

ROBBANÓANYAGOK TOXIKOLÓGIÁJA I. - TNT

Dr. Hernád Mária orvos főhadnagy

Javaslom ezt a cikket azoknak, akik gyakran találkoznak munkájuk során robbanóanyagokkal, tüzszerészeknek, műszaki alakulatok katonáinak és az egészségügyi szakállománynak, hogy időben felismerjék a tüneteket, és megfelelően alkalmazzák a védőeszközöket.

A robbanóanyag olyan vegyület, vagy keverék, amelyet meggyújtva vagy felrobbantva egy rendkívül gyors, heves kémiai reakció játszódik le, nagy mennyiségű gáz és hő képződésével, amelyet fény, hang és nagy nyomású lökéshullám kísér. A fekete lőport már az ókorban is ismerték, de a ma széles körben elterjedt vegyületeket a XVIII. és XIX. században találták fel, és mint gyógyszer vagy festék alkalmazták, és csak később derült fény, pusztító hatásukra.

Az áttörést az első és a második világháború hozta, ekkor kezdték kiterjedten alkalmazni a haditechnikában és ekkor volt igény először a tömegtermelésre. Akkoriban a munkaegészségügy még kezdetleges volt, megfelelő ismeretek, jogszabályi háttér és munkáltató érdekeltségének hiánya miatt sokszor még a legalapvetőbb higiénés intézkedéseket is nehéz volt bevezetni és betartatni. A hadiiparban főleg fiatalok, idősek és nők, az úgynevezett veszélyeztetett csoportok dolgoztak. 1941.-ben egy lőszergyárban 12 hónap alatt 495 enyhébb és 15 súlyosabb TNT mérgezetten regisztráltak, a súlyosabb esetek 40%-a meghalt, más közlemények megemlítik, hogy az első világháború alatt összesen 475 halálos mérgezés történt az Egyesült Államokban. Ma már a szigorú munkavédelmi és higiénés előírások miatt mérgezés előfordulása ritka, de gondolnunk kell a háborúk során szétszórt robbanótestekre és az azokból származó robbanóanyagok környezetkárosító és potenciális egészségkárosító hatásaira is.

Legfontosabb robbanóanyagok csoportosítása

típus	hatásfok	robbanóanyag
Iniciáló		ólom-azid ólom-sztifnát tetrazén higany-fulminát
Brizáns	alacsony	ANFO ANDO
	közepes	TNT paxit nitrocerkezit
	nagy	EGDN NG NC PETN RDX Dinamitok
Tolóhatású		fekete lőpor lőgyapot NG
Pirotechnikai keverékek		

Az első részben a TNT, a második részben a hexogén és a nitropenta - mint a Magyar Honvédségnél leggyakrabban használt brizáns robbanóanyagok - mérgező hatásait részletezem.

Trinitrotoluol (syn.: TNT, trotyl, CAS: 118-96-7)

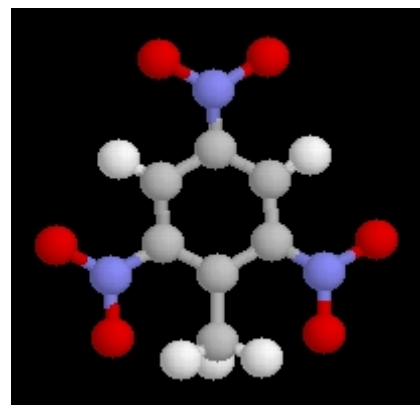
1863-ban J. Wilbrand, svéd kémikus fedezte fel. Sárga, szagtalan, kristályos anyag, melyet a felhasználáshoz olajjal, viasszal kevernek. Ütésre, hevítésre nem robban, magas hőfokon elég. Olvadáspontja 81°C, 20°C-on már jelentős a kipárolgása. Vízben nem oldódik, napfény hatására barnul. Oldódik acetonban, benzolban, toluolban és kénsavban. Fémekkel nem reagál. Elpuffanásponjtja 300 °C. Detonáció sebessége 6990 m/sec. Toluol és salétromsav felhasználásával gyártják. Alkalmazzák: préstestek, lövedékek, bombák, aknák, töltésére. Egyes készítményekben ammónium-nitráttal (Amatol) vagy bárium-nitráttal (Baratol) keverik. Magyarországon csak katonai felhasználása engedélyezett.



1. ábra TNT-t tartalmazó eszközök
Földrobbantó töltet



2. ábra 400 g-os préstest



3. ábra A TNT molekula szerkezete

Mérgeződés lehetséges gyártás, csomagolás, raktározás, felhasználás során, ezért előre kiszerezelt, speciális papírba csomagolt formában történik a használata. Por formájában részecskéi a levegőbe, talajba, felszíni és felszín alatti vizekbe kerülnek, ahonnan könnyen a szervezetbe jutnak. Levegőbe kerülve ülepedése lassú. Robbantás során mérgező égéstermékek (nitrozus gázok) keletkeznek, ezért a területet csak a robbantási technológiában előírt szellőztetési idő után szabad megközelíteni.

Talajban perzisztál, növényekben akkumulálódik, a táplálékláncba kerül, de közvetlenül is belélegezhető a szálló porral. Felszíni vizekben egy része napfény hatására gyorsan lebomlik, a másik részét mikroorganizmusok lassan metabolizálják, ivóvízben is megjelenhet.

Az emberi szervezetbe felszívódása por, melegítéskor gőz formájában a tüdőn, bőrön keresztül történik, de orális bejutás is lehetséges szándékos lenyelés vagy munkahelyen kontaminált kézzel történő evés, dohányzás közben. A második világháborúban a legsúlyosabb mérgezések a melegített, folyékony halmazállapotú TNT kezelésekor, töltésekor fordultak elő, főleg nők esetében. Kiválasztása kis részben eredeti formában a tüdőn át, nagyobb részben a vizelettel 2,6-dinitro-4-hidroxilamino-toluol formájában történik. Gyorsan kiürül a szervezetből, felezési ideje kevesebb, mint két óra. Kimutatása Webster próbával lehetséges a vizeletből, pozitívítás nem jelent mérgezést, csak expozíciót (vizelet + 20% H₂SO₄, étterrel kirázni, majd 4%-os KOH alkoholos oldatot hozzácsepegtetni, piros elszíneződés esetén pozitív a reakció).

Hatásai:

1. általános tünetek: sokszor hiányoznak, vagy csak későn, már a súlyos mérgezés kialakulásakor jelentkeznek. Előfordulhat fáradékonyság, étvágytalanság, hányinger, hasi görcsök, fejfájás, ritkán szívdobogásérzés, torokfájás, köhögés, munkadyspnoe, nyugtalanság.
2. helyi irritáció: nyálkahártya és légúti irritációt, glottisoedemát, dermatitist tiszta TNT nem okoz, csak ha szennyezett pl. tetranitrometánnal, dinitrobenzollal.

3. vérképzőrendszeri hatások: hemolízis, methaemoglobinaemia, nitrohaemoglobinaemia alakul ki a leggyorsabban, mely miatt a vér oxigén szállító kapacitása lecsökken, ez dóziszfüggő hatás, a légtér vegyianyag koncentrációjától függ. A vörösvértestek kórosak lesznek, aniso- és poikilocytosis alakul ki, de Heinz-testek nem képződnek, a reticulocytaszám megnő. A csontvelő először hyperplasiás, majd sorvadt, sejtzegény lesz, kialakul az aplasticus anaemia. Mindhárom sejtvonalt (vörösvértest, fehérvérsejt, thrombocyta) érintett. Késői hatásai a krónikus hypoxia miatti szervkárosodások, fokozott hajlam a fertőzésekre, vérzékenység. A hemolízis miatt a lép megnagyobbodik.
4. gastrointestinalis hatások: gastritis, krónikus dyspepsia miatt étvágytalanság, hányinger, fogyás alakul ki.
5. májkárosodás: legsúlyosabb esetben sárga májsorvadás, májelégtelenség vagy májcirrhosis fejlődhet ki, gyakran párhuzamosan a vérképzőszervi hatásokkal. Első laboratóriumi eltérések a laktát-dehidrogenáz (LDH) és a szérumbilirubin szint emelkedése, a szérumbilirubin szint kisfokú emelkedése, vizelet barnásvörös elszíneződése a fokozott urobilinogén ürítés miatt. A máj megnagyobbodik, érzékeny. Expozícióból való kiemelés után gyors javulás várható, de a kialakult májcirrhosis nem fejlődik vissza. A halálos kimenetelű mérgezések esetén a halálok a májelégtelenség. Fontos megemlíteni, és a TNT-vel dolgozó munkások, katonák figyelmét fel kell hívni arra, hogy az alkohol és a trotyl potenciózzák egymás májkárosító hatását.
6. szív-érrendszeri hatások: ritkán az expozíció után hypotonia, EKG elváltozások (lapos T-hullám, ST-depresszió) észlelhetők feltehetőleg a felszabaduló NO közvetlen értágító hatása miatt. A vascularis endothel károsodása miatt akut toxikus purpura alakulhat ki.

7. vese: az irodalomban minimális degeneratív elváltozást írtak le, sárgásbarna pigmentlerakódást a vesekéregben, de funkcionális károsodás nem jelentkezett.
8. szem: cataracta jelentkezhet főleg idült mérgezés esetén, általában az expozícióban eltöltött évektől (3-10 év) függ a megjelenése, a szemlencse középpontjában kör alakú, vagy perifériásan körkörös, illetve sarló alakú szürkésfehér homály alakul ki szimmetrikusan mindkét oldalon, progrediál a munkakörnyezet TNT koncentrációjának függvényében.
9. bőr, haj: haj barnásvörös, kézujjak, körmök sárgás elszíneződése nem jelent mérgezést, csak expozíciót, a beteg további vizsgálata szükséges. Irodalmi adatok szerint a fekete hajúak ellenállóbbak.
10. idegrendszer: neurotoxikus hatást nem írtak le.
11. késői toxikus hatások: az IARC monográfiája szerint nem rákkeltő, egy esetben fordult elő a mérgezettnél leukaemia, amit a robbanóanyag benzollal történő szennyeződésének tulajdonítottak, állatkísérletes adatok szerint nem okoz carcinogenezist, teratogenezist.

A tünetek késleltetve jelenhetnek meg, sokszor az expozíció után néhány hét, hónap múlva. Expozícióból való kiemeléskor a spontán regenerálódási készség és gyógyulás esélye nagy, de ismétlődő mérgezéskor maradandó elváltozások, májcirrhosis és anaemia fejlődhet ki.

A diagnózist a klinikai tünetek, a laboratóriumi elváltozások és a TNT expozíció bizonyítottsága alapján állítjuk fel. Első teendő az expozícióból való kiemelés, további mérgezés lehetőségének megakadályozása, szükség esetén dekontaminálás, tüneti kezelés a kialakult kórképnek megfelelően, specifikus antidotum, terápia nincs.

Zárt térben való alkalmazáskor fontos a környezeti monitorozás, a 25/2000 (IX. 20) EüM-SzCsM rendeletben meghatározásra került a munkahelyi átlagos és csúcskoncentráció mértéke. Átlagos koncentráció 8 órára vonatkoztatva $0,09 \text{ mg/m}^3$, melyet a légtér-koncentráció egy műszakban

maximum négyszer negyed órára, legalább 45 perces szünetekkel meghaladhat 0,36 mg/m³-ig. Ezen értékek felett mindenképpen szükséges megfelelő szellőztetés, elszívó berendezés és légzésvédő használata. Irodalmi adatok szerint, ha a dolgozó 1,5 mg/m³ feletti koncentrációjú légtérben egy órán keresztül, a májkárosodás első jelei (SGOT, LDH emelkedés) mindenképpen jelentkeznek, reverzibilis elváltozás, de az ismételt expozíció krónikus mérgezéshez vezethet.

Mivel a bőrön át is felszívódhat rendkívül fontos a megfelelő védőruházat, védőkesztyű, védőszemüveg, műszak utáni fürdés.

A fentiek ismeretében belátható, hogy mennyire fontos a megfelelő védelem, műszaki intézkedések és egyéni védőeszközök használata. A parancsnokok, munkavédelmi tisztek és az egészségügyi szakállomány fordítsanak fokozott figyelmet az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés körülményeinek biztosítására.

Irodalom:

1. Richter-Torres, Dorsey, Hodes: Toxicological profile for 2,4,6-trinitrotoluene, US Dep. of Health and Human Services, 1995.
2. Ungváry: Munkaegészségügy, Medicina, 2004.
3. Lawrence, Bridge, Swatson, Lane, Davie: Discussion of trinitrotoluene poisoning, Proceedings of the Royal Society of Medicine, Section of Therapeutics and Pharmacology, 1942.
4. Lakatos Sándor: Robbanóanyagok, lőporok, MH 1. Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Zászlóalj, oktatási segédanyag.
5. WHO IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risks to Humans Vol. 65, 1997.
6. 25/2000 (IX. 20) EüM-SzCsM együttes rendelete a munkahelyek kémiai biztonságáról.
7. Oxley, Smith, Kirschenbaum, Shinde, Marimnganti: Accumulation of explosives in hair, J Forensic Sci, 2005 Jul; 50 (4): 826-31.

8. Zhou AS: A clinical study of trinitrotoluene cataract, *Pol J Occup Med* 1990;3 (2):171-6.
9. Morton AR, Ranadive MV, Hathaway JA: Biological effects of trinitrotoluene from exposure below treshold limit value, *Am Ind Hyg Assoc J* 1976 Jan;37 (1): 56-60.