

Influencia del status en hierro en la atención y rendimiento intelectual de un colectivo de adolescentes españoles

Rosa María Ortega¹, María González-Fernández¹, Luz Paz², Pedro Andrés³, Luis Miguel Jiménez⁴,
María Jesús Jiménez¹, Marcela González-Gross¹, Ana María Requejo¹, María Jesús Gaspar⁵

RESUMEN. Se ha valorado el status en hierro de un colectivo de 64 adolescentes (37 varones y 276 mujeres), con edades comprendidas entre 15 y 16 años (15.94 ± 0.76 años), que cursan sus estudios en un Instituto de Madrid (España), teniendo en cuenta datos dietéticos, hematológicos y bioquímicos. La ingesta de hierro fue cuantificada utilizando la técnica de «registro de consumo de alimentos», durante 5 días, uno de los cuales era domingo, y mediante posterior transformación de los alimentos en energía y nutrientes. Los parámetros sanguíneos cuantificados fueron: hemoglobina, índice hematocrito, valores corpusculares (VCM, HCM y CHCM), sideremia y ferritina. Los anteriores datos fueron relacionados con los resultados de la aplicación de test de atención y de aptitudes escolares (AE), evaluadas a partir de tres dimensiones: verbal (V), razonamiento (R) y cálculo (C). Existe una correlación positiva entre VCM ($r=0.2705$), HCM ($r=0.3370$) y ferritina ($r=0.3383$) con la atención. También existe correlación entre el VCM ($r=0.2995$), HCM ($r=0.3998$), CHCM ($r=0.3134$) y ferritina ($r=0.3970$) con la velocidad demostrada en la prueba de atención, y entre la hemoglobinemia y la capacidad de cálculo ($r=0.22905$). Los adolescentes con mejores resultados en el test de aptitudes escolares, también mostraron cifras más satisfactorias en relación con los parámetros hematológicos y bioquímicos cuantificados, siendo la diferencia significativa para la ferritina, en los varones, y para hemoglobina y CHCM, en la población femenina. Un 19.6% de los adolescentes mostraron niveles de ferritina inferiores a 12 ng/ml, en ellos los resultados de todas las pruebas de función intelectual realizadas fueron inferiores a los de adolescentes con ferritina ≥ 12 ng/ml, siendo la diferencia significativa en relación con muchos de los parámetros cuantificados, y en concreto estas diferencias se dan para ambos sexos, en relación con el factor verbal y la calificación global del test de aptitudes escolares. Los anteriores resultados parecen indicar la existencia de una relación entre el status en hierro y la atención y aptitudes escolares del colectivo de adolescentes estudiado.

SUMMARY. Influence of the iron status on the attention and intellectual capability of Spanish adolescents. Dietetic, hematologic and biochemical data were used to assess the iron status of a group of 64 adolescents (37 males and 27 females), aged 15 to 18 (mean age 15.94 ± 0.76 years), who study in a High School in the comunidad Autónoma de Madrid. All were asked to keep a dietary record during 5 days, one of which had to be a sunday. Iron intake was estimated using the Food Composition Tables of the Instituto de Nutrición (1990). The hematologic survey determined hemoglobin hematocrit mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin (MCH), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), serum iron and serum ferritin. These data were correlated with the scores obtained in the attention and school capability test (AT), that gave information about the verbal (V), reasoning (R) and calculus (C) capabilities. There is a positive correlation between MCV ($r=0.2705$), MCH ($r=0.3370$) ferritin ($r=0.3383$) and attention. MCV ($r=0.2995$), MCH ($r=0.3998$), MCHC ($r=0.3134$) and ferritin ($r=0.3970$) were also correlated with the speed capability shown on the attention test and the hemoglobin level was correlated with the calculus capability ($r=0.22905$). The students who obtained higher scores in the school capability test had also better blood parameter values. This was statistically significant for serum ferritin in males students and for hemoglobin and MCHC in female students. 19.6% of the adolescents had ferritin levels lower than 12 ng/ml. Their intelligence test scores were lower to those who had serum ferritin ≥ 12 ng/ml. This difference is statistically significant, in both sexes, for the verbal intelligence and the school capability test scores. Our result suggest that there are a relationship between the iron status and the attention and school cognitive functions of the studied adolescent group.

INTRODUCCION

Sabemos que es necesario cuidar la base física de la conducta, capacidad de atención, recepción y aprendizaje, para conseguir un alto rendimiento intelectual y es indudable

1. Dpto. de Nutrición, F. de Farmacia, Univ. Complutense de Madrid.
2. Dpto. de Personalidad, Modificación de Conducta, F. de Psicología, UNED.
3. Dpto. de Nutrición y Bromatología II (Bromatología). Laboratorio de Técnicas Instrumentales. F. de Farmacia, Unive. Complutense de Madrid.
4. Asociación Pedagógica para la Calidad de la Enseñanza (A.P.I.C.E).

5. Servicio de Análisis Clínicos, Hospital del INSALUD, Guadalajara.
Trabajo realizado con una Ayuda para Grupos Precompetitivos de la Universidad Complutense de Madrid.

que sin una nutrición óptima es imposible conseguir una salud psíquica y una capacidad intelectual satisfactoria (1,2,3,4).

El colectivo de adolescentes debe ser especialmente vigilado, porque en esta etapa de la vida acelerado crecimiento hace que las necesidades de nutrientes sean muy elevadas (5) y por tanto el padecimiento de deficiencias puede ser más frecuente. Además los desequilibrios nutricionales pueden tener repercusiones funcionales de mayor trascendencia que en otras edades (6,7,8).

Entre todos los nutrientes, el hierro merece especial atención por ser frecuente su deficiencia (9,10) y por las importantes misiones que cumple el mineral en el organismo, concretamente juega un importante papel en el funcionamiento del sistema nervioso y en la síntesis y metabolismo de los neurotransmisores (1,3,6,11).

Diversos estudios han puesto de relieve la influencia de la deficiencia en hierro en la conducta y en los resultados de la aplicación de test motores y mentales (1,6,12,13).

Otros autores ponen en relieve claras mejoras de la función cognitiva por suplementación con hierro, siendo las mejoras de los niños anémicos significativamente superiores a las de los no anémicos (14).

El objeto del presente trabajo es valorar el status en hierro de un colectivo de adolescentes y analizar la influencia de su situación, en relación con este mineral, en la atención y aptitud escolar.

MATERIAL Y METODOS

Se ha valorado el estatus en hierro de un colectivo de 64 adolescentes (37 varones y 27 mujeres), con edades comprendidas entre 15 y 18 años (15.94 ± 0.76 años), que cursan sus estudios en un Instituto de Madrid (España), situado en una zona considerada de clase social media. En la valoración se han tenido en cuenta datos dietéticos, hematológicos y bioquímicos.

La muestra estuvo formada por todos los adolescentes, de alguno de los tres grupos de enseñanza secundaria, que fueron seleccionados para participar en el estudio y que voluntariamente quisieron colaborar en la realización del mismo. Los varones objeto de estudio mostraron un peso (64,3 Kg) y una talla (173,9cm) superior a los de las mujeres (con 53,7 kg y 159,8 cm) pero su índice de Quetelet (21 kg/m^2) fué similar al de la población femenina (21.1 kg/m^2).

La ingesta de hierro fue cuantificada utilizando la técnica de «registro de consumo de alimentos», realizado durante 5 días, uno de los cuales era domingo. Los alimentos fueron transformados en energía y nutrientes mediante el empleo de las Tablas de Composición de Alimentos del Instituto de Nutrición (15). La determinación de las Recomendaciones Dietéticas (RD) se hizo utilizando las Tablas de Ingestas Recomendadas de Energía y Nutrientes para la población española (5).

Posteriormente la comparación de las ingestas con las

Recomendaciones Dietéticas (RD) marcadas, permite emitir un juicio sobre la adecuación de la dieta en relación con el hierro.

El estudio hematológico y bioquímico se realizó únicamente en un grupo de 56 adolescentes, 34 varones y 22 mujeres, que fueron los que voluntariamente se prestaron a la extracción sanguínea. La muestras de sangre fueron obtenidos en ayunas a primera hora de la mañana, por punción de la vena cubital.

Los parámetros sanguíneos cuantificados fueron: hemoglobina, índice hematocrito, Volumen corpuscular medio (VCM), Hemoglobina corpuscular media (HCM) y concentración de Hemoglobina corpuscular Media (CHCM), mediante la utilización de un analizador Coulter S Plus (16). El hierro sérico se cuantificó por un método colorimétrico utilizando ferrozina como cromógeno (17) y la ferritina por inmunoensayo tipo «Sandwich» (18).

Los anteriores datos fueron relacionados con los resultados de la aplicación de test de atención y de aptitudes escolares (AE), evaluadas a partir de tres dimensiones verbal (V), razonamiento (R) y cálculo (C).

El test de atención consistía en tachar, de forma clara, todas las letras «d» que estuvieran acompañadas de dos apóstrofes, sin dejar ninguna, y evitando tachar las que no cumplieran las anteriores condiciones. Después de realizar la prueba durante cinco minutos se registran: el Nº de aciertos, de errores y omisiones, así como la velocidad (letras y/o líneas revisadas).

Como test de aptitudes escolares (TEA) hemos empleado una adaptación española del «SRA Test of Educational Ability», Science Research Associates (19). Hemos elegido el TEA-3 que el mejor adaptado a las edades objeto de este estudio. Este test está diseñado para evaluar tres dimensiones aptitudinales o factores: verbal (V), razonamiento (R) y cálculo (C), tanto a partir de cada uno de los factores evaluados, como del total combinado de las puntuaciones, se puede obtener un cociente intelectual o un centil.

También se registraron las calificaciones obtenidas por los alumnos, al final del curso, en relación con las asignaturas: latín, lengua española, lengua extranjera, geografía, religión-ética, matemáticas, física-química, educación física y enseñanzas y actividades técnico-profesionales, así como la media de las anteriores asignaturas.

Análisis estadístico: Las diferencias, en función del sexo o de los resultados hematológicas y funcionales, fueron establecidas mediante la aplicación del análisis de varianza y de la prueba de la «t» de Student; en los casos en los que la distribución de resultado fue no homogénea se aplicaron los test de Kruskal-Wallis y de Mann-Whitney. También se han calculado los coeficientes de correlación lineal entre datos dietéticos, hematológicos y bioquímicos con los de atención o de aptitudes escolares.

RESULTADOS

La Tabla 1 presenta los resultados del estudio dietético, hematológico, bioquímico y de rendimiento intelectual, de los escolares estudiados, agrupados por su sexo, y pone de relieve una situación más satisfactoria, en general, en la población masculina.

TABLA 1
RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS PARAMETROS CUANTIFICADOS (X±SE)

	Total	Varones	Mujeres
D Energía (Kcal/día)	2.450±101	2.768±144*	2034±88*
I Hierro (mg/día)	14±0.6	16±0.8*	11.3±0.5*
E Hierro Hemo (mg/día)	4.3±0.2	4.9±0.63*	3.5±0.3*
T Hierro no Hemo (mg/día)	9.7±0.5	11.1±0.6*	7.9±0.4*
A Hierro (% de RD)	85.5±4.3	102.7±05.8*	63±2.9*
A Hierro (mg/1000 Kcal)	5.8±0.1	5.9±0.2	5.9±0.2
S Hemoglobina (g/dl)	14.88±0.18	15.56±0.16*	13.83±0.26*
A I. Hematocrito (%)	44.99±0.49	46.73±0.48*	42.32±0.68*
N VCM (μ3)	89.94±0.64	89.52±0.82	90.60±1.01
G HCM (pg)	29.72±0.26	29.80±0.33	29.59±0.45
R CHCM (g/dl)	33.03±0.16	33.30±0.19*	32.62±0.24*
E Hierro (μg/dl)	81.22±4.53	85.72±5.50	74.68±7.66
Ferritina (ng/ml)	35.68±4.10	37.05±5.60	44.83±6.00
A Atención			
P (aciertos/5 min)	113±3.1	114.7±4.7	110.9±3.9
T Velocidad			
I (Leidas/5 min)	480.6±12.9	486.8±18.1	473±18.6
T Factor verbal	23.1±0.7	24±0.9	21.8±1.2
U Factor razonamiento	17.8±0.5	17.7±0.7	17.9±0.8
D Factor cálculo	15.6±0.6	17.4±0.7*	13±0.9*
Aptitudes escolares	57.1±1.5	59.8±1.6*	53±2.5*
Calificaciones ^a	4.1±0.1	4.1±0.2	4±0.2

* Diferencia significativa (p<0.05)

a Se considera la nota media de 9 asignaturas, valorando el muy deficiente con 1, deficiente=2, suficiente=3, bien=4, notable=5 y sobresaliente=6.

En la Tabla 2 se comparan los resultados en función de que los niveles séricos de ferritina sean menores, o bien iguales o superiores, a 1.2 ng/ml. La presentación de todos los datos, dietéticos, sanguíneos y funcionales, permite tener un mayor conocimiento de la situación global de los individuos incluidos en cada uno de estos grupos. Esta tabla muestra que los resultados del test de atención y de aptitudes escolares, son superiores en los adolescentes con niveles de ferritina más elevados, al comparar con los que presentan niveles deficitarios, siendo la diferencia, en muchos de los casos, significativa.

TABLA 2
RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS PARAMETROS CUANTIFICADOS EN FUNCION DE LOS NIVELES DE FERRITINA (X±SE).

	Ferritina <12 ng/ml		Ferritina ≥12 ng/ml	
	Varones (n=4)	Mujeres (n=5)	Varones (n=30)	Mujeres (n=17)
D Energía (Kcal/día)	2321±558	1906±123	2893±174	2139±129
I Hierro (mg/día)	13±3.7	10.9±1.0	173±0.9	12.4±0.7
E Hierro Hemo				
T (mg/día)	3.8±0.8	3.8±0.7	5±0.3	3.6±0.4
A Hierro no Hemo (mg/día)	9.6±3.1	7.1±0.9	12±0.8	8.7±0.5
Hierro (% de RD)	57.1±20.2*	60.7±05.6	113.5±5.8*	68.6±4.1
Hierro (mg/100 Kcal)	5.7±0.4	5.7±0.3	6±0.3	5.8±0.2
S Hemoglobina				
A (g/dl)	15.55±0.37	13.78±0.65	15.63±0.26	14.14±0.34
N I. Hematocrito				
G (%)	45.60±1.37	42.78±1.76	47.24±0.76	43.2±0.92
R VCM (μ3)	87.2±2.54	87.72±2.09	88.16±0.99	90.80±1.57
E HCM (pg)	29.7±0.84	28.26±0.91	29.16±0.37	29.67±0.56
CHCM (g/dl)	34.08±0.51	32.18±0.34	33.09±0.26	32.65±0.25
Hierro (μg/dl)	99.33±10.7	43.80±10.7°	89.31±7.21	95.33±9.86°
Ferritina (ng/ml)	9.8±0.90*	7.02±2.71°	42.78±5.99*	45.00±5.90*
Atención				
A - Aciertos/5 min	90±1	96.4±4.5	103±4.7	104.3±4.8
P - Velocidad	400.5±13.5*	392.4±25.1	441±16.7*	447±21.3
T Factor verbal	18±1*	18.7±3.8°	25.9±1.3*	24±2.2°
I Factor razonamiento	13±1*	17±3.2	18.2±0.8*	16.9±1.3
T Factor cálculo	16±0	10±1°	17.8±1.1	14.4±1.6°
U Aptitudes escolares	47±2*	45.7±7.8°	63.2±2.0*	56.3±4.8°
D Coeficiente intelectual	90±3	86.7±11.9°	106.5±5.3	102±6.6°
Nota de Física-Química ^a	3±0.9*	3.8±0.5	4.5±0.3*	3.9±0.5
Nota de Física ^a	3.5±0.7*	3.4±0.7	4.8±0.2*	3.8±0.4
Calificaciones ^b	3.2±0.9	3.7±0.3	4.4±0.2	4±0.4

* Diferencia significativa entre varones, en función del nivel de ferritina.

° Diferencia significativa entre mujeres, en función del nivel de ferritina.

a Se valora el muy deficiente con 1, deficiente=2, suficiente=3, bien=4, notable=5 y sobresaliente=6.

b Se considera la nota media de 9 asignaturas.

Los resultados y las comparaciones que se establecen al agrupar a los adolescentes en función de su coeficiente intelectual (C.I) se presentan en la Tabla 3. Dado que el percentil 50 de los resultados globales del Test de aptitudes escolares (TEA-3), se corresponde con un coeficiente intelectual de 100, esto nos permitió dividir a los adolescentes en dos grupos, según que su coeficiente intelectual fuera menor, o bien mayor o igual a 100. Esta Tabla también pone de relieve una situación hematológica más satisfactoria en los muchachos con un C.I. más alto, siendo la diferencia significativa para la ferritina en los varones y para la hemoglobina y C.H.C.M. en mujeres.

TABLA 3
RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS PARAMETROS
CUANTIFICADOS EN FUNCION DEL RESULTADO
DEL TEST DE APTITUDES ESCOLARES (TEA-3)
(X±SE).

	C. I. < 100		C.I. ≥ 100	
	Varones (n=4)	Mujeres (n=5)	Varones (n=30)	Mujeres (n=17)
D Energía				
I (Kcal/día)	2822±339	2103±112	2691±170	1933±204
I Hierro (mg/día)	16.4±1.9	11.8±0.8	15.3±0.9	10.6±0.9
E Hierro Hemo				
T (mg/día)	4.7±0.4	3.7±0.4	4.6±0.4	2.9±0.4
A Hierro no Hemo				
(mg/día)	11.7±1.6	8.1±0.5	10.7±0.6	7.8±0.8
Hierro				
(% de RD)	109.4±12.6	65.7±4.6	102±5.8	58.9±5
Hierro				
(mg/1000 Kcal)	5.9±0.3	5.6±0.2	5.8±0.3	5.6±0.3
S Hemoglobina				
A (g/dl)	15.62±0.21	13.16±0.39°	15.50±0.23	14.39±0.34°
N I. Hematocrito				
G (%)	46.61±0.83	40.78±0.95	46.78±0.69	42.97±0.91
R VCM (μ3)				
	89.2±1.34	90.55±1.91	89.63±1.19	91.26±0.49
E HCM (pg)				
	29.9±0.53	29.21±0.78	29.69±0.46	30.54±0.46
CHCM (g/dl)				
	33.53±0.38	32.21±0.35°	33.12±0.25	33.44±0.41°
Hierro (μg/dl)	96.38±12.1	65.3±13.1	82.05±7.09	83.63±11.1
Ferritina (ng/ml)	21.5±4.36*	38.6±10.9	45.42±7.65*	37.43±10.2
Atención				
A - Aciertos/5 min	111.4±8.3	113.3±6.3	118.7±6.1	114.3±5.5
P - Velocidad	486±35.8	493±30.1	495±22.6	482±20.5
T Factor verbal	19.8±1.1*	18.9±1°	26.4±0.9*	26.3±2°
I. Factor				
T razonamiento	14.8±0.9*	15.9±0.8°	19.4±0.8*	21±1.2°
U Factor cálculo	14.1±1*	10.9±0.5°	19.3±0.7*	16.4±1.4°
D Aptitudes escolares				
Coefficiente intelectual	50±1.3*	45.7±1.6°	65.3±1.4*	64.9±3.1°
Nota de Física-Química ^a	86±5.2*	86.6±2.1°	113.6±2*	113.9±4.1°
Calificaciones ^b	3.6±0.3*	3.2±0.3	4.8±0.2*	5±0.4°
	3.9±0.2	3.5±0.2°	4.5±0.2*	5±0.3°

C.I. = Coeficiente intelectual, el nivel 100 se corresponde con el percentil 50 del TEA-3

* Diferencia significativa entre varones, en función del nivel del test de aptitudes escolares.

° Diferencia significativa entre mujeres, en función del nivel del test de aptitudes escolares.

a Se valora el muy deficiente con 1, deficiente=2, suficiente=3, bien=4, notable=5 y sobresaliente=6.

b Se considera la nota media de 9 asignaturas.

Por último, la Tabla 4 presenta los coeficientes de correlación entre datos dietéticos y sanguíneos con los funcionales, siendo de destacar la existencia de correlaciones positivas y estadísticamente significativas entre VCM, HCM, CHCM y ferritina, con los resultados de la prueba de atención y entre la hemoglobina y el factor de cálculo.

TABLA 4
COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE DATOS
INDICADORES DE STATUS EN HIERRO
Y DE CAPACIDAD INTELECTUAL

	Atención		Test de aptitudes escolares			
	Aciertos	Velocidad	Verbal	Razona- Cálculo	TEA Global	
Energía						
D (Kcal/día)	-0.1699	-0.0975	0.0658	-0.1118	0.2102	0.1309
I Hierro						
E (mg/día)	-0.2874*	-0.1974	0.1037	-0.1635	0.1358	0.0913
T Hierro Hemo						
A (mg/día)	-0.2208	-0.1684	0.0170	-0.0161	0.0614	0.0653
Hierro no Hemo						
(mg/día)	-0.2618	-0.1717	0.1273	-0.2055	0.1488	0.0891
Hierro						
(% de RD)	-0.2293	-0.1552	0.1413	-0.1357	0.2183	0.1526
Hierro						
(mg/1000 Kcal)	-0.2300	-0.1942	0.1096	-0.1230	-0.1226	-0.0552
Hemoglobina						
(g/dl)	-0.0310	-0.0098	0.1135	0.0673	0.2905*	0.2395
S I. Hematocrito						
A (%)	-0.1387	-0.1479	0.1832	-0.0148	0.2681	0.2552
N VCM (μ3)						
	0.2705*	0.2995*	0.0576	0.1267	-0.0635	0.0323
G HCM (pg)						
	0.3370*	0.3998*	-0.0231	0.2279	0.0286	0.0514
R CHCM (g/dl)						
	0.2338	0.3134*	-0.1245	0.2175	0.1553	0.0480
E Hierro (μg/dl)						
	-0.1406	-0.0804	0.2325	-0.1465	0.2508	0.1938
Ferritina						
(ng/ml)	0.3434*	0.3989*	0.2347	0.0451	0.2365	0.2070

* Correlación estadísticamente significativa

DISCUSION

El estudio dietético pone de relieve la existencia de un consumo deficitario de hierro, especialmente en el caso de la población femenina, que presenta ingestas medias de 63% de lo recomendado (Tabla 1). Estos resultados son del mismo orden (10) y en algunos casos algo inferiores a los encontrados en otros colectivos de adolescentes españoles (9,20).

Entre los varones encontramos un 38.2% de ingestas deficitarias, pero dado que la densidad en hierro de sus dietas es superior al nivel recomendado (de 5.45 mg/1000 Kcal en los menores de 16 años y de 5 mg/1000 Kcal en los que tienen más de esta edad) (5), los consumos deficitarios del mineral pueden ser debidos a restricciones calóricas, dado que el 61.8% de los muchachos tienen consumos energéticos inferiores al nivel recomendado (Tabla 1).

En lo que se refiere a la población femenina, un 73% presenta consumos calóricos inferiores al nivel aconsejable (5), pero la restricción calórico no es el único problema, ya que la deficiente ingesta de hierro afecta a un 96% de las mujeres. Esto se debe a que además de darse algunos casos de déficit energético, la densidad en hierro de la dieta (5.6±0.2 mg/1000 Kcal) es bastante inferior al nivel recomendado (de 7.2 mg/1000 Kcal en las menores de 16 años y de 7.8 mg/1000 Kcal

en las de más edad) (5).

En relación con los componentes de la dieta que influyen en la absorción del hierro, las mujeres tiene un menor consumo de carne (151.3 ± 15.8 g/día frente a 204.2 ± 12.8 g/día en varones) y de fibra (14.7 ± 1.2 g/día frente a 20.6 ± 1.4 g/día en varones) y una ingesta algo superior de vitamina C (125.5 ± 19.4 mg/día frente a 114.1 ± 9.8 mg/día en varones) al comparar con los varones. No se observan diferencias en el consumo de estos moduladores de la absorción de hierro al comparar los adolescentes con C.I. <100 y los que muestran un C.I. ≥ 100 .

Desde el punto de vista hematológico (Tabla 1), nuestros resultados son similares a los observados por diferentes autores, en otros colectivos de adolescentes (9,21,22,23,24), aunque la población femenina, presente niveles algo más bajos a los encontrados en otros estudios (10,20).

No se observa ningún caso de deficiencia en relación con el I. hematocrito, ya que ningún varón tiene cifras inferiores al 40% y ninguna mujer tiene menos de 36%, que son los límites de normalidad fijados para estas edades, según los criterios de diversos autores (23), tampoco se dan cifras deficitarias para el VCM (considerando como límite de normalidad $77 \mu\text{m}^3$), ni para la CHCM (ninguno tiene menos de 30 g/dl) (25).

En lo que se refiere a la hemoglobina, 2.9% de los varones presentan niveles inferiores a 14 g/dl y 13.6% de las mujeres tienen menos de 12 g/dl, límites de normalidad para este parámetro (22,26), también se encuentra en la población femenina un 8.9% de casos de HCM inferior a 27 pg (21).

Respecto al hierro sérico, un 27.3% de las mujeres y un 9.4% de los varones tienen niveles inferiores a 50 $\mu\text{g}/\text{dl}$, y en relación con la ferritina, un 17.4% de varones y un 21.7% de mujeres tienen menos de 12 ng/ml.

Teniendo en cuenta los resultados sanguíneos, la situación no parece tan grave como se podría esperar a partir de los resultados dietéticos, probablemente como consecuencia de que las recomendaciones dietéticas están fijadas con un margen de seguridad, añadiendo a la media de las necesidades, 2 DS para asegurar la cobertura de la mayor parte de la población. Se observa la existencia de correlaciones positivas y estadísticamente significativas entre hierro dietético con la hemoglobina ($r=0.3715$) y hematocrito ($r=0.4513$) y de hierro no hemo con los mismos parámetros ($r=0.343$ para hemoglobina y $r=0.4392$ para el I. Hematocrito).

También existen correlaciones positivas entre el peso de los adolescentes con su recuento de hematias ($r=0.3186$), hemoglobina ($r=0.4518$) y hematocrito ($r=0.3933$) y de la talla con los mismos parámetros ($r=0.4518$) y hematocrito ($r=0.3933$) y de la talla con los mismos parámetros ($r=0.4949$ para los hematias, $r=0.5033$ para la hemoglobina y $r=0.4876$ para el hematocrito).

Como se pone de relieve en la Tabla 2 los resultados del test de atención y de aptitudes escolares, son superiores en los adolescentes con niveles de ferritina iguales o superiores a 12 ng/ml (límite de normalidad para este parámetro) (27), al comparar con los que presentan niveles deficitarios, siendo la

diferencia significativa en relación con muchos de los valores cuantificados, y en concreto encontramos diferencias significativas para ambos sexos, en relación con el factor verbal y la calificación global del test de aptitudes escolares.

La realización de un análisis de varianza, después de dividir a la muestra en tres grupos, en función del resultado obtenido en el test de aptitudes escolares, pone de relieve la existencia de cifras de hemoglobina y de índice hematocrito significativamente superiores en los grupos con mejores resultados intelectuales. Concretamente los niveles de hemoglobina pasan de 13.9 ± 1.86 g/dl en adolescentes con resultados menores de 50 (percentil 30), a 14.9 ± 1.21 g/dl en los que tienen resultados de 50-60 y a 15.2 ± 1.11 g/dl en aquellos que tienen niveles mayores a 60 (percentil 60), para el test de aptitudes escolares

Respecto al índice hematocrito los niveles pasan de $42.5 \pm 4.4\%$ a $44.5 \pm 3.5\%$ al pasar del grupo con resultados menores de 50, al que tiene más de 60. Pero dado que en estos resultados juega un papel el sexo, por haber más varones en el grupo con aptitud escolar más alta, hemos procedido a analizar los resultados de varones y mujeres por separado, lo que hace más difícil el encontrar resultados significativos, pro reducirse el número de personas incluidas en cada grupo.

La Tabla 3 pone de relieve que los adolescentes (tanto varones, como mujeres) con coeficientes intelectual mayor o igual a 100, tienen un status hematológico más satisfactorio, con niveles de ferritina más altos en el caso de los varones y con niveles de hemoglobina y CHCM superiores, en el caso de la población femenina.

El hecho de que las mujeres estudiadas presenten peores resultados en el test de aptitudes escolares, que los varones, podría estar condicionado por su peor status en hierro, de acuerdo con los resultados dietéticos, hematológicos y bioquímicos obtenidos (Tabla 1).

Es interesante comentar que los adolescentes con el coeficiente intelectual más alto tienen ingestas energéticas y de hierro algo inferiores, aunque sin diferencias significativas, respecto a las que se observan en adolescentes con C.I. <100 (Tabla 3), esto puede ser debido al seguimiento de algún régimen encaminado a controlar el peso, y puede contribuir a atenuar las diferencias entre los parámetros hematológicos de ambos grupos.

Esta tendencia a consumir menos alimentos en general y por tanto menos hierro, por parte de los escolares con mejores resultados en los test de atención y de aptitudes escolares, también queda puesta de relieve por la Tabla 4, que muestra la existencia de relaciones inversas entre parámetros funcionales y dietéticos, siendo esta relación inversa significativa entre ingesta de hierro y número de aciertos en el test de atención.

También pone de relieve la Tabla 4, y es para nosotros de mayor interés, la existencia de correlaciones positivas entre el VCM, HCM y ferritina con el número de aciertos en el test de atención, y de los mismos parámetros más la CHCM con la velocidad demostrada en esta prueba. También es significa-

tiva la correlación entre niveles de hemoglobina y capacidad de cálculo.

Nuestros resultados parecen apoyar la influencia del status en hierro en la capacidad intelectual de los adolescentes, de acuerdo con los resultados indicados por otros autores (1,6,12,13,14).

En este sentido, hemos de tener en cuenta que el aporte correcto de nutrientes asegura que los procesos fisiológicos que son la base de la atención, memoria, inteligencia y conducta psíquica se realicen correctamente (3), pero además es imprescindible para la síntesis en neurotransmisores (3,28) y para otros procesos de formación y renovación del sistema nervioso, relacionados con la transmisión del impulso nervioso y no sólo con el control de la atención memoria, rendimiento intelectual, sino también con la conducta y actitud social del individuo (2,6,13).

Pero además la deficiencia en hierro, también puede influir en el rendimiento intelectual indirectamente, dado que condiciona un deterioro de la salud, con una mayor incidencia de enfermedades, que se asociarán con ausencias repetidas al colegio (6).

Desde el punto de vista económico, si tenemos en cuenta las grandes cantidades de dinero que se invierten en educación, nos damos cuenta de la importancia de evitar que las deficiencias nutricionales (en concreto de hierro), influyan negativamente en el rendimiento intelectual). Además el costo de la corrección de desequilibrios nutricionales, es mucho menor que el de introducción de otras medidas más frecuentemente utilizadas (clases particulares, tratamiento psicológico).

Aunque queda mucho por investigar en este campo, nuestros resultados contribuyen a confirmar que la deficiencia en hierro es uno de los problemas nutricionales más frecuentes entre adolescentes y que puede tener repercusiones, no sólo sanitarias, sino también en las aptitudes escolares del individuo.

REFERENCIAS

- Ashley D.V.M. Nutritional control of brain neurotransmitter synthesis and its implications, *Biblhca. Nutr. Dieta.* 38, 1986.
- Barret D.E. & M. Radke-Yarow. Effects of nutritional supplementation on children a responses to novel, frustrating and competitive situations. *Am J clin Nutr* 42:102-120. 1985.
- Lovenberg W. M. Biochemical regulation of brain function. *Nutr Rev. Supp.* 6-11, 1986.
- Parizkova J. Growth, Functional capacity and physical fitness in normal and malnourished children. *Wld. Rev. Nutr. Diet.* 51:1-44, 1987.
- Instituto de Nutrición (C.S.I.C.). Ingestas recomendadas de energía y nutrientes para la población española. Madrid. 1990.
- Buzina R.; J.C. Rema H.W. Dahners & M. Barac-Nieto. Marginal malnutrition in school-aged Colombian boys: functional consequences in maximun exercise. *Am J Clin Nutr.* 37:834-847, 1983.
- Chaves M.F.; Santodomingo M; Muradas & J.A. Fornos. Estudio del estado nutricional de un grupo de niños de edades comprendidas entre 6-15 años en base a criterios antropométricos. *Nutr. clin.* 10:122-125, 1990.
- Ortega R.M.; M. González-Fernández & G.Varela. Influencia del grado de actividad física en el estado nutritivo y hábitos alimentarios de un grupo de adolescentes de la autonomía de Madrid. *Nutr. Clin.* 9 (2):38-45, 1989.
- Ortega R.M.; O. Moreiras; M.C. Montero & M. González-Fernández. Situación nutricional de un grupo de adolescentes de la provincia de Madrid. Correlaciones entre datos dietéticos, hematológicos y bioquímicos. *An Real Acad. Farm.* 56:423-432, 1990.
- Sandstead H.H. A brief history of the influence of trace elements on brain function. *Am J. Clin Nutr.* 43:2933-298, 1986.
- Lozoff B. Methodologic issues in studing behavioral effects of infant iron-deficiency anemia. *Am J. Clin Nutr.* 50 (3 Suppl): 641-51, 1989.
- Pollit R.; C. Saco-Pollit; R.L. Leibel & F.E. Viteri. Iron deficiency and behavioral development in infants and preschool children. *Am J. Clin. Nutr.* 43:55-565, 1986.
- Seshadri S & T. Gopaldas. Impact of iron supplementation on cognitive functions in preschool and school-aged children: the indian experience. *Am J. Clin Nutr.* 50 (3 Suppl): 675-84, 1989.
- Instituto de Nutrición (C.S.I.C.) Tablas de composición de alimentos españoles. Madrid, 1990.
- Cox C.J.; T.M. Haberman & B.A. Payne. Evaluation of the Coulter Counter model S-Plus IV. *Am J Clin. Pathol* 84:297, 1985.
- Stookey L.L. Ferrozine-a new spectrophotometric reagent for iron. *Anal chem.* 42:779, 1970.
- Kaltwaser J.P. & E. Werner, Ed. Serum ferritin methodische und klinische aspekte. Springer verlag Berlin. Heilderberg. New York, 1980.
- Thurstone L.L & T.G. Thurstone. SRA Test of educational ability, science research associates, Inc. Chicago, Illinois, U.S.A., Test de aptitudes escolares, adaptado para España por la Sección de Estudio de Test de TEA Ediciones, S.A., Madrid, 1988.
- Carvajal A.S.; di Marcantonio M.J.; Blazquez R.M.; Ortega & O. Moreiras. Valoración del estado nutritivo de dos colectivos escolares de la provincia de Madrid, de diferente nivel socioeconómico, mediante el empleo de parámetros dietéticos, hematológicos y bioquímicos. *An Real Acad. Farm* 55:549-558, 1989.
- Bailey L.B.; P.A. Wagner; G.J. Christakis & C.G. Davis. Folicin and iron status of adolescents from low-income rural households. *Nutr. Res* 2(4):397-407, 1982.
- Galan P; S. Hercberg; Y. Soustre M.C. Dop & H. Dupin. Factors affecting iron stores in french females. *Hum Nutr: Clin Nutr,* 39C: 279-287, 1985.
- Liebman M.; M.A. Kenney; W. Billon; A. J. Clark; G.W. Disney; E.G. Ercanly, E. Glover, H. Lewis; S.W. Mook; J.H. MC Coy; P. Schilling; F. Thye & T. Wakefield. The iron status of black and white female adolescents from eight Southern States. *Am J. Clin Nutr.* 38:109-114. 1983.
- Petersen K.M. & L.J. Brant. Growth and hematological changes in the Eskimo children of Wainwright, Alaska, 1968, 1968 to 1977. *Am J. Clin. Nutr.* 39:460-465, 1984.
- Powers H.J.; C.J. Bates; W.H. Lamb; J. Singh; W. Gelman & E. Webb. Effects of a multivitamin and iron supplement on running performance in Gambian children. *Hum. Nutr: Clin. Nutr.* 39C: 427-437, 1985.
- Haillberg L. Iron absorption and iron deficiency. *Hum Nutr. Clin Nutr.* 36C: 259-278, 1982.
- Lindenbaum J. Iron deficiency anemia. En: *Nutrition in Hematology.* Ed. Churchill Livingstone, New York, 149-155, 1983.
- Wurtman R.J.; F. Hefti & e. Melamed. Precursor control of neurotransmitter syntesis. *Pharmac. Rev.* 32: 315-335, 1981.