

ARTÍCULO ORIGINAL

Aspectos clínicos y niveles de plomo en niños expuestos de manera paraocupacional en el proceso de reciclaje de baterías de automóviles en las localidades de Soacha y Bogotá, D.C.

Carlos Mauricio Hurtado, Myriam Gutiérrez, Jairo Echeverry

Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C., Colombia

Introducción. El plomo es un metal inocuo mientras no sea objeto de manipulación en procesos industriales. Aun cuando se ha eliminado la gasolina con plomo en muchos países, incluso en Colombia, el reciclaje informal de baterías sigue siendo una fuente potencial de exposición e intoxicación, tanto para los trabajadores como para sus familias, en los estratos bajos.

Objetivo. Establecer hallazgos clínicos, niveles de plomo en sangre y frecuencia de intoxicación en niños expuestos de manera paraocupacional al reciclaje informal de baterías de automoviles.

Materiales y métodos. Estudio descriptivo con selección por la exposición. La investigación se inició tras conocerse un caso índice de intoxicación en la población de Soacha, Cundinamarca. Se incluyeron consecutivamente a menores de edad, referidos por familiares, vecinos o conocidos, quienes se conocieran en exposición paraocupacional. Los menores fueron examinados y se tomaron muestras de sangre para determinación hematológica y dosificación de plomo.

Resultados. Se examinaron 32 menores de 12 años, la mayoría en etapa escolar; todos presentaban altos niveles de plomo (dos a nueve veces el valor máximo aceptable) y dos tercios de ellos se encontraban con intoxicación grave. La serie de expuestos es significativamente sintomática en relación con los hallazgos sugestivos de intoxicación por plomo. Los niños con mayores niveles de plomo tenían la tendencia a presentar un mayor compromiso hematológico y a hacer manifiesto el ribete de Burton.

Conclusión. Este trabajo descriptivo aporta un claro signo de alarma ante las autoridades sanitarias y de gobierno, a fin de tomar medidas tendientes a disminuir la exposición ocupacional, o paraocupacional de los niños, al reciclaje de baterías, mediante un programa de prevención y tamización en municipios y localidades del área metropolitana de Bogotá y Soacha.

Palabras clave: intoxicación por plomo/epidemiología, exposición profesional, uso de residuos peligrosos, baterías, niños, lactantes, Colombia.

Clinical manifestations of lead levels in children exposed to automobile battery recycling processes in Soacha and Bogotá, D.C.

Introduction. Lead is a harmless metal if not handled directly in the industrial process. Even though lead has been eliminated from the gasoline in many countries, automobile battery recycling continues to be a potential source of exposure and intoxication for the workers and their families, particularly of low income. The current investigation was initiated after an index case of lead poisoning was reported from Soacha, Cundinamarca, in central Colombia.

Objective. Clinical investigation established lead levels and lead poison frequency in children with para-occupational lead exposure in the process of recycling automobile batteries.

Material and methods. This was designed as a descriptive study, with selection of subjects with high risk of possible lead exposure. Minors, mostly of school age were recruited based on referral by relatives, neighbors or acquaintances, all of whom were involved in para-occupational exposure. Thirty two children, less than 12 years old (majority school age), were included. General and specific examinations of the children were made, and blood samples were taken for lead and hematological determinations.

Results. All subjects showed high levels of lead (2-9 times the maximum acceptable value) and, according to established criteria, two-thirds were rated as severely poisoned. The children with high levels of lead had tendency toward more specific hematological compromise and showing black gingival bordering (Burton border).

Conclusion. This study communicates to the sanitary authorities and government a clear sign of alarm in that measures must be taken to diminish the occupational or para-occupational lead exposure of children by way of the automobile battery recycling industry.

Key words: Lead poisoning/epidemiology, occupational exposure, hazardous waste use, batteries, child, infant, Colombia.

El plomo (Pb) es un metal pesado, con peso molecular de 207,19 y número atómico 82. Es un elemento inocuo en forma natural pero potencialmente tóxico cuando se manipula, esencialmente en procesos industriales (1). En Estados Unidos, durante los años setenta del pasado milenio, las dos fuentes más frecuentes de exposición al plomo eran el plomo suspendido en el aire como producto de la combustión de gasolina, así como el contenido en la viruta, la pintura, los residuos y el polvo en las residencias de habitación (2); por esa época, tras la exigencia gubernamental de suprimir el plomo de la gasolina, la pintura y las emisiones de humo en las chimeneas industriales, hubo un franco descenso en los niveles promedio de la población (3). En Colombia, sólo hasta 1995 se adoptó la política de gasolina ecológica libre de plomo (4), luego de acoger la iniciativa emanada para Latinoamérica a ese respecto desde la primera Cumbre de las Américas (5). A pesar de estas medidas, la exposición, tanto medio-ambiental como ocupacional, continúa siendo un serio problema de salud pública (6-8). Además, Colombia posee poca información y estimaciones referentes a los niveles basales de plomo que ostenta la población en general y los diferentes grupos de edad en particular. Sin embargo, los estudios locales han demostrado que el saturnismo ocurre en 35% de quienes trabajan en fábricas de baterías y en 14,6% de quienes lo hacen en fundición, imprentas o con cerámica (9).

Los niños son substancialmente susceptibles y peculiares en relación con este metal, pues la

absorción es mucho mayor que en el adulto y suele incrementarse cuando existe desnutrición, aspecto que prevalece en los países en vía de desarrollo. En niños bajo estas condiciones, el metal se deposita en órganos aún en crecimiento y maduración, y la intoxicación aguda suele pasar desapercibida. Estas situaciones, por lo tanto, colocan a la población infantil, especialmente aquella desnutrida de países en vía de desarrollo, en un mayor riesgo ante la exposición y con un pronóstico más reservado que el de otros grupos de edad (10-12).

Para el grupo infantil, principalmente después de las regulaciones de 1995, las fuentes más frecuentes de exposición son el polvo y el humo resultantes de la quema de pintura, la fundición o el reciclaje de baterías, y las virutas de la pintura con plomo en estado de deterioro que se encuentra en las paredes interiores de los hogares (13).

Después de la absorción del plomo por inhalación o por vía oral, sigue su acumulación (aguda o crónica) y sus efectos deletéreos se manifiestan de manera predominante en el sistema nervioso, hematopoyético, óseo, reproductor y renal (14-16).

Aun con niveles muy bajos de plomo, en la población pediátrica se presenta de manera devastadora un significativo deterioro del desarrollo neurológico, la conducta y la cognición, con ausencia de síntomas de intoxicación (saturnismo). Dichos síntomas suelen aparecer de manera polimorfa en un momento posterior. Niveles tan bajos como 10 µg/dl se han asociado con alteraciones en la esfera neurológica (17).

Debido a lo anterior, cada día se toleran niveles más bajos de plomo. En este sentido, era aceptable un nivel de 60 µg/dl en los años sesenta, de

Correspondencia:

Jairo Echeverry, Facultad de Medicina, oficina 205, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C., Colombia. Teléfono: 316 5000, extensión 15186
jecheverryr@unal.edu.co

Recibido: 22/02/07; aceptado: 22 /10/07

30 µg/dl en los setenta, de 25 µg/dl en los ochenta y de 10 µg/dl a partir de los noventa (18-20).

Las formas agudas de intoxicación, como se refirió anteriormente, especialmente en la edad pediátrica, pasan desapercibidas dado que únicamente suelen hacerse evidentes con las pruebas del coeficiente intelectual. Lo usual es presenciar cuadros crónicos muy sintomáticos y polimorfos, siempre posteriores al deterioro neuroconductual, eventos que se relacionan de alguna manera con los niveles sanguíneos del metal. Además del compromiso neurológico referido, se encuentran, en algunas ocasiones, alteraciones hematológicas, anemia microcítica e hipocrómica, compromiso renal, alteraciones pondoestaturales, cambios teratológicos, disminución de la agudeza auditiva, alteraciones en la postura, en la actividad de la vitamina D, hipercalcemia, insuficiencia renal crónica, alteraciones perinatales del feto (retardo del crecimiento intrauterino, abortos, bajo peso al nacer, partos prematuros), convulsiones, coma y muerte (21-30).

En los países en desarrollo, existe la práctica laboral del reciclaje de baterías para extraer el plomo. Usualmente, esta actividad es artesanal, irregular, sin controles, con pobres estándares de seguridad industrial, ocasionalmente realizada dentro de las viviendas y, en muchos países, en la clandestinidad (9). Así las cosas, además de la exposición e intoxicación ocupacional que experimentan estos trabajadores (9), también lo pueden experimentar, en un hecho poco referido por la literatura, los demás habitantes de sus hogares, especialmente los menores, quienes pueden ser objeto de exposición e intoxicación paraocupacional (7).

Para nuestro conocimiento, y a excepción de contados reportes, no existe información que haya explorado este fenómeno a nivel nacional en la edad pediátrica.

El objetivo de este estudio, por lo tanto, fue el de establecer hallazgos clínicos, niveles de plomo en sangre y frecuencia de intoxicación, en niños que se exponen de manera paraocupacional al reciclaje informal de baterías de automóviles.

Si bien el diseño de la investigación no lo permite con toda propiedad, se exploró la relación existente

entre los niveles de plomo y los hallazgos clínicos y de laboratorio correspondientes.

Materiales y métodos

El presente es un estudio exploratorio descriptivo, realizado en una serie de niños potencialmente expuestos, incluidos progresivamente mediante información provista por un caso índice, el cual fue reportado al Departamento de Toxicología de la Universidad Nacional de Colombia.

Este caso fue el de una niña que, en septiembre de 2004, ingresó al Hospital Mario Gaitán de Soacha (Cundinamarca) con diagnóstico de fractura patológica de fémur; en este caso se pudo establecer la existencia de niveles tóxicos de plomo en sangre. En compañía de funcionarios de la Secretaría de Salud de Soacha, se practicó una visita al hogar de la menor, en donde se constató que los padres ejercían la actividad de reciclaje informal de baterías. La información obtenida allí, precisó que existen predios en el perímetro del municipio de Soacha, en otros municipios del área metropolitana y en ciertas localidades de Bogotá, en donde se ejerce la misma actividad y en los cuales también habitan niños.

Con esta información y bajo un principio de selección por la exposición, durante los años 2004 y 2005, se localizaron de manera consecutiva aquellos predios donde algún adulto había trabajado en el reciclaje de baterías (al menos, durante los últimos seis meses) y en donde, además, convivieran menores de edad.

Se abordó al jefe de hogar, o tutor, explicándole el estudio que se iba a adelantar y sus alcances, y se le invitó a participar; cuando había consentimiento por parte de dicho tutor, se le informaba por escrito y quedaba certificado con su firma. Por lo tanto, la muestra obtenida no obedeció a técnicas probabilísticas sino de conveniencia.

Los menores de 12 años que finalmente participaron fueron citados al Centro de Salud San Marcos (Soacha), donde la Secretaría de Salud municipal habilitó un consultorio; allí se les practicó un examen clínico y se les tomaron muestras de sangre.

Inicialmente, se contactaron 28 hogares con 68 niños en total, pero sólo 19 hogares aceptaron participar, lo que determinó una muestra final de 32 niños. La mayoría de estos niños procedían del municipio de Soacha, Cundinamarca, ya que, de los 19 hogares definitivos, 14 (con 20 niños) eran de este municipio y los cinco restantes (con 12 niños) eran de otras localidades de Bogotá; dos hogares con cinco niños de Bosa, un hogar con tres niños de Engativá y dos hogares con cuatro niños de Usaquén.

Los aspectos que se registraron de cada niño consistieron en datos sociodemográficos (municipio de procedencia, edad en meses, grupo de edad, sexo), anamnesis, antropometría y examen físico específicamente dirigido a detectar la existencia de signos y síntomas compatibles con la intoxicación por plomo (cefalea, dolor abdominal, hiporexia, trastornos del sueño, mal rendimiento escolar, convulsiones, ribete de Burton, palidez mucocutánea, etc.).

Se tomó una muestra de sangre para determinar el hemograma, realizar un frotis de sangre periférico y dosificar los niveles de plomo en sangre total. Ante las dificultades desafortunadas de determinar los efectos neuroconductuales se asumió, en el modelo clínico usual de intoxicación, que los cambios hematológicos y las manifestaciones clínicas se suceden cronológicamente de manera paralela o posterior a las alteraciones neuroconductuales y cognitivas.

Con los elementos anteriores, además de puntualizar la existencia de signos o síntomas (relacionados teóricamente con la intoxicación por plomo), se hizo un diagnóstico nutricional, hematológico y toxicológico. El diagnóstico del estado nutricional se hizo en función de peso y talla para la edad, tomando como patrón de referencia las tablas del *National Center for Health Statistics* de los Estados Unidos (31). El diagnóstico de desnutrición fue hecho a aquéllos cuya relación entre talla y peso se encontraba por debajo del percentil 3 en la gráfica correspondiente a su edad. Los resultados se presentan en frecuencias absolutas y relativas.

El hemograma se realizó en un equipo electrónico automatizado de cuarta generación. Los extendidos

de sangre periférica fueron analizados por un bacteriólogo especialista en hematología, de un laboratorio clínico con procesos estandarizados. El hemograma se utilizó para determinar los valores de hemoglobina y de hematocrito, y el frotis de sangre periférico se reportó si había cambios en la morfología globular y la existencia de punteado basófilo. Se diagnosticó anemia en virtud de la existencia de unos valores de hemoglobina por debajo del límite inferior normal para la edad (32). Los resultados se presentan en frecuencias absolutas y relativas.

Para la determinación de plomo en sangre, se tomó sangre entera (5 ml), en tubos *vacutainer*, y se anticoaguló con EDTA. La muestra se refrigeró y se envió en forma inmediata, mediante cadena de frío, al Laboratorio de Salud Ambiental del Instituto Nacional de Salud. La determinación se obtuvo por medio de técnica estandarizada, según el método de Lefebvre *et al.* del Centro de Toxicología de Québec, Canadá, modificada en el Laboratorio Salud Ambiental del Instituto Nacional de Salud por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (33).

Los resultados para cada paciente se reportaron en μg por dl. Según el valor de plomo en sangre, se clasificaron los individuos en una de cinco categorías de diagnóstico toxicológico, de acuerdo con los puntos de corte sugeridos por los *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) de Atlanta (15): niveles tolerables, hasta 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$; riesgo de intoxicación, >10 a <35 $\mu\text{g}/\text{dl}$; intoxicación leve 35-49 $\mu\text{g}/\text{dl}$; intoxicación moderada, 50-70 $\mu\text{g}/\text{dl}$, e intoxicación grave, >70 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Los resultados se presentan como frecuencias absolutas y relativas en cada categoría.

Análisis estadístico

Los datos se registraron inicialmente en archivos de Excel y de allí se transfirieron al paquete estadístico STATA 8 (34), en el cual se depuraron, consolidaron y rotularon.

Se presenta la distribución en frecuencia de las variables sociodemográficas y clínicas (datos demográficos y antropométricos, signos y síntomas relacionados en la literatura con intoxicación, diagnóstico nutricional, valores de hemoglobina, presencia de anemia y punteado basófilo).

Se resume la distribución de las concentraciones de plomo, a través de medidas de tendencia central y dispersión. Como se mencionó previamente, de acuerdo con la propuesta del CDC (15) y según sus niveles de plomo, los niños se clasificaron en una de cinco categorías toxicológicas (nivel tolerable, riesgo de intoxicación, intoxicación leve, moderada o grave).

Se presentan los niveles de plomo promedio en relación con los signos y síntomas más frecuentemente encontrados, así como con el diagnóstico nutricional, la presencia de anemia y el punteado basófilo.

A pesar de la dificultad para ensamblar *a priori* un estudio analítico propiamente dicho, de la falta de poder y de que el proceso de selección no fue probabilístico, los análisis estadísticos tienen más un interés exploratorio que de inferencia. De esta manera, se evaluaron posibles correlaciones lineales entre los niveles de plomo, o el diagnóstico toxicológico derivado de ellos y la presencia de signos y síntomas *sui generis* de desnutrición, anemia y presencia de punteado basófilo, mediante pruebas de correlación de Pearson o Spearman, según el caso. Estas correlaciones se expresan en porcentajes con su significación estadística. Para aquellas correlaciones significativas, reconociendo la falta de ciertas premisas para el análisis, se complementó dicha exploración con el análisis de varianza a una vía (ANOVA) o Kruskal-Wallis, según el caso. Se fijó un valor de *p* como significativo si era inferior de 0,05 y todas las pruebas fueron hechas a dos colas.

Consideraciones éticas

Este estudio se desarrolló bajo los parámetros de las normas de bioética en investigación vigentes en el territorio colombiano, las cuales están consignadas en la Resolución No. 008430 de 1993 expedida por el Ministerio de Salud y denominada Código de Bioética en la Investigación. Además, tuvo las aprobaciones del Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia y contó con el soporte técnico del Instituto de Investigaciones Clínicas de la misma facultad.

A pesar de la clandestinidad que rodea el reciclaje de baterías, se explicó, a los padres o tutores de

los menores participantes en el presente estudio, los beneficios, los riesgos, la metodología, los objetivos y las posibles implicaciones de sus resultados. Se obtuvo un consentimiento informado por escrito por parte del responsable legal, a quien se le hizo conocer los resultados una vez terminada la investigación. El participante, o su tutor, tuvo la opción de retirarse en forma libre y voluntaria en el instante en que lo estimaran conveniente.

Resultados

Los 32 niños participantes tenían edades comprendidas entre los 5 meses y los 12 años, con una mediana en edad escolar de 7 años; 16 eran hombres y 16 mujeres. La mediana de peso de la serie fue de 21 kg, para una talla mediana de 1,22 cm.

Se encontró una serie muy reveladora, en relación con los síntomas y signos clínicos descritos en la literatura como asociados con intoxicación por plomo. Los más frecuentes fueron: hiporexia en 19 niños (59%), dolor abdominal en 13 niños (41%), cefalea recurrente en 8 niños (25%), ribete de Burton en 7 niños (22%), palidez mucocutánea en 6 niños (19%) y otras condiciones, como mal rendimiento escolar, trastorno del sueño o vómito frecuente, en 8 niños (25%). En función de las medidas antropométricas, se diagnosticó desnutrición en 14 pacientes (44%).

La mediana de hemoglobina fue de 14,3 g/dl, con extremos entre 10,6 g/dl y 15,9 g/dl; el percentil 25 de la muestra tuvo una cifra de hemoglobina inferior a 12 g/dl. Según los valores normales para la edad, se diagnosticó anemia en 10 niños (31%) y se encontró punteado basófilo en 7 (22%).

El cuadro 1 muestra la distribución en los niveles sanguíneos de plomo y el cuadro 2, los diagnósticos toxicológicos de acuerdo con dicho nivel en los 32 niños evaluados.

De manera sorprendente, ningún niño mostró niveles normales o tolerables de plomo en sangre. El valor mínimo obtenido fue dos veces superior al nivel máximo aceptable internacionalmente. El promedio, la media y la mediana de la serie se encontraron en rangos de intoxicación moderada y, de manera alarmante, 24 niños (75% de la serie)

se encontraron en intoxicación, la mayoría de ellos (10 niños) en un grado grave.

En promedio, la concentración de plomo fue un tanto mayor en los niños habitantes de hogares cuyos padres trabajaban en el reciclaje de baterías dentro de la casa (66 µg/dl), con respecto a los niños cuyos padres laboraban en un sitio diferente a la casa o sitio de vivienda (47,6 µg/dl).

En el cuadro 3 se presenta la frecuencia de individuos según los signos y síntomas más frecuentes, así como según el diagnóstico nutricional, el diagnóstico de anemia y la presencia de punteado basófilo. También se registran allí los valores promedio de plomo en sangre encontrados en los niños sintomáticos o con los diagnósticos precisados, en relación con los asintomáticos o sin esos diagnósticos.

De manera general, los mayores promedios (>70 µg/dl, o en intoxicación grave) estuvieron

Cuadro 1. Distribución de los niveles de plomo en 32 niños expuestos.

	Concentración de plomo en sangre (µg/dl)*
Valor mínimo	20
Valor máximo	90
Rango	70
Promedio	54
Niveles de plomo Desviación estándar	21
Mediana	60
Moda	60
Percentil 25	32,5
Percentil 75	70

* El consenso internacional acepta un máximo de 10 µg/dl (2).

Cuadro 2. Diagnóstico toxicológico en la serie examinada.

Diagnóstico toxicológico*	Rango de valores de referencia de plomo en sangre (µg/dl)	Número de individuos de la serie (%)
Nivel aceptable	<10	0 (-)
Riesgo de intoxicación	10-35	8 (25)
Intoxicación	>35	24 (75)
Intoxicación leve	35-49	7 (22)
Intoxicación moderada	50-70	7 (22)
Intoxicación grave	>70	10 (31)

* El diagnóstico toxicológico fue realizado según la propuesta del CDC (15).

presentes en aquellos niños con ribete de Burton, síndrome convulsivo y punteado basófilo en el frotis de sangre periférica. Tres niños mostraron simultáneamente ribete de Burton y punteado basófilo, y en ellos, la concentración de plomo promedio fue de 87 µg/dl, lo cual los ubicaba en intoxicación grave. Uno de estos pacientes padecía, además, síndrome convulsivo y su nivel de plomo fue de 90 µg/dl.

Se encontraron exploratoriamente correlaciones lineales significativas, entre el diagnóstico toxicológico o el nivel de plomo y la presencia de ribete de Burton (+0,46, p=0,0067), niveles de hemoglobina (-0,38, p=0,033) o de hematocrito (-0,36, p=0,046) y punteado basófilo (+0,60, p=0,003). Estas correlaciones se corroboraron mediante el análisis de varianza. Existieron niveles significativamente superiores de plomo en sangre en aquellos individuos con ribete de Burton (p=0,0046) y punteado basófilo (p=0,0000), y cierta tendencia en el mismo sentido, pero no significativa, en los niños con síndrome convulsivo (p=0,099) y anemia (p=0,2217).

Discusión

Este trabajo, el primero que se conoce sobre el tema, da cuenta de los datos clínicos, hematológicos y de plomo en sangre de un grupo de niños colombianos, que forman parte de hogares dedicados al reciclaje informal de baterías.

Los síntomas más frecuentemente encontrados en este grupo fueron hiporexia (59%), dolor abdominal (41%) y cefalea (25%; éstos, si bien no son específicos, han sido descritos en la

Cuadro 3. Concentración de plomo en sangre, según la presencia de signos y síntomas que han sido asociados en la literatura a intoxicación por plomo, en una muestra de 32 niños.

Condición	n	Concentración promedio de plomo en sangre en µg/dl *	
Hiporexia	Sí	19	54,21
	No	13	53,07
Dolor abdominal	Sí	13	54,60
	No	19	53,15
Ribete de Burton †	Sí	7	72,85
	No	25	48,40
Palidez mucocutánea	Sí	6	61,66
	No	26	51,92
Cefalea	Sí	8	61,25
	No	24	51,25
Síndrome convulsivo	Sí	4	70,00
	No	28	51,43
Desnutrición	Sí	14	53,60
	No	18	53,80
Anemia	Sí	9	61,00
	No	23	50,86
Punteado basófilo §	Sí	7	81,40
	No	25	46,00

* La concentración de plomo en sangre se distribuyó normalmente (prueba de Shapiro-Wilk, $p=0,643$).

† ANOVA para la diferencia de niveles de plomo en sangre, entre los que tuvieron ribete de Burton o no lo tuvieron, $p=0,0046$.

§ ANOVA para la diferencia de niveles de plomo en sangre, entre los que tuvieron punteado basófilo o no lo tuvieron, $p=0,0000$.

literatura como expresiones compatibles con la intoxicación plúmbica (2,7-9,14,22,28,31).

El resultado más significativo de este estudio, es el que todos los niños tenían niveles inaceptables de plomo (dos a nueve veces el valor máximo aceptado internacionalmente) y dos tercios de los niños se encontraban con intoxicación grave. Esta abrumadora frecuencia de altos niveles de plomo es posiblemente la confirmación de la exposición y la intoxicación paraocupacional, como consecuencia del contacto con un medio ambiente cargado de residuos tóxicos al que está sometida esta población infantil. Los valores de tendencia central de plomo en esta serie de niños expuestos de manera paraocupacional, es sólo ligeramente inferior a la reportada en los adultos que trabajan en el sector informal de reciclaje y fabricación de baterías de Bogotá (9).

Somos conscientes de las limitaciones de este trabajo, tanto en el diseño y la selección, como en la medición de los efectos clínicos más importantes (pérdida del coeficiente intelectual u otros eventos neuroconductuales y cognoscitivos). A pesar de ello, parece clara la correlación existente entre los niveles de plomo en los niños y la coincidencia de alteraciones clínicas y hematológicas relacionadas con el plomo, ya que aquéllos con un nivel más elevado de este metal mostraron, simultáneamente, mayor sintomatología, compromiso hematológico, cuerpos de inclusión basófila y ribete de Burton. La naturaleza y el tipo de los efectos clínicos son indicios de un estado crónico de exposición y significativa intoxicación (35-37).

Por otro lado, ya que aquellos niños que manifestaron ribete de Burton mostraron casi el doble en los niveles de plomo que aquéllos sin ribete, la presencia de este signo podría ser un elemento diagnóstico específico de intoxicación grave y crónica, y su rendimiento operativo, en este sentido, podría ser objeto de investigación mediante diseños específicos.

Ahora bien, se tuvo una serie de 32 niños en etapa escolar con 54 µg/dl, en promedio, de plomo en sangre. De manera consistente, en series de niños de la misma edad, en la medida en que el plomo supera el nivel de 10 µg/dl, el coeficiente intelectual se suele reducir en dos a tres puntos de la escala (38). Además, en poblaciones con niveles de plomo en sangre entre 50 µg/dl y 70 µg/dl, se han encontrado pérdidas de cinco puntos en las pruebas de coeficiente intelectual y pérdidas de cuatro puntos en las mismas con niveles entre 30 µg/dl y 50 µg/dl, (39-43). Si bien este trabajo careció de la medición de este tipo de variable, es muy razonable pensar que toda la serie está experimentando un importante deterioro en ella.

En este sentido, Rogan *et al.* (44) del *National Institute of Environmental Health Sciences* de los Estados Unidos, mediante un ensayo clínico controlado con placebo, de magnífica factura metodológica, intentaron evaluar el efecto benéfico del succimer (ácido dimercapto-succínico), en una población de niños de uno a tres años de edad con niveles de plomo entre 20

y 44 µg/dl (promedio 26 µg/dl), en cuanto a las pruebas de medición cognitiva, funciones neurosicológicas y conducta. Hubo reducción en los niveles de plomo en ambos grupos (succimer Vs. placebo). Se encontró una pequeña diferencia, aunque significativa, en los niveles promedio de plomo obtenidos entre los grupos a los seis meses de inicio del estudio, a favor del tratamiento con succimer, pero, esta diferencia había desaparecido a los seis meses siguientes, o sea, al año de inicio del tratamiento. Además, a los tres años de seguimiento, los resultados en las pruebas cognitivas, neurosicológicas y de conducta no fueron ni clínica ni estadísticamente diferentes entre el grupo tratado con succimer y el grupo tratado con placebo. Lo anterior es evidencia de que los niños hacen un proceso quelante "espontáneo" y que, tristemente, los efectos deletéreos del plomo sobre el sistema neurológico son hasta ahora irreversibles.

Finalmente, si asumimos que hay una de exposición e intoxicación paraocupacional reales en estos niños y que los tratamientos disponibles no son efectivos, al menos para las variables neurológicas, sólo queda la alternativa preventiva a este problema. La clara connotación socio-económica que rodea esta problemática se vería agravada en el evento de que se instaurasen medidas coercitivas tendientes a prohibir el reciclaje clandestino de baterías de vehículo automotor, por cuanto harían más clandestina aún la actividad y continuaría la exposición.

Las instancias y los estamentos pertinentes deberían enfocar sus esfuerzos, en primer lugar, a la educación de los trabajadores en medidas de seguridad industrial, reciclaje seguro y ecológico, y reducción de la exposición ocupacional y paraocupacional en el marco de las regulaciones respectivas. En segundo lugar, se deberían verificar acciones de tamización de adultos y niños, en los grupos de exposición conocidos, tendientes a detectar los casos, iniciar la quelación e ingresarlos en programas de rehabilitación. En trabajos locales se ha propuesto que la protoporfirina zinc en sangre (una prueba más sencilla que la determinación del plomo en sangre) pudiera ser un buen indicio de la intoxicación y, posiblemente, podría utilizarse como prueba de

tamización en población expuesta, en el marco de los programas de vigilancia y seguimiento (9).

Para resumir, toda la serie de 32 niños, en su mayoría en etapa escolar y que habitan en hogares donde hay un adulto dedicado a la labor del reciclaje de baterías, presentaron niveles inaceptablemente elevados de plomo en sangre. La totalidad se encontró en estado de intoxicación y la gran mayoría mostró cifras y hallazgos clínicos compatibles con intoxicación grave y crónica. Según el modelo nosológico planteado, todos los niños de esta serie podrían hipotéticamente estar cursando con significativas e irreversibles pérdidas de su coeficiente intelectual.

Este trabajo descriptivo aporta un claro signo de alarma ante las autoridades sanitarias y de gobierno, a fin de tomar medidas tendientes a disminuir la exposición ocupacional o paraocupacional de los niños, al reciclaje de baterías, mediante un programa de prevención y tamización en municipios y localidades del área metropolitana de Bogotá y Cundinamarca.

Agradecimientos

A Germán Rojas Guerrero, pediatra, profesor emérito de la Universidad Nacional y director del Departamento de Pediatría del Hospital Mario Gaitán Yanguas de Soacha. A Jaime Ortiz, químico, coordinador del Grupo de Salud Ambiental del Instituto Nacional de Salud-Red Nacional de Laboratorios. Al personal de la Secretaría de Salud de Soacha, Cundinamarca.

Conflicto de intereses

Los autores del presente manuscrito manifiestan que carecen de conflicto de intereses alguno que impida su publicación.

Financiación

Esta investigación fue realizada en la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, en sus Departamentos de Toxicología y Pediatría, y en el Instituto de Investigaciones Clínicas, con recursos institucionales y propios. Este estudio contó, además, con el apoyo decidido del Laboratorio de Salud Ambiental del Instituto Nacional de Salud y la Secretaría de Salud de Soacha, Cundinamarca.

Referencias

- Patterson CC, Ericson J, Manea-Krichen M, Shirahata H.** Natural skeletal levels of lead in *Homo sapiens sapiens* uncontaminated by technological lead. *Sci Total Environ.* 1991;107:205-36.
- American Academy of Pediatrics Committee on Environmental Health.** Policy Statement. Lead exposure in children: Prevention, detection, and management. *Pediatrics.* 2005;116:1036-46.
- Pirkle JL, Brody DJ, Gunter EW, Kramer RA, Paschal DC, Flegal KM, et al.** The decline in blood lead levels in the United States. The National Health and Nutrition Examination Survey. *JAMA.* 1994;272:284-91.
- Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de Minas y Energía.** Artículo 40 del Decreto 948 de 1995. Bogotá D.C.: Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de Minas y Energía: 1995.
- Organización de los Estados Americanos.** Primera Cumbre de las Américas. Miami, Florida, 9 al 11 de diciembre de 1994. Plan de Acción. IV. La Garantía del Desarrollo Sostenible y la Conservación de Nuestro Medio Ambiente para las Generaciones Futuras. [Consultado: 10 de enero de 2007]. Disponible en: <http://summit-americas.org/miamiplan-spanish.htm#23>
- Montoya M.** Intoxicaciones pediátricas. Programa de Actualización Continua en Pediatría PAC. Primera Edición. Ciudad de México: Intersistemas SA; 1996.
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.** Enfermedades profesionales, protocolos para su diagnóstico. Sociedad Colombiana de Medicina del Trabajo. Bogotá D.C: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social; 1997. p.151-80, 218-9.
- Córdoba, D.** Toxicología. Cuarta edición. Bogotá: Manual Moderno; 2001.p.276-90.
- Cárdenas O, Varona ME, Núñez SM, Ortiz JE, Peña GE.** Correlación de protoporfirina zinc y plomo en sangre en trabajadores de fábricas de baterías, Bogotá, Colombia. *Salud Pública Mex.* 2001;43:203-10.
- American Academy of Pediatrics Committee on Environmental Health.** Lead poisoning: from screening to primary prevention. *Pediatrics.* 1993;92:176-83.
- Bellinger D.** Lead. *Pediatrics.* 2005;113:1016-22.
- Needleman HL.** Preventing childhood lead poisoning. *Prev Med.* 1994;23:634-7.
- Lanphear BP, Matte TD, Rogers J, Clickner RP, Dietz B, Bornschein RL, et al.** The contribution of lead-contaminated house dust and residential soil to children's blood lead levels: A pooled analysis of 12 epidemiologic studies. *Environ Res.* 1998;79:51-68.
- Sanín LH, González T, Romieu I, Hernández M.** Acumulación de plomo en hueso y sus efectos en la salud. *Salud Publica Mex.* 1998;40:359-68.
- Centers for Disease Control.** Preventing lead poisoning in young children. Atlanta: US. Department of Health and Human Services; 1991.
- Papanikolaou NC, Hatzidaki EG, Belivanis S, Tzanakakis GN, Tsatsakis AM.** Lead toxicity update. A brief review. *Med Sci Monit* 2005;11:RA329-36.
- Tellez-Rojo MM, Bellinger DC, Arroyo-Quiroz C, Lamadrid-Figueroa H, Mercado-Garcia A, Schnaas-Arrieta L, et al.** Longitudinal associations between blood lead concentrations lower than $\mu\text{10 g/dL}$ and neurobehavioral development in environmentally exposed children in Mexico City. *Pediatrics.* 2006;118:323-30.
- Rogan WJ, Wate JH.** Exposure to lead in children-How low is low enough?. *N Engl J Med.* 2003;348:1515-6.
- Rosen J, Mushek P.** Primary prevention of childhood lead poisoning-the only solution. *N Engl J Med.* 2001;344:1470-1.
- American Academy Of Pediatrics.** Screening for elevated blood lead levels. *Pediatrics.* 1998;101:1072-8.
- Martínez O, López M.** Prevalencia de alteraciones hematológicas en intoxicación ocupacional por plomo. *Acta Médica Colombiana* 1997;22:133-9.
- Curtis K, Watkins J.** Manual de toxicología. Sexta Edición. México D.F: Mc Graw-Hill; 2001.p.811-34.
- Grigg J.** Environmental toxins; their impact on children's health. *Arch Dis Chile.* 2004;89:244-50.
- Lin JL, Lin-Tan DT, Hsu KH, Yu CC.** Environmental lead exposure and progression of chronic renal diseases in patients without diabetes. *N Engl J Med.* 2003;348:277-86.
- Marsden PA.** Increased body lead burden-cause or consequence of chronic renal insufficiency? *N Engl J Med.* 2003;348:345-7.
- Martínez O.** Relación dosis efecto subcrítico del plomo en el sistema hematopoyético. *Acta Médica Colombiana.* 1999;24:56-9.
- Brent J, Wallece K, Burkhart K, Phillips S, Donovan JW.** Critical care toxicology: Diagnosis and management of the critically poisoned patient. First edition. Philadelphia: Elsevier Mosby; 2005. p.821-36.
- Erickson T, Ahrens W, Aks S, Baum C, Ling L.** Pediatric toxicology Diagnosis & management of the poisoned child. First edition. New York: McGraw-Hill; 2005. p.461-7.
- Sanborn MD, Abelsohn A, Campbell M, Weir E.** Identifying and managing adverse environmental health effect: 3. Lead exposure. *CMAJ.* 2002;166:1287-92.
- Olson K, Anderson I, Benowitz N, Blanc P, Clark R, Kearney T.** Poisoning & drug overdose. Cuarta Edición. New York: Mc Graw Hill; 2004. p.238-42, 413-5, 440-2,484-5, 501-3.

31. **National Centre of Health Statistics.** MCHS growth curves for children 0-18 years. United States, vital and health statistics. Series 11, No.165. Washington D.C.: Health Resources Administration, US Government Printing Office; 1977.
32. **Agudelo GM, Cardona OL, Posada M, Montoya MN, Ocampo NE, Marín CM, et al.** Prevalence of iron-deficiency anemia in schoolchildren and adolescent, Medellín, Colombia, 1999. *Rev Panam Salud Pública.* 2003;13:376-86.
33. **Poldesky E, Ortiz J, Villamil G.** Determinación de trazas de metales en muestras biológicas y ambientales. Manual de procedimientos. Santa Fe de Bogotá: Instituto Nacional de Salud; 1992. p.39-42.
34. **StataCorp.** STATA Statistical Software. Release 8. College Station, TX: StataCorp LP; 2003
35. **Bradman A, Eskenazi B, Sutton P, Athanasoulis M, Goldman LR.** Iron deficiency associated with higher blood lead in children living in contaminated environments. *Environ Health Perspect.* 2001; 109:1079-84.
36. **Choi S, Kim SK.** Association between blood lead concentrations and body iron status in children. *Arch Dis Child.* 2003;88:791-2.
37. **Kwong WT, Friello P, Semba RD.** Interactions between iron deficiency and lead poisoning: epidemiology and pathogenesis. *Sci Total Environ.* 2004;330:21-37.
38. **Pocock SJ, Smith M, Baghurst P.** Environmental lead and children's intelligence: a systematic review of the epidemiological evidence. *BMJ.* 1994;309:1189-97.
39. **Zawia N.** *Molecular Neurotoxicology.* First edition. Boca Ratón: CRC Press; 2004. p.183-95.
40. **Lidsky TI, Schneider JS.** Lead neurotoxicity in children: Basic mechanism and clinical correlates. *Brain.* 2003;126:5-19.
41. **Bressler J, Kim KA, Chakraborti T, Goldstein G.** Molecular mechanisms of lead neurotoxicity. *Neurochem Res.* 1999;24:595-600.
42. **Bressler JP, Goldstein GW.** Mechanisms of lead neurotoxicity. *Biochem Pharmacol.* 1999;41:479-84.
43. **Canfield RL, Henderson CR Jr, Cory-Slechta DA, Cox C, Jusko TA, Lanphear BP.** Intellectual impairment in children with blood lead concentrations below 10µg/dl. *N Engl J Med.* 2003;348:1517-26.
44. **Rogan WJ, Dietrich KN, Ware JH, Dockery DW, Salganik M, Radcliffe J, et al.** The effect of chelation therapy with succimer on neuropsychological development in children exposed to lead. *N Engl J Med.* 2001;344:1421-6.