

Dr. Hernád Mária¹

IPARI ROBBANÓANYAGOK TOXIKOLÓGIÁJA²

A Műszaki Katonai Közlönyben már megjelent publikációm a leggyakoribb katonai robbanóanyagok toxikológiájával kapcsolatban, jelen cikkemben, az iparban leggyakrabban jelen lévő robbanóanyag alapanyagok mérgező hatásaival foglalkozom. Elsőként a dinamitok fő komponenseivel, a nitroglicerinnel és a nitro-glikollal, végül az ANDO fő összetevőjével, az ammónium nitráttal. Az utolsó szakaszban a robbanóanyagok kezelésének munkahigiénés vonatkozásaira hívom fel a figyelmet, mivel a mérgezések esetében különösen igaz, hogy a legjobb kezelés a megelőzés, és a foglalkozási mérgezések előfordulása nem megengedhető.

NITROGLICERIN (CAS: 55-63-0)

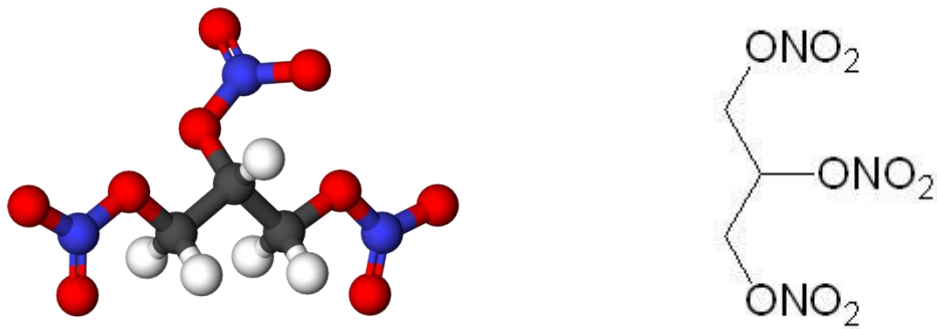
A glicerín-trinitrát egyik legnagyobb hatásfokú és legnagyobb érzékenységgű brizáns robbanóanyag, amit először Sobrero állított elő 1846-ban. Előállítására glicerinnel történik salétromsav-kénsav eleggyel. Ütésérzékenysége miatt sokáig nem alkalmazták a gyakorlatban, ennek csökkentésére számos kísérletet végeztek, így például megpróbálkoztak a feketelóporral keverten felhasználni, de átütő sikert 1866-ban Alfred Nobel ért el, amikor először porózus anyagokkal felítatva, kovafölddel és fűrészporral érzéketlenítette, ez a dinamit. Később nitrocellulózzal kocsonyásított formában (robbanószelatin) terjedt el. A nitroglicerint használják több bázisú puskaporokban és rakéta-üzemanyagnak is.

A robbantástechnikán kívül van egy jelentős felhasználási területe, melynek jelentősége a hosszú évek során nem csökken. A szívbetegek gyógyítása során értágítónak alkalmazva a Nitromint és a Nitrolingual gyógyszerek hatóanyaga. Minden orvos és minden szívbeteg táskájában megtalálható életmentő gyógyszer.

Szintelen vagy kissé sárgás, szagtalan, olajszerű folyadék. Hevítés, súrlódás és kisebb ütés (0,2 J) hatására is robban. Detonációsebessége 8200–8500 m/s, függ az indítás (ütés) erejétől. 1 kg nitroglicerinnel 715 l gáz halmazállapotú bomlástermék képződik. Robbanáskor oxigén is felszabadul, ezért a folyamat oxigénmérlege pozitív. Szerves oldószerek közül sokban jól oldódik, valamennyire vízzel oldható. Önmagában is jó oldószer, a nitrovegyületeket jól oldja, ennek nagy szerepe van a többkomponensű robbanóanyagok előállításánál. Alacsony hőmérsékleten is erősen párolog.[1,2]

¹ Orvos százados, 1. Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Ezred.

² Bírálta: Prof. Dr. Lukács László, egyetemi tanár, NKE HHK.



1. ábra A nitroglicerín molekulászerkezete [3]



2. ábra Dinamit [4]



2. ábra Ez is nitroglicerín [5]

Felszívódása munkahelyi expozíció kapcsán légutakon vagy bőrön keresztül történik, vértlen lenyelése ritka, munka közbeni étkezéshez, dohányzáshoz kapcsolható. A szervezetben nitritté redukálódik. Gyorsan felszívódik a bőről, nyálkahártyáról, kialakul a hatásos plazmaszint, vérplazmában pár perc a felezési ideje, mivel a felszívódott nitroglicerín erősen kötődik a vörösvértestekhez és felhalmozódik az érfalban. Fehérjekötődése a plazmában kb. 60%. Az

alkalmazott adag kevesebb, mint 1%-a változatlan formában, míg a többi metabolitok formájában a vizelettel választódik ki.

A nitroglicerinnel hatására a kapilláris rendszer előtti és utáni kapacitás erek, a nagy artériák és különösen a coronariák nagymértékben kitágulnak. A szisztémás keringésben fellépő értágulat a vénás kapacitás növekedéséhez, ill. ezáltal, a szívhez történő vénás visszaáramlás (preload) mérséklődéséhez, a kamrai térfogat és a töltőnyomás csökkenéséhez vezet. Mindezek következtében csökken a szívizom energia- és oxigénigénye. Ezt a hatását használják ki a gyógyászatban. A nitroglicerinnel a hörgőizomzatot, a húgyutakat, az epehólyag és az epeutak falának izomzatát, valamint a nyelőcső, a vékony- és vastagbél izomzatát és a záróizmokat is ellazítja. Hatását valószínűleg a simaizomsejt membránján elhelyezkedő, ún. nitrátreceptoron keresztül – NO képzése, valamint az intracelluláris cGMP felhalmozása révén – fejt ki. A cGMP felhalmozódása megakadályozza a kalciumionok beáramlását, ami a simaizomzat relaxációjához vezet. A folyamat a nitropenta hatásának leírásánál részletesebben megtalálható.

A vörösvértestekben methemoglobint képez, de hiányoznak az irreverzibilis elváltozás jelenségei: Heinz-test képződés, hemolízis. Ennek következményei a kékes színű bőr és az oxigénhiány egyéb tünetei.[6][7]

Hatásai:[6][7][8]

1. általános tünetek: gyengeség, ájulásérzés, általános rossz közérzet, hányás, fogyás.
2. szív-érrendszeri hatások: értágulat okozta vérnyomásesés és testhelyzetfüggő alacsony vérnyomás alakulhat ki reflexesen jelentkező szapora szívveréssel, szédüléssel, gyengeségérzéssel. Ájulás is gyakori. Nagyobb légtér-koncentráció esetén mellkasi fájdalom, EKG-jelek, akár hirtelen szívhalál is kialakulhat. Az USA fegyvergyáraiban retrospektív³ vizsgálatokat végeztek, és az tapasztalták, hogy az infarktuszban meghalt 35 év alatti dolgozók aránya magasabb a teljes lakosság adataihoz képest. Más tanulmányok is megerősítik az adatokat, a nitroglicerinnel gyártásban dolgozók körében 45 éves kor előtt hirtelen szívhalálban meghaltak aránya szignifikánsan nagyobb a lakossági adatokhoz képest, míg a krónikus iszkémiás szívbetegek száma között nincs különbség.[9]
3. idegrendszer: nyugtalanság, izgatottság, ingerlékenység.
4. vérképzőrendszeri hatások: methemoglobinémiát okoz.
5. gyomor-bélrendszeri hatások: ritkán hányinger, hányás, jelentkezhet.
6. reproduktív rendszer: egereknél az utódgenerációk fertilitásának a csökkenését észlelték, embernél nem észleltek elváltozást.
7. bőr: kipirulás (flush) és allergiás bőrreakciók jelentkezhetnek, egyes esetekben túlérzékenységi reakció és nagyfokú hámlással járó bőrgyulladás.
8. szem: növeli a szem belüli nyomást, a zöldhályog⁴ kialakulásának valószínűsége nő.
9. késői toxikus hatások: a hatóanyag hosszú távú, nagy dózisú per os adagolása mellett végzett állatkísérletek során, egereken nem észleltek karcinogén hatást, ellenben patkányoknál a máj kötőszövetes elfajulásának, illetve daganatos elváltozásainak gyakorisága fokozódott. Az IARC monográfiája szerint nem rákkeltő (3. csoport).
10. fejlődési rendellenesség: teratogenitásra utaló bizonyítékot nem találtak.

Alkohol fogyasztása ingerlékenységet, dührohamot okozhat, ezt a tünetet annak tulajdonítják, hogy a nitroglicerinnel hat a máj alkoholt lebontó alkohol-dehidrogenáz enzimjére. Hasonlóan a nitropentához krónikus mérgezés esetén (robbanóanyag gyártás) nitrát-tolerancia alakulhat ki. Ekkor alakul ki a jellegzetes „Monday morning” angina, a nitrát-megvonás hatására

³ Retrospektív: A múltban bekövetkezett eseményekre vagy nyert adatokra vonatkozó vizsgálat.

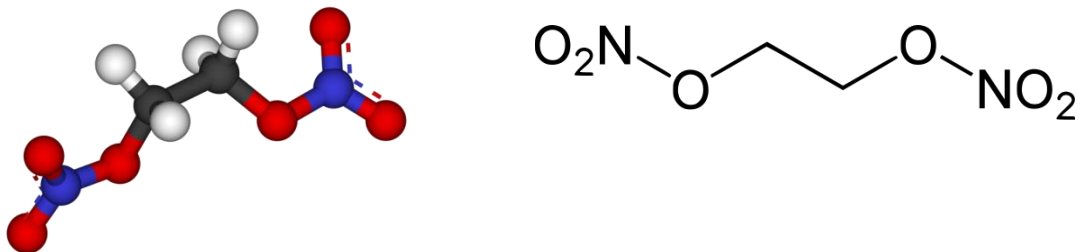
⁴ Zöldhályog: a szemben található csarnokvíz nyomása megnő, ennek következtében károsodik az ideghártya és a látóideg, hosszabb távon, kezeletlen esetben vakáshoz vezethet.

szűkülnek a koszorúerek, ez vezet a mellkasi fájdalommal járó tünetegyütteshez. Kezelése tüneti. Munkakörből való kiemelés általában gyógyítja a beteget. Eddig 78 munkahelyi mérgezést írtak le, ezek robbanóanyag-gyárban történtek.[9][10]

NITRO-GLIKOL (CAS: 628-96-6)

A nitro-glikolt (etilénglikol-dinitrát, EGDN) önmagában soha sem használták katonai illetve ipari célokra. Az 1990-es évek közepéig egyetlen felhasználási területe volt, minden nitroglicerinnel alapú robbanóanyag fagyáspontjának csökkentése.

Detonáció sebessége némileg alacsonyabb a nitroglicerinnél. Nagyobb a robbanáshője és a gáztermelése is. A nitroglicerinnel nagyon hasonló kémiai és fizikai tulajdonságokkal rendelkezik, színtelen, jellegzetes szagú, viszkózus, édeskés ízű folyadék. Ütésérzékenysége megegyezik a nitroglicerinnel: 0,2J. Nagyon érzékeny a súrlódásra is. Oxigénegyenleg: 0%, tehát pont elegendő oxigén van jelen a robbanási reakció során. Kevésbé oldódik vízben, de acetonban, benzolban, kloroformmal és etil-acetáttal is jól oldható.[1][2]



3. ábra A nitro-glikol molekulászerkezete [11]

Élettani hatásai kissé eltérnek, a nitroglicerinnel hasonlóan ez is erős értágító hatású, de jóval mérgezőbb.

Szobahőmérsékleten jól párolog, zsíroldékony, ezért könnyen bejut a légutakba, bőrön, nyálkahártyákon jól felszívódik. A szerves oldószer mérgezéshez hasonló kép alakul ki, fejfájás, zavartság, aluszékonyság, vérnyomásesés, alacsony pulzus, szív táji panaszok. Ismételt expozícióban hozzá szokik a munkavállaló, így a hirtelen megvonás is problémát okozhat, illetve a munkaszünet (szabadság) utáni újabb expozíció is. Alkohol fogyasztás hatására erős fejfájás jelentkezik.

Nagyobb mennyiség belégzésekor 24–48 óra latenciaidőt követően kisebb fizikai megerőltetés hatására, főleg melegebb időben szívritmuszavar, hirtelen szívhalál alakulhat ki.[9][7]

AMMÓNÍUM-NITRÁT (CAS: 6484-52-2)

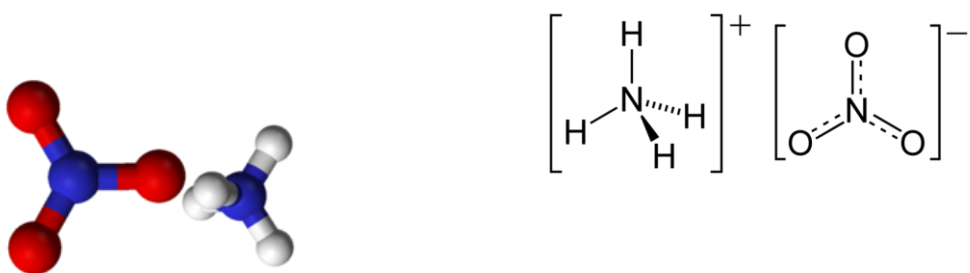
Az ipari robbanóanyagok első, és talán máig legismertebb fajtájának, az ammóniumnitrát-dízel olaj keverék robbanóanyagának a felfedezése az európai újjáépítéshez szállítandó ammónium-nitrát műtrágya felrobbanásához kapcsolódik, a tároló papírzsákok meggyulladását követően 1947-ben. Az erősen higroszkopikus ammóniumnitráthoz, a tengeri szállítás során a nedvességtől való megóvása érdekében, mintegy 0,8-1,0 %, paraffinból és petróleumszármazékból álló adalékanyagot keverték. Ezek után fejlesztették tovább az ammónium-nitrát és gázolaj alapú ANDO típusú, főleg bányászati robbantásoknál alkalmazott robbanóanyagokat.

Az ipari robbanóanyagok fejlődésének második szakasza, a robbanóanyag 1958-as felfedezésével kezdődött, a robbanóanyagok elsősorban ammónium-nitrát és más nitrátok vizes oldatai, égő anyagokkal (alumíniumpor, glikol stb.) és érzékenyítő anyagokkal (TNT, nitropenta, hexogén) keverve. Töltényezhetők és a helyszínen bekeverhetők, tartálykocsiból a fűrólyukba szivattyúzhatók. Hatóerejük 3-6-szorosa az ANDO-énak. További nagy előnyük az ANDO-val szemben, hogy vizes fűrólyukakba is tölthetők, de csak + 4 °C-ig működnek megbízhatóan, az alatt megdermednek és bizonytalanul detonálnak.[1]

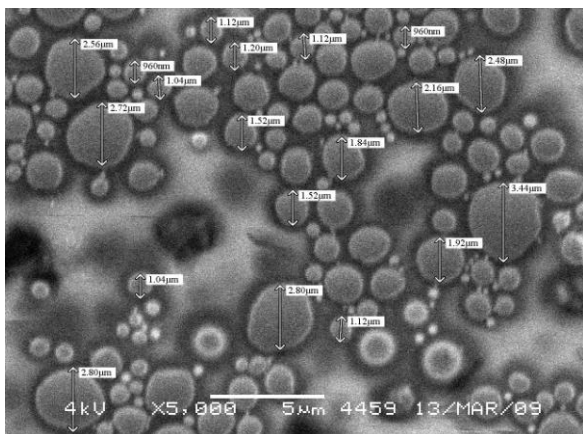
Az ipari robbanóanyagok fejlődésének harmadik szakaszát, az emulziós robbanóanyagok megjelenése jelentette. Az új robbanóanyagban, nagyon kis átmérőjű ammónium-nitrát oldat cseppek (10-4 mm) kerültek vékony olajréteggel bevonásra, a speciális gyártási technológia során. Ennek következtében a robbanóanyag vízálló, ugyanakkor a speciális emulgeáló szer tulajdonságai következtében robbanási tulajdonságait akár -25-30 °C -on sem veszíti el. Mivel az emulzió önmagában nem tartalmaz robbanóanyagnak minősülő összetevőt, így csak érzékenyítő adalék hozzáadása után válik tényleges robbanóanyaggá. Ez az érzékenyítő adalék üvegből vagy műanyagból készült, néhány mikron átmérőjű üres gömböcske. Az üvegyöngy szerepe az emulzióban az, hogy az indítótöltet robbanásakor képződő lökőhullám által létrehozott nagy és gyorsan terjedő nyomás hatására, a bennük lévő üregecskék energia koncentrációt (ún. „forró pontot”) generálnak, amely elegendő a vele szomszédos robbanóanyag-rész detonációjához, és ilyen módon a láncreakció végig viteléhez. Az emulzióba kevert üvegyöngy mennyiségével, egyben szabályozható a gyártott robbanóanyag iniciálhatósága, továbbá a külső hőmérsékletre való illesztése. Legújabb fejlesztés a gázbuborékokat tartalmazó emulzió. [1]

Az ammónium-nitrát fehér színű, kristályos, szilárd anyag. Rombos szerkezetű kristályokat alkot. Óvatosan hevítve szublimál. Higroszkópos vegyület. Vízben jól oldódik. Magasabb hőmérsékleten erős oxidálószer. Szemcseszerkezete nagymértékben befolyásolja a felhasználását, tulajdonságait robbanóanyagként. Fő jellemzője, hogy alacsony brizanciájú, nagy tolóhatású, kezelésbiztos, detonáció sebessége 3500–4000m/s körül mozog. Ütésérzékenysége alacsony, sűrűlódásra nem érzékeny.

Elsősorban bányákban, külszíni fejtésekkor, jövesztésekkor használják őket. Viszonylag alacsony detonáció sebességük és nagy gázfejlesztésük miatt (ebből kifolyólag nagy tolóhatásuk miatt) különösen alkalmasak a földrobbantásokhoz.[1][12]



4. ábra Az Ammónium-nitrát molekulaszervezete [13]



5. ábra ANDO elektromikroszkópos képe [14]



6. ábra Ammónium-nitrát szemcsék [14]

Az ammónium-nitrát minimális hatást gyakorol az élő szervezetekre, LD50 értéke patkányokban 2217 mg/testtömeg kg, ami kétharmada a hagyományos asztali sónak. Por vagy gőz formájában a légutak nyálkahártyáján vagy a bőrön keresztül, illetve lenyelve az emésztőrendszeren át juthat be a szervezetbe.

Nagy mennyiség elfogyasztásakor hányinger, hányás, gyomorgörcs, fejfájás, szédülés és magas vérnyomás jelentkezhet. Helyileg irritáló hatása lehet a bőrön, nyálkahártyákon, szemén, légutakban és a tüdőben.[15]

Krónikus, viszonylag nagy mennyiség bevitele (több mint 5 mg/testtömeg kg/nap) esetén testhelyzettől függő vérnyomásesés és methemoglobinémia jelentkezhet. Ebből adódnak a tünetek: gyengeség, depresszió, nehézlégzés, mentális funkciók gyengülése, magas pulzusszám, fejfájás, hányinger, hányás, vesegyulladás. Nincs bizonyíték késői toxikus, rákkeltő, mutagén hatásra.[13]

Lebomlás során az ammónium-nitrátból származó nitritek és nitrátok megjelennek a talajban, felszíni és felszín alatti vizekben, ennek következtében az ivóvízben is. Ennek hatásáról sok tanulmány és publikáció született, főleg a csecsemők idegrendszeri károsodásával kapcsolatban. Ezért viszont nem a robbanóanyagok, hanem a mértéktelen műtrágyázást a felelős.



7. ábra Emulzió keverőgép [16]



8. ábra Lambrex 1 emulziós robbanóanyag [17]

MUNKAHIGIÉNÉS SZABÁLYOK

A kémiai biztonság területén a munkáltató köteles a munkahelyen előforduló veszélyes anyagok által okozott kockázatokat megszüntetni, amennyiben ez nem lehetséges, a kockázatokat az egészséget nem károsító vagy eltűrhető szintre csökkenteni. Ezt elsősorban a veszélyes vegyi anyagok expozíciójának kiküszöbölésével, az alkalmazott eszközök megfelelő karbantartásával, egyéni védőeszközök biztosításával, a vegyi expozíciónak kitett munkavállalók számának minimalizálásával, megfelelő higiénés körülmények és rendszabályok alkalmazásával kell végrehajtani.[18]

A különböző robbanóanyagok szervezetbe jutásának több módja van. A bőrön keresztüli felszívódás a leggyakoribb a foglalkozási expozíciók között. Egyes vegyi anyagok ép bőrön keresztül is bejuthatnak, főleg a zsírban oldódó anyagok, sőt egyes oldószerek megkönnyíthetik más vegyi anyag felszívódását is. Nagyobb jelentősége a sérült bőrön keresztüli felszívódásnak van.

A legtöbb robbanóanyag zsírolékonysága révén ép bőrön át is kiválóan fel tud szívódni, ezt ki is használják a nitroglicerín esetében gyógyszerbeviteli célra (Nitroderm tapasz), a sérüléseken keresztül gyakrabban előfordulhat az expozíció. Természetesen a felszívódó mennyiség több tényezőtől függ, az érintett bőrfelület nagyságától, és helyétől, egyes helyeken, ahol vastagabb a felhám (pl. tenyéren, talpon) nehezebben jutnak át a vegyi anyagok, ahol bőségesen ereszett, gyorsabb ütemben jut a vérkeringésbe, ahol vastagabb a bőr alatti zsírszövet, akár tárolódhat is.

Hasonlóan a bőrhöz, a nyálkahártyákon, kötőhártyán keresztül szintén jól felszívódó anyagokról van szó. Munka közben szennyezett kézzel szemhez, szájhoz nyúlás, kézmosás nélküli evés, dohányzás veszélyezteti a munkavállalót. Közvetlen szembe, légúti nyálkahártyákra juthat a robbanóanyagok pora, gőze.

Por, gőz formában egészen a tüdő légútyagokból szívódik fel a vérkeringésbe a mérgező anyag, ennek kiküszöbölésére tett intézkedéseink a légtér-koncentrációtól függenek, a legtöbb halálos mérgezés az első és második világháború alatt a robbanóanyag-gyártás során inhalációs módon történt.

Kizárólag súlyos munkahigiénés szabálytalanságok vezethetnek vegyi anyagokkal végzett munka közben a szájon keresztüli mérgezésekhez.

Az expozíció megelőzésének alapja tehát a robbanóanyagok felszívódásának megakadályozása, ezt az alapos kéztisztítással, a megfelelő egyéni védőeszközök alkalmazásával és a legkisebb sérülés alapos ellátásával lehet véghezvinni.

Zárt térben szükséges lehet a robbanóanyagok légtér-koncentrációjának mérésére is. Ezt lehet ún. "fix"-pontos, kihelyezett mérőműszerrel, vagy a munkavállaló légzési zónájában elhelyezett személyi mintavevővel kell végrehajtani. Amennyiben a koncentráció meghaladja a vonatkozó jogszabályban meghatározott értékeket, kötelező ezt csökkenteni, lehetőleg műszaki, munkaszervezési intézkedésekkel, ha nem lehetséges, akkor meg kell védeni a dolgozót egyéni védőeszközzel.

Egyéni védőeszközök a szem védelmére megfelelő védőszemüveg, a bőr védelmére vegyi anyagok elleni kifejlesztett védőkesztyűk (nitril), nagy mennyiségű porképződés vagy fröccsenés veszélye esetén védőruházat és természetesen – ha szükséges a légtér-koncentrációk függvényében – légzésvédő.

A munkavállalók védelme szempontjából rendkívül fontos a megfelelő gyakorisággal elvégzett alkalmassági vizsgálat, melynek egyik fontos célja, hogy megállapítsuk nincs valamilyen betegsége, elváltozás a szervezetében, amely vegyi anyag, jelen esetben robbanóanyag expozícióra utal.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az iparban használatos ammónium-nitrát alapú robbanóanyagok, emulziók és dinamitok a katonai robbanóanyagokhoz képest kevésbé mérgezőek ugyan, de jóval nagyobb mennyiségben alkalmazzák őket. Egy robbantás alkalmával több tonnát is betöltenek a bányákban több méter mélyre fűrt, előkészített töltetüregekbe, legtöbbször zsákokból öntik ki a robbantóeszközök az ANDO-t, még az emulzió „szalámikat” is felbontják az iniciálás miatt a robbantómesterek. Ez alatt a kezükre, légutak nyálkahártyáira, szembe kerülhet a robbanóanyagok pora, hőmérséklettől függően a gőze is. Nincs ez másként a különböző dinamitok kezelésénél sem. Az ammónium-nitrát kevésbé, viszont a nitroglicerinnel és a nitroglikollal nagyon mérgező, könnyen felszívódik, hatását gyorsan kifejti az érrendszerre, melyet igen kis mennyiségben adagolva a gyógyászatban ki is használunk.

A mai jogszabályi környezet megköveteli, fejlett ipari lehetőségek és megfelelő védőeszközök alkalmazása és néhány alapvető munkahigiénés rendszabály betartása lehetővé teszi, hogy foglalkozási mérgezés robbanóanyagok kezelése közben nem fordulhasson elő.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Lukács László Bombafenyegetés – A robbanóanyagok története, Repüléstudományi Közlemények on-line kiadvány, 2012 különszám, http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2012_cikkek/32_Lukacs_Laszlo_Roag_totenet_e.pdf Letöltés ideje: 2013.01.21.15:20.
- [2] Lakatos Sándor: Robbanóanyagok, lőporok, MH 1. Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Zászlóalj, oktatási segédanyag.
- [3] Internet: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Glicerinn-trinitrat> Letöltés ideje: 2013.08.27. 15:40.
- [4] Internet: <http://discoverd-world.blogspot.hu/2011/05/history-of-discovery-by-alfred-bernhard.html> Letöltés ideje: 2013.08.28. 14:10.
- [5] Internet: http://www.hazipatika.com/gyogyszerkereso/termek/nitromint_8_mg_g_szajnyalkahartyan_alkalmazott_spray/1162 Letöltés ideje: 2013.09.28. 10:50.
- [6] Nitromint alkalmazási előirat, Pharmindex CD-ROM, Országos Gyógyszerészeti Intézet hivatalos gyógyszeradatbázisa, 2012.
- [7] Ungváry György, Morvai Veronika: Munkaegészségtan, Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2010 pp.450-451.
- [8] Ronald N. Shiotsuka: Occupational health hazards of nitroglycerin with special emphasis on tolerance and withdrawal effects, US ARMY Medical Bioengineering Research And Development Laboratory, April 1979. p.26.
- [9] Stayner LT, Dannenberg AL, Thun M, Reeve G, Bloom TF, Boeniger M, Halperin W: Cardiovascular mortality among munitions workers exposed to nitroglycerin and dinitrotoluene, Scand J Work Environ Health 1992;18(1):34-43.
- [10] John D Meyer: Occupational Helath and the Heart, aoc.org/cardiol-occup_files/cardiol-occup.ppt, Letöltés ideje: 2013.09.21. 15:10.
- [11] Internet: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Etilnitrát> Letöltés ideje: 2013. 09.12. 17:20.
- [12] Lapat Attila: A robbanóanyagok világa 2. rész. A robbanóanyagok kémiai szerkezete, összetétele, http://www.nbsz.gov.hu/docs/pub_lapat_2.pdf Letöltés ideje:

2013.08.23.21:10.

- [13] Internet: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Ammonium-nitrat> Letöltés ideje: 2013.08.30. 18:20.
- [14] Internet: <http://pyromaster.org/html/r/r32.html> Letöltés ideje: 2013.08.30. 17:30.
- [15] Ammonium nitrate Material Safety Data Sheet, http://www.btps.ca/files/PDF/MSDS/Ammonium_Nitrate_53.00.pdf Letöltés ideje: 2013.09.21.18:20.
- [16] Saját készítésű kép.
- [17] Internet: <http://www.novexplo.hu/rob7.htm> Letöltés: 2013.08.27. 18:40.
- [18] Ungváry György, Morvai Veronika: Munkaegészségtan, Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2010 pp.57-76.

TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások „A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

„The project was realised through the assistance of the European Union, with the co-financing of the European Social Fund.”