

*MH Egészségvédelmi Intézet,
Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem**

A toxinok, mint biológiai harcanyagok

**Dr. Faludi Gábor orvosezredes,
Dr. Békési Livia orvosőrnagy,
Barabás Károly őrnagy,
Prof. Dr. Halász László mérnökezetredes*, D.Sc.**

*Kulcsszavak: biológiai harcanyagok, toxinok, ABV (NBC) védelem,
vegyi és biológiai fegyver, proliferáció.*

A szerzők áttekintik a vegyi és biológiai harcanyagok jelentéstartalmának változását, korábban jellemző különválásuk fokozatos megszűnését. Ismertetik a biológiai harcanyagok osztályozását, ezen belül a toxinokat, betöltött szerepüket, felosztásukat és alkalmazásuk feltételeit, lehetőségeit. Összefoglalják néhány jelentősebb toxinharcanyaggal kapcsolatos ismereteket, és bevezetik a témával ismerkedni kívánó olvasót, szaktiszteket, akiknek feladatuk lehet a tömegpusztító fegyverek elleni védelem területein.

A biológiai fegyverekkel kapcsolatos szorongások az elmúlt években drámai módon növekedni látszanak. Hosszú évek közönye után a média és párhuzamosan a lakosság érdeklődése is fokozódik a tudósok által egyre hangosabban megfogalmazott és növekvő aggodalmakat tükröző állásfoglalásai kapcsán, amelyek a tömegpusztító fegyverek (és az előállításukhoz szükséges technológiák) nemzetközi méretű elterjedéséről - proliferációról, a biológiai és toxinfegyver tilalmi egyezmény (Biological and Toxin Weapon Convention: BTWC) megsértéseiről, vagy a vegyi és bioterrorizmus [17] egyes kérdéseiről hangzanak el [1, 10]. A biológiai fegyverek szerepének felértékelődéséről és alkalmazásának egyre

növekvő kockázatáról már több összefoglaló munka is megjelent [11, 18]. A harmadik évezred a biotechnológiai ipar látványos növekedésével köszöntött be és sosem látott fejlődést hozott és ígér az élettudományok minden területén. Eredményei megjelennek a mindennapokban, a géntechnológiai eljárások alkalmazásával előállított élelmiszerektől, egyes ipari alapanyagok gyártástól kezdve, a környezetvédelemtől az oltóanyagok termeléséig. Az orvostudományban új szakterület született meg, a molekuláris medicina, amely széles területeket ölel fel, és szédítő távlatokat nyit meg a gyógyítás és a megelőzés előtt, a génterápia vagy a DNS vakcinák [6] megjelenésével.

A molekuláris orvosi-biológiai ismeretek exponenciális növekedése, és következményesen a biotechnológiai ipar robbanásszerű fejlődése, szűkségszerű kihívást jelent a hadtudomány számára is több szempontból:

- Először, tisztán elméleti megfontolások alapján: a különböző határterületek társtudományai által elért eredményeinek, a vonatkozó mértékben, tükröződnie kell a hadtudományban is.
- Másodszor, gyakorlati szempontok miatt, példaként említhető az etnikai fegyverek megalkotásának – lehetőségének problémája, amely az emberi genom feltárására irányuló program (Human Genom Project: HUGO) eredményeinek, „másodlagos következményeinek” köszönhetik létezését.
- Végezetül, a korszerű ismereteknek bele kell épülnie a parancsnoki állomány és a szaktisztek, a vegyvédelmi- és az egészségügyi (orvos) tisztek, oktatásába, kiképzésébe is, hogy a személyi állomány harcképességének megóvását célzó döntések a megfelelő informáltság birtokában születhessenek meg.

Magyarország csatlakozása 1999-ben a NATO szövetségi rendszeréhez, de már korábbi részvétele a Békepartnerségben (Pfp), sokat segített a tömegpusztító fegyverek elleni védelem kérdéseinek újra gondolásában. A kétpólusú világ széthullásának eufóriája a tömegpusztító fegyverek méltán óhajtott alkonyának álmait erősítette fel, és a szak-

emberek köteles óvatossága (paranoiája?) ellenére, majd tíz év kellett az álláspontok lassú megváltozásáig, feledve Róma egyik örök igazságát: Ha békét akarsz, készülj a háborúra! [Si vis pacem, para bellum!].

A tömegpusztító fegyverek, ezen belül a biológiai fegyver és az ellene való katonai és egészségügyi védelem kérdéseinek NATO elvek szerinti kezelése, beleértve a szükséges infrastruktúra költségigényes fejlesztését is, bizonyos elemeiben már megkezdődött, például az új egészségügyi biztosítási doktrína kidolgozásával [23], vagy a katonai szabványosítási tevékenység lassacskán kibontakozó eredményeivel, mindazonáltal a terület még nagyon sok tennivalót rejt magában a különböző szakszolgálatok számára a közelebbi és a távolabbi jövőben.

A vegyi és biológiai fegyverek elkülönülése

A tömegpusztító fegyverek, születésük pillanatától didaktikusan jól elkülönültek egymástól harcanyagaik eredete, és a csapást követő hatáskiváltás ideje és sok más jellemzőjük tekintetében.

Az I. világháborúban megjelenő vegyi harcanyagok mesterségesen előállított ipari szerves (pl.: klórgáz), vagy szerves (pl.: mustár) mérgező vegyületek voltak, amelyeknek jellemző toxikus hatásai az expozíciót elszennvedett személy anyagcseréjére helyileg (hólyagképződés) és/vagy általánosan (pl.: az oxigénszállítás bénítása a cián esetében) és viszonylag rövid időn belül érvényesültek.

A biológiai harcanyagok az előbbiekkel ellentétben, a természetben előforduló élő kórokozó mikroorganizmusok (taxonómiai hovatartozástól függetlenül) voltak, amelyek speciális hatásukat, az általuk okozott kórképet, esetleg járványt – az emberi, állati vagy növényi szervezetekben – jellegzetes lappangási időt követően (lépfene, takonykór) fejtették ki. A két fegyverfajta tradicionális különállását segítette a kezdetekben, hogy különböztek egymástól abban is, hogy a sérültek ellátásának egészségügyi biztosítási elveinek kidolgozásához szükséges orvosi háttérismereteket más-más diszciplína szolgáltatta. A vegyi fegyverek elleni speciális védelemhez a toxikológia, a biológiai fegyverek ellen a mikrobiológia, infektológia és epidemiológia szolgáltatja a szakismereteket a katonaegészségügy és vegyvédelem, mint a hadtudomány-ágak sikeres alkalmazásához.

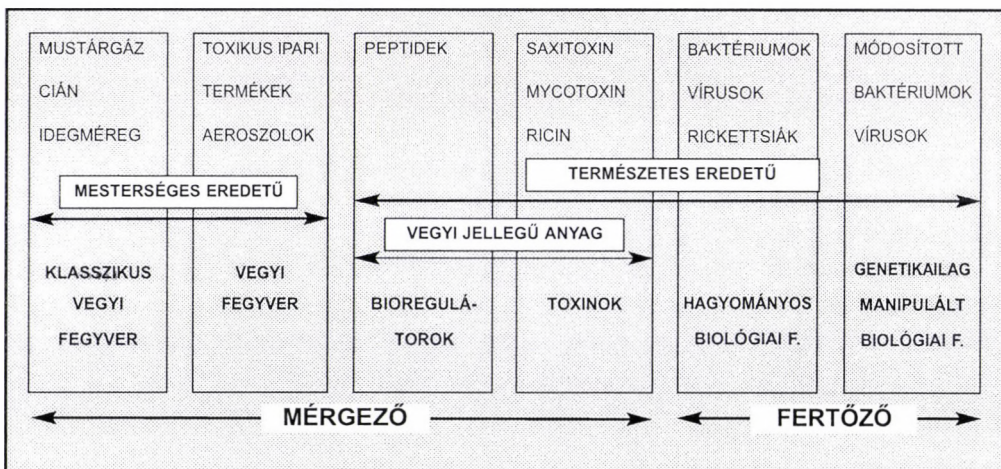
Ebbe az eredeti felosztásba később, a definíciót kissé módosítva kerültek be a toxinok: a mikroorganizmusok

vagy többsejtű állati vagy növényi szervezetek által termelt mérgező hatású anyagok.

Mivel a két tömegpusztító fegyver elkülönítésében a kulcsszó a természetes eredet volt, így a biológiai harcanyagok köre gyarapodhatott egy újabb, bár kissé „idegenszerű” kategóriával. A toxinok megjelenése a biológiai harcanyagok között az elmúlt XX. század közepére tehető, és a még fellelhető nyílt katonai szakirodalmi források szerint is, az „alkalmazásuk elméletileg nem zárható ki, de gyakorlatilag nem valószínű” minősítést kapta [9] akkoriban. Ismertetésük annyira alárendelt jelentőségűnek látszott, vagy olyan titkos volt, hogy az idézett forrásokban mellőzhetőnek bizonyultak [8].

A vegyi és biológiai harcanyagok ágenseinek mai felosztása (1. ábra)

A vegyi és biológiai harcanyagok megadott aktuális felosztása (1. ábra) összegzi a többször átértékelt gyakorlati tapasztalatokat és a tudományos fejlődés eredményeit [4].



1. ábra: A vegyi és biológiai fegyverek ágenseinek felosztása

A korábbi béke és háború ellentét-páron alapuló katonai gondolkodást napjainkra felváltotta a modern vál-ságkezelés elvein alapuló, differen-ciáltabb közelítés, amely a katonai tevékenységek új dimenzióit is fel-öleli, mint a békehadműveletek, katasztrófavédelem és humanitárius hadműveletek különféle formáinak kölcsönhatása az ABV fegyverek el-leni védelemmel (a nukleáris fegyve-rek ebben a dolgozatban említésre nem kerülnek).

Ezen szempontok alapján született meg a mérgező vegyi és gyógyszeri-pari intermedierek és alap és hulladék anyagok katonai célú alkalmazásán alapuló új harcanyag-kategória, a-mely a tradicionális vegyi arzenált je-lentősen kibővíti és újrafogalmazza úgy, hogy a vegyi fegyver tilalmi egyezmény nem hatályos a szán-dékos vegyi veszélyhelyzet létre-hozására alkalmas toxikus ipari anya-gok kategóriájára.

A biológiai harcanyagok tradicionális ágenseinek folyamatosan növekvő száma (jelenleg mintegy negyven) mellett megjelent a genetikailag mó-dosított szerkezetű kórokozók új kategóriája, amely biológiai fegyver gyártására alkalmas kórokozók egyre hosszabb listáinak az értékét nagy-mértékben lecsökkentette. Az új bio-lógiai harcanyagok mozaikszerű ge-netikai struktúrája új követelmé-nyeket támaszt a klinikai és mikrobi-ológiai diagnosztika irányába is. Fel kell készülni olyan kórokozók eset-leges előfordulására, amely genetikai anyagát tekintve 60–70%-ban ártal-matlan, mindennaposan az emberi

bélflórában élő baktérium, a fenn-maradó 30 - 40% ismeretlen eredetű, idegen genetikai anyag, amely számos más kórokozó különböző DNS-eiből mesterségesen összeállított gének válogatása, és a módosított ágens klinikai hatását tekintve elegendően képes – a szemléletesség kedvéért – a kolerát a diftériával és ellenáll az is-mert antibiotikumok legtöbbszörének is. Az irodalomban sokszor említett orosz szuperpestis feltehetőleg ha-sonló módosítások eredményeként került kialakításra.

A biológiai fegyver céljára alkalmas potenciális ágenseket tartalmazó listás felsorolások jelentőségére má-sodik megrendítő csapást a nap-jainkra egyre nagyobb hangsúlyt kapó bioterrorizmus mérte, amely sajátos akcióhoz, a korábbiaktól különböző, sajátos céljait jól kie-légíteni képes kórokozói egy más patogén készlet tagjaiból kerültek ki, és eltérnek a gyártási, tárolási és al-kalmazási stabilitási feltételek alap-ján a reguláris hadseregek számára kiválasztott (1. táblázat) és legopti-málisabbnak tartott biológiai harc-anyag ágenseitől [12., 21].

Az 1. ábrából egyben jól megítélhető az a jelentős szemléletmódosulás is, amely a kezdetekben egymástól markánsan elkülönült két tömeg-pusztító fegyver megítélésében bekö-vetkezett, és a vegyi és biológiai fegy-vereket inkább egy közös funk-cionális egységbe vonja össze.

A vegyi és biológiai harcanyagok spektrumát véglegesen a bioregulá-torok és peptidek kapcsolják össze egyetlen egységbe, amelyben az

A biológiai fegyver gyártására elsődlegesen alkalmas kórokozók szűkített listája*Baktériumok*

- Bacillus anthracis* (anthrax)
- Yersinia pestis* (pestis)
- Francisella tularensis* (tularemia)
- Brucella species* (brucellózis)
- Coxiella burnetii* (Q- láz)

Vírusok

- Variola vírus (himlő)
- Ló-encephalitis vírusok (keleti, nyugati, venezuelai)
- Arenavírus, bunyavírus, filovírus, flavivírus (haemorrhagiás láz)

Toxinok

- Staphylococcus enterotoxin B*
- Ricin
- Botulinum toxin
- Trichothecene mycotoxin
- Saxitoxin

(Textbook of Military Medicine nyomán, 1997.)

I. táblázat: A biológiai hadviselés lehetséges ágensei

elmúlt néhány tíz év kórélettani, immunológiai és ideglettani, stb. kutatásai öltenek testet. A bioregulátor fehérjék és peptidek az élő emberi szervezet működésének, belső tereinek állandóságát szabályozó anyagok, amelyek az idegrendszer, a hormon háztartás, az immunrendszer (immuno-neuro-humorális szisztéma) működését szabályozzák, és állandó módosító finom hangolását végzik.

A bioregulátorok által szabályozott életfunkciók harmonikus összhangjának erőszakos külső megbontása átmeneti enyhébb vagy súlyosabb betegségeket, a harcképesség elvesz-

tését okozhatja. Megjelenését tekintve, a csapás kiváltását követően hatásuk a csapatok személyi állományánál az emberi viselkedés normáinak megbomlásától, az anyagcsere rendellenességeken, az elviselhetetlen fájdalmakon, az alvás-ébrenlét súlyos zavarain át a halálos kimenetelű vérnyomás kiugrások bekövetkezéséig is terjedhet.

A vegyi és biológiai tömegpusztító fegyvereket elválasztó különbségeket feloldó-összekötő kapocs a közös emberi anyagcsere, amelynek radikális felborítására, kényes egyensúlyi állapotainak megzavarására szolgálhatnak akár a mesterséges előállítású

Mikrobiológiai ágensek	Toxinok	Kémiai ágensek
Természetes eredet Könnyen, nagy mennyiségben állítható elő	Természetes eredet Nehezen és kis terjedelemben állítható elő	Mesterségesen szintetizált Nagymértékű ipari termeléssel előállítható
Nem illékony	Nem illékony Sok magas toxicitású anyag	Nagy illékonyágú Kevésbé toxikus, mint sok toxin
Ép bőrön való áthatoló képesség alacsony vagy semmi	Ép bőrön való áthatoló képesség alacsony vagy semmi	Bőrön való áthatolóképeség magas
Íz és szagmentes	Íz és szagmentes	Érzékelhető jellegzetes íz és szag
Komplex hatásmechanizmus	Eltérő hatásmechanizmuson alapuló toxicitás	Néhány meghatározott hatásmechanizmus
Jó antigének	Általában jó antigének	Gyenge antigének
Domináns kijuttatási mód: aeroszol útján	Domináns kijuttatási mód: aeroszol útján	Kijuttatás: köd, csepp, aeroszol
Önszokszorozó képességgel rendelkezik	Önszokszorozó képességgel nem rendelkezik	Önszokszorozó képességgel nem rendelkezik

II. táblázat: *A vegyi és biológiai harcanyagok (toxinok) összehasonlító táblázata*

vegyi harcanyagok, akár a természetes eredetű toxikus anyagok, vagy az élő szervezetek. A biológiai harcanyagok főbb csoportjainak a mikrobiológiai, toxin és vegyi harcanyagok ágenseinek összehasonlítását, különbségeikkel és hasonlóságaikkal a II. táblázat mutatja be.

A szerzők jelen dolgozatukban a bemutatott paletta egy szűkebb részterületére kívánnak összpontosítani: a toxinok szerepét, helyét, katonai jelentőségét kívánják áttekinteni.

A toxinok meghatározása, felosztása

A NATO definíció szerint: Az élő állatok, növények vagy mikroorganizmusok által termelt, vagy azokból előállított mérgező hatású vegyületeket toxinoknak nevezzük [13].

A toxinok feloszthatóak:

- kémiai tulajdonságaik,
- toxicitásuk,
- eredetük,
- hatásmechanizmusuk alapján.

Kémiai tulajdonságaik szerint lehetnek nagy (botulinusz toxin), vagy alacsony molekulásúlyú (SEB) protein (peptid) toxinok, amelyeket napjainkban a molekuláris biológiai (génsebészeti) módszerekkel is meg lehet termeltetni [20], vagy az alacsony molekulásúlyú bonyolult vízoldékony (saxitoxin, egyes mikotoxinok), illetve lipid-oldékony (aconitin) szerves vegyületek, amelyek némelyikét a klasszikus szerves kémiai szintézis alkalmazásával is elvben lehetséges előállítani. A toxinokat

Ágens	LD50 (u/kg)	Molekulasúly	Forrás
Botulinum toxin	0.001	150,000	Baktérium
Shiga toxin	0.002	55,000	Baktérium
Tetanus toxin	0.002	150,000	Baktérium
Abrin	0.04	65,000	Növény
Diphtheria toxin	0.10	62,000	Baktérium
Maitotoxin	0.10	3,400	Tengeri alga (dinoflagelláta)
Palytoxin	0.15	2,700	Tengeri lágy korál
Ciguatoxin	0.40	1,000	Hal
Textilotoxin	0.60	80,000	Tengeri alga (dinoflagelláta)
C. perfringens toxinok	0.1-5.0	35,000-40,000	Baktérium
Batrachotoxin	2.0	539	Nyilméreg béka
Ricin	3.0	64,000	Növényi, ricinusbab
-Conotoxin	5.0	1,500	Puhatestű (csiga)
Taipoxin	5.0	46,000	Kígyóméreg
Tetrodotoxin	8.0	319	Hal
-Tityustoxin	9.0	8,000	Skorpió
Saxitoxin	10.0 (inhaláció; 2.0)	299	Tengeri alga (dinoflagelláta)
VX	15.0	267	Szintetikus vegyi harcanyag
SEB (Rhesus/aeroszol)	27.0 (ED50 pg)	28,494	Baktérium
Anatoxin-A (s)	50.0	500	Alga
Microcystin	50.0	994	
Soman (GD)	64.0	182	Kémiai ágens
Sarin (GB)	100.0	140	Kémiai ágens
Aconitin	100.0	647	Növény (Sisakvirág)
T - 2 toxin	1,210.0	466	Mycotoxin

(Textbook of Military Medicine 1997.)

III. táblázat: A toxinok és vegyi harcanyagok tulajdonságainak összehasonlító táblázata

nagy mennyiségben biotechnológiai úton, pl.: fermentorokban (több ezer literes erjesztő tartályokban) állítják elő.

Közös meghatározó tulajdonságuk, hogy a jellemző toxicitásuk az emberre (állatra, növényre) kifejezett, bár e tekintetben a határok meglehetősen tágak tekinthetők. A toxinok általában a vegyi harcanyagok toxicitását meghaladják. (III. táblázat).

Az egyes toxinokra jellemző toxicitási adatok katonai jelentőségét mutatja, hogy a toxicitás és az azonos feltételek mellett, aeroszol alkalmazásával vég-

rehajtott hatásos biológiai csapás kiváltásához szükséges anyagmennyiség között fordított arányosság áll fenn. A botulinusz toxinból nyolcvan kilogramm egyenértékű 8 tonna ricin-nel, vagy saxitoxinnal, vagy 800 tonna trichotecennel (T-2 mikotoxinnal). A toxicitás erősségének mértéke határt szab a katonai felhasználás tekintetében, hiszen a csapás kiváltására kijuttatott anyagmennyiség nem növelhető korlátlanul.

A toxinok eredetiük szerint

Az eredet szerinti csoportosított 395

Forrás	Legmagasabb toxicitás	Magas toxicitás	Közepes toxicitás	Összesen
A toxinok száma az összes kategóriában				
Baktérium	17	12	>20	>49
Növény		5	>31	>36
Gomba			>26	>26
Tengeri élőlények		>46	>65	>111
Kígyó		8	>116	>124
Alga		2	>20	>22
Rovar			>22	>22
Kétlélűek			>5	>5
Összesen	17	>73	>305	>395

(Textbook of Military Medicine 1997.)

IV. táblázat: A toxinok eredet és erősség szerinti megoszlása

toxin adatait az egyes anyagok toxicitásának a figyelembevételével a IV. táblázat foglalja össze.

Mikrobiális (baktérium, mikroszkópikus gomba) toxinok

A mikroorganizmusok által termelt toxinokat korábban két nagy csoportra, az endo és exotoxinok csoportjaira osztották. Az elpusztuló Gram-negatív kórokozók sejtfalának felszabaduló anyagai az endotoxinok. Jelentőségük kitüntetett a fertőzések okozta lázreakció, vagy a toxikus sokk kialakulása szempontjából. Sokrétű hatásmechanizmusát és szerkezeti szerepét a fertőző folyamatok toxikológiájában, vagy a természetes ellenálló képesség fennállásában egyre tisztábban ismerik, és nagy erővel folyik kutatásuk [2].

Az exotoxinok, a mikroorganizmusok által a környezetükbe kiválasztott mérgező anyagcseretermékek, amelyek képesek megszakítani vagy

hiperstimulálni a megtámadott szervezet sejtjeinek alapvető életfunkcióit. Bizonyos bakteriális toxinok visszafordíthatatlan sejtmembrán károsító hatással rendelkeznek, a sejtben folyó fehérjeszintézist blokkolják, vagy saját enzimaktivitásuk révén károsítják a sejt citoplazmáját, aktiválják, sőt túlstimulálják a többsejtű szervezet immunválaszát. A különféle bakteriális exotoxinok egyre részletesebben megismert patomechanizmusainak a szemléltetését táblázatba foglalva (V. táblázat) ismertetjük [22].

Az algák, a kék-zöld algák és a dinoflagelláták toxinjai

Az algavirágzás indukálta halpusztulás, fürdőzők bőrének allergiás jelenségei egyre gyakrabban tapasztalható a nyári hétköznapi Balaton életében. A tengerek és a világ különböző édesvizeiben élő algák (fotoszintézist folytató növényi jellegű szervezetek) a toxinok rendkívül sokféle

Mikroorganizmus/toxin	Hatás	Célpont	Betegség
Membrán károsítók			
<i>Aeromonas hydrophila</i> / aerolysin	Kilyukasztja a sejtmembránt	Glycophorin	Hasmenés
<i>Clostridium perfringens</i> / perfringolysin O	Kilyukasztja a sejtmembránt	Cholesterol	Gázugangréna
<i>Escherichia coli</i> / haemolysin	Kilyukasztja a sejtmembránt	Plazma membrán	Húgyúti infekció
<i>Listeria monocytogenes</i> / listeriolysin O	Kilyukasztja a sejtmembránt	Cholesterol	Ételfertőzés
<i>Staphylococcus aureus</i> / α -toxin	Kilyukasztja a sejtmembránt	Plazma membrán	Tályog
<i>Streptococcus pneumoniae</i> /pneumolysin	Kilyukasztja a sejtmembránt	Cholesterol	Pneumonia
<i>Streptococcus pyogenes</i> /streptolysin O	Kilyukasztja a sejtmembránt	Cholesterol	Torokfájás
Fehérjeszintézis gátlók			
<i>Corynebacterium diphtheriae</i> /diphtheria toxin	ADP - ribosyl-transzferáz	Elongációs faktor 2	Diphtheria
<i>E. coli</i> /Shigella dysenteriae/Shiga toxinok	N-glycosidáz	28S rRNS	Haemolitikus urémiás szindr.
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> /exotoxin A	ADP - ribosyl-transzferáz	Elongációs faktor 2	Pneumonia
Másodlagos messenger aktiválás			
<i>Bacillus anthracis</i> /oedema faktor	Adenylát-cikláz	ATP	Anthrax
<i>Bordetella pertussis</i> /dermonecrotic toxin	Deamidáz	Rho G-protein	Rhinitis
pertussis toxin	ADP - ribosyl-transzferáz	G-protein	Pertussis
<i>Clostridium botulinum</i> /C2 toxin	ADP - ribosyl-transzferáz	G-aktin monomer	Botulizmus
<i>C. botulinum</i> /C3 toxin	ADP - ribosyl-transzferáz	Rho G-protein	Botulizmus
<i>Clostridium difficile</i> toxin A toxin B	Glukozil-transzferáz	Rho G-protein	Hasmenés
<i>Vibrio cholerae</i> /cholera toxin	ADP - ribosyl-transzferáz	G-protein	Cholera
Immunválasz aktiváló			
<i>S. aureus</i> /enterotoxinok	Szuperantigén	TCR és MHC II	Ételmérgezés
exfoliatív toxinok	Szuperantigén	TCR és MHC II	Forrázott bőrszindr.
toxikus-shock toxin	Szuperantigén	TCR és MHC II	Toxikus shock szindr.
<i>S. pyogenes</i> /pyrogenic exotoxinok	Szuperantigén	TCR és MHC II	Skarlát
Proteázok			
<i>B. anthracis</i> /letális faktor	Metalloproteáz	MAPKK	Anthrax
<i>C. botulinum</i> /neurotoxin A-G	Zn-metalloproteáz	VAMP	Botulizmus
<i>Clostridium tetani</i> /tetanus toxin	Zn-metalloproteáz	VAMP	Tetanus
<p>Rövidítések: TCR: T-sejt receptor, MHC II: major hisztokompatibilitási antigén, MAPKK: mitogén aktivált protein kináz kináz, VAMP: vezikula-társult membrán protein</p> <p>(Emerging Infectious Diseases 1999. 5.2.:C.K. Schmitt, C. Meysick, A.D. O'Brien táblázata nyomán)</p>			

V. táblázat: A bakteriális toxinok jellemzői

fajtáját termelik és jó néhány közülük rendkívül toxikus, amely az elfogyasztott vízzel a halak és más melegvérű állatok pusztulását eredményezi. Kémiailag rendkívül sokféle vegyület típusról van szó, amelyek az egyszerű ammóniától a bonyolult poliszacharidokig és polipeptidekig terjednek.

A kék-zöld algák (cyano-baktériumok), a baktériumokhoz rendszerint rendkívül közelálló, ősi szervezetek [3]. Ebben a csoportban található legtöbb faj édesvízi, de néhány mérges tengeri faj is ismeretes. Legismertebb toxinjaik az Anatoxin A, és a microcystin.

A dino-flagelláták obligát tengeri szervezetek, amelynek két faja az Egyesült Államokban gyakorta a főszereplője a súlyos, halálos kimenetelű tengeri kagyló fogyasztását követő ételmérgezéseknek. A bénulásos tengerikagyló (paralytic shellfish poisoning) ételmérgezést a saxitoxin okozza, amely egyike a legmérgezőbb algatoxinoknak, a tetrodotoxin és maitotoxin mellett. Az Amerikai Egyesült Államokban ez a betegség gyakran előfordul, súlyos kimenetelű, nemritkán tömeges ételmérgezéseket okoz.

Mikotoxinok

A XII. században Batu kán első hadjárata nyugatra kudarcba fulladt, mert a hatalmas sereg elől a takarmányt elrejtették, felélték. A nomád sereg lovainak etetéséhez a viskók többéves penészes zsúpfödeleit használták, amelynek a következménye tömeges ló elhullás lett. A mongol

sereg pedig, elvesztette mozgékony-ságát... A következmény akkor a hadjárat leállítására és kényszerű elhagyására lett [7].

A mikotoxinok mikroszkópos gombák és penészek termelte mérgező anyagok. Számos fajtájuk az ember által is felhasználásra kerül, és közismert, mint a penicillin. Számos káros fajtája azonban évente nagy veszteségeket, állati elhullásokat okoz, de gyakran az embert, egészségét is veszélyezteti. A legismertebb katonai célra is használatos mikotoxin a „sárga eső” egyik alkotórésze a trichotecen (T2), amelyet a *Fusarium* és *Stachybotrys* fajok termelik. A mikotoxinok kártétele hazánkban is előfordul, de a trópusi klímán az általuk okozott mezőgazdasági (főleg raktározási) veszteség igen jelentős [24]. Az iraki B fegyver programba is bevonásra került egy rendkívül erős, rákkeltő és májkárosító hatású mikotoxin, az aflatoxin, melyet az *Aspergillus flavus* termel. Az aflatoxin nem is annyira akut toxicitásával, hanem súlyos, késő kihatásaival, mutagén és karcinogén képességével tűnik ki. Hatásai alapján nagy a pánikkeltő képessége, így megfelelő lehet biológiai fegyver előállításának céljára.

A mikotoxinok egyik közös jellemzője a könnyű megtermelhetőség. A trichotecen egyedülálló tulajdonságával, az önálló bőrkárosító hatásával, szinte kivételes a biológiai harcanyagok egész családjában, nemcsak a toxinok között. A tremorgen az idegrendszerre ható inkapacitív mikotoxin, *Aspergillus* és *Penicillium* fajok

termelik, remegést és zaj és érintési ingerek iránt túlérzékenységet okoz, a mozgás koordináció zavarásával okoz betegséget, pl. a birkákban és marhákban. A mikroszkópikus gombák toxinjai mellett a teljesség kedvéért meg kell említeni a nagytestű ún. kalapos gombák toxinjait is, azonban ezek jelentősége inkább egészségügyi-közegészségügyi szempontból jelentős, a hadi alkalmazás szempontjából talán kevésbé fontosak.

Növényi mérgek

A mérgező növények kiemelkednek fajgazdagságukkal, kémiai és patogenitásbeli sokrétűségükkel (alkaloidák, toxalbuminok stb.) és környezeti hatásokkal szemben tapasztalható viszonylagos ellenálló képességükkel. Harcanyagként a ricinus bab hatóanyaga a ricin említendő meg. A ricinusolaj mezőgazdasági monokultúrákban a világ számos országában termelt ipari kenőanyag (a II. világháború idejétől a 60-as évekig) volt, a repülőgépmotorokhoz állították elő, amelyet a ricinus terméséből szolgáló babból préseltek ki. Jól ismert gyógyászati célú felhasználása mennyiségileg szinte jelentéktelen. A visszamaradt nagy tömegben képződő melléktermék szárazanyagból nagy mennyiségben egyszerűen és könnyen kinyerhető a letális biológiai harcanyag, a glikoprotein természetű fehérje, a ricin.

Állati mérgek

A tengeri és szárazföldi állatok rovarok, korallak, halak, kétélűek és hullók által termelt mérgező anyagok, régen ismert és a természeti népek ál-

tal széleskörűen felhasznált anyagok (pl.: nyílmérgek). A batrachotoxint egy kolumbiai békafaj, a palytoxint a lágy korál, a saxitoxint a tengeri kagyló, a conotoxint egy ragadozó tengeri csiga-féle, a tetrodotoxint a japánok által az év bizonyos szakában kedvenc csemegének fogyasztott fugu hal termeli. A különféle komplex összetételű és fajfüggő kígyóméreg elegyek is sokrétűségekkel és hatásmechanizmusaik sokféleségeivel tűnnek ki, elemzéseik kézikönyveket töltenek meg.

A toxinok hatásai

Élettani hatásaik alapján a toxinok két fő csoportba sorolhatóak. Lehetnek neurotoxikus (idegbénítő) hatású anyagok, pl.: saxitoxin, botulinusz toxin, amelyek az idegingerület átvitelét béníthatják pre- és/vagy poszt-szinaptikusan, vagy béníthatják a nátrium-, kálium-, vagy kalcium-csatornák működését, blokkolják a különféle más ionok aktív transzportját (ionoforok) a sejtmembránon keresztül.

Másik fő csoportjuk tagjai citotoxikus hatást fejtenek ki (pl.: microcystin, ricin, kígyómérgek). Toxikus hatásuk, vagy enzimaktivitásuk révén destruktív hatásúak, roncsolják a sejtek membránjait, károsítják az eukarióta sejtek anyagcsere folyamatait, bénítják a sejtlégzést vagy leállítják a fehérjeszintézist.

A toxinok a magasabbrendű többsejtű szervezetek szervrendszerre gyakorolt szervi specificitásában is különböznek egymástól: a neurotoxikus idegrendszeri specificitása mel-

Toxin és a toxikus hatás kialakulásának ideje	Egér LD ₅₀ (µg/kg)	A mérég típusa
<i>Nagyon gyors: 5 perc</i>		
Anatoxin	170 - 250	Halálos, bénító neurotoxin
Conotoxin	3 - 6	Halálos (csiga) idegmérég
Palytoxin	0,08	Halálos idegmérég
<i>Gyors: 5 perc - 1 óra</i>		
Diphtheria toxin	0,03	Halálos bakteriális exotoxin
Batrachotoxin	0,1 - 2	Halálos béka neurotoxin
Ricin (injektálva)	0,1 - 3,7	Halálos cytotoxin
Taipoxin	2	Halálos bénító kígyómérég
Saxitoxin	5 - 12 (orálisan)	
1 (aerosol)	Halálos idegmérég (kagyló)	
Tetrodotoxin	8 (injektálva)	
30 (orálisan)	Halálos idegmérég (fugu hal)	
Alpha-latrotoxin	10	Halálos pók idegmérég
Notexin	20	Halálos kígyó idegmérég
Beta-bungarotoxin	20	Halálos kígyó idegmérég
Cobrotoxin	75	Halálos kígyó idegmérég
Microcystin (FDF)	50 - 100	Halálos sejtmérég (alga)
<i>Késői: 1 - 12 óra</i>		
Ricin (aerosol, dermális, orális)	3,0 (orálisan)	Halálos növényi sejtmérég
Staphylococcus enterotoxin B	20 (injektálva)	
200 (aerosol)	Inkapacitív bakteriális exotoxin	
Botulinum (orálisan)	0,0003 - 0,01	Halálos bakteriális neurotoxin
T-2 (dermális, aerosol, orális)	50 - 240 (aerosol)	Inkapacitív / halálos sejtmérég (mycotoxin)
<i>Nagyon késői: 12 óra</i>		
Tetanus toxin (injektálva)	0,0025 (humán)	Halálos bakteriális neurotoxin

(USA FM 3-9. nyomán)

VI. táblázat: Néhány toxin letalitása a tünetek kifejlődésének időbeni megoszlása szerint

lett, ismerünk elsődlegesen a tápcsatornára ható ún. enterotoxinokat, a véralvadás zavarát, az erek permeabilitását okozó haemorrhágiás toxinokat, valamint máj- és vesekárosító tulajdonságú (hepato- és nefrotoxinok), illetve bőr- és nyálkahártya károsító vegyületeket.

Az expozíciót követően kialakuló hatások ideje szerint csoportosított toxinok eredet szerinti összesítését,

más jellemzőikkel együtt, a VI. táblázat ismerteti.

A toxikus anyagok gazdag repertoárjából (állati, növényi és mikrobiológiai eredetű toxinok százai ismertek) a biológiai harcanyagok előállítására alkalmas toxinok száma jóval korlátozottabb, alig éri el az ötöt (I. táblázat), bár a biotechnológiai ipar fejlődése a módszerek bővülésével folyamatosan növeli a fegyvergyár-

Ágens	Metodika	Antigén befogás (capture)	Immunoassay	
			IgG	IgM
Aflatoxin	Tömegspektrometria			
Alpha toxin	ELISA	x		
Botulinum toxin	egér neutralizáció	x (A toxin)		
Ricin	ELISA	x	x	
Saxitoxin	Bioassay		x	
SEA toxin				
SEB toxin	ELISA	x		
Tetrodotoxin	Bioassay		x	x
* Toxin gén kimutatási próba		(USAMRIID: Medical Management of Biological Casualties 1998. nyomán)		

VII. táblázat: A toxinok laboratóriumi identifikálása

tásba potenciálisan bevonható mérgező anyagok számát.

Az ideális toxin fegyver

Melyek az ideális toxin fegyverrel szemben támasztott követelmények? Az a toxikus anyag rendelkezhet katonai jelentőséggel, amely kielégíti a biológiai harcanyagokkal szemben támasztott általános követelményeket:

- A cél-populáció (emberi, állati, növényi) legyen a hatóanyagra általánosan fogékony.
- Legyen a kiválasztott ágens erősen virulens (betegítő képes), fertőző, vagy toxikus.
- A tömegtermelés számára könnyen hozzáférhető (ricin), gazdaságos, vagy könnyen és nagy mennyiségben előállítható (T2) legyen.
- A harcanyag legyen stabil: a gyártástól a bevetésig tartó tárolás során ne legyen nagy az inaktiválódási veszteség, sem a biológiai harceszközök töltése során, sem a haditechnikai felhasználása (kilö-

vés, kiszórás) következtében.

- A kijuttatást követően sokáig őrizze meg aktivitását a környezetben: pl.: az aeroszol a levegőben ne veszítse el aktivitását az UV sugárzás hatására, a nedves aeroszol a kiszáradástól, vagy a szobotázis anyag a vízben a klórozás és a természetes flóra hatására, élelmiszerekben a pH hatására, vagy a hőkezelés miatt.
- A harcanyag könnyen alkalmazható legyen: vagyis legyen meg az a képessége, hogy a belégzés révén a levegő közvetítésével a tüdőn keresztül, a tápcsatornába az ételből, vízből jól felszívódva, bőrön keresztül rovarcsípéssel, vagy saját bőr aktivitása segítségével jusson a szervezet belső tereibe, és ott idézze elő az elvárt inkapacitív (harcképességet csökkentő) vagy letális kimenetelű (halálos) hatást.

A kiválasztás szempontjait befolyásolják a biológiai csapás tervezett céljának méretei: taktikai vagy stratégiai célzattal, szobotázis, vagy egyedi

célpont elleni merénylet végrehajtása céljából kerül sor az alkalmazásra. A biológiai csapástól várható veszteségek meghatározó mértékben függenek a személyi állomány egyéni és kollektív védettségétől is. A biológiai csapást követő veszteség számvetéseket a legvalószínűbb kórokozók vonatkozásában a NATO Amed P8, (STANAG 2476) [15] kézikönyve adja meg, amelyben a matematikai modellezés eredményeit is felhasználták a számvetések elkészítéséhez.

A veszteségeket növeli a bizonytalanul paraméterezhető, de bizonyosan bekövetkező, lélektani hatás is: a pánik kialakulása. A tömegpusztító fegyver alkalmazását követő pánik jelenségeinek megelőzésére, legyőzésére csak a személyi állomány magas színvonalú kiképzettsége és begyakorlottsága képes esélyt biztosítani.

A felsorolt válogatási szempontok azonban csak egy jól szervezett reguláris hadsereg mögött álló biológiai hadiiparra érvényes kritériumok. A gazdaságossági, stb. szempontokat a pillanatnyi hatalmi érdekek módosíthatják, amint ez a Szovjetunió, Irak, vagy Dél-Afrika esetében is tapasztalható volt. A vegyi és bioterrorizmus más prioritásokat követ, amint az Aum Shinrikyo, vagy az oregoni salátabárok esetei mutatták.

Ugyanakkor a vizsgált szempontok lehetőséget jelentenek a védekezés (a csapatok harcképességének megőrzése) fő súlyponti irányainak meghatározásában, a vegyvédelmi specifikus védelmi intézkedések (feldehárítás, korai riasztás, egyéni és kol-

lektív védőeszközök biztosítása, mintavételezés, mentesítés), valamint a várható egészségügyi biztosítási feladatok meghatározásában.

Az alkalmazás szempontjából fontos a legvalószínűbb néhány toxinharcanyag okozta megbetegedés ismerete.

Botulinusz toxin

A *Clostridium botulinum* 7 neurotoxinja (A-G), a ma ismert legerősebb toxinok közé tartoznak. A csapatok elleni alkalmazása aeroszol formájában a legvalószínűbb, de szabotázs során is elképzelhető a felhasználása. A 150 kD molekulatömegű toxin 15 000-szer mérgezőbb a VX-nél, és 100 000-szer mérgezőbb a Sarinnál.

Vannak feltételezések, hogy a II. világháborúban *Heydrich* ellen a cseh hazafiak által végrehajtott merénylet során a botulinusz toxin a gyakorlatban is felhasználásra került, de ebben a kérdésben a vélemények nem egységesek.

A toxin a neuromuscularis összeköttetést bénítja azzal, hogy a presziptikus idegvégződéseken kötődik és meggátolja az acetilkolin felszabadulását.

A toxin okozta betegség ételmérgezések formájában ismert már az 1700-as évektől, de a betegség kóroktana 1896-ban tisztázódott. A légutakon át a szervezetbe jutva 18–36 órán belül hasonló kórképet okoz. Tünetei: kettős látás, beszéd- és nyelészavar, fénymreved pupillák, ptózis, szájszárazság. A toxin hatására szimmetrikus leszálló bulbáris paralízis alakul ki, általános izomgyengeséggel, amely a légzőizmok bénulásá-

val a teljes légzési elégtelenségig fokozódhat.

Ételmérgezésben gyakoriak a hasi panaszok is: a hányás, hasmenés, és a vizeleti nehézség. A klinikai diagnózis laboratóriumi állatoltással és immunológiai módszerekkel lehetséges. A betegek kezelésében a trivalentis antitoxin (A, B, E) alkalmazható. A beteg mentesítése már szappannal és vízzel eredményesen elvégezhető, a toxin a bőrön át nem szívódik fel. Megelőzés elvi lehetősége a csapatok immunizálása a toxinból előállított, formalinnal inaktivált toxoidból készített védőoltással.

Ricin

A ricin már a XIX. század óta ismert mérgező anyag. A 66 kD molekulatömegű, két polipeptid szálból álló fehérje, amely a riboszómák inaktiválása révén, a megtámadott sejtben a fehérje szintézist bénítja meg. Napjainkban a rosszindulatú tumorok terápiájában fűznek e tulajdonsága alapján, felhasználásához nagy reményeket. Személy elleni támadás során, politikai terroakcióban, a gyakorlatban is sikeresen alkalmazták G. Markov emigráns ellenzéki bolgár újságíró ellen, 1978-ban, speciális esernyő-fegyverből kilőtt speciális lövedékben.

Az intoxikáció tünetei függenek az expozíció módjától (tápcsatornán, bőrön vagy a légutakon keresztül jutott a szervezetbe), és a dózis nagyságától. A tünetek az aeroszol expozíciót követően 12–24 órával kezdődnek. Gyengeség, láz, köhögés és tüdőödéma alakul ki, amelyet légzés elégte-

lenség követ. A halál 36–72 órán belül, hypoxaemia következtében áll be, súlyos légúti fertőzéshez megtévesztően hasonló kórképet okozva. Kezelése tüneti szerekre korlátozódik. Megelőzésre specifikus lehetőség nincs, az egyetlen lehetőség a légzésvédelem a gázálc használatával. Elvben a passzív immunterápia, az inhaláció után 4–8 órán belül, eredményesen alkalmazható. A mentesítés során a legegyszerűbb módszerek is elegendőek. Laboratóriumi diagnosztikája savópárból, ELISA, vagy más immunszerológiai módszer felhasználásával lehetséges.

SEB

A koaguláz pozitív *Staphylococcus aureus* hőálló enterotoxinjai világszerte gyakorta állnak az ételfertőzések hátterében. A 23-29 kD molekula tömegű ún. szuperantigén tulajdonságú immunotoxin, az immunrendszer erőteljes aktiválója. Elsősorban inkapacitív harcanyagként jön az alkalmazása számításba a letális és harcképtelenséget okozó széles (néhány nagyságrendű) dóziskülönbség következtében. Tünetei: az expozíciót 3-12 órát követően hirtelen láz, fejfájás, hidegrázás, izomfájdalmak és száraz köhögés lép fel, mellette hányinger, hányás és hasmenés is észlelhető, retroster-nális fájdalommal. A betegség 4-5 napig is elhúzódhat, a teljes felgyógyuláshoz, a harcképesség visszanyeréséig két hétre is szükség lehet. A gyógykezelés során az antitoxinok adagolása eredményes lehet. A megelőzés céljára kísérleti vakcinák állnak kifejlesztés alatt.

Trichotecen /T2/

A trichotecen alacsony molekulásúlyú 250-500 D gyűrűs vegyület, amelyet bőr és nyálkahártya károsító hatása kiemel a többi toxinok közül. Általános, a csontvelőre gyakorolt aplasztikus hatása miatt, a DNS replikációjának károsító képessége alapján radiomimetikus anyagként is számon tartják. A mikroszkópos gombák számos faja termeli a T2 száznál több kémiaiilag eltérő módosulatát, amelyek a környezeti ártalmakkal szemben extrém módon (hő, UV sugárzás) ellenállóak. A II. világháború után a Szovjetunióban, súlyos Alimentáris Toxikus Alukia (ATA) esetekkel is járó, tárolási hibák során penészekkel szennyeződött lisztből készített kenyér fogyasztását követő ételmérgezések kórokozója volt. A hetvenes évektől vannak adatok a "sárga eső" katonai felhasználásról Laosz, Kambodzsa, majd Afganisztán területéről.

A mérgezés helyi tünetei percek-órákon belül kialakulnak: a bőr fájdalmas irritációja, kivörösödés, viszketés, hólyagképződés, amit nekrozis követ. Súlyos mérgezés esetében hányás, hasmenés is társul a bőrtünetekhez. A légutak és a tápcsatorna nyálkahártya irritációja miatt orrgarat fájdalom, tüszögés, köhögés, nehézlégzés, és mindkét szemén - kötőhártya-gyulladás alakul ki. A csontvelő depressziója másodlagos fertőzések előtt nyit kaput. A túlélők között gyakoriak a fájdalmas fekélyek és a tápcsatorna vérzései.

Specifikus antidotum, hatékony megelőző szer jelenleg nem ismert. A tüneti kezelés mellett a légzés- és bőr-

védelem, vagy az expozíciót követő 4 órán belül végrehajtott fertőtlenítőszeres (5% hypo-oldattal végzett) mentesítés biztosíthatja a csapatok harcképességének megőrzését.

A védekezés lehetőségei a toxinokkal szemben

A biológiai fegyverek elleni védelem lehetséges elemei néhány időbeni fázishoz köthetőek. A katonai megelőző intézkedések egyik leghatékonyabb eleme, hogy pontos, megbízható felderítési adatok álljanak a védelem megszervezőinek rendelkezésére.

Ha egy harcanyag kijuttatása a harcterületre már megtörtént, a toxin vagy kórokozó tartalmú aeroszol felhő detektálása, az egységek elhelyezési körletébe érkezésének korai prognosztizálása és a csapatok korai riasztása létfontosságú feladat. A lézeres infravörös korai nagytávolságú riasztási rendszer hatékony előrejelzési távolságát 100 km-re becsülik, a rövid távolságú UV és lézer indukálta fluoreszcencián alapuló riasztó rendszer 5 km-en belül érzékeli a magas szerves anyagot tartalmazó felhő érkezését. A légkör természetes részét képező, a természetesen jelenlevő aeroszeszton (lebegő szerves anyagok: pollenek, mikrobák, por és füstszemcsék), a mérések megbízhatóságát képesek megzavarni, az eredmények kiértékelése nagy gyakorlatot igényel.

A célterületre kijuttatott toxinok pontos azonosítása - az identifikáció - a sérültek ellátásában, a terápia meghatározásában és a várható következmények prognosztizálásában is na-

ÁGENS	ORR TAMPON	HAEMOKULTÚRA	VÁLADÉK	SAVÓK	SZÉKLET	VIZELET	EGYÉB
Clostridium toxin	+		Sérült szövetek	+	+	-	
SEB toxin	+	-	-	+	+	+	tüdő szövet
Ricin toxin	+	-	-	+			lép, tüdő, veseszövet
(USAMRIID: Medical Management of Biological Casualties 1998. nyomán)							

VIII. táblázat: A mintavételezési eljárások a toxinok laboratóriumi diagnosztikájában

gyon fontos feladat. Az elmúlt évtizedek alatt, nemcsak a kutatásban és a gyártásban, de a diagnosztikai tevékenység területén is nagy fejlődés következett be. Elvben ma már rendelkezésre állhatnak azok a különféle korszerű diagnosztikai módszerek, amelyek szakszerűen végrehajtott mintavételi eljárások esetén, képesek viszonylag gyorsan és pontosan meghatározni a biológiai harcanyag mi-
benlétét.

A VII. táblázat által szemléltetett lehetőségek kihasználása azonban függ a laboratóriumi eljárások begyakorlottságától, a szakemberek felkészültségétől, és a mintavételezés, valamint a vizsgálatok között eltelt idő tartamától is. A vegyi és egészségügyi felderítés során végrehajtott környezeti mintavételezés során a követendő szakmai eljárások rendjét a NATO SIBCA kézikönyve foglalja össze [14].

Néhány toxin esetében a kimutatásához szükséges orvosi mintavételezés lehetőségeit a VIII. táblázat mutatja be.

A gyakorlati diagnosztika szempontjából kiemelt jelentősége az orr-garat

tamponnal végzett törléses mintavételnek van, amelyet minden friss beteg esetében célszerű elvégezni.

A szerológiai diagnosztikus vizsgálatok során, a protein toxinok esetében, csak a toxin expozíciót követő kb. 14. nap után lehet pozitív vizsgálati eredményre számítani, ami letális dózisú mérgezések esetében kevéssé használhatónak minősül. A biológiai harcanyagok ágenseinek identifikálási feladataira a tábori és békeellátásnak saját, speciális infrastruktúrális (eszközös, biztonsági és szaképitészeti) és logisztikai szükségletei vannak, amely részben az MH megelőző orvosi biztosítási rendszerébe (korábban közegészségügyi-járványügyi biztosítási rendszerről beszéltünk) van integrálva [19].

A korszerű hadseregek számára élet-szükségletként jelentkező biztonságos diagnosztikai tevékenység, kizárólag a béke időszakban is jól működő, komoly intézeti háttérrel rendelkező, speciális laboratóriumtól várható el. Az ilyen laboratóriumok létezése alkotó eleme a nemzeti biztonságpolitika megvalósulásának.

A sérültek ellátásának hatékony eljárás-

rásai, a biológiai és/vagy vegyi harcanyagokkal szennyezett terepszakaszon folytatott tevékenység szabályai, meghaladják a dolgozat kereteit, hasonlóan a hatékony víztisztítási és kezelési eljárások ismertetéséhez, vagy a szükséges zárt élelmiszer előállítási technológiák leírásához.

A csapatok személyi állománya védelmében kulcselem az egyéni és kollektív védőeszközök (légzés és bőrvédő eszközök) és a mentesítés lehetőségeinek a biztosítása. A biológiai harcanyagok többségénél már a testfelület legegyszerűbb, szappanosvizes lemosása is, csíra apasztó jellegénél fogva, vagy az ép bőr természetes barrier funkcióinak a megsegítésével, hatásos eszköz lehet. A mentesítés során az adalékanyagok, a klórszármazékok, detergenssek, stb. használata legtöbb esetben biztosíthatja az egészség fenntartását, a humán erőforrások védelmét, a katona harcképességének megőrzését, egyben a hadműveleti célok sikeres elérését.

Összefoglalás

A toxinok használata a biológiai hadviselés egyik kevésbé ismert területe. Jelentőségük a korszerű háború során sem halványodik el, a biológiai ismeretek felgyülemzése egyesek szerint egyenesen a genomika korát nyitja meg, amely eddigi eredményeiben és várható hatásaiban az atomfizika és nukleáris ipar drámai-tragikus kialakulásával állítható párhuzamba. Nyilvánvaló, hogy a hadviselés területein is meg kell jelenjenek a hatásai az emberi tudás explozív kiterjedésének, ahogyan ez a törté-

nelem során eddig is mindig megtörtént.

IRODALOM

- [1] *Alibek, K.: Handelman S.: Biohálal. Ármédia. 2000, Budapest.*
- [2] *Bertók L.: Természetes ellenálló képesség: epesavak és endotoxinok szerepe. Scientia Kiadó. 1997, Budapest.*
- [3] *Czirók É.: Klinikai és Járványügyi Bakteriologia. Budapest. 1999, Melánia.*
- [4] *Dando, M., Pearson, G.S., Tóth T.: Verification of the Biological and Toxin Weapons Convention. NATO ASI Series. 2000. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.*
- [5] *Eitzen, E., Pavlin, J., Cieslak, T., Christopher, G., Culpepper, R.: Medical management of biological casualties. 3. kiadás. 1998, Fort Detrick.*
- [6] *Kopper L., Marcsek Z., Kovalovszky I.: Molekuláris medicina. Medicina Könyvkiadó Rt., 1997, Budapest.*
- [7] *Kovács F.: Mykotoxinok a táplálékláncban. MTA. Budapest, 1998.*
- [8] *Parragh, Szabó, Geck, Madaras: A vegyi és biológiai fegyver. Zrínyi, 1964. Budapest.*
- [9] *Ráska K.: A biológiai háború elleni védekezés egészségügyi kérdései. Medicina Könyvkiadó, 1959, Budapest.*
- [10] *Science for Peace. Vol. 6.: First Forum of the International Scientific Panel on the Possible Consequences of the Misuse of Biological sciences. UNESCO 2000.*
- [11] *Tálas P.: A tömegpusztító fegyverek létéből és elterjedéséből adódó veszélyek, Védelmi Tanulmányok, No. 6. HM SV-KI., Budapest, 1995.*
- [12] *Zajtchuk, R., Bellamy, R.F. (szerk.): Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare. Textbook of Military Medicine part I. 1997, USA.*
- [13] *NATO Handbook on the Medical Aspects of NBC Defensive Operations (AmedP-*

- 6(B)) 1996.(STANAG 2500).
- [14] NATO AC/225-LG7 SIBCA Handbook for Sampling and Identification of Biological and Chemical Agents. 1999.
- [15] NATO Medical Planning Guide of NBC battle Casualties Biological, Amed. P-8(A).1999. (STANAG 2476).
- [16] USA FM 3-9 Potential Military Chemical, Biological Agents and Compounds. Headquarter Department of Army, 1990, Washington.
- [17] Bioterrorism Alleging US of Anthrax and Iterim Guidlines for Management-US. 1998. Morbidity and Mortality Weekly Report. 48: 69-74.
- [18] *Faludi G.*: A biológiai fegyver jelentőségének megváltozása. *Honvédorvos*. 1998, 50 (1): 37-69.
- [19] *Faludi G.*: A katonai megelőző orvostani biztosítás a Magyar Honvédség megújuló egészségügyi biztosítási rendszerében. *Honvédorvos*. /megjelenés alatt /.
- [20] *Frankel, A., Roberts, H., Afrin, L., Vesesly, J., Willingham, M.*: Expression of ricin B chain in *Spodoptera frugiperda*. *J.Biochem*, 1994, 303: 787-794.
- [21] *Kortepeter, M.G., Parker, G.W.*: Potencial Biological Weapons Threats. *Emerging Infectious Diseases*. 1999, 5 (4): 523-527.
- [22] *Schmitt, C.K., Meysick, K.C., O'Brien, A.D.*: Bacterial Toxins: Friends or Foes? *Emerging Infectious Diseases*1999, 5 (2): 224-234,
- [23] *Svéd L., Szolnoki L.*: Változások a Magyar Honvédség egészségügyi ellátó rendszerében a NATO elvek tükrében. *Honvédorvos* 1998, 50 (1): 5-37.
- [24] *Varga Ildikó, Matyasovszky Katalin, Sohár Judit*: Élelmiszerek mikotoxin szennyezettségének jelentősége, adatok a hazai szintekről. *Egészségtudomány*. 2000, XLIV: 225-241.

Col. G. Faludi M.D.M.C.,
Maj. Livia Békési M.D.M.C.,
Maj. K. Barabás,
Col. L. Halász D.Sc., eng. habil.

Toxins, agents of mass destructive weapons

The authors summarized the fresh classification of agents of chemical and biological weapons. A short introduction was given about the possible use of toxins among the others of mass destructive weapons, summing up the classification of toxins by their origin, effects and applications during the military or other operations (bioterrorism). A short actual draft was written about some possible agents, as botulinus toxin, SEB, ricin and T2, for the orientation of the members of chemical defence and medical service.

Dr. Faludi Gábor o.ezds.
1555 Budapest, Pf. 68.