

Relación entre la deficiencia de hierro y el desempeño intelectual en niños de edad escolar

GLORIA OTERO,* DALIA AGUIRRE,* MA. DEL ROSARIO PORCAYO,* LUCILA MILLÁN,** MIGUEL A. COLÍN** Y CLAUDIA QUIROZ**

The Relation Between Iron Deficiency and Intellectual Performance in Children of School Age

Abstract. *Twenty five children (age 6-10) with Iron Deficiency Anemia (IDA) and twenty five normal children of the same age and similar psychosocial conditions are studied with the purpose of assessing the possible relation between iron deficiency and intellectual performance in childhood. A video game designed by Morenza et al. (1987) which test learning capabilities in children (EDA), and the WISC test were applied. IDA showed lower values in some WISC subtests as well as in full Iqs than C group. On the other hand, IDA showed less learning performance than C group in EDA test.*

The results suggest a cognitive handicap in IDA children probably related to SNC iron deficiency.

Introducción

La anemia por deficiencia de hierro ha sido asociada con valores bajos en los estudios de desarrollo mental y motor en infantes, al compararlos con niños con mejores reservas de este elemento (Beard *et al.*, 1993; Lozoff *et al.*, 1991; Taylor *et al.*, 1991; Petrone, 1992; Wasserman *et al.*, 1992; Walter, 1993; Sheard, 1994; Major, 1994; McKenzie, 1991).

En Costa Rica, en un estudio de seguimiento de 191 niños entre 12 y 23 meses de edad (básicamente de clase media), se determinó el estado de hierro y nutricional en el primer año de vida, reevaluándose a los cinco años de edad; se concluyó, al aplicarles varias pruebas psicoedu-

cativas (entre ellas el WISC), que los niños con una moderada o severa anemia por deficiencia de hierro mostraban desempeños significativamente más bajos que los niños controles. A un grupo de éstos se les administró una terapia agresiva de hierro. Después de tres meses de tratamiento se reestablecieron los valores hematológicos; sin embargo, no se produjeron incrementos significativos en las pruebas de desarrollo mental. Se concluyó que los niños portadores de anemia por deficiencia de hierro (especialmente en edades tempranas) están en riesgo de presentar desventajas de desarrollo mental.

Los problemas de naturaleza intelectual no parecen depender de la anemia misma, sino de la disminución de los depósitos de hierro (Fe), especialmente en el sistema nervioso central (Scrimshaw, 1991). Aunque el papel específico del hierro en la actividad cerebral permanece sin aclararse, es sabido que la homeostasis del metal en el cerebro es necesaria para el funcionamiento normal del mismo, especialmente para el aprendizaje y la memoria (Youdim *et al.*, 1991; Yehuda y Youdim, 1989; Pollit y Metallinos, 1990; Youdim, 1990). Por lo tanto un adecuado contenido de hierro cerebral puede ser esencial, particularmente durante el desarrollo.

Debido a que la deficiencia de hierro constituye la carencia nutricional de mayor prevalencia en el mundo, y al ser los niños los más susceptibles a este padecimiento (Pizarro *et al.*, 1991; Walter, *op. cit.*), consideramos interesante realizar una investigación en esta dirección, para tratar de establecer la posible relación entre la deficiencia de hierro y el cociente de inteligencia y la capacidad de aprendizaje en una muestra de niños mexiquenses de edad escolar.

I. Material y métodos

1. Muestra

Se estudiaron 100 niños de varias escuelas primarias oficiales del Estado de México (Toluca, Capultitlán y Tlalachaloya) entre 5 y 12 años de edad (50 niños con



* Facultad de Medicina, UAEM. Toluca, México. C. P. 50000. Teléfono y fax: (72) 19 41 22.

** Facultad de Química, UAEM. Teléfonos: (72) 17 38 90 y 17 41 20.

diagnóstico presuntivo de anemia: palidez de piel y mucosas; y 50 sin anemia aparente).

Los exámenes de sangre detectaron que 25 niños tenían depósitos de hierro por debajo de los valores normales, quienes conformaron el grupo experimental (DE). Para el grupo control (C) se escogieron 25 niños, apareados con los anteriores en edad, sexo y condiciones socioeconómicas. Para la obtención de esta muestra se sostuvieron entrevistas con los directores de las escuelas y se ofrecieron charlas a los padres para explicarles los objetivos del trabajo y las pruebas a que se someterían los niños, así como para conseguir el permiso de padres y autoridades escolares.

Se aplicó una escala de riesgo psicosocial (Valdez *et al.*, 1989) para homogeneizar la muestra en este aspecto. En el cuadro 1 aparecen los ítems generales que explora la escala de riesgo. Ésta fue diseñada para separar familias de diferentes niveles socioeconómicos y aplicada originalmente a una muestra superior a las 400 familias. Los ítems más significativos se obtuvieron por análisis factorial y se muestran en el cuadro 1. Dado que la escala evalúa riesgo psicosocial, los valores más altos indican mayor riesgo (*ibid.*; Otero, 1994 y 1997).

2. Procedimiento

En todos los casos se realizó una extracción de sangre, en ayunas, para los siguientes estudios hematológicos:

a) Biometría hemática:

- Fórmula roja

- Fórmula blanca por tinción de Wright (ésta se realizó sólo para corroborar que no había infecciones subclínicas concomitantes y para dar una información completa a los padres. No se utilizó en el análisis del trabajo)

b) Conteo de reticulocitos

c) Hierro sérico por el método fotométrico de batofenantrolina sulfonada

d) Capacidad de fijación de hierro por el método fotométrico de la batofenantrolina sulfonada

e) Ferritina sérica por radioinmunoanálisis.

También se les realizaron los siguientes estudios psicológicos:

- Escala de inteligencia de WISC

- Prueba computarizada de evaluación dinámica del aprendizaje (EDA).

Esta última fue diseñada en el Centro de Neurociencias de La Habana, Cuba, (Morenza *et al.*, 1987) y estandarizada con niños cubanos de 6 a 10 años (en México no se ha tipificado todavía). Esta prueba permite medir la capacidad de aprendizaje de los niños mediante un video-juego.

CUADRO 1

ESCALA DE RIESGO PSICOSOCIAL	
ITEM	PUNTAJE
ESTADO CIVIL DE LOS PADRES	50
ESCOLARIDAD DE LOS PADRES	80
OCUPACIÓN DE LOS PADRES	50
ASPECTOS AMBIENTALES	90
TIPO DE VIVIENDA	50
PERSONAS QUE CONVIVEN CON EL NIÑO	70
RELACIONES FAMILIARES	90
ADICCIÓN (DROGAS, ALCOHOL, ETC.)	90
ENTRADA ECONÓMICA FAMILIAR	120
HÁBITOS NUTRICIONALES	120
TOTAL	810

La mayoría de las pruebas utilizadas para evaluar capacidades intelectuales permiten diagnosticar sólo la zona de desarrollo actual; la EDA, evalúa además la zona de desarrollo potencial.

En la prueba se simula una situación de combate. En el extremo izquierdo del monitor de la computadora aparecen tres tanques *enemigos*, uno debajo de otro, y en el extremo derecho un tanque *bueno*. Dos de los tanques enemigos disparan proyectiles que recorren la pantalla de izquierda a derecha. Uno de los proyectiles puede impactar y hacer explotar al tanque bueno. La explosión del tanque indica claramente al niño que su respuesta ha sido incorrecta, y sirve como señal de retroalimentación a su respuesta. La tarea del niño consiste en evitar que el tanque sea impactado, por lo que debe apretar una de las tres teclas indicadas para esto. La prueba ofrece las velocidades de disparo de los proyectiles adecuadas para cada edad.

EDA permite registrar los efectos de la repetición y también evaluar la asimilación de la retroalimentación a la respuesta incorrecta durante un tiempo medianamente prolongado.

El análisis de los resultados se basa en los errores. Se considera error al contacto del proyectil con el tanque bueno. El comportamiento de los errores, por bloques de 20 ensayos, permite construir una curva de aprendizaje.

La tendencia de error durante la prueba es un indicador del aprendizaje, del efecto del entrenamiento y de la asimilación de la retroalimentación a la respuesta incorrecta.

El análisis permite definir siete categorías diagnósticas. En la 4, 6 y 8 se agrupan sujetos que parten de diferentes niveles de error inicial y muestran en común un bajo nivel de aprendizaje, expresado en la tendencia a mantener, con muy poca variación, el error inicial; en ellos el entrenamiento y la retroalimentación no producen efectos apreciables. Por el contrario, las categorías 3, 5 y 7 se destacan por la tendencia a disminuir la cantidad de errores, lo que revela su capacidad de aprendizaje; ellas

se diferencian por el nivel de error inicial. A las categorías 2 y 8 pertenecen sujetos excepcionales. En la 2, el número inicial de errores es tan bajo que carece de sentido considerar una disminución durante la ejecución de la prueba. En la 8 se ubican sujetos que no sólo parten de altos niveles de error, sino que además no logran mejorar su ejecución.

CUADRO 2

PRUEBAS HEMATOLÓGICAS \bar{X} , S, MAX. MIN. Y DIFERENCIAS DE \bar{X} (T'STUDENT)								
	CONTROLES				DEFICIENTES DE FE			
	\bar{X}	S	MIN.	MAX.	\bar{X}	S	MIN.	MAX.
ERITRO	5.20	0.67	4.19	8.07	4.75**	0.60	3.18	5.63
HB	14.61	1.12	12.7	17.2	12.38***	2.42	4.6	15.0
HTC	43.93	3.71	37.3	53.0	38.75**	6.68	18.4	47.3
VCM	85.93	3.6	77.8	93.0	81.44	8.60	58.2	93.3
RET	1.45	0.73	0.4	2.2	1.77	0.83	0.60	3.0
FE	118.23	28.5	76.0	115	36.79****	13.99	5.0	60.0
TFER	2.39	0.33	1.52	1.6	2.69*	0.47	1.91	3.71
FERR	67.27	31.07	13.0	133	28.97**	43.19	2.0	185.0

ERITRO = ERITROSEDIMENTACIÓN RET = RETICULOCITOS
 HB = HEMOGLOBINA FE = HIERRO
 HTC = HEMATROCITO TFER = TRANSFERRINA
 VCM = VOLUMEN CORPUSCULAR MEDIO FERR = FERRITINA
 * P < 0.05 *** P < 0.001
 ** P < 0.01 **** P < 0.0001

CUADRO 3

DIFERENCIAS DE MEDIAS ENTRE DEFICIENTES DE FE Y CONTROLES				
	CONTROLES		DEFICIENTES DE FE	
	\bar{X}	S	\bar{X}	S
EDA	4.03	1.60	5.40**	1.40
CIV	99	10.20	84**	15.90
CIE	93.50	16.11	91.25*	14.98
CIT	95.57	17.36	92.25*	17.10

EDA = EVAL. DINÁMICA DEL APRENDIZAJE CIE = COCIENTE DE INTEL. EJECUTIVO
 CIV = COCIENTE DE INTELIGENCIA VERBAL CIT = COCIENTE DE INTELIGENCIA TOTAL
 * P < 0.05 ** P < 0.01

CUADRO 4

DIFERENCIAS DE MEDIAS ENTRE DEFICIENTES DE FE Y CONTROLES SUBTESTS DEL WISC				
	CONTROLES		DEFICIENTES DE FE	
	\bar{X}	S	\bar{X}	S
INF	8.14	3.1	5.9**	2.4
COMP	939	4.5	7.3*	3.2
ARI	10.5	3.8	7.4*	2.6
SEM	11.17	3.9	9.4*	3.8
VOC	9.7	4.0	6.7**	3.7

INF = INFORMACIÓN SEM = SEMEJANZAS
 COMP = COMPRENSIÓN VOC = VOCABULARIO
 ARI = ARITMÉTICA * P < 0.05 ** P < 0.01

II. Análisis de resultados

Se aplicó una prueba t'Student para evaluar si existía diferencia de medias entre ambos grupos de estudio, para los parámetros hematológicos relacionados al hierro y para los psicométricos. Ésta también se destinó a los valores promedio de la escala de riesgo con la finalidad de descartar diferencias socioeconómicas entre grupos.*

Con el objetivo de comprobar la posible relación entre la capacidad de aprendizaje y la pertenencia a uno de los dos grupos de estudio, se utilizó la prueba de chi cuadrado. Para facilitar la interpretación se recodificaron los valores de EDA y Fe de la siguiente forma: EDA = 1 para los diagnósticos 2, 3, 5, 7; y EDA = 2 para 4, 6 y 8.

Se aplicó una prueba de correlación de Pearson entre las variables hematológicas y las psicológicas.*

Finalmente se realizó un análisis de regresión simple entre las variables EDA y los valores de hierro para determinar su relación.*

III. Resultados

1. Nivel psicosocial

El valor promedio obtenido por el grupo C en la escala de riesgo fue de 326.10, con una desviación estándar (s) de 53.29, mientras que para el grupo DE la media fue de 284.21 (s = 61.98). El valor de t obtenido fue de 1.35, que corresponde a un alfa de 0.502. Esto indica que con respecto al nivel psicosocial ambas muestras son homogéneas, lo que descarta la posibilidad de que este factor influyera en los resultados.

2. Exámenes hematológicos y pruebas psicológicas

En el cuadro 2 se muestran las medias, s, valores mínimos y máximos de las variables hematológicas relevantes en los grupos DE y C. La t'Student reveló diferencias significativas para los valores promedio de eritrocitos, hemoglobina, hematocrito, hierro, transferrina y ferritina, donde el grupo C registró los valores más altos, excepto para transferrina, que resultó más alta en el grupo DE.

Para comparar los puntajes promedio obtenidos en ambos grupos con las prueba EDA y cada subprueba del WISC, se tomó como variable criterio los niveles de Fe (se considera el valor de 50 ug como punto de corte). Resultó significativa la diferencia de medias para EDA (valores más altos para el grupo DE). Con respecto al WISC, los CI's de los DE fueron significativamente más bajos que los de C (cuadro 3).

* Para estos análisis se recodificaron los diagnósticos de EDA como sigue: 2 = 2; 3 = 3; 4 = 6; 5 = 4; 6 = 7; 7 = 5 y 8 = 8. De esta manera los diagnósticos 2 al 5 corresponden a diferentes niveles de buen aprendizaje y del 6 al 8 de aprendizaje deficiente.

En el cuadro 4 se muestran las subpruebas del WISC en las que se obtuvieron diferencias significativas: información, comprensión, aritmética, semejanzas y vocabulario; los promedios menores correspondieron al grupo DE. Estos resultados se representan gráficamente en las figuras 1 y 2.

Los resultados de la prueba chi cuadrado entre los valores de EDA y el nivel de Fe se muestran en el cuadro 5, en el que se constata que la X² resultó muy significativa. En la tabla de valores se aprecia que la mayoría de los niños C muestran buen aprendizaje (EDA = 1), mientras que los DE se comportan en sentido contrario.

Como se aprecia en el cuadro 6 (donde aparecen sólo los valores estadísticamente significativos), se encontró una correlación negativa entre [Fe] y EDA. La correlación resultó positiva entre [Hb] y las subpruebas de comprensión, semejanzas y CI verbal, mientras que la [ferritina] se correlacionó positivamente con las subpruebas de comprensión, aritmética, CI verbal, figuras incompletas y CI total.

En la figura 3 se muestra la recta de regresión obtenida, que tiene una pendiente negativa, lo cual indica que a medida que disminuyen las reservas de Fe el diagnóstico de EDA es más alto (peor aprendizaje).

Conclusiones

La muestra seleccionada se obtuvo entre niños que asistían regularmente a escuelas primarias oficiales y que no estaban considerados como enfermos crónicos. De hecho resultó un hallazgo la aparición de 25 niños con depósitos de hierro por debajo de las cifras normales y dos casos con hemoglobina <10 g/ml, conteo eritrocitario por debajo de 3.5 x 10⁶/ml y VCM <70 fl (lo cual indica anemia ferropriva). Los valores promedio, para ambos grupos, se encuentran dentro de límites normales, con excepción del Fe cuya cifra media es muy baja en el grupo DE (cuadro 2). No se detectó algún tipo de proceso infeccioso, pues los valores de la fórmula blanca fueron todos normales.

Al comparar las medias de los grupos C y DE, encontramos que estos últimos presentaban valores promedio significativamente más bajos en los parámetros hematológicos relacionados al hierro (cuadro 2), así como en los CI's (cuadro 3) y en varias subpruebas del área verbal del WISC (cuadro 4). Esto evidencia que el grupo DE muestra un desempeño intelectual por debajo del C en aspectos como capacidad de memoria, razonamiento abstracto, análisis, síntesis y lenguaje.

Llama la atención que en las pruebas psicométricas, en general, ambos grupos calificaron con valores promedio

CUADRO 5			
EDA VS FE			
CHI CUADRADO			
		FE	
		C	DE
EDA	1	17	4
EDA	2	8	21
CHI-SQUARE	VALUE	DF	SIGNIF.
PEARSON	11.15	1	0.0008
CONT. CORRECTION	9.34	1	0.002
LIKEHOOD RATIO	12.05	1	0.0005
MANTEL-HAENSZEL			
TEST FOR LINEAR	10.95	1	0.0009
EDA = 1: BUEN APRENDIZAJE		EDA = 2: APRENDIZAJE DEFICIENTE	

CUADRO 6							
CONTROLES ENTRE VARIABLES HEMATOLÓGICAS Y EDA-WISC							
	EDA	COMP	ARIT	SEM	CIV	FIG	CIT
HB		0.36*		0.32*	0.38*		
FE	-0.40*						
FERRIT		0.37*	0.45**		0.46*	0.38*	0.37*
* P < 0.01			** P < 0.001				

cercanos al límite inferior normal (90 puntos), incluso algunos niños obtuvieron CI's subnormales. Es posible que esto obedezca al hecho de que la mayoría de los niños pertenecen al nivel socioeconómico medio bajo y que probablemente la estimulación ambiental que reciben es insuficiente para un adecuado desarrollo intelectual. Un ambiente caracterizado por un bajo nivel de estimulación produce efectos negativos sobre el desarrollo psicológico de los niños (Bendersky y Lewis, 1994; Bowlby, 1952; Bradley y Cladwell, 1976a y b; MacDonald, 1986; Ramey *et al.*, 1975; Rutter, 1980; Shah, 1991; Aguirre *et al.*, 1995). Según Pollitt (1994), es común encontrar entre las familias pobres elementos como baja escolaridad, estructura familiar de una sola figura paterna -habitualmente la madre-, alcoholismo, etcétera, que influyen negativamente en el desarrollo de los miembros más pequeños de la familia. Si a esto se agrega que el medio social (el vecindario) adolece de los mismos problemas, las posibilidades de un desempeño conductual y cognitivo adecuado disminuye considerablemente.

La comparación de medias de los valores de la escala de riesgo no resultó significativa, y esta variable es común a los dos grupos de estudio, por lo que podría pensarse que las diferencias encontradas en cuanto al desempeño cognitivo de los niños están dadas básicamente por la deficiencia de Fe. Esta observación también se

apoya en el estudio de correlación realizado entre las variables hematológicas y las psicométricas (cuadro 6). Las variables más estrechamente relacionadas al Fe se correlacionan en la forma prevista en la hipótesis de trabajo con las variables psicológicas que más reflejan aspectos cognoscitivos. A valores altos de hemoglobina también se asocian valores altos (mejor rendimiento) en las subpruebas de comprensión, semejanzas y CI verbal. En el mismo sentido se relacionan las concentraciones de ferritina y las subpruebas de comprensión, aritmética, CI

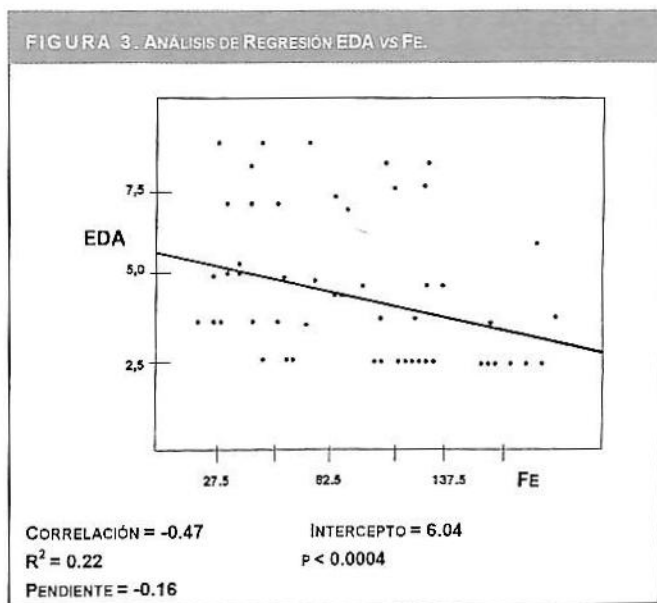
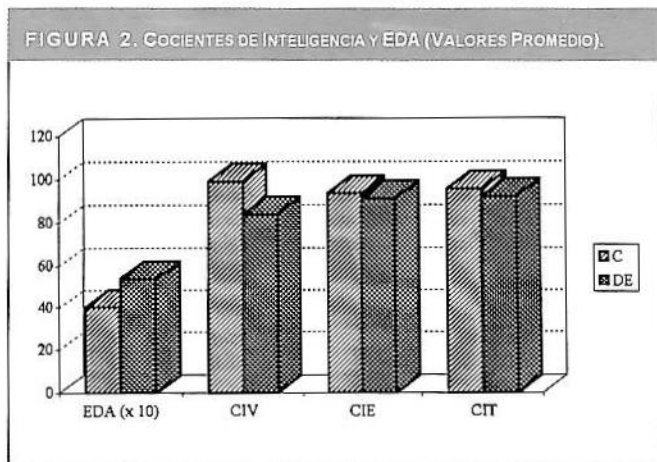
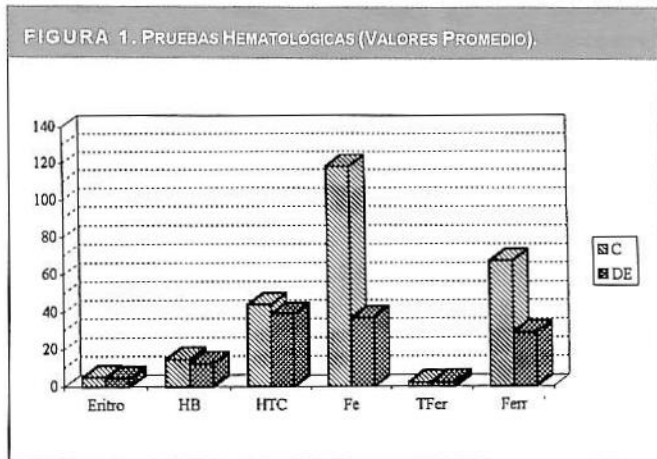
verbal, figuras incompletas y CI total. Por otra parte, los depósitos de hierro sólo guardan una correlación directa y negativa con EDA, ello indica que si los depósitos bajan el diagnóstico es peor.

Este resultado se ratificó con el análisis de chi cuadrado entre EDA y la concentración de depósitos de Fe, lo cual indica que ambas variables están muy relacionadas. Si bien esta prueba no determina por sí misma el sentido de la relación, al observar la tabla de contingencia se puede ver claramente que la mayoría de los niños del grupo C muestran buena capacidad de aprendizaje, mientras que gran parte de los del grupo DE presentan capacidad deficiente. Vale la pena mencionar que muchos de los niños DE mostraron una disminución de la zona de desarrollo potencial en esta prueba.

En este mismo orden de ideas, otro aspecto de interés explorado fue la existencia de regresión entre EDA y Fe. La pendiente negativa de la recta de regresión que se muestra en la figura 3, demuestra una relación inversa entre los depósitos de Fe y los valores de EDA. Si recordamos que los diagnósticos de EDA fueron recodificados de manera que a peor desempeño en la prueba corresponden valores más altos, la regresión nos indica que a medida que disminuyen las reservas de hierro, la capacidad de aprendizaje de los niños se deteriora.

Los resultados confirman lo que se plantea en la literatura. En varios estudios en Latinoamérica y Asia se ha observado que los niños con deficiencias de Fe muestran un desempeño por debajo de los controles (sin deficiencia de Fe) en una amplia gama de pruebas psicológicas (escalas de desarrollo, pruebas de inteligencia, tareas específicas para evaluar funciones cognitivas, entre otras). En algunos casos estas diferencias entre grupos llegan a ser grandes. Por ejemplo, las señaladas en la literatura entre niños deficientes de Fe y normales en pruebas de desarrollo (escalas de Bayley) se mueven entre 8 y 22 puntos. Mientras más severa sea la carencia del metal, peores son los resultados de las pruebas psicológicas (Lozoff *op. cit.*; Walter *op. cit.*; Taylor *et al.*, 1993).

Aparentemente las deficiencias intelectuales que acompañan a la deficiencia de hierro dependen más de la disminución de los depósitos del metal en el sistema nervioso central que del propio síndrome anémico. Sin embargo, si bien su deficiencia a edades tempranas ha sido asociada con daños irreversibles en la capacidad de aprendizaje y otras anomalías conductuales, el papel neuroquímico del hierro no se ha comprendido totalmente. Parece claro que la presencia de niveles bajos puede tener un impacto adverso significativo en las funciones cerebrales y afectar el desarrollo, la capacidad de trabajo y la productividad (Beard *et al.*, 1994; Larkin, 1993; Scrimshaw *op. cit.*; Walter *op. cit.*).



Se han realizado investigaciones en animales para tratar de establecer el papel del hierro en el sistema nervioso, donde los efectos más estudiados por la falta del oligoelemento son los causados al neurotransmisor dopamina. Aparentemente la concentración cerebral total de este neurotransmisor no se altera (Beard *et al.*, 1994), sino que los afectados son los receptores postsinápticos D₂ para dopamina por disminución de su síntesis (*ibid.*; Youdim *et al.*, 1991).


La deficiencia de receptores D₂ de dopamina se ha relacionado con un deterioro en la memoria a corto plazo, pobre capacidad de ejecución y pérdida del sentido de la orientación. Si bien este efecto no se ha podido demostrar directamente, se sabe que los neurolépticos (bloqueadores de los receptores D₂ de dopamina) tienen efectos negativos en el aprendizaje. (Beard, *op. cit.*; Desforges, 1993; Hunt *et al.*, 1994; Scrimshaw, *op. cit.*; Walter, *op. cit.*; Youdim *op. cit.*).

Cualquiera que sea el mecanismo involucrado, parece indudable que la deficiencia de hierro se asocia a desventajas de tipo intelectual.

Aunque en sentido estricto no es posible descartar totalmente que los efectos sistémicos de la anemia ferropriva puedan explicar en parte las manifestaciones intelectuales, es necesario enfatizar que en nuestra muestra sólo dos niños presentaron concentraciones de hemoglobina que correspondieron con una anemia lo suficientemente importante para producir alteraciones sistémicas relevantes. Por otra parte, aunque un nivel so-

ciocultural pobre también favorece la aparición de desventajas de orden cognoscitivo en los niños, esta variable estuvo presente en igual magnitud en el grupo DE y en el C.

Otro elemento que pudiera influir en los resultados, es la posible exposición de los niños al plomo (Pb), pues el cerebro es vulnerable tanto a la exposición de este elemento como a la deficiencia de Fe. La escala de riesgo aplicada investiga la presencia de contaminantes ambientales (cuadro 1, ítem 4); sin embargo, la presencia de Pb en sangre no fue controlada en este estudio. En promedio, ambos grupos mostraron una semejante exposición ambiental al metal (entre otros posibles contaminantes explorados), aunque no debe perderse de vista que este es un dato referido en un interrogatorio, por lo que su validez es limitada. De acuerdo con Wasserman *et al.* (1992), las consecuencias negativas de la deficiencia de hierro en el desarrollo de los niños exceden con mucho a las de la exposición al plomo, de cualquier manera no puede descartarse categóricamente este factor.

Por lo anterior, nos inclinamos a pensar que la variable que con mayor probabilidad explica, en esencia, los hallazgos de este trabajo, es la deficiencia en las reservas de hierro. Por lo cual nos permitimos concluir que, aparentemente, la reducción del hierro intraneuronal en los niños DE estudiados, produce una deficiencia en la función del sistema nervioso central, que se expresa por un desempeño bajo en pruebas de inteligencia y aprendizaje. 



BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, D.; Otero, G.; Porcayo, R. y Millán, L. (1995). "Evaluación del cociente de inteligencia en niños en condiciones socioculturales desfavorables", en *Ciencia ergo sum*. Vol. 2 Núm. 3: 334.
- Beard, J.; Connor, J. y Jones, B. (1993). "Iron in the Brain", en *Nutrition Reviews*, 51: 157-171.
- Beard, J.; Chen, Q.; Connor, J. y Jones, B. (1994). "Altered Monoamine Metabolism in Caudate-putamen of Iron Deficient Rats", en *Pharmacol. Biochem. and Behav.* 48: 621-624.
- Bendersky, M. y Lewis, M. (1994). "Environmental Risk, Biological Risk, and Developmental Outcome", en *Developmental Psychology*. 30: 484-494.
- Bowlby, J. (1952). "Review of Evidence on Effects of Deprivation", en *Maternal Care and Mental Health*. M.H.O. Geneva Monograph Series, No. 2.
- Bradley, R. y Caldwell, B.
- _____ (1976a). "Early Home Environment and Changes in Mental Test Performance From 6 to 36 Months", en *Developmental Psychology*. 12: 93-97.
- _____ (1976b). "The Relations of Infants' Home Environments to Mental test Performance at Fifty Four Months: A Follow-up Study", en *Child Development*. 47: 1172-1174.
- Desforges, J. (1993). "Iron Deficiency in Infancy and Childhood", en *The New England Journal of Medicine*. 329: 190-193.
- Gerlach, M.; Ben-Shachar, D.; Riederer, P. y Youdim, M. (1994). "Altered Brain Metabolism of Iron as a Cause of Neurodegenerative Diseases?", en *J. Neurochem.* 63: 793-807.
- Hunt, J.; Zito, C.; Erjavec, J. y Johnson, L. (1994). "Severe or Marginal Iron Deficiency Affects Spontaneous Physical Activity in Rats", en *American Journal of Clinical Nutrition*. 59: 413-418.
- Larkin, E. (1993). "Iron Deficiency" (nota al editor), en *The New England Journal of Medicine*. 158: 298-299.
- Lozoff, B.; Jiménez, E. y Wolf, A. (1991). "Long-term Develop-

- mental Outcome of Infants With Iron Deficiency", en *N. Engl. J. Med.* 325: 687-694.
- MacDonald, K. (1986). "Early Experience, Relative Plasticity and Cognitive Development", en *Journal of Applied Developmental Psychology*. 7: 101-124.
- Major, P. (1994). "Iron Deficiency Anemia and Psychomotor Development in Infants", en *Tidsskr Nor. Lægeforen.* 114: 1995-1996
- McKenzie, S. (1991). *Hematología clínica*. Ed. Manual Moderno, México. pp. 3-4; 89-97 y 114-136.
- Morenza, L. et al. (1987). "A Computerized Video Game Designed for the Behavioral Assessment of Children With Learning Disabilities", en *Mexican J. Behav. Anal.* 13: 75-85.
- Otero, G.
 _____ (1994). "EEG Spectral Analysis in Children With Sociocultural Handicaps", en *Intern. J. Neurosciencie.* 79: 213-220.
 _____ (1997). "Poverty, Cultural Disadvantages and Brain Development: A Study of Pre-school Children in Mexico", en *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 102: 512-516.
- Petrone, L. (1992). "Development of Infants With Iron Deficiency (Letter comment)", en *N. Engl. J. Med.* 326: 575-576.
- Pizarro, F. et al. (1991). "Iron Status With Different Regimens: Relevance to Screening and Prevention of Iron Deficiency", en *J. Pediatr.* 118: 687-692.
- Pollitt, E. y Metallinos, K. (1990). Citado por Pollitt, E. (1994).
- Pollitt, E. (1994). "Poverty and Child Development: Relevance of Research in Developing Countries to the United States", en *Child Development*. 65: 268-295.
- Ramey, C.; Mills, P.; Campbell, F. y O'Brien, C. (1975). "Infant's Home Environments: A Comparison of High-risk Families and Families From the General Population", en *American Journal of Mental Deficiency*. 80: 40-42.
- Rutter, M. (1980). "The Long Term Effects of Early Experience", en *Develop. Medc. Child Neurology*. 22: 800-815.
- Scrimshaw, N. (1991). "Iron Deficiency", en *Scientific American*. 265: 46-52.
- Shah, P. (1991). "Prevention of Mental Handicaps in Children in Primary Health Care", en *Bulletin of the World Health Organization*. 69: 779-789.
- Sheard, N. (1994). "Iron Deficiency and Infant Development", en *Nutr. Rev.* 52: 137-140.
- Taylor, E.; Crone, A. y Morgan, E. (1991). "Transferrin and Iron Uptake by the Brain: Effects of Altered Iron Status", en *J. Neurochemistry*. 57: 1584-1592.
- Taylor, P. et al. (1993). "The Relationship Between Iron Deficiency and Anemia in Venezuelan Children", en *American Journal of Clinical Nutrition*. 58: 215-218.
- Valdez, J.; Campos, S. y Ortega, M. (1989). "Las condiciones de vida en familias de escasos recursos consideradas de alto y bajo riesgo psicosocial", ponencia presentada en el *I Seminario Internacional Sobre Daño Cerebral*. Toluca, México.
- Walter, T.
 _____ (1989). "Infancy: Mental and Motor Development", en *American J. Clinical Nutrition*. 50 (Suppl.): 655-664.
 _____ (1993). "Impact of Iron Deficiency on Cognition in Infancy and Childhood", en *European J. Clin. Nutrition*. 47: 307-316.
- Wasserman, G. et al. (1992). "Independent Effects of Lead Exposure and Iron Deficiency Anemia on Developmental Outcome at Age 2 Years", en *J. Pediatr.* 121: 695-703.
- Yehuda, K. y Youdim, M. (1989). Citado por Gerlach, M. et al., 1994.
- Youdim, M. (1989 y 1990). Citado por Gerlach, M. et al., 1994.
- Youdim, M.; Ben-Shachar, D. y Riederer, P. (1991). "Iron in Brain Function and Dysfunction With Emphasis on Parkinson's Disease", en *European Neurology*. 3 (suppl 1): 34-40.

