

Trabajos de revisión

Instituto Superior de Medicina Militar “Dr. Luis Díaz Soto”

Uranio empobrecido y salud

Tte. Cor. José R. Menéndez López,¹ My. Mirtha Infante Velázquez,² My. Reynol Arturo Moreno Puebla³ y Cap. José Miguel Rodríguez Perón⁴

Resumen

Se revisó una amplia bibliografía sobre la problemática que para la salud ha representado la exposición a productos de degradación del uranio empobrecido por los efectivos que integraron las fuerzas de coalición durante las operaciones Escudo y Tormenta del Desierto en 1991. Se aportan los elementos necesarios para ampliar los conocimientos acerca de las propiedades físico-químicas del uranio empobrecido. Igualmente se revisan los criterios que indican una relación causa-efecto sobre la salud, en el marco polisintomático y no muy bien definido de los llamados síndrome del Golfo y de los Balcanes. En el momento actual estos fenómenos son considerados como verdaderos enigmas en el fenómeno salud-enfermedad de los veteranos que participaron en las acciones efectuadas en el entorno de dichos teatros de operaciones.

Palabras clave: Uranio empobrecido, salud ocupacional, Medicina Militar.

“La guerra es una epidemia de calamidades. Esta epidemia se ha tornado más complicada con los efectos nocivos que para la salud humana ha significado el empleo con fines combativos del uranio empobrecido (UE). Recientes estudios concuerdan en señalar la asociación de alteraciones en diversos sistemas orgánicos relacionadas con la incorporación de este metal pesado”.

Durante la Primera Guerra del Golfo Pérsico, los soldados de la Coalición de la ONU sufrieron la exposición de polvo contaminado con uranio empobrecido UE como consecuencia del llamado “fuego amigo” y también en forma de aerosoles generados durante la marcha del mencionado conflicto bélico.

Su influencia patogénica en el determinismo de manera si no exclusiva si determinante del llamado síndrome del Golfo Pérsico (SGP) ha mantenido ocupados a especialistas de diversos campos pertenecientes a las esferas médico militares y a otros campos. Información provista por el Mando Militar Norteamericano y corroborada por organismos internacionales (Fuerzas de Tarea ad hoc de la ONU) han estimado que fueron empleadas 350 toneladas de UE en la Operación Tormenta del Desierto

en forma de material de revestimiento de proyectiles perforantes, lo que provocó esto una emisión hacia la atmósfera entre 3 y 6 millones de gramos del mencionado producto.

El UE es un metal pesado pirofosfórico con una densidad aproximada de 1,7 veces superior al plomo y se ha empleado con fines militares exclusivos en lograr una mayor propiedad de blindaje para los vehículos de combate.¹ Se considera como un producto intermedio del proceso físico de enriquecimiento del uranio natural para ser empleado en reactores y proyectiles de artillería.

Concentra el isótopo U235 a un nivel mayor que el encontrado en el metal habitual y reduce la concentración de isótopos U235 y 234 (de ahí su nombre de empobrecido). El isótopo más abundante es el U238 (aproximadamente hasta el 98 %).²⁻⁴

Emite radiaciones alfa, beta y gamma (estas últimas débilmente). Sus propiedades químicas son idénticas a las del uranio natural. No representa una genuina amenaza ni radiactiva ni química (la fracción de penetración emitida por degradación es menor al 1 %). Sin embargo, su entrada al interior del organismo favorece una mayor exposición frente a los tejidos clásicamente susceptibles a las radiaciones, lo cual aumenta esta circunstancia su peligro potencial.⁵⁻⁸

El empleo combativo favorece la penetración del UE al organismo mediante varias vías. La detonación de la energía cinética de un proyectil artillado con UE provoca la fragmentación de este y conjuntamente con la destrucción física del objetivo militar, desprende fragmentos y polvo de UE, que causan heridas por fragmento de metralla así como la inhalación y deglución del polvo.⁸⁻¹² Este espectro de acción también contamina las heridas abiertas ya existentes.

El UE es el heredero de las investigaciones que acerca de los riesgos ocupacionales de la exposición al uranio natural fueron efectuadas en las décadas de los 40 y 50 con los expuestos a este metal en la industria nuclear norteamericana (molineros, ingenieros y otros operadores).¹³⁻¹⁶

La información recopilada a través de esas fuentes se encontraba dirigida fundamentalmente a la asociación con cuadros subagudos emergentes de la exposición continuada y de la eficacia de las medidas de protección e higiene industrial que se derivaba del manejo de dicho metal. Se priorizaba la inhalación y el contacto con piel íntegra de los expuestos o susceptibles, lográndose cuantificar el riesgo de afectación de aparatos y sistemas orgánicos, fundamentalmente la mayor susceptibilidad al padecimiento de enfermedades neoplásicas hematológicas.¹⁷⁻¹⁹

Se desencadena la Primera Guerra contra Iraq (Guerra del Golfo) y el UE es empleado fundamentalmente en el revestimiento de vehículos de combate del Ejército de la Coalición y en los proyectiles de artillería y aviación. Se han cuantificado cerca de 800 misiones aéreas y más de 100 000 golpes de artillería con proyectiles artillados con UE durante las Operaciones Tormenta y Escudo del Desierto (momentos operativos en los cuales se dividió la Guerra del Golfo).

Al concluir esta aventura bélica y regresar las tropas a territorio continental norteamericano, un grupo

importante de efectivos norteamericanos e ingleses (los de mayor participación en la fuerza de choque de la Coalición), comienzan a experimentar una serie de síntomas incapacitantes y de difícil adscripción a cuadros clínicos conocidos en otras guerras e incluso a cuadros clínicos conocidos en la práctica médica de tiempo de paz.²⁰⁻²²

Había nacido el fantasma del síndrome del Golfo. Médicamente se trataba de una afección nueva y económicamente se calculó que el estudio de esta tendría un costo de al menos seis billones de dólares solamente en el esquema de seguimiento de los veteranos que aquejaban alguno de los 6 grupos de manifestaciones que componían este peculiar padecimiento.

Grupos de expertos de las distintas instituciones de investigación asociadas con la Secretaría de Defensa de los Estados Unidos de Norteamérica concluyeron en aquel entonces (1994) que dentro de los riesgos que para la salud había constituido la presencia de las tropas en el Teatro de Operaciones Militares del Golfo Pérsico no podía dejarse de considerar la exposición al UE y que se necesitaban estudios prospectivos de cohortes para poder llegar a conclusiones más convincentes de asociación de las que se disponía en aquel entonces.

Fruto de su naturaleza depredadora, las cohortes de investigación se estructuraron a punto de partida de efectivos norteamericanos e ingleses, no en los iraquíes que habían sido objeto de tan bárbara agresión.

Los efectos sobre la salud humana de fragmentos de UE incorporados mediante heridas recibidas fueron investigados para determinar si las actuales políticas de extracción de estos conservan su racionalidad y vigencia en los procedimientos quirúrgicos en tiempo de guerra.²³⁻²⁵

Varios autores estudiaron en roedores a los cuales les habían sido implantados pellets con UE, así como en líneas de cultivo celulares las respuestas bioquímicas y dosimétricas que en ellos tenían lugar.²⁶

Los resultados obtenidos son concordantes con el hecho de que el UE contenido en los fragmentos se distribuye a tejidos distantes de los lugares de implantación. Estos sitios incluyen el hueso, riñón, músculo e hígado. A pesar de niveles de uranio en el riñón que pudieran considerarse nefrotóxicos después de una exposición aguda, no pudieron encontrarse evidencias histológicas ni funcionales de toxicidad renal. Esto sugiere que existe un mecanismo de adaptación renal a la exposición crónica.

El UE es mutagénico y transforma las células osteoblásticas humanas hacia un fenotipo tumorigénico. También altera parámetros neurofisiológicos en el hipocampo de las ratas, atraviesa la barrera placentaria y penetra en el tejido fetal. A esto se une un retardo del crecimiento de los animales implantados con pellets de UE cuando son observados durante 6 meses o más.^{22,23}

Existe información limitada para permitir una evaluación certera de los riesgos acerca de la carcinogénesis y mutagénesis de fragmentos implantados o inhalados de UE. Estudios a largo plazo se encuentran en curso en estos momentos para validar o no dicha información.²⁶

Se han utilizado como materiales de comparación alternativos aleaciones de tungsteno y níquel frecuentes en el diseño de proyectiles de artillería del Ejército Norteamericano. Utilizando un modelo de osteosarcoma humano se demostró que los compuestos tanto solubles como insolubles de UE tienen la capacidad de transformar células hacia el fenotipo tumorigénico. Dichas transformaciones están sustentadas en cambios morfológicos, bioquímicos y oncogénicos concordantes con un comportamiento tumoral. Las aleaciones de tungsteno y níquel fueron también inductoras de cambios hacia el patrón neoplásico.¹⁹⁻²⁰

Un grupo reducido de veteranos de la Guerra del Golfo que resultaron heridos por fragmentos de proyectiles (fuego amigo, equivocaciones) con UE fueron estudiados a fin de obtener información acerca de su estado de salud a largo plazo. Fueron construidas 2 cohortes (una con fragmentos retenidos de UE y otra con fragmentos sin UE) y evaluados los efectos clínicos que dicha condición produjo. Información clínica dirigida y exámenes periódicos fueron realizados en 29 sujetos con fragmentos UE y en 38 sin fragmentos de este. Los puntos de comparación fueron las determinaciones urinarias de uranio, valores analíticos sanguíneos estándar acompañados de una evaluación psiquiátrica y neurocognoscitiva. Los portadores de fragmentos UE mostraron a los 7 años de haber transcurrido la herida de guerra valores mayores estadísticamente significativos (hasta 6 veces) de excreción urinaria de uranio.

La presencia de este hecho pone sobre el tapete la posibilidad de movilización del UE contenido en el fragmento retenido (punto de almacenamiento) que se convierte en una figura clínica de exposición sistémica crónica similar a otras formas de exposición.

La evidencia hasta ahora disponible en estos resultados no permite catalogar al riñón (presunto órgano blanco en la experimentación animal) como víscera de apetencia lesional del UE al menos en los plazos de tiempo clínicamente estudiados.

El estudio reveló también la presencia de discretos cambios en la esfera reproductora como en algunas funciones del sistema nervioso central (SNC) en los sujetos expuestos.²⁶

De acuerdo con los elementos hasta aquí expuestos, la totalidad del diapasón lesional del UE no puede decirse que esté completamente dilucidado. Todo el mundo científico comprometido en estas investigaciones se encuentra a favor de la prolongación en tiempo de los estudios en humanos así como en el perfeccionamiento y optimización de la experimentación animal.

La evaluación en humanos es finita. No luce probable que se generen investigaciones en los agredidos y por parte de los agresores la sola organización presupuestaria de estas repercute negativamente en los recortes de fondos de salud que han caracterizado a las últimas administraciones estadounidenses. También es un reconocimiento tácito a que han sido incorporados al arsenal norteamericano dispositivos con repercusión negativa en el estado de salud de sus propios efectivos.

Por otro lado, la experimentación en animales debe de plantearse la búsqueda de modelos más selectos

para reproducir los resultados en el humano aún con una mayor fidelidad y racionalidad que hasta los momentos actuales.

Queda por comparar el potencial lesional de la inhalación con la implantación como vía de evaluación de los efectos deletéreos de este metal pesado que plantea un nuevo problema de salud toda vez que no se utilizan todas sus potencialidades para un uso pacífico.

Tal como puede desprenderse de lo citado anteriormente, vuelve el complejo militar-industrial norteamericano a introducir las reacciones adversas o no deseables de los avances de la revolución científico técnica con fines claramente ofensivos y contemplados en su doctrina militar contemporánea. La aseveración absoluta de los daños que conllevan a la salud el empleo de formas operacionales de proyectiles en cuya composición intervenga el UE aún requerirá de lapsos de tiempo de investigación para establecer como definitivas las conclusiones preliminares hacia las cuales –sin duda alguna apuntan– los elementos iniciales que conforman la evidencia médica disponible en estos momentos.

Summary

Impoverished uranium and health

A wide bibliography was reviewed on the problem that the exposure of the troops from the coalition forces to the products of degradation of impoverished uranium during the Shield and Storm of the Desert maneuvers carried out in 1991 has represented for health. The elements necessary to extend the knowledge about the physicochemical properties of impoverished uranium were given. Likewise, the criteria indicating the existence of a cause-effect relation on health in the polysymptomatic and not very well defined framework of the so-called Gulf and the Balkans' syndrome were reviewed. At present, these phenomena are considered as real enigmas in the health-disease phenomenon of the veterans that participated in the actions performed in those theaters of war.

Key words: Impoverished uranium, occupational health, Military Medicine.

Referencias Bibliográficas

1. McClain DE. Health effects of embedded Depleted Uranium. Milit Med. 2002;167(Suppl . 1):117.
2. Pellmer TC , Faccioralli AF. Toxicological evaluation of depleted uranium in rats implanted with depleted uranium pellets. Toxicol Sci. 2001;49:29-39.
3. Miller AC, Jackson E. Urinary and serum mutagenicity studies with rats implanted with depleted uranium or tantalum pellets. Mutagenesis. 2001;131:643-8.
4. Miller AC, Blakely WF. Transformation of human osteoblastic cells to the tumorigenic phenotype by depleted uranium- uranyl chloride. Env Health Persp. 2003;171:465-6.
5. Miller AC, Xu J, Stewert M. Potential Late Health Effects of Depleted Uranium and Tungsten Used no Armor-Piercing Munitions: Comparison of Neoplastic Transformations ang

- Genotoxicity With the Known carcinogen Nickel. *Milit Med.* 2002;167(Suppl . 1):120.
6. McDiarmid MA, Hooper FJ . Health Effects and Biologic Monitoring Results of Gulf War Veterans Exposed To Depleted Uranium. *Milit Med.* 2002;167:123-4.
 7. Hooper F, Squibb KS. Elevated urine uranium excreted by soldiers with retained uranium shrapnel. *Health Phys.* 2001;77(51):29-30.
 8. Durakovic A. On Depleted Uranium: Gulf War and Balkan Syndromes. *Croat Med J.* 2001;42:130-4.
 9. Mc Diarmid MA, Koegh JP, Koper RH . Health Effects of depleted uranium on exposed Gulf war veterans. *Environm Res.* 2003;83:168-80.
 10. Pellmar TC , Kayser DO, Emery C. Electrophysiological changes in hippocampal slides isolated from rats imbedded with depleted uranium fragments. *Neurotoxicology.* 2002;20:576-92.
 11. Pellmar TC , Fuctorelli AF, Ejanik JW . Distribution of uranium excretion by soldiers with retained uranium shrapnels . *Health Phys.* 2002;77:512-9.
 12. Miller AC , Blakely WF , Livengood D. Transformation of human osteoblast cells to the mutagenic phenotype by depleted uranium- uranyl chloride. *Environm Health Perspect.* 2003;106:465-71.
 13. Kadhim MS, McDonald DA, Goodhead DT. Transmisi3n of chromosomal inestability in human bone marrow cells. *Lancet.* 2000;344:787-8.
 14. Evans HJ . Alpha particles after effects. *Nature.* 1999;355:674-5.
 15. Nagasama H, Little JB . Induction of sister chromatic exchanges by extremely low doses of alpha particles. *Cancer Res.* 2000;52:6394-5.
 16. Xia H. Carlin BP. Spatio-tempored models with errors in covariates: mapping Ohio Lung Cancer Mortality. *Stat Med.* 2001;12:2025-43.
 17. Jamal GA. Gulf war S3ndrome: a model for the complexity of biological and environmental interactions with human Health. *Adverse Drug React Toxicol Rev J.* 2002;17:1-17.
 18. Karenyll -Roth AL, Juncer DJ. Al Eskan Disease: Persian Gulf S3ndrome . *Milit Med.* 2003;1621:1-13.
 19. Deucet L. Desert Storm S3ndrome : sick soldiers and dead children. *Med War.* 2000;10:183-94.
 20. Ejnik VW , Carmichael AJ , Hamilton MM. Determination of isotopic composition of uranium in urine by inductively-complex mass spectrometry . *Health Phys.* 2000;72:143-6.
 21. Abu Quere AW, Abore Donia MD. Determination of depleted uranium, pyridostigmine bromide and its metabolites in plasma and urine following combined administration in rats. *J Pharm Biomed Anal.* 2001;26:201-9.
 22. Shoji M, Hanajima Y. A convenient method for discriminating between natural and depleted uranium by gamma espectrometry . *Appl Radiat Isotop .* 2001;55:221-7.
 23. Ejnik JW Hamilton MM. Optimal sample preparation conditions for the determination of uranium in biological kinetic phosphorecence an3lisis (KPA). *J Pharm Biomed Anal.* 2000;24:227-35.
 24. Chandler SZ , Ibrahim SA, Campbell JC . Comparison of scintillation detection efficacies of depleted uranium (DU) in wounds. *J Radion Nucl Chem.* 2000;243(8):626-9.
 25. Kalimich JF Ramashnikimo N, McClain E. A procedure for rapid detection of depleted uranium in metal shrapnel fragments. *Milit Med.* 2000;165(8):626-9.
 26. Durakovic A. The quantitative an3lisis of depleted uranium isotopes in British, Canadian and US

Gulf war veterans. Milit Med. 2003;167:820-5.

Recibido: 20 de julio de 2005. Aprobado: 26 de agosto de 2005.

Tte. Cor. *José R. Menéndez López*. Instituto Superior de Medicina Militar “Dr. Luis Díaz Soto ”.
Avenida Monumental, Habana del Este, CP 11 700, Ciudad de La Habana, Cuba.

¹ **Doctor en Ciencias. Consultante. Profesor e Investigador Titular.**

² **Doctor en Ciencias Médicas. Investigadora Auxiliar.**

³ **Doctor en Ciencias Médicas. Profesor Auxiliar.**

⁴ **Doctor en Ciencias Médicas. Profesor Asistente.**