en ciclistas a lo largo de la temporada deportiva

R.J. Nuviola Mateo*, L.M^a Elosegui Alberdi*, J. Puzo Foncillas*, D. Abos Olivares**, A. Giner Soria*

* Servicio de Bioquímica. Hospital Clínico Universitario (Zaragoza)

** Servicio de Medicina Nuclear. Hospital Clínico Universitario (Zaragoza)

RESUM

En un grup de 10 ciclistes afeccionats s'han valorat els canvis produïts al llarg de la temporada esportiva en els paràmetres hematològics i minerals (magnesi, coure, zinc). L'hematòcrit era significativament més baix ($p < 0.01$) al final de l'estudi en relació al seu valor inicial. El Fe sèric va mostrar el seu nivell més alt a meitat de temporada coincidint amb el més baix de l'haptoglobina, però sense diferències significatives. Els nivells de ferritina i magnesi sèrics van disminuir progressivament al llarg de la temporada, amb els seus nivells més baixos a la última valoració ($p < 0.01$). El coure tenia el seu valor més alt a l'inici de la temporada disminuint posteriorment, al contrari que el zinc que va augmentar amb respecte al seu nivell inicial. La dieta d'aquests esportistes ha de contemplar la possibilitat de l'aport suplementari d'alguns minerals, ja que en veure's incrementades les seves pèrdues, pot conduir-los a situacions deficitàries.

Paraules clau:

Ciclistes. Ferro. Magnesi. Coure. Zinc.

SUMMARY

In a group of ten amateur cyclists we have evaluated the changes produced in the hematological and mineral (magnesium, copper, zinc) parameters along a sportive season. Hematocrit value was significantly lower ($p < 0.01$) at the end of the period. Serum iron was at its highest level in the middle of the season; at the same time the haptoglobin was at its lowest level but without showing significant differences. Serum ferritin and mag-

RESUMEN

En un grupo de 10 ciclistas aficionados se han valorado los cambios producidos a lo largo de la temporada deportiva en los parámetros hematológicos y minerales (magnesi, cobre, cinc). El hematocrito era significativamente más bajo ($p < 0.01$) al final del estudio en relación a su valor inicial. El Fe sérico mostró su nivel más alto a mitad de temporada coincidiendo con el más bajo de la haptoglobina, pero sin diferencias significativas. Los niveles de ferritina y magnesi séricos disminuyeron progresivamente a lo largo de la temporada, con sus niveles más bajos en la última valoración ($p < 0.01$). El cobre tenía su valor más alto al inicio de la temporada disminuyendo posteriormente, al contrario que el cinc que aumentó con respecto a su nivel inicial. La dieta de estos deportistas debe contemplar la posibilidad del aporte suplementario de algunos minerales, ya que al verse incrementadas sus pérdidas, puede conducirles a situaciones deficitarias.

Palabras clave:

Ciclistas. Hierro. Magnesi. Cobre. Cinc.

nesium levels decreased progressively during this period, the lowest levels were found at the last evaluation ($p < 0.01$). Serum copper had its highest value at the beginning of the season, and it decreased later; on the contrary, zinc serum increased with regard to its initial level. The diet of these athletes has to take into account the inclusion of some minerals as a supplement, because the increase of losses could lead to a deficit.

Key words:

Cyclists. Iron. Magnesium. Copper. zinc.

Introducció

Els estats deficitaris de ferro, encara que sense anèmia manifesta, tenen marcats efectes sobre la capacitat oxidativa del múscul esquelètic, la qual cosa pot reduir substancialment el rendiment màxim de l'esportista.^{7, 31} Per tant, és recomanable la monitorització regular dels nivells de ferro i paràmetres hematològics dels esportistes a fi d'assegurar la seva capacitat de rendiment òptim.

D'altra banda, alguns minerals com a components d'una gran varietat d'enzims o actuant com a cofactors de diverses reaccions enzimàtiques, aconsegueixen un important paper en el manteniment i regulació de múltiples processos fisiològics de l'organisme i en especial d'aquells relacionats amb el metabolisme dels carbohidrats, lípids i proteïnes i formació d'energia.⁵ La majoria d'estudis referents en aquests minerals i a les seves proteïnes transportadores en esportistes, s'han centrat en les modificacions produïdes després d'exercicis de curta durada,^{1, 2, 22, 23} prestant-se escassa atenció als canvis produïts a llarg termini o durant períodes d'entrenament.⁸

Amb la finalitat de valorar les modificacions produïdes en els paràmetres relacionats amb el metabolisme del ferro i en alguns minerals (magnesi, zinc i coure) i proteïnes transportadores al llarg de la temporada d'entrenament i competició, es va dissenyar un estudi de seguiment en un grup d'esportistes practicants de ciclisme.

Material i mètodes

Participaren en l'estudi 10 ciclistes afeccionats amb edats compreses entre els 18 i els 25 anys. Tots ells foren informats prèviament dels objectius que es perseguïen amb les proves, sol·licitant-los que omplissin una enquesta amb les seves dades personals, temps que portaven practicant l'esport de forma regular i el promig de km que entrenaven per setmana. Així mateix, hom els va advertir que no prenguessin suplementes minerals al llarg del temps que durés l'estudi.

Després d'ésser pesats i amidats, hom va determinar la seva capacitat vital (CV) i el volum espiratori màxim per segon (VEMS) utilitzant un espiròmetre model Grafospir LAN-R7 (JRB). A partir de la CV i VEMS es va calcular l'índex de Tiffeneau (I.T. = VEMS x 100/CV).

Les extraccions de sang venosa es van realitzar a primera hora del matí després d'un període de 12 hores de dejuni i sense haver realitzat cap activitat física prèvia. Les mostres de sang van ésser repartides en dos lots: un amb EDTA-K₃ com a anticoagulant i l'altre en un tub amb buit, essent centrifugat a continuació i separada la fracció de sèrum que va ésser emmagatzemada a -30° C fins al moment del

Introducción

Los estados deficitarios de hierro, aun sin anemia manifesta, tienen marcados efectos sobre la capacidad oxidativa del músculo esquelético lo que puede reducir sustancialmente el rendimiento máximo del deportista.^{7, 31} Por tanto, es recomendable la monitorización regular de los niveles de hierro y parámetros hematológicos de los deportistas con el fin de asegurar su capacidad de rendimiento óptimo.⁶

Por otra parte, algunos minerales como componentes de una gran variedad de enzimas o actuando como cofactores de diversas reacciones enzimáticas, desempeñan un importante papel en el mantenimiento y regulación de múltiples procesos fisiológicos del organismo y en especial de aquellos relacionados con el metabolismo de los carbohidratos, lípidos y proteínas y formación de energía útil.⁵ La mayoría de estudios referentes a estos minerales y sus proteínas transportadoras en deportistas, se han centrado en las modificaciones producidas tras ejercicios de corta duración,^{1, 2, 22, 23} prestándose escasa atención a los cambios ocasionados a largo plazo o durante periodos de entrenamiento prolongado.⁸

Con el fin de valorar las modificaciones producidas en los parámetros relacionados con el metabolismo del hierro y en algunos minerales (magnesio, zinc y cobre) y proteínas transportadoras a lo largo de la temporada de entrenamiento y competición, se diseñó un estudio de seguimiento en un grupo de deportistas practicantes de ciclismo.

Material y métodos

Participaron en el estudio 10 ciclistas aficionados con edades comprendidas entre 18 y 25 años. Todos ellos fueron informados previamente de los objetivos que se perseguían con las pruebas, solicitándoles que rellenaran una encuesta con sus datos personales, tiempo que llevaban practicando deporte de forma regular y el promedio de km que entrenaban por semana. Asimismo, se les advirtió que no tomaran suplementos minerales a lo largo del tiempo que durara el estudio.

Tras ser pesados y medidos, se les determinó su capacidad vital (CV) y volumen espiratorio máximo por segundo (VEMS) utilizándose un espirómetro modelo Grafospir LAN-R7 (JRB). A partir de la CV y VEMS se calculó el índice de Tiffeneau (I.T.=VEMS x 100/CV).

La extracción de sangre venosa se realizó a primera hora de la mañana tras un periodo de 12 horas de ayuno y sin haber realizado actividad física alguna antes de la misma. Las muestras de sangre fueron repartidas en dos lotes: uno con EDTA-K₃ como anticoagulante y otro en tubo con

seu processament analític. A les mostres tractades amb anticoagulant es van determinar: el valor hematòcrit (Hto) per quadruplicat en una centrifuga de microhematòcrits, l'hemoglobina (Hb) pel mètode de la cianometamoglobina¹¹ i la concentració d'eritròcits,³⁰ aquests darrers en un autoanalitzador hematològic H-6000 (Technicon).

El ferro (Fe) i el magnesi (Mg) sèrics es van determinar pels mètodes de la ferrozina²⁹ i calmagita¹² respectivament, en un autoanalitzador centrífig Gemeni (Electro Nucleonics, Inc.). El coure (Cu) y el zenc (Zn) van ésser quantificats per absorció atòmica en un espectrofotòmetre Video 11E (Thermo Jarrel Ash). La transferrina (TRF), ceruloplasmina (CER), albúmina (ALB) i α_2 -macro-globulina (AMG) van ésser determinades per immunoquímica en un nefelòmetre cinètic ICS Analyzer II (Beckman).²⁸

Per últim la ferritina va ésser valorada per duplicat mitjançant radioimmunoanàlisi (RIA) en un comptador automàtic de mostres CGR.¹⁹ Els controls analítics van ésser portats a terme tres cops al llarg de la temporada: a l'octubre (I), febrer (II), i juny (III), atenent al criteri marcat pel seu entrenador. La primera valoració va coincidir amb l'inici de la preparació física i les dues següents aproximadament amb els dos pics màxims d'entrenament programats per a la temporada.

El tractament estadístic es va dur a terme mitjançant el programa informatitzat Microstat Rel. 4.1.07. Les diferències existents es van analitzar mitjançant el test d'hipòtesi de les mitjanes (test de Student) per a sèries aparellades, establint-se nivells de significació per ($p < 0.05$) i ($p < 0.01$).

Resultats

Les característiques físiques i temps de pràctica figuren a la Taula I. L'entrenament mitjà desenvolupat

n	10
Edad (años)	20.3 ± 2.2
Peso (Kg)	66.0 ± 8.1
Altura (cm)	173.7 ± 5.2
Capacidad vital (ml)	4830.0 ± 734.9
VEMS (ml)	4290.0 ± 716.4
I. Tiffeneau (%)	88.7 ± 3.9
Tiempo de práctica (años)	4.1 ± 2.7

Taula I. Característiques físiques i temps de pràctica dels ciclistes ($X \pm 1$ DS).

Tabla I. Características físicas y tiempo de práctica de los ciclistas ($X \pm 1$ DS).

vacio, siendo centrifugado a continuación y separada la fracción de suero que fue almacenada a -30° C hasta el momento de su procesamiento analítico. En las muestras tratadas con anticoagulante se determinaron: el valor hematocrito (Hto) por cuadruplicado en una centrifuga de microhematòcrits; la hemoglobina (Hb) por el método de la cianometamoglobina¹¹ y la concentración de hematies,³⁰ estos últimos en un autoanalizador hematològic H-6000 (Technicon).

En hierro (Fe) y magnesio (Mg) séricos se determinaron por los métodos de la ferrozina²⁹ y calmagita¹² respectivamente, en un autoanalizador centrífigo Gemeni (Electro Nucleonics, Inc.). El cobre (Cu) y cinc (Zn) se cuantificaron por absorción atòmica en un espectrofotòmetre Video 11E (Thermo Jarrel Ash). La transferrina (TRF), haptoglobina (HPT), ceruloplasmina (CER), albúmina (ALB) y α_2 -macroglobulina (AMG) se determinaron por immunoquímica en un nefelòmetre cinètic ICS Analyzer II (Beckman).²⁸

Por último la ferritina se valoró por duplicado mediante radioimmunoanàlisi (RIA) en un contador automàtic de muestras CGR.¹⁹ Los controles analítics se llevaron a cabo tres veces a lo largo de la temporada: en octubre (I), febrero (II) y junio (III), atendiendo al criterio marcado por su entrenador. La primera valoración coincidió con el inicio de la preparación física y las dos siguientes aproximadamente con los dos picos máximos de entrenamiento programados para la temporada.

El tratamiento estadístico se llevo a cabo mediante el programa informatizado Microstat Rel. 4.1.07. Las diferencias existentes se analizaron mediante el test de hipótesis de las medias (test de Student) para series apareadas, estableciéndose niveles de significación para $p < 0.05$ y $p < 0.01$.

Resultados

Las características físicas y tiempo de práctica figuren en la Tabla I. El entrenamiento medio desarrollado (km/sem) en el tiempo correspondiente a cada una de las valoraciones, se representa gráficamente en la Figura 1.

Los valores promedio de los parámetros hematològicos figuren en la Tabla II. El Hto era significativamente más bajo ($p < 0.01$) en la última valoración (III) con respecto al inicio del estudio (I). La Hb, por el contrario, estaba significativamente más elevada al final del estudio (III), mientras que la concentración de hematies era significativamente mayor ($p < 0.01$) en la segunda valoración (II) en relación a su cifra inicial. El Fe sérico mostró un incremento (II) para después alcanzar su nivel más bajo (III), no hallándose diferencias significativas con su valor inicial. La TRF tenía su valor más alto al inicio del estudio, modificándose poco posteriormente.

pat (km/setm), es representa gràficament a la figura 1.

Els valors mitjans dels paràmetres hematològics figuren a la Taula II. El Hto era significativament més baix ($p < 0.01$) a l'última valoració (III) amb respecte a l'inici de l'estudi (I). La Hb, al contrari, era significativament més elevada al final de l'estudi (III), mentre que la concentració d'eritròcits era significativament major ($p < 0.01$) a la segona valoració (II) en relació a la seva xifra inicial. El Fe sèric va mostrar un increment (II) per després arribar al seu nivell més baix (III), no trobant-se diferències significatives amb el seu valor inicial. La TRF tenia el seu valor més alt a l'inici de l'estudi, modificant-se poc posteriorment. El percentatge de saturació de la TRF era significativament més elevat ($p < 0.05$) a la segona valoració (II) en relació al seu valor inicial. El valor mitjà de la ferritina va disminuir significativament a la segona valoració ($p < 0.05$) en relació al seu estat inicial i el descens encara es va fer més manifest al final de l'estudi ($p < 0.01$). Els valors de HTP no van mostrar diferències significatives, corresponent el seu valor més baix a la segona valoració.

Els resultats obtinguts per als minerals i proteïnes plasmàtiques de transport es mostren a la Taula III. El Mg sèric va disminuir significativament ($p < 0.05$) a la segona valoració (II), descens que es va fer més acusat ($p < 0.01$) al final de l'estudi (III). El Cu va mostrar valors significativament menors ($p < 0.01$) durant la II i III valoració en relació al seu nivell inicial, mentre que en el cas del Zn el valor inicial era significativament inferior en relació a les altres dues valoracions, II ($p < 0.01$) i III ($p < 0.05$). La CER va mostrar un valor significativament més elevat ($p < 0.01$) al final de l'estudi. Per l'ALB es va trobar un descens continuat al llarg de l'estudi amb diferències significatives respecte al valor inicial en II ($p < 0.05$) i III ($p < 0.01$), mentre que la AMG es va modificar escassament.

Discussió

Els resultats obtinguts en aquest estudi per als paràmetres hematològics (Hto, Hb i eritròcits) mostren escasses diferències, essent d'interès destacar el descens del Ht a la última valoració efectuada. Els valors són superiors als referits per GUGLIELMINI i cols.¹³ en un grup de ciclistes professionals durant la temporada de competició, a l'igual que els trobats per nosaltres en ciclistes aficionats.²⁰ D'altra banda, KAISER i cols.¹⁷ en un estudi realitzat a 60 barons no entrenats, al llarg de 18-20 mesos i amb entrenament progressivament més intens, troba un lleuger descens dels paràmetres hematològics, una mica més acusat per al Ht.

Encara que el Fe sèric mostra acusades variacions fisiològiques dia a dia,²⁵ l'augment trobat a la

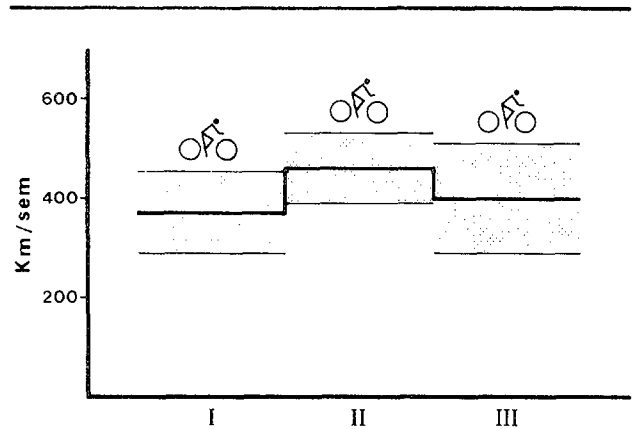


Figura 1. Entrenament mitjà desenvolupat durant cadascuna de les valoracions realitzades. I = Octubre II = Febrer III = Juny ($\bar{X} \pm 1 DS$).

Figura 1. Entrenamiento medio desarrollado durante cada una de las valoraciones realizadas. I = Octubre II = Febrero III = Junio ($\bar{X} \pm 1 DS$).

El porcentaje de saturación de la TRF estaba significativamente más elevado ($p < 0.05$) en la segunda valoración (II) en relación a su valor inicial. El valor medio de la ferritina disminuyó significativamente en la segunda valoración ($p < 0.05$) en relación a su estado inicial y el descenso aún se hizo más manifiesto al final del estudio ($p < 0.01$). Los valores de HPT no mostraban diferencias significativas, correspondiendo su valor más bajo a la segunda valoración.

Los resultados obtenidos para los minerales y proteínas plasmáticas de transporte se muestran en la Tabla III. El Mg sérico disminuyó significativamente ($p < 0.05$) en la segunda valoración (II), descenso que se hizo más acusado ($p < 0.01$) al final del estudio (III). El Cu mostró valores significativamente menores ($p < 0.01$) durante la II y III valoraciones en relación a su nivel inicial, mientras que en el caso del Zn el valor inicial era significativamente inferior en relación a las otras dos valoraciones, II ($p < 0.01$) y III ($p < 0.05$). La CER mostró un valor significativamente más elevado ($p < 0.01$) al final del estudio. Para la ALB se halló un descenso continuado a lo largo del estudio con diferencias significativas respecto al valor inicial en II ($p < 0.05$) y III ($p < 0.01$), mientras que la AMG se modificó escasamente.

Discussió

Los resultados obtenidos en este estudio para los parámetros hematológicos (Hto, Hb y hematies) muestran escasas diferencias, siendo de interés resaltar el descenso del Hto en la última valoración efectuada. Los valores son superiores a los referidos por GUGLIELMINI y col.¹³ en un grupo de ciclistas profesionales durante la temporada de

nostra segona valoració, malgrat no ésser significatiu, coincideix amb un valor més baix de la HPT, descens que es justificaria per un major grau d'hemolisi, coincidint a més amb l'època en què els nostres ciclistes entrenaven més intensament. Aquesta troballa és superposable al que va ésser descrit per DUFAUX i col.⁹ L'augment de Fe explica també l'increment significatiu de l'1% de saturació de la TRF, ja que els nivells de TRF es mantenen quasi constants al llarg de la temporada.

La ferritina sèrica va disminuir al llarg de la temporada, xifrant-se el descens mitjà en un 19,2% a la segona valoració i en un 36,3% a l'última, en relació als seus nivells inicials, però sense arribar a ésser en cap cas per sota del líndar considerat com a normal. Descensos similars, encara que de més baixa intensitat són descrits en altres treballs realitzats a poblacions sotmeses a un programa d'entrenament de mitjana i llarga durada.^{3,17} A més, KAISER i cols.¹⁷ refereixen que el descens dels valors de ferritina està relacionat amb l'increment de la càrrega de treball de l'entrenament.

Diversos estudis realitzats en ciclistes professionals, recalquen les grans suplementacions de Fe administrades en aquests deportistes bé per via oral o parenteral.^{10,13,27} Així, DUFAUX i col.⁹ refereixen nivells de ferritina durant la temporada de competició superiors als 160 ng/ml, mentre que GUGLIELMINI i col.¹³ donen xifres mitjanes de 422 ng/ml. Aquests darrers autors descriuen que els seus ciclistes rebien una suplementació intravenosa de gluconat sòdico-fèrric de 60-300 mg/mes,

competició, al igual que los hallados por nosotros en ciclistas aficionados.²⁰ Por otra parte, KAISER y col.¹⁷ en un estudio realizado en 60 varones no entrenados; a lo largo de 18-20 meses y con entrenamiento progresivamente más intenso, halla un ligero descenso de los parámetros hematológicos, algo más acusado para el Hto.

Aunque el Fe sérico muestra acusadas variaciones fisiológicas día a día,²⁵ el aumento hallado en nuestra segunda valoración, aún sin ser significativo, coincide con un valor más bajo de la HPT, descenso que se justificaría por un mayor grado de hemolisis, coincidiendo además con la época en que nuestros ciclistas entrenaban más intensamente. Este hallazgo es superponible al descrito por DUFAUX y col.⁹ El aumento de Fe explica también el incremento significativo del % de saturación de la TRF, puesto que los niveles de TRF se mantienen casi constantes a lo largo de la temporada.

La ferritina sèrica disminuyó progresivamente a lo largo de la temporada, cifrándose su descenso medio en un 19.2% en la segunda valoración y en 36.3% en la última, en relación a sus niveles iniciales, pero sin llegar a estar en ningún caso por debajo del límite considerado como normal. Descensos similares, aunque de menor intensidad son descritos en otros trabajos realizados en poblaciones sometidas a un programa de entrenamiento de media y larga duración.^{3,17} Además, KAISER y col.¹⁷ refieren que el descenso de los valores de ferritina está relacionado con el incremento de la carga de trabajo del entrenamiento.

	I	II	III
Hematocrito (%)	46.7 ± 1.1	46.5 ± 1.6	44.9 ± 2.0 **
Hemoglobina (g/dl)	15.5 ± 0.5	15.1 ± 0.8	16.2 ± 0.6 **
Hematíes. 10 ⁶ /mm ³	5.04 ± 0.29	5.40 ± 0.39 **	5.10 ± 0.40
Hierro (µg/dl)	105.2 ± 52.2	124.7 ± 34.9	94.7 ± 32.8
Transferrina (mg/dl)	339.3 ± 41.1	325.1 ± 31.1	329.2 ± 36.5
Saturación de TRF (%)	30.6 ± 12.2	37.9 ± 8.4 *	28.6 ± 10.0
Ferritina (ng/ml)	82.2 ± 32.8	63.5 ± 27.4 *	48.1 ± 15.6 **
Haptoglobina (mg/dl)	98.8 ± 53.3	79.9 ± 22.4	90.9 ± 30.4

Taula II. Modificacions hematològiques al llarg de la temporada. I = Octubre II = Febrer III = Juny ($\bar{X} \pm 1$ DS).
Test de Student (sèries aparellades): * p < 0.05; ** p < 0.01.

Tabla II. Modificaciones hematológicas a lo largo de la temporada. I = Octubre II = Febrero III = Junio ($\bar{X} \pm 1$ DS).
Test de Student (series apareadas): * p < 0.05; ** p < 0.01.

	I	II	III
Magnesi (mEq/l)	2.06 ± 0.13	1.99 ± 0.08 *	1.79 ± 0.14 **
Cobre (µg/dl)	124.5 ± 18.9	108.0 ± 17.0 **	109.1 ± 17.2 **
Cinc (µg/dl)	122.5 ± 11.3	138.0 ± 9.4 **	134.0 ± 13.1 *
Ceruloplasmina (mg/dl)	25.8 ± 4.7	24.8 ± 3.9	28.4 ± 4.6 **
Albúmina (g/dl)	5.30 ± 0.27	5.07 ± 0.21 *	4.86 ± 0.25 **
α ₂ -macroglobulina (mg/dl)	223.7 ± 36.5	216.1 ± 33.9	211.6 ± 24.2

Taula III. Modificacions dels minerals i proteïnes de transport al llarg de la temporada. I = Octubre II = Febrer III = Juny ($\bar{X} \pm 1$ DS). Test de Student (sèries aparellades): * p < 0.05; ** p < 0.01.

Tabla II. Modificaciones de los minerales y proteínas de transporte a lo largo de la temporada. I = Octubre II = Febrero III = Junio ($\bar{X} \pm 1$ DS). Test de Student (series apareadas): * p < 0.05; ** p < 0.01.

durant un període de 8 mesos i que sorprenentment trobaven, al llarg de la temporada de competició, reduccions en alguns casos molt importants del Ht, Hb i eritròcits. De l'anterior concloïen que aquests descensos no eren conseqüència d'una disminució dels dipòsits de Fe sinó més aviat deguts a l'increment de la destrucció d'eritròcits i eritropoesi reduïda.

Igualment CAMPANINI i col.⁴ en un grup de 15 ciclistes participants al Giro d'Italia, troben a l'inici de la prova un valor mitjà de ferritina de 194 ng/ml, que es va incrementant fins a 236 ng/ml el desè dia de cursa i retorna a 190 ng/ml als 20 dies d'iniciada, trobant simultàniament una reducció progressiva de la concentració de Hb. Aquesta última troballa ratifica el fet que la reducció de la Hb no és deguda exclusivament a la deficiència de Fe. Els elevats nivells de ferritina són conseqüència d'una excessiva ingesta de Fe, però no s'ha de descartar que el seu augment pot ésser degut també a processos inflamatoris, ja que aquesta proteïna es comporta com un reactant de fase aguda.

El Mg sèric també va disminuir significativament al llarg de l'estudi, amb un descens mitjà d'un 3,1% segona valoració i d'un 12,8% a l'última, respecte als valors inicials. Una troballa semblant hem constatat en un grup de joves nedadores de competició al llarg de la temporada esportiva.²¹

Els canvis a la concentració de Mg sèric depenen essencialment de la durada del treball, augmentant després d'exercicis de curta durada i disminuint durant l'exercici prolongat.²⁴ En un estudi realitzat en 100 esportistes barons, HARALAMBIE¹⁵ va demostrar que al voltant d'una tercera part tenien nivells subòptims d'aquest catió. Ambdós treballs coincideixen en afirmar que encara que es

Diversos estudios realizados en ciclistas profesionales, hacen hincapié en las grandes suplementaciones de Fe administradas a estos deportistas bien por vía oral o parenteral.^{10, 13, 27} Así, DUFAUX y col.⁹ refieren niveles de ferritina, durante la temporada de competición superior a los 60 ng/ml, mientras que GUGLIELMINI y col.¹³ dan cifras medias de 422 ng/ml. Estos últimos autores describen que sus ciclistas recibían una suplementación intravenosa de gluconato sódico-férrico de 60-300 mg/mes, durante un período de 8 meses, y que sorprendentemente hallaban, a lo largo de la temporada de competición, reducciones en algunos casos muy importantes del Hto, Hb y hematíes. De lo anterior concluían que estos descensos no eran consecuencia de una disminución de los depósitos de Fe sino más bien debidos al incremento de la destrucción de hematíes y eritropoyesis reducida.

Igualmente CAMPANINI y col.⁴ en un grupo de 15 ciclistas participantes en el Giro de Italia, hallan al inicio de la prueba un valor medio de ferritina de 194 ng/ml, que se ve incrementado hasta 236 ng/ml el décimo día de carrera y retorna a 190 ng/ml a los 20 días de iniciada, encontrando simultáneamente una reducción progresiva de la concentración de Hb. Este último hallazgo ratifica el hecho de que la reducción de la Hb no se debe exclusivamente a la deficiencia de Fe. Los elevados niveles de ferritina son consecuencia de una excesiva ingesta de Fe, pero no se debe descartar que su aumento puede deberse también a procesos inflamatorios, ya que esta proteína se comporta como un reactante de fase aguda.

El Mg sérico también disminuyó significativamente a lo largo del estudio, con un descenso medio de un 3,1% en la segunda valoración y de un

perden petites quantitats de Mg per la suor el seu descens al sèrum, després de l'exercici ha d'atribuir-se a la seva captació per part dels eritròcits o del teixit muscular actiu.

El descens trobat per al Cu a la segona i tercera valoració dels nostres ciclistes és semblant al descrit per DOWDY i BURT,⁸ en un grup de nedadors després d'uns quants mesos d'entrenament, encara que aquests autors donen xifres basals molt inferiors a les nostres, de 61,7 g/dl a l'inici de la temporada i al voltant de 50 g/dl en els darrers mesos de l'estudi. També LUKASKI i col.¹⁸ obtenen valors mitjans basals en esportistes inferiors als nostres (90 g/dl) mentre que AUROMA i col.² donen xifres superiors (134,7 g/dl).

A nivell individual, únicament un dels nostres ciclistes presentava una xifra de Cu baixa a l'inici de l'estudi (85 g/dl) que va disminuir fins a 65 g/dl al final. Les pèrdues d'aquest micronutrient poden ésser importants per la suor, referint CAMPBELL i ANDERSON⁵ xifres de fins a 1,6 mg/dia, el que equivaldria aproximadament a un 45% de la ingesta mitjana recomanada. No obstant assenyalen que l'estat nutricional del Cu pot veure's alterat per una ingesta baixa o per l'entrenament intens, especialment als casos on coincideixen amb èpoques de creixement de l'esportista.

En quan al Zn sèric dels nostres ciclistes, es va trobar un increment significatiu a la segona valoració que es va mantenir, a nivells un tant inferiors, al final de l'estudi. Els nostres valors són marcadament superiors als descrits en esportistes per altres autors^{2, 15, 16} CAMPBELL i ANDERSON⁵ sostenen que l'entrenament de resistència comporta una disminució significativa dels nivells de Zn sèric basal, referint que el 23% dels corredors barons estudiats eren hipozincèmics (amb un límit mínim normal de 65 g/dl) i que a més els corredors que més entrenaven tendien a tenir els nivells de Zn més baixos. Per la seva part, HARALAMBIE¹⁶ situa el nivell mínim en 75 g/dl, trobant que el 23,3% dels barons i el 43% de les dones esportistes eren en situació d'hipozincèmia.

HACKMAN i KEEN,¹⁴ troben també nivells baixos de Zn en esportistes, atribuint aquest fet a una inadequada ingesta de Zn, establerta en un mínim diari de 15 mg, xifra a la qual no s'arriba en un 90% dels casos de corredors estudiats per ells. També Van RIJ i col.²⁶ incideixen en l'ingesta insuficient però sense oblidar tampoc les pèrdues d'aquest micronutrient ocasionades per la sudoració i assenyalant que els canvis en el metabolisme del Zn poden repercutir sobre la funció muscular. Els elevats nivells de Zn trobats en els nostres ciclistes ens fa pensar que les necessitats nutricionals d'aquest element es troben prou cobertes.

L'interès de l'estudi del Zn en els esportistes es posa de manifest per HARALAMBIE,¹⁵ degut al seu important paper a la síntesi proteica i d'àcids nu-

12.8% en la última, respecto a los valores iniciales. Un hallazgo semejante hemos constatado en un grupo de jóvenes nadadoras de competición a lo largo de la temporada deportiva.²¹

Los cambios en la concentración de Mg sérico dependen esencialmente de la duración del trabajo, aumentando tras ejercicios de corta duración y disminuyendo durante el ejercicio prolongado.²⁴ En un estudio realizado en 100 deportistas varones, HARALAMBIE¹⁵ demostró que alrededor de un tercio de los mismos tenían niveles subóptimos de este catión. Ambos trabajos coinciden en afirmar que aunque se pierden pequeñas cantidades de Mg por el sudor su descenso en suero, tras el ejercicio, debe atribuirse a su captación por parte de los hematies o del tejido muscular activo.

El descenso hallado para el Cu en la segunda y tercera valoración de nuestros ciclistas es semejante al descrito por DOWDY y BURT,⁸ en un grupo de nadadores tras varios meses de entrenamiento, aunque estos autores dan cifras basales muy inferiores a las nuestras, de 61.7 µg/dl al inicio de la temporada y de alrededor de 50 µg/dl en los últimos meses del estudio. También LUKASKI y col.¹⁸ obtienen valores medios basales en deportistas inferiores a los nuestros (90µg/dl), mientras que AUROMA y col.² dan cifras superiores (134.7 µg/dl).

A nivel individual, únicamente uno de nuestros ciclistas presentaba una cifra de Cu baja al inicio del estudio (85µg/dl) que disminuyó hasta 65 µg/dl al final del mismo. Las pérdidas de este micronutriente pueden ser importantes a través del sudor, refiriendo CAMPBELL y ANDERSON⁵ cifras de hasta 1.6 mg/día, lo que equivaldria aproximadamente a un 45% de la ingesta media recomendada. Sin embargo, señalan que el estado nutricional del Cu puede verse alterado por una ingesta baja o por el entrenamiento intenso, especialmente en los casos que coinciden con épocas de crecimiento del deportista.

En cuanto al Zn sérico de nuestros ciclistas, se halló un incremento significativo en la segunda valoración que se mantuvo, en niveles algo menores, al final del estudio. Nuestros valores son marcadamente superiores a los descritos en deportistas por otros autores.^{2, 15, 16} CAMPBELL y ANDERSON,⁵ sostienen que el entrenamiento de resistencia conlleva una disminución significativa de los niveles de Zn sérico basal, refiriendo que el 23% de los corredores varones estudiados eran hipocincémicos (con un límite mínimo normal de 65 µg/dl) y que además los corredores que más entrenaban tendían a tener los niveles de Zn más bajos. Por su parte, HARALAMBIE¹⁶ situa el nivel mínimo en 75 µg/dl, hallando que el 23.3% de los varones y el 43% de las mujeres deportistas estaban en situación de hipocincèmia.

HACKMAN y KEEN,¹⁴ hallan también niveles ba-

cleics, sobretot amb vista a l'increment de la massa muscular amb l'entrenament. Els nivells baixos de Zn en sèrum semblen ésser un bon indicador de les seves deficiències a l'organisme.

Els nivells de ceruloplasmina (CER) disminueixen lleugerament a la segona valoració mentre que augmentaven significativament al final de l'estudi, la qual cosa difereix de les troballes de DOWDY i BURT⁸ en nedadors, que trobaven marcats descensos al final de la temporada. La 2 macroglobulina (AMG) es modificava escassament en els ciclistes al llarg de l'estudi, amb valors inferiors als descrits per HARALAMBIE,¹⁶ encara que aquest autor realitzava les determinacions mitjançant immunodifusió radial, mètode diferent a l'utilitzat en aquest treball.

Dels resultats obtinguts en aquest estudi, es desprèn que al llarg de la temporada d'entrenament i competició dels ciclistes, hi ha un descens progressiu de la ferritina i Mg sèrics, però sense arribar a nivells subòptims. En planificar la dieta dels esportistes han de tenir-se molt en compte els especials requeriments d'alguns minerals, ja que en veure's incrementades les seves pèrdues, poden conduir a situacions deficitàries. D'altra banda, l'aport de suplement minerals pot ésser plenament justificat en determinats casos individuals.

jos de Zn en deportistas, achacando este hecho a una inadecuada ingesta de Zn, establecida en un mínimo diario de 15 mg, cifra que no es alcanzada por el 90% de los corredores estudiados por ellos. También Van RIJ y col.,²⁶ inciden en la ingesta insuficiente pero sin olvidar tampoco las pérdidas de este micronutriente ocasionadas a través de la sudoración, y señalando que los cambios en el metabolismo del Zn pueden repercutir sobre la función muscular. Los elevados niveles de Zn hallados en nuestros ciclistas nos hace pensar que las necesidades nutricionales de este elemento se hallan suficientemente cubiertas.

El interés del estudio del Zn en los deportistas es puesto de manifiesto por HARALLAMBIE,¹⁵ debido a su importante papel en la síntesis protéica y de ácidos nucléicos, sobre todo con vistas al incremento de la masa muscular con el entrenamiento. Los niveles bajos de Zn en suero parecen ser un buen indicador de las deficiencias del mismo en el organismo.

Los niveles de ceruloplasmina (CER) disminuían ligeramente en la segunda valoración para aumentar significativamente al final del estudio, lo cual difiere de los hallazgos de DOWDY y BURT⁸ en nadadores, que encontraban marcados descensos al final de la temporada. La α_2 -macroglobulina (AMG) se modificaba escasamente en los ciclistas a lo largo del estudio, con valores inferiores a los descritos por HARALAMBIE,¹⁶ aunque este autor realizaba las determinaciones mediante inmunodifusión radial, método diferente al utilizado en este trabajo.

De los resultados obtenidos en este estudio, se desprende que a lo largo de la temporada de entrenamiento y competición de los ciclistas, hay un descenso progresivo de la ferritina y Mg sèrics, pero sin llegar a niveles subòptims. Al planificar la dieta de los deportistas deben tenerse muy en cuenta los especiales requerimientos de algunos minerales, puesto que al verse incrementadas sus pérdidas, pueden conducir a situaciones deficitarias. Por otra parte, el aporte de suplementos minerales puede estar plenamente justificado en determinados casos individuales.

Bibliografia

1. NADERSON, R.A.; POLANSKY, M.M.; BRYDEN, N.A.: Strenuous running. Acute effects on chromium, copper, zinc, and selected clinical variable in urine and serum of male runners. *Biol. Trace Element Res.*, 6: 327-336. 1984.
2. AUROMA, O.I.; REILLY, T.; MacLAREN, D.; HALLIWELL, B.: Iron, copper and zinc concentrations in human sweat and plasma; the effect of exercise. *Clin. Chim. Acta*, 177: 81-88. 1988.
3. BLUM, S.M.; SHERMAN, A.R.; BOILEAU, R.A.: The

- effects of fitness-type exercise on iron status in adult women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 43/3: 456-463. 1986.
4. CAMPANINI, S.; AROSIO, P.; LEVI, S.; CERIOTTI, F.; MURONE, M.; MARCONI, C.: Analysis of the iron status of professional cyclists during a 3-week road race. *Haematol.*, 73: 111-114. 1988.
 5. CAMPBELL, W.W.; ANDERSON, R.A.: Effects of aerobic exercise and training on the trace minerals chromium, zinc and copper. *Sports Med.*, 4: 9-18. 1987.
 6. CLEMENT, D.B.; SAWCHUK, L.L.: Iron status and sports performance. *Sports Med.*, 1: 65-74. 1984.
 7. DALLMAN, P.R.: Biochemical basis for the manifestations of iron deficiency. *Ann. Rev. Nutr.*, 6: 13-40. 1986.
 8. DOWDY, R.P.; BURT, J.: Effect of intensive, long-term training on copper and iron nutriture in man. *Fed. Proc.*, 39 (abstr.): 786. 1980.
 9. DUFAUX, B.; HOEDERATH, A.; STREITBERGER, I.; HOLLMAN, W.; ASSMANN, G.: Serum ferritin, transferrin, haptoglobin, and iron in middle- and long-distance runners, elite rowers, and professional racing cyclists. *Int. J. Sports Med.*, 2/1: 43-46. 1981.
 10. ERP-BAART, A.M.J.; van SARIS, W.M.H.; BINKHORST, R.A.; VOS, J.A.; ELVERS, J.W.H.: Nationwide survey on nutritional habits in elite athletes. Part II. Mineral and vitamin intake. *Int. J. Sports Med.*, 10 (Suppl. 1) S11-S16. 1989.
 11. FELLINGHAN, F.: Comparison of SMA 4 with manual methods. In: *Automation in Analytical Chemistry. Technicon Symposia, II, White Plaine, New York. Mediad. Inc.*, pp. 57-61. 1968.
 12. GINDLER, E.M.; HETH, D.A.: Colorimetric determination with bound "Calmagite" of magnesium in human blood serum. *Clin. Chem.*, 17 (abstr.): 662. 1971.
 13. GUGLIELMINI, C.; CASONI, I.; PATRACCHINI, M.; MANDREDINI, F.; GRAZZI, G.; FERRARI, M.; CONCONI, F.: Reduction on Hb levels during the racing season in nonsideropenic professional cyclists. *Int. J. Sports Med.*, 10/5: 352-356. 1989.
 14. HACKMAN, R.M.; KEEN, CL.: Changes in serum zinc and copper levels after zinc supplementation in running and nonrunning men. In: Katch, F.I. (Ed.), *Sport, health, and nutrition: 1984 Olympic Scientific Congress Proceedings, Vol. 2, Human Kinetics Publishers, Champaign*, pp. 89-99. 1986.
 15. HARALAMBIE, G.: Electrolytes, trace elements and vitamins in exercise. *Med. Sport*, 13: 134-152. 1981.
 16. HARALAMBIE, G.: *Serum zinc in athletes in training.* *Int. J. Sports Med.*, 2/3: 136-138. 1981.
 17. KAISER, V.; JANSSEN, G.M.E.; WERSCH, J.W.J. van: Effect of training on red blood cell parameters and plasma ferritin: A transverse and a longitudinal approach. *Int. J. Sports Med.*, 10 (Suppl. 3): S169-S175. 1989.
 18. LUKASKI, H.C.; BOLONCHUK, W.W.; KLEAVAY, L.M.; MILNE, D.B.; SANDSTEAD, H.H.: Maximal oxygen consumption as related to magnesium, copper, and zinc nutriture. *Am. J. Clin. Nutr.*, 37/3: 407-415. 1983.
 19. MILES, L.E.M.; LIPSCHITZ, D.A.; DIEBER, C.P.; COOK, J.D.: Measurement of serum ferritin by a 2-sites immunometric assay. *Anal. Biochem.*, 61: 209. 1974.
 20. NUVIALA, R.J.; ABOS, D.; GONZÁLEZ, E.; GINER, A.: Valoración de las deficiencias de hierro en corredores de fondo y ciclistas. *Arch. Med. Dep.* 17: 11-16. 1988.
 21. NUVIALA, R.J.; ELOSEGUI, L.M.; PUZO, J.; LAPIEZA, M.G.; ESCANERO, J.F.; GINER, A.: Training effects on the trace elements and plasma proteins in young swimming females. Communication in Vth European Congress of Sports Medicine. Barcelona, 1988.
 22. OHNO, H.; DOI, R.; YAMASHITA, K.; YAMAMURA, K.; ITOH, Y.; KAWAI, T.; TANIGUCHI, N.: Effects of short physical exercise on the concentrations of α_1 -microglobulin and β_2 -microglobulin in human plasma. *J. Sports Med.*, 25: 65-68. 1985.
 23. OHNO, H.; YAMASHITA, K.; DOI, R.; YAMAMURA, K.; KONDO, T.; TANIGUCHI, N.: Exercise-induced changes in blood zinc and related proteins in humans. *J. Appl. Physiol.*, 58/5: 1.453-1.458. 1985.
 24. OLHA, A.E.; KLISSOURAS, V.; SULLIVAN, J.D.; SKORRYNA, S.C.: Effect of exercise on concentration of elements in the serum. *J. Sports Med.*, 22: 414-425.
 25. PILON, V.A.; HOWANITZ, P.J.; HOWANITZ, J.H.; DOMRES, N.: Day-to-day variation in serum ferritin, concentration in healthy subjects. *Clin. Chem.*, 27/1: 78-82. 1981.
 26. RIJ, A.M. van; HALL, M.T.; DOHM, G.L.; BRAY, J.; PORIES, W.J.: Changes in zinc metabolism following exercise in human subjects. *Biol. Trace Element Res.*, 10: 99-105. 1986.
 27. SARIS, W.H.M.; ERP-BAART, M.A. van; BROUNS, F.; WESTERTERP, K.R.; HOOR, F. ten: Study on food intake expenditure during extreme sustained exercise: The Tour de France. *Int. J. Sports Med.*, 10 (Suppl. 1): S26-S31. 1989.
 28. STERNBERG, J.C.: A rate nephelometer for measuring specific proteins by immunoprecipitin reactions. *Clin. Chem.*, 23: 1.456-1.464. 1977.
 29. STOOKEY, L.: Ferrozine-a new spectrophotometric reagent for iron. *Anal. Chem.*, 42: 779-781. 1970.
 30. STURGEON, P.; McQUISTON, D.T.: A fully automated system for the simultaneous determination of whole blood red cell count and hemoglobin content. *Am. J. Clin. Pathol.*, 43: 517-531. 1965.
 31. SWEARINGER, J.V.: Iron deficiency in athletes: Consequence or adaptation in strenuous activity. *J. Orth. Sports Phys. Ther.*, 7/4: 192-195. 1986.

