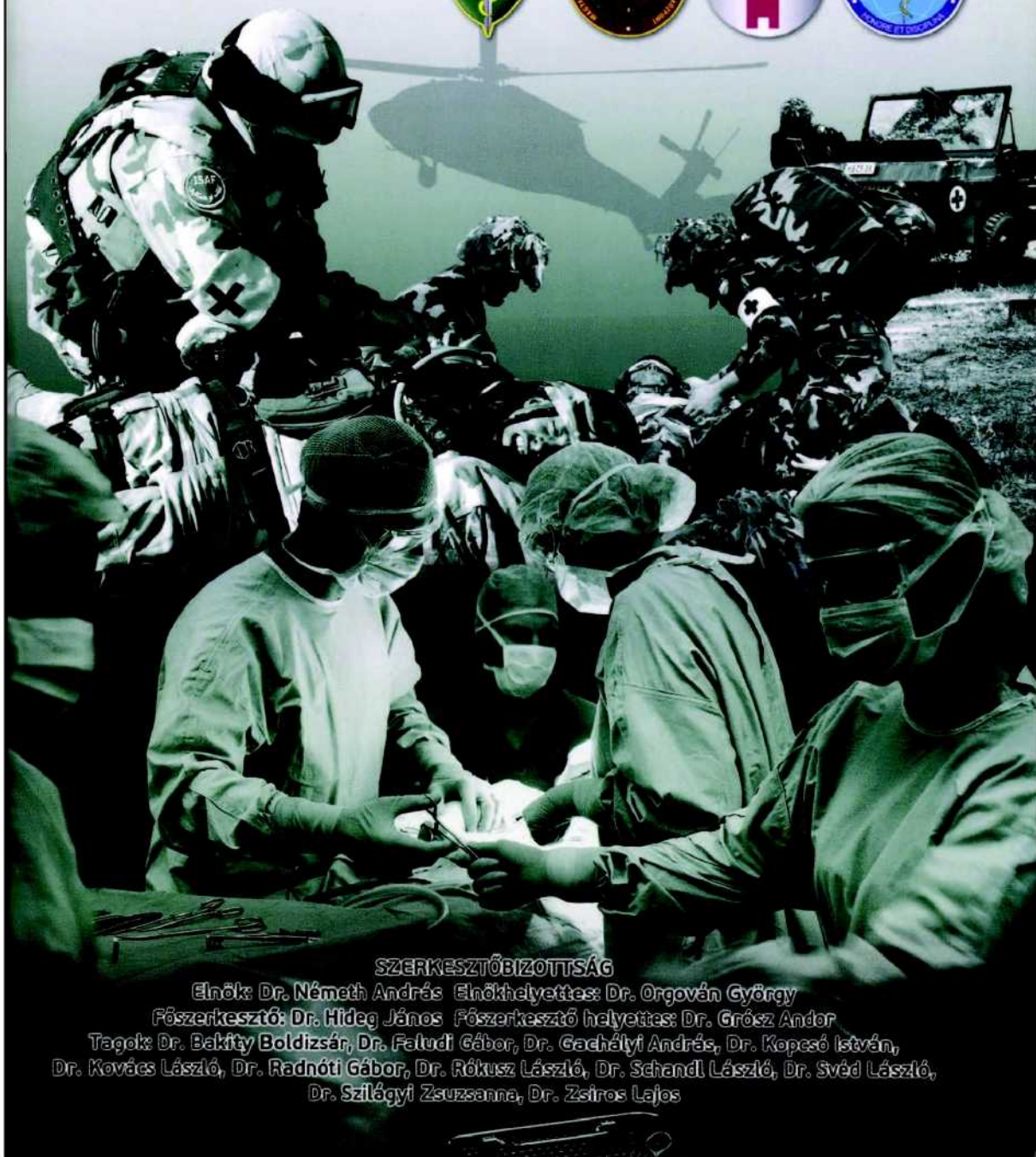


LXIII. ÉVFOLYAM 2011/3-4 szám

HONVÉDORVOS

A MAGYAR HONVÉDSÉG EGÉSZSÉGÜGYI SZOLGÁLATA, A NATO KATONA-EGÉSZSÉGÜGYI KIVÁLÓSÁGI KÖZPONT
ÉS A MAGYAR KATONAI KATASTRÓFAORVOSTANI TÁRSASÁG LAPJA

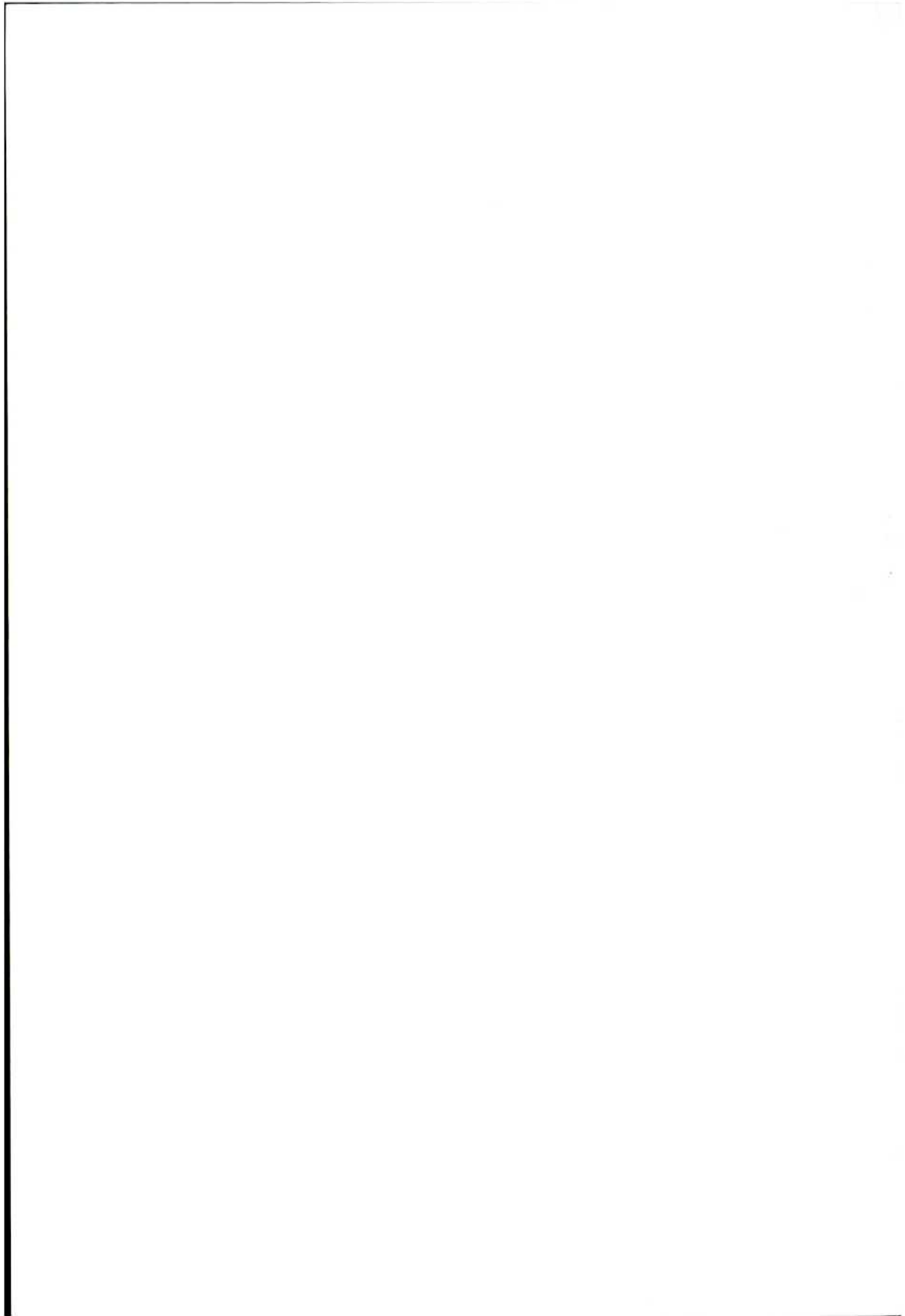


SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: Dr. Németh András Elnökhelyettes: Dr. Orgován György

Főszerkesztő: Dr. Hídeg János Főszerkesztő helyettes: Dr. Grósz Andor

Tagok: Dr. Bakity Boldizsár, Dr. Faludi Gábor, Dr. Gachályi András, Dr. Kopesó István,
Dr. Kovács László, Dr. Radnóti Gábor, Dr. Rókus László, Dr. Schandl László, Dr. Svéd László,
Dr. Szilágyi Zsuzsanna, Dr. Zsíros Lajos



HONVÉDORVOS

A MAGYAR HONVÉDSÉG EGÉSZSÉGÜGYI SZOLGÁLATA,
A NATO KATONA-EGÉSZSÉGÜGYI KIVÁLÓSÁGI KÖZPONT
ÉS A MAGYAR KATONAI-KATASZTRÓFAORVOSTANI
TÁRSASÁG LAPJA

LXIII. ÉVFOLYAM
2011/3-4. szám

HONVÉDORVOS SZERKESZTŐSÉGE

1134 Budapest, Róbert Károly krt. 44. vagy 1555 Budapest Pf.: 68.

Telefon: 4651-800/713-12

e-mail: honvedorvos@mohakft.hu

Kiadja: MOHA Nyomdaipari és Kiadó Kft., 1047 Budapest, Tinódi u. 22. Tel.: 390-1029

Kiadásért felelős: Harkai István,

Index: 25376 HU ISSN 0133-879X

TARTALOM

Kovács Gáspár mk.szds., Dr. Gachályi András ny. mk.ezds. Az ultraibolya sugárzás biológiai dozimetriája	127
Dr. Somosy Zoltán, Dr. Galántai Rita Tünde Ph.D., Dr. Bognár Gabriella, Emódy-Kiss Blanka, Dr. Horváth Győző ny. o.alez., Dr. Gachályi András ny. mk.ezds. Malathion hatása humán placenta modellsejtekre I. Cito- és genotoxicitás vizsgálata	134
Dr. Galántai Rita Tünde Ph.D., Dr. Somosy Zoltán, Emódy-Kiss Blanka, Dr. Bognár Gabriella, Dr. Horváth Győző ny. o.alez., Draskovits-Papp Zsófia, Dr. Gachályi András ny. mk.ezds. Malathion hatása humán placenta modellsejtekre II. Gázkromatográfiás-tömegspektrometriás vizsgálatok.....	146
Prof. Dr. Grósz Andor o.ddtbk., Ph.D., Dr. Szatmári Ákos o.fhdgy., Prof. Dr. Schandl László o.ddtbk., Ph.D. Tények, érvek a katonák és sportolók energiatartalék-fogyasztásával kapcsolatban. . . .	159
Dr. Remetei Dóra o.örgy. Korunk megváltozott biztonsági környezete, hatása a katonai-egészségügy egyes területeire. Az egészségügyi felderítés és az AJP-4.10.3 (MEDINT) doktrína.	170
Dr. Weinhoffer Judit A rehabilitáció és a katonapszichológia kapcsolatának történeti változásai sérült katonák ellátása során	183

Dr. Dura Gyula Ph.D., Dr. Faludi Gábor ny. o.ezds., Ph.D., Dr. Szabó Zoltán, Demeter Zoltán, Szalay Brigitta, Dr. Rudnai Péter, Dr. Páldy Anna Ph.D. Az egészségkockázat értékelésének szempontjai a vörösiszap katasztrófában érintett területen	195
Dr. Faludi Gábor ny. o.ezds., Ph.D., Gramantik Péter ny. ezds., Csete Edit Dr. Paller Judit A vörösiszap katasztrófa (2010) következményei elleni küzdelem egyes tapasztalatairól. / az ÁNTSZ OTH szemszögéből tekintve/.	208
Dr. Gundy Sarolta Ph.D., Dr. Farkas Gyöngyi Ph.D., Székely Gábor, Prof. Dr. Kásler Miklós D.Sc. Vörösiszap-exponált civil lakossági csoport rákrizikó becslése citogenetikai biomarkerekkel	219
Beszámoló (Magyar Katonai- és Katasztrófaorvostani Társaság Közgyűléséről és Tudományos Üléséről)	229

CONTENTS

Capt. (eng.) G. Kovács M.D.M.C., Col. (ret.) (eng.) A. Gachályi Biological dosimetry of ultraviolet radiation.....	127
Z. Somosy M.D., Rita T. Galántai M.D., Ph.D., Gabriella Bognár M.D., Blanka Emódy-Kiss, Lt.Col. (ret.) Gy. Horváth M.D., Col. (ret.) (eng.) A. Gachályi Effect of malathion on placental model cells I. Study of cyto- and genotoxicity.....	134
Rita T. Galántai M.D., Ph.D., Z. Somosy M.D., Blanka Emódy-Kiss, Gabriella Bognár M.D., Lt.Col. (ret.) Gy. Horváth M.D., Zsófia Draskovits-Papp, Col. (ret.) (eng.) A. Gachályi Effect of malathion on placental model cells II. Gas chromatography and mass spectrometry studies	146
Brig.Gen. Prof. A. Grósz, M.D.M.C., Ph.D. 1stLt. Á. Szatmári M.D.M.C., Brig.Gen. Prof. L. Schandl M.D.M.C., Ph.D. Facts and arguments about the energy drink consumption of military personnel and athletes	159
Maj. Dóra Remetei M.D.M.C. The new security environment of today and its effect on certain elements of military medicine. The medical intelligence and the AJP-4.10.3 (MEDINT) doctrine.....	170
Judit Weinholfer M.D. Chronological modifications in the relationship of rehabilitation and military psychology in the treatment process of injured soldiers	183

Gy. Dura M.D., Ph.D., Col. (ret.) G. Faludi M.D., Ph.D., Z. Szabó M.D., Z. Demeter, Szalay Brigitta, P. Rudnai M.D., Anna Páldy M.D., Ph.D.	Aspects of health risk assessment related to the red mud catastrophe	195
Col. (ret.) G. Faludi M.D., Ph.D., Col. (ret.) P. Gramantik, Edit Csete, Judit Paller M.D.	Certain experiences of defence of consequences of red mud flood disaster (2010) from the point of view of Office of Cheif Medical Officer of State (OCMO) of National Public Health and Medical Officer Service (NPHMOS)	208
Sarolta Gundy M.D., Ph. D., Gyöngyi Farkas M.D., Ph.D., G. Székely, Prof. M. Kásler M.D., D.Sc.	Cancer risk assessment by cytogenetic biomarkers of Hungarian civil residents exposed in the red mud catastrophe	219
Abstracts		229

Magyar Honvédség – Honvédkórház
Tudományos Intézet, Sugárbiológiai Kutató Osztály

Az ultraibolya sugárzás biológiai dozimetriája

Kovács Gáspár mérnök-százados,
Dr. Gachályi András ny. mérnök-ezredes

Kulcsszavak: ultraibolya sugárzás, biológiailag hatásos dózis, biológiai UV dozimetria, uracil doziméter, spektrális érzékenység

A szerzők rövid áttekintést adnak az ultraibolya (UV) sugárzás természetes és mesterséges forrásairól, valamint az emberi szervezetre gyakorolt hatásairól. Környezeti hatásként a globális klímaváltozással, a környezetszennyezéssel és a változó emberi szokásokkal, magatartással az UV sugárzás potenciális egészségkárosító hatása is egyre jelentősebb. Bár kiterjedt meteorológiai mérőhálózat működik hazánkban, ezek olyan fizikai mérőeszközök méréseire támaszkodva szolgáltatnak dozimetriai adatokat, amelyek csak a bőrégsre vonatkozó spektrális érzékenységgel számolnak. A biológiai UV doziméterek ellenben tetszőleges biológiai hatás (pl. tumor képződés) kockázatát közvetlenül képesek becsülni a biológiailag hatásos dózison keresztül. A becslés attól függ, hogy milyen spektrális érzékenységgel rendelkező biológiai rendszer képezi a mérőeszköz alapját. A szerzők a polikristályos uracil vékonyréteg doziméter példáján keresztül mutatják be a biológiai UV dozimetriát.

Rövidítések:

UV	ultraibolya	UVA	315-400 nm
UVB	280-315 nm	UVC	200-280nm
VUV	vákuum-UV 100-200 nm	PUVA	pszoralén+UVA
OD	optikai denzitás	H	Biológiailag hatásos dózis

A földfelszíni ultraibolya sugárzás

A földi élet kialakulásában és fenntartásában, a földfelszín és a levegő felmelegítésében, az időjárási jelenségek változásában döntő jelentőségű a napsugárzás intenzitása és spektrális eloszlása. Legfontosabb természetes UV forrásunk is a Nap. A Nap felszíni hőmérséklete meghaladja a 6 000 K-t, így UV emissziója is jelentős, teljes kisugárzott felületi teljesítményének mintegy 7 %-a esik

az UV tartományba [1]. A nap sugárzása a földi atmoszférán áthaladva jelentősen módosul: a 100-200 nm közé eső VUV-t, illetve a 200-280 nm közé eső UVC-t az atmoszféra gáz molekulái (nitrogén és oxigén) elnyelik, illetve szétszórják. A 280-315 nm közé eső UVB sugárzás nagy részét az UVC elnyelődésekor keletkező ózon abszorbeálja. A 315-400 nm közötti UVA sugárzás gyakorlatilag gyengítetlenül éri el a föld felszínét.

A föld felszínén mérhető sugárzás 0,3 %-a esik az UVB, 5,1 %-a az UVA tartományba. Az ózonréteg vékonyodásával azonban a rövidebb hullámhosszú UVB tartományba eső sugárzás is egyre nagyobb mértékben érheti el a földfelszínt [2, 3, 4]. A növekvő UVB sugárzás következményeképpen különböző biológiai károsodások jelennek meg a földi ökoszisztémában.

Az ózonréteg vastagságát *Dobson*-spektrofotométerekkel, magas légköri ballonos mérésekkel, és a Total Ozone Mapping Spektrométerrel (TOMS) műholdról folyamatosan követik. Az ózon réteg vékonyodása az 1970-es évek óta mérésekkel igazolható. A mérsékelt égövben évtizedenként 5 %-os, az Antarktisz Új-Zéland és Ausztrália térségében azonban 20 %-os kumulatív vékonyodást mértek. Ennek következtében az UVB terhelés is fokozódik. Ugyanakkor egy ezzel ellentétes hatású folyamat is megfigyelhető, egyes területeken a légszennyezés következtében keletkező szmog hatására az UV sugárzás jelentős mértékben abszorbeálódik, illetve reflektálódik. Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) kockázatbecslése szerint az ózonréteg 10 %-os csökkenése hatására a bőrtumorok száma 300 ezerrel, a melanomás esetek száma 4-5 ezerrel, a szürkehályogos esetek száma pedig mintegy 1,5 millióval nőhet évente, tehát a légkör állapota igen fontos tényező az emberiséget érő káros környezeti hatások szempontjából.

Mesterséges ultraibolya sugárforrások

Természetes UV forrásunk a Nap mellett számos mesterséges UV forrást találunk a modern világítástechnikában, az egészségügyi alkalmazások területén, a kozmetikai iparban és egyéb ipari alkalmazásokban. A fluoreszcens fényforrások mellett a kvarc-

halogén izzók is bocsátanak ki UV sugárzást. Ezek a fényforrások azonban úgy vannak kialakítva, hogy külső burkolatuk abszorbeálja az emberi szervezet számára káros rövidebb hullámhosszúságú sugárzást. A szoláriumokban használt fénycsövek emissziója az UVA tartományban jelentős, előidézve ezzel a bőr barnulását. Szoláriumcsövek esetén számolni kell bizonyos fokú UVB emisszióval is, ami a csövek öregedésével fokozódik. Bőrgyógyászati kezeléseknél sikerrel alkalmazzák az ún. PUVA terápiát (fotoszenzibilizáló psoralen +UVA irradiáció), psoriasis, atopiás dermatitis, mycosis fungoides, vitiligo, urticaria pigmentosa kezelésére. Az UVC tartományban emittáló germicid lámpákat (alacsony nyomású higanygőz lámpákat) levegő, laboratóriumi munkafelületek, víz csíramentesítésére, valamint élelmiszerek tartósítására is felhasználják. Az iparban és az orvosi gyakorlatban (fogászat, sebészet) is elterjedtek olyan ragasztóanyagok, amelyek polimerizációs reakcióját UV fényvel gyorsítják. Egyes molekulák UV fény hatására fluoreszkálnak, így felhasználhatók pl. biológiai mintákban jelölőként vagy bankjegyek azonosítására. A természeti környezet és az emberi szokások változásának következtében tehát, az UV sugárzás környezeti tényezőként egyre fokozottabban van jelen mindennapi életünkben.

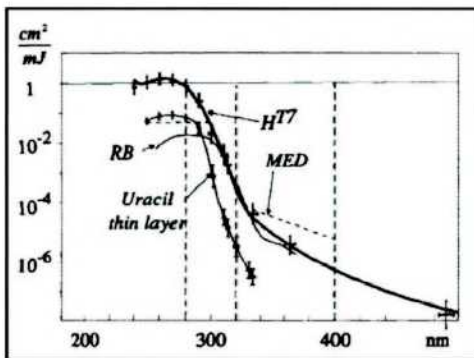
Az ultraibolya sugárzás biológiai hatásainak becslése

A biológiai hatás mennyiségi jellemzésére a biológiailag hatásos dózist vezették be, amely definíciója a következő:

$$H = t \cdot \int_{\lambda} E(\lambda) \cdot S(\lambda) d\lambda ,$$

ahol t a besugárzási idő [s], $E(\lambda)$ a spektrális irradiancia [$\text{Wm}^{-2}\text{nm}^{-1}$], $S(\lambda)$ a fotobiológiai

folyamat spektrális érzékenysége* [m^2/J^{-1}]. A fenti definíció szerint tehát H egy dimenzió nélküli szám, amely alkalmas különböző sugárforrások adott biológiai hatásra vonatkozó károsító hatásának összevetésére. Valamely fizikai mennyiség UV sugárzás hatására létrejövő változásának mérésén alapuló mérőeszközök, mint például a spektrométerek vagy integráló műszerek alkalmazásával a biológiai hatástól független fizikai dózist tudjuk közvetlenül meghatározni. Spektrométerek alkalmazásával az UV sugárzás besugárzott felületi teljesítményét nagyon szűk hullámhossz intervallumokban lehet megmérni. A spektrométerek szolgáltatják a legrészletesebb információt az adott sugárzásról, de a műszer drága, alkalmazása laboratóriumi körülményektől eltekintve nehézkes. A Robertson-Berger típusú műszerek mérési elve azon alapul, hogy spektrális érzékenységük közel azonos az emberi bőr UVB tartományra eső érzékenységeivel (1. ábra), így ezek összegezve mérik a teljes UVB intenzitást. Az integráló típusú mérő eszközök csak a megfelelő sugárzási térre történő kalibráció után használhatók. Ilyen műszerek



1. ábra: Abszolút spektrális érzékenységek összehasonlítása T7 fág inaktivációra (HT7), uracyl dimerizációra (uracyl thin layer), erythemara (MED) és Robertson-Berger mérőkészülék szenzorára (RB) [20]

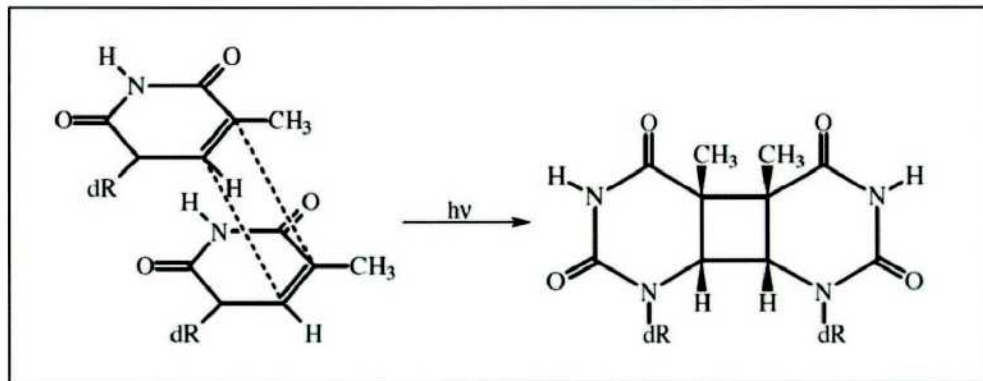
mérésén alapul a számos országban működő UV sugárzást mérő meteorológiai hálózat.

A biológiailag hatásos dózis értéke azonban eltérő biológiai doziméter esetén – az ahhoz tartozó eltérő spektrális érzékenység miatt – azonos fizikai dózis mellett is különböző lehet. Ezért a biológiailag hatásos dózist jelző szimbólum alsó indexében a biológiai doziméter működésének alapját képező biológiai rendszert, vagy molekulát is fel szokás tüntetni (pl. HU- uracyl doziméternél). Ismert spektrális érzékenységek és a sugárzás ismert spektrális eloszlása esetén, a különböző biológiai doziméterekkel kapott biológiailag hatásos dózis értékek egymásba átszámíthatók. Számos esetben arra is lehetőség van, hogy több környezeti hatást (sugárzások, ill. kémiai vegyületek hatását) is mérjünk egy időben. Az elmúlt két évtizedben több DNS alapú biológiai dozimétert fejlesztettek ki [2, 5, 6, 7, 8], amelyek a földfelszínen, valamint természetes vizekben egyaránt alkalmasak dózis mérésre. Ezen doziméterek alapját rendszerint baktériumok, bakteriofágok, illetve alkalmas biomolekulák képezik. Az 1. ábrán különböző biológiai és fizikai rendszerek abszolút spektrális érzékenységének összehasonlítása látható az UV tartományban (T7 fág inaktiváció, uracyl dimerizáció, erythema és Robertson-Berger mérőkészülék szenzora).

Dózismérés uracyl doziméterrel

Az UV sugárzás által indukált károsodások az élő rendszerekben a DNS sugársérülésére vezethetők vissza [9, 10]. Az UV fény okozta DNS károsodás a kezdő lépése többek között az emberi immunszuppresszióknak, a vírusindukciónak és a fotokarcinogenezisnek

* Annak a legkisebb fizikai dózissal a reciproka, ami éppen kiváltja az adott biológiai hatást.



2. ábra: DNS-láncon egymás mellett előforduló timin bázisok $[2\pi_s + 2\pi_s]$ cikloaddíciója ultraibolya fény hatására

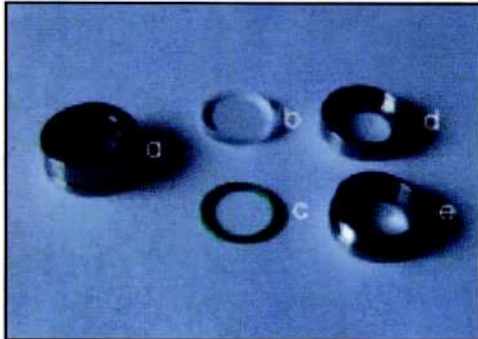
[11]. Az UV sugárzás hatására bekövetkező DNS sérülés a pirimidin bázisok sérülésén alapul (adduktum-képződés, rendszerint ciklobután dimer képződés), ennek a fotoproduktumnak a képződése domináns az UVB tartományban [12, 13, 14, 15]. A 2. ábrán a DNS-láncon egymás mellett előforduló timin bázisok ultraibolya fény hatására bekövetkező cikloaddíciójának (dimérképződés) sematikus ábrája látható.

Minden olyan módszer, amely közvetlenül az UV sugárzás DNS-károsító hatását kapcsolja össze az UV sugárzással, alkalmazható a biológiailag hatásos UV dózis (H vagy BED) mérésére. Ezeket az eszközöket összefoglaló néven DNS alapú biológiai UV dozimétereknek nevezzük.

A polikristályos uracil vékonyréteg doziméter esetén UV sugárzás hatására dimer képződés történik. Ez a reakciótermék jelenik meg UV besugárzás hatására *in situ* a kromoszómákban, mint pl. emberi bőrsejtek vagy lóhere-csira esetén [16] is. A bemutatásra kerülő polikristályos uracil vékonyréteget, az MTA Biofizikai Kutatócsoport által kifejlesztett vákuum párologtatásos módszerrel készítették és azok minőségét abszorpciós spektroszkópiával ellenőrizték

[17, 18]. Mivel a vékonyrétegek kezdeti abszorpciója (OD_0) függ a réteg vastagságától, a vékonyrétegek vastagságát standard értékre, 70 nm-re optimalizálták. A 3. ábrán az ún. szendvics szerkezetű uracil doziméter keresztmetszete, illetve a doziméterről készült fénykép látható. Az úrkutatási célra alkalmazott doziméter vákuum biztos kalcium fluorid ablak alatt helyezkedik el [19].

Az uracil vékonyrétegekkel végzett biológiai UV dozimetria kiértékelésének alapját a dimerizációs fotoreakció következtében megjelenő abszorpció csökkenés képezi. A 4.a és 4.b ábra az OD csökkenés kinetikáját mutatja be az alkalmazott UV-dózis függvényében két különböző sugárforrás esetén, ahol az OD-változás mértékét az abszorpciós spektrumok 288 nm-nél meghatározott értékeivel jellemezzük [6]. A 4.a ábrán germicid lámpával ($\lambda=254$ nm), a 4.b ábrán deutérium lámpával végzett besugárzás után az uracil vékonyréteg abszorpciós spektrumában bekövetkező csökkenés követhető nyomon (dózis-hatás görbe). A 4.a és a 4.b ábrán látható esetben a kezdeti OD érték azonos, ami lehetővé teszi a két különböző spektrumú sugárforrás biológiai hatásának összevetését. Látható, hogy



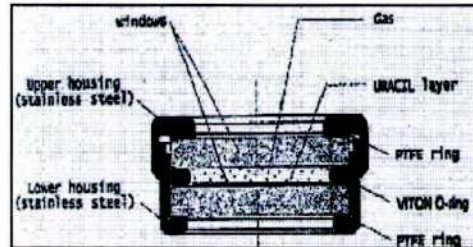
3.a ábra: Az uracil vékonyréteg doziméter vákuumbiztos, ürkísérletekhez kifejlesztett „szendvics” szerkezetű mintatartója és annak részei láthatók. A betűk a következő elemeket jelölik:

- (a) uracil vékonyréteg doziméter használatra kész állapotban,
- (b) kvarcból vagy kalcium-fluoridból készült ablak a besugárzási feltételektől függően,
- (c) Viton gyűrű,
- (d) a rozsdamentes acélból készült mintatartó felső része,
- (e) a rozsdamentes acélból készült mintatartó alsó része.

a germicid lámpával történő besugárzás hatékonyabban képez dimereket, mint az ugyanolyan dózisban alkalmazott deutérium lámpás besugárzás, vagyis ugyanolyan dózisú besugárzás hatására kisebb OD értéket mérhetünk [17]. Uracil doziméter esetében a biológiailag hatásos dózist a következő összefüggés adja [6]:

$$H_U = \ln \frac{OD_0 - OD_\infty}{OD(t) - OD_\infty}$$

Az egységnyi uracil dózis tehát a vékonyréteg abszorpcióját az eredeti e-ed részére csökkenti. A képlet lineáris H_U dózisskálát definiál, legalábbis a vékonyréteg telítési, OD_∞ értékéig. A skála nullpontjához eb-

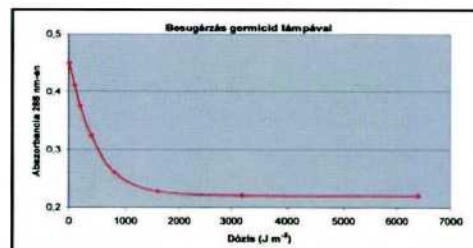


3.b ábra: A „szendvics” szerkezetű mintatartó metszeti ábrázolása

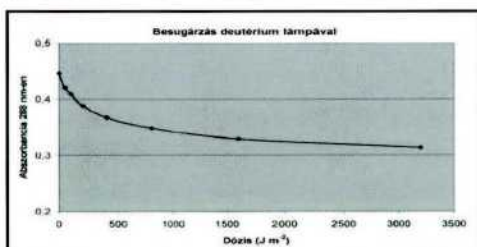
ben az esetben OD_0 tartozik, amit besugárzás előtt spektrofotométerrel minden egyes esetben meg kell határozni.

Következtetések

A biológiai UV doziméterek alkalmasak lehetnek, mind személyi dozimetriai, mind szabadtéri monitorozási célokra. A biológiai doziméterek által szolgáltatott adatok jó kiegészítői lehetnek az integráló típusú műszerekkel kapott eredményeknek. Ezen adatok felhasználásával képet nyerhetünk különböző területeken dolgozó személyek UV sugárzással összefüggő egészségügyi kockázatáról, így például a biológiai UV doziméterek segítségével a külföldi missziókban szolgálatot teljesítő, ill. speciális területeken dolgozó katonák egészségi kockázatbecslése is elvégezhető lenne.



4.a ábra: Uracil vékonyrétegben bekövetkező abszorpció csökkenés germicid lámpával ($\lambda=253,7$ nm) történő besugárzás hatására



4.b. ábra: Uracil vékonyrétegben bekövetkező abszorpció csökkenés deutérium lámpával ($\lambda=190-300$ nm) történő besugárzás hatására

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak Dr. Rontó Györgyi Professzor asszonynak, Dr. Horváth Győző ny. orvosalezredesnek és Dr. Galántai Ritának a témában nyújtott szakmai segítségéért.

IRODALOM

- [1] Nicholson, W. L., Schuerger, A. C., Setlow, P.: The solar UV environment and bacterial spore UV resistance: Consideration for earth-to-mars transport by natural processes and human spaceflight. *Mutat. Res.*, 2005, 571(1-2): 249-264.
- [2] Horváth R., Kerékgyártó, T., Csúcs, G., et al.: The effect of UV irradiation on uracil thin layer measured by optical waveguide lightmode spectroscopy. *Biosens Bioelectron.*, 2001, 16: 17-21.
- [3] Madronich, S., McKenzie, R. L., Björn, L. O., Caldwell, M. M.: Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. *J. Photochem. Photobiol. B. Biol.*, 1998, 46: 5-19.
- [4] Sobolev, I.: Effect of column ozone on the variability of biologically effective UV radiation at high southern latitudes. *Photochem. Photobiol.*, 2000, 72: 753-765.
- [5] Furusawa, Y., Suzuki, K., Sasaki, M.: Biological and physical dosimeters for monitoring solar UV-B light. *J. Radiat. Res.*, 1990, 31: 189-206.
- [6] Gróf P., Gáspár S., Rontó Gy.: Use of uracil thin layer for measuring biologically effective UV dose. *Photochem. Photobiol.*, 1996, 64: 800-806.
- [7] Regan, J. D., Yoshida, H.: DNA UVB dosimeters. *J. Photochem. Photobiol. B. Biol.*, 1995, 31: 57-61.
- [8] Regan, J. D., Carrier, W. L., Gucinski, H., et al.: DNA as a solar dosimeter in the ocean. *Photochem. Photobiol.* 1992, 56: 35-42.
- [9] Tevini M., Teramura A.H.: UV-B effects on terrestrial plants. *Photochem. Photobiol.*, 1989, 50: 479-487.
- [10] Urbach, E.: Potential effects of altered ultraviolet radiation on human skin cancer. *Photochem. Photobiol.*, 1989, 50: 789-794.
- [11] Vermeer, B. J., Hurks, M.: The clinical relevance of immunosuppression by UV radiation. *J. Photochem. Photobiol. B. Biol.*, 199, 24: 149-154.
- [12] Clingen P. H., Arlett, C. E., Roza, L., et al.: Induction of cyclobutane pyrimidine dimers, pyrimidine(6-4) pyrimidone photoproducts, and Dewar valence isomers by natural sunlight in normal human mononuclear cells. *Cancer Res.*, 1995, 55: 2245-2248.
- [13] Kvam, E., Tyrrell, R. M.: Induction of oxidative DNA base damage in human skin cells by UV and near visible radiation. *Carcinogenesis*, 1997, 18: 2379-2384.
- [14] Tyrrell, R. M., Pidoux, M.: Action spectra for human skin cells: estimates of the relative cytotoxicity of the middle ultraviolet, near ultraviolet and violet regions of sunlight on epidermal keratinocytes. *Cancer Res.*, 1987, 47: 76-80.
- [15] Tyrrell, R. M., Ley, R. D., Webb, R. B.: Induction of single-strand breaks (alkalilabile bonds) in bacterial and phage DNA by near UV (365 nm) radiation. *Photochem. Photobiol.*, 1974, 20: 395-398.
- [16] Tyrrell, R. M., Keyse, S. M.: New trends in photobiology. The interaction of UVA radiation with cultured cells. *J. Photochem. Photobiol. B. Biol.*, 1990, 4: 349-361.
- [17] Kerékgyártó T., Gróf P., Rontó Gy.: Production and basic application of uracil dosimeters for measuring the biological effective UV dose.

- Centr. Eur. J. Occup. Environ. Med., 1997, 3: 142-153.
- [18] Kovács G., Fekete A., Bérces A., Rontó Gy.: The effect of the short wavelength ultraviolet radiation. An extension of biological dosimetry to the UV-C range. Photochem. Photobiol. 2007, 88: 77-82.
- [19] Rontó Gy., Bérces A., Fekete A., et al.: Biological UV dosimeters in simulated space conditions. Adv. Space Res., 2004, 33: 1302-1305.
- [20] Rontó Gy., Gróf P., Gáspár S.: Biological UV dosimetry - a comprehensive problem. J. Photochem. Photobiol. B. Biol., 1995, 31: 51-56.

Capt. (eng.) G. Kovács M.D.M.C.,

Col. (ret.) (eng.) A. Gachályi

Biological dosimetry of ultraviolet radiation

Authors give a short overview of the effects of ultraviolet (UV) radiation on the human body as well as the natural and artificial UV sources. Due to the alteration of global climate, the pollution and the changing of the human habits and behavior, the potential harmful

effects of UV radiation are becoming more significant. The characterization and the quantification of these effects can be based on different measuring methods and devices. The extended meteorological monitoring network in our country uses physical dosimeters, which provide only calculated data for the spectral sensitivity of erythema (reddening of the skin). In contrast, the biological dosimeters can estimate the risk of any biological effect (eg. tumor formation) directly through the biologically effective dose. The estimation depends on the spectral sensitivity of the biological system which is the basis of the measuring device. The authors present the biological UV dosimetry through the example of uracil thin layer dosimeter.

Key-words: ultraviolet radiation biological effective dose, biological UV dosimetry, uracil dosimeter, spectral sensitivity

Kovács Gáspár mk. szds.

1134 Budapest, Róbert Károly körút 44.

Magyar Honvédség – Honvédkórház
Tudományos Intézet¹
Országos Frédéric Joliot-Curie Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet²

Malathion hatása humán placenta modellsejtekre I. Cito- és genotoxicitás vizsgálata

Dr. Somosy Zoltán¹,
Dr. Galántai Rita Tünde Ph.D.¹,
Dr. Bognár Gabriella²,
Emődy-Kiss Blanka¹,
Dr. Horváth Győző¹ ny. orvosalezredes,
Dr. Gachályi András¹ ny. mérnök-ezredes

Kulcsszavak: placenta sejttes modellje, humán choriocarcinoma sejtvonal (JAR), organofoszfátok, malathion, citotoxicitás, genotoxicitás, apoptózis, micronukleusz

Az organofoszfát típusú vegyületek csoportjába tartoznak különböző peszticidek (pl. malathion) és a vegyi fegyvernek kifejlesztett rendkívül toxikus idegmérgek (szarin, szomán, tabun, VX) is. Az utóbbi időben felmerült, hogy az organofoszfátok a kolinészteráz enzim gátlásán alapuló (kolinerg) idegrendszeri hatásokon kívül más hatásmechanizmusú (nemkolinerg) változásokat is okozhatnak, amelyek többek között érinthetik a reprodukatív szerveket és ezáltal, terhesség esetén a magzatot is. Jelen vizsgálatunkban a malathion cito- és genotoxikus hatásait tanulmányoztunk emberi placenta sejtek *in vitro* modelljének tekinthető choriocarcinoma sejtvonalon (JAR HTB 144). A kísérleti eredmények alapján megállapítottuk, hogy a malathion már viszonylag alacsony koncentrációkban cito- és genotoxikus, azaz a sejtek apoptotikus és nekrotikus pusztulását, illetve mikronukleuszok kialakulását (DNS károsodást) okozza. Kimutattuk, hogy a kezelés hatására megjelenő elváltozások bystander (szomszéd-sági) hatást mutatnak. Eredményeink alátámasztják a vegyületsoport reprodukatív toxicitására utaló adatokat.

Rövidítések:

OP	organofoszfát
MTT teszt	sejtek életképességének 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difeniltetrazolium-bromiddal történő vizsgálata
FCS	borjú szérum (fetal bovine serum)
AO	acridine orange fluoreszcens festék
EB	ethidium-bromid fluoreszcens festék
RPMI	Roswell Park Memorial Institute-nál kifejlesztett sejtenyészítő tápoldat
L-NAME	N-omega-nitro-L-arginin metilészter

Az organofoszfátokban (OP) egy központi foszfát (vagy foszfin) csoporthoz szerves oldalláncok kapcsolódnak. Az első OP-t 1854-ben szintetizálták. A II. világháború alatt már ipari méretekben történt az OP-k előállítás, először mezőgazdasági célból, rovarirtószerként, majd később az idegmérgekként ismertté vált vegyi fegyverek kifejlesztésére is sor került (szarin, szomán, tabun, VX) [1]. Napjainkban világszerte hatalmas mennyiségben használnak OP vegyületeket növényvédőszerként, illetve szúnyogirtásra (pl. malathion, parathion, DDVP) [2]. Bár az OP-k vegyi fegyverként való felhasználását nemzetközi egyezmények tiltják, hadászati vagy terroristámadás során való alkalmazásuk lehetősége mégis folyamatos veszélyt jelent mind a honvédség állományára, mind a civil lakosságra.

Az OP-k szerves oldalláncai a központi foszfor atom elektrofilicitásán, a molekula sztérikus tulajdonságán és lipidoldékonyságán keresztül nagymértékben befolyásolják a vegyület biológiai hatásosságát. Az OP-k egyrészt kolinészteráz gátló, ún. kolinerg hatással rendelkeznek. Ezen alapul az OP vegyi fegyverek működése és az OP rovarirtószer rovarölő hatása is [1, 2]. Vizsgálati adatok szerint az OP expozíciónak azonban nem csak kolinerg hatásai lehetnek, hanem felléphetnek különböző citotoxikus (membránkárosodás, sejthalál) és/vagy genotoxikus hatások (DNS károsodás, kromoszóma aberráció) is. Az egyik széles körben alkalmazott növényvédőszer, a malathion esetében nem-kolinerg hatást *in vitro* vizsgálatokban többféle sejtípuson megfigyeltek és *in vivo* rendszerekben is tapasztaltak [3-17]. Ezek a hatások már olyan alacsony dózisi expozícióknál megjelennek, ahol kolinerg hatással még nem kell számolni [18]. A nem-kolinerg hatások szabadgyök mechanizmusúak [3, 4, 18-20]. A

sejtszintű toxikus hatások szervi szinten is manifesztálódhatnak. Ezzel magyarázhatók többek között az OP-k neurotoxikus [21], hepatotoxikus [22, 23], kardiotoxikus [24], immunotoxikus [25, 26] hatásai.

Az előbb felsoroltak mellett számos jel mutat arra, hogy az OP-k a reprodukív rendszer különböző elemeire is toxikus hatásúak. Így az OP expozícióval terhelt területeken emelkedett számban figyeltek meg infertilitást, születési rendellenességeket, terhességi komplikációkat, magzati mortalitást, a hormonális egyensúly megváltozását [27-37]. *Levario-Carrillo* [38] az intrauterin növekedési retardáció (IUGR) és a pre-eclampsia gyakoribb előfordulását tapasztalta az OP-vel kezelt régiókban. Mivel a placenta kóros működése ok és okozatként is összefügghet az említett terhességi komplikációkkal, feltételezhető, hogy a környezeti OP terhelésnek kitett terheseknél a magzati károsodások egyik oka a placenta károsodása lehet [39-41]. Ugyanakkor, ebben a kérdéskörben részletes vizsgálatokat eddig nem folytattak.

A jelen tanulmányban ezt a kérdést vetjük górcső alá. Kísérleteinkben humán choriocarcinoma (JAR) sejtvonalat vizsgáltunk, amely a placenta sejtek elfogadott modellje. Organofoszfátként malathiont használva a cito- és genotoxikus hatásokat tanulmányoztuk. A sejtek változásait fluoreszcens mikroszkópos technikával követtük. Az alkalmazott ethidiumbromide-acridine orange festési technika segítségével jól elkülöníthetők a korai és késői apoptózis és a nekrotikus sejtek [42, 43]. Áramlási citometriával, illetve MTT redukációs teszttel nyomon követtük a sejtek pusztulását, illetve életképességének malathion hatására történő változását. A vizsgált peszticid DNS-re kifejtett toxicitását pedig a kezelés hatására kialakuló mikronukleuszok gya-

koriság változásának meghatározásával tanulmányoztuk. Ez utóbbi vizsgálatoknál a szabadgyök hatásmechanizmus igazolására is végeztünk kísérleteket.

Anyagok és módszerek

A malathiont és az MTT oldatot a Sigma-Aldrich-től vásároltuk, a dimetil-szulfoxidot (DMSO – gázkromatográfiához kat.sz.: 1.09678.0100) pedig a Merck-től szereztük be. A malathion törzsoldatát (200 mg/ml) DMSO-ban készítettük el, és $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tároltuk. Az RPMI-1640 tápoldat, az antibiotikumok (penicillin és streptomycin), továbbá a borjú szérum (fetal bovine serum, FCS) a GIBCO termékei voltak. Az acridine orange (AO) és ethidiumbromide (EB) fluoreszcens festékeket a Chroma Gesellschaft Schmid Co., illetve a Sigma-Aldrich-től vásároltuk.

A JAR sejtek malathionnal történő kezelése. A JAR choriocarcinoma sejtvonalat [44] az LGC Promochem-től szereztük be. A sejteket (100 IU/ml penicillin, 100 $\mu\text{g/ml}$ streptomycin) antibiotikumot és 10 % FCS-t is tartalmazó RPMI-1640 tápoldatban tenyésztettük standard steril inkubátorban $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on, 5 % széndioxidot tartalmazó atmoszférában. A mikroszkópos mérésekhez és az életképesség vizsgálatához a sejteket 24, illetve 96 lyukú tenyésztő edényekbe (FALCON) osztottuk szét, a mikronukleusz gyakoriság mennyiségi meghatározásához pedig a Petri-csészét használtunk. (Az előbbi felsorolás sorrendjében a sejtuszuspenzió térfogata 1 ml, 0,2 ml, és 8 ml sejtuszuspenzió/lyuk, illetve flaska volt.) A mikroszkópos vizsgálatához a sejteket a malathion hozzáadását megelőzően 24 órán keresztül 12 mm átmérőjű üveglapokon (Thermo Scientific Menzel-Gläser, Germany) tenyésztettük. A malathion kezelést 10, 25, 50, 100, 200

és 400 $\mu\text{g/ml}$ koncentrációknál 0,5, 1, 2, 4, 6, 8 és 24 órán át végeztük. (A megfelelő térfogatú malathion törzsoldatot a tenyésztő médiumhoz mértük hozzá.) Egy másik kísérleti sorozatban az előbb említett malathion koncentrációkkal 1 órán át végeztünk kezelést, majd a malathionot tartalmazó tápoldatot malathion mentesre cseréltük le, és a sejtek inkubációját 1, 2, 4, 6, 8 és 24 órán át tovább folytattuk.

A malathion citotoxicitását fluoreszcens mikroszkópos technikával, MTT életképesség vizsgálatával és sejtszám-változás áramlási citometriával történő meghatározásával tanulmányoztuk. A genotoxicitás vizsgálata mikronukleusz test segítségével történt.

1. *A sejtpusztulás tanulmányozása acridine orange-ethidiumbromid fluoreszcens festéssel* [45]. A malathion kezelést követően az üveglapocskákat a rájuk kitapadt sejtekkel együtt eltávolítottuk a tenyésztő edénylyukaiból, és 200 μl festék-keverékkel (desztillált vízben oldott AO (3 $\mu\text{g/ml}$) és EB (10 $\mu\text{g/ml}$)) inkubáltuk 5 percig. Ezt követően a festéket foszfát pufferrel (PBS 1x pH 7,2) mostuk le és a sejteket azonnal Zeiss Axioplan fluoreszcens mikroszkópban vizsgáltuk 250-szeres nagyítással. A fényképeket Konica Minolta Dimage A200 digitális fényképezőgéppel készítettük.

Az AO festéket az életképes és nem-életképes sejtek is felveszik. Ultraibolya fényrel történő megvilágítás hatására a kettősszálú DNS-hez kapcsolódott festék zölden fluoreszkál, egyszálú nukleinsavhoz (RNS) kötődve pedig vörös fényt bocsát ki. Az EB-t csak az életképtelen, a membránjuk féligáteresztő képességét elveszített sejtek veszik fel. A felvett és a DNS-hez kötődött EB molekulák emissziója a vörös tartományba esik. Ennél a festési eljárásnál a különböző fluoreszcencia emisszió alapján

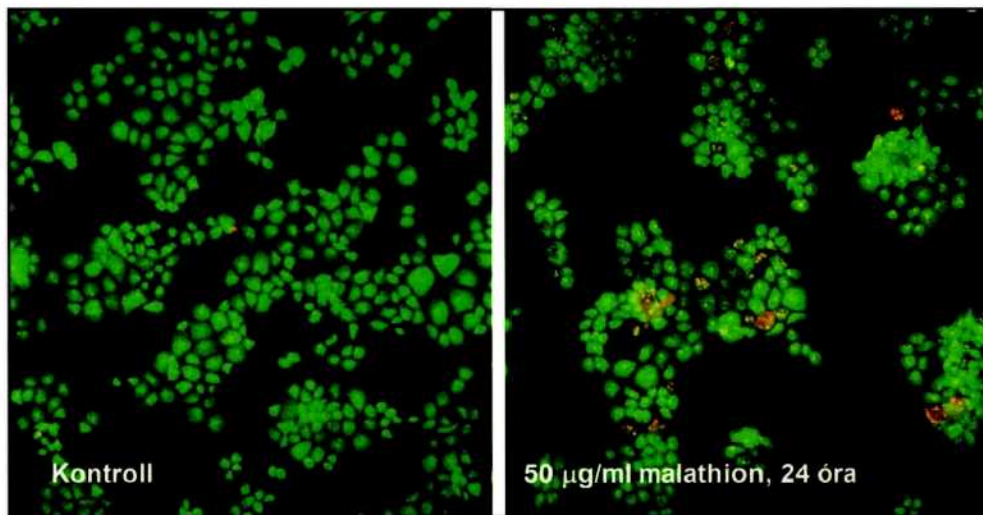
négyféle sejtállapotot különböztethetünk meg: (1) Élő sejtek, amelyek sejtmagja fényes zöld és szervezett struktúrával rendelkezik. (2) A korai apoptotikus sejteket a kompakt, zöld sejtmag és a perinukleáris kromatin kondenzáció jellemzi. (3) A késői apoptotikus sejtek esetében a sejtmag narancssárgás vagy vöröses, kondenzált vagy fragmentált kromatinnal. (4) A nekrotikus sejtek szervezett struktúrával rendelkeznek és narancssárgától vöröses színűre festődhetnek [46].

2. *Életképesség vizsgálata MTT teszttel* [46]. Ez a kolorimetriás módszer a tetrazolium só (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromid (MTT)) kék formazán kristályá történő átalakulásán alapul. A reakciót az élő sejtek ép mitokondriumában található dehidrogenáz enzim katalizálja. A formazán detektálása spektrofotometriai úton történik. Az MTT tesztet 96 lyukú tenyésztőedényben végeztük (~ $1,5 \times 10^4$ sejt/lyuk). Miután a sejteket 0,2 mg/ml koncentrációjú MTT oldattal 2 órán át inkubáltuk (37 °C, 5 % CO₂), a kialakult formazán kristályokat 150 µl savas (6 µl cc. HCl/ml) izopropanolban oldottuk fel. Ezután Anthos/Dialab 2010 microplate reader (Anthos Labtec Instruments GmbH, Ausztria) segítségével 570 nm-en megmértük a sejtuszpenziók optikai denzitását (referenciaként a 620 nm-es mért értéket szolgált). Az eredményeket %-ban fejeztük ki. 100 %-nak a kontroll (a malathionnal nem kezelt sejtek) esetében kapott formazán oldat optikai denzitását vettük.

3. *Áramlási citometriás vizsgálatok*. A sejteket megfelelő ideig kisméretű Petri-csészében tenyésztettük (35/10 mm) és kezeltük malathionnal (37°C, 5 % CO₂; Forma-Scientific Water-Jacketed Incubator 3250). A malathion eltávolítását követően a sejteket 1 ml 4 °C-os tápoldattal mostuk, majd

6 percen át 800 µl tripszinnel emésztettük. Ezután 900 µl PBS-EDTA (PBS 1x, 2 mmol/l-es etilén-diamin-tetraecetsav, pH 7,2) és mechanikus mozgatás segítségével a sejteket centrifugacsőbe vittük át, majd további 10 ml PBS-EDTA hozzáadása után 8 percen át 250 g-vel centrifugáltuk. A cső alján összegyűlt sejtekről a PBS-EDTA-t leöntöttük, majd a sejteket újra mostuk és centrifugáltuk. A második centrifugálás után a PBS-EDTA-t *Pasteur* pipettával teljesen eltávolítottuk, és 400 µl PBS-EDTA-t mérünk a sejtekhez. Az így kapott mintákon áramlási citométerrel (BD FACSCalibur) megmértük a 20 s alatti eseményszámokat. A kiértékelés CellQuest Pro programmal történt.

4. *Mikronukleusz teszt* [47, 48]. A mikronuleusz teszt során a sejtek osztódását – megfelelő koncentrációjú malathionnal történt kezelést követően – cytochalasin-B-vel az interfázisban leállítottuk, így két-magvú sejteket kaptunk. Annak eldöntésére, hogy a mikronukleuszok sejt kultúrában való megjelenése egyenletes vagy csoportos eloszlást mutat-e, *in situ* vizsgálatot végeztük. Ezeknél a méréseknél a sejteket 12 mm átmérőjű üveglapon tenyésztettük. A malathion kezelést követően a sejteket foszfát pufferrel (PBS 1x,) mostuk, majd 3 x 10 percig rögzítettük vízmentes (100 %-os) metanolban. Ezt követően a sejteket 0,003 % (w/v) acridine orange festékkoldattal 5 percig festettük [49], a preparátumokat a PBS-es mosás után levegőn szárítottuk. Ennél az eljárásnál a mikronukleuszok színes keretek testecskének látszanak a citoplazmában, és jól elkülöníthetőek a sejtmagtól. A mikronukleuszok számszerű elemzését sejtuszpenzióban végeztük. Ilyenkor a sejtek tenyésztése *Petri*-csészében történt. A malathion kezelést követően a sejteket mechanikusan távolítottuk el a tartóedényből, majd az így kapott sejtuszpenziót centri-



1. ábra: *Acridineorange ethidiumbromidos festés eredménye kontroll és 50 µg/ml malathionnal 24 órán át kezelt sejteknél*

fugálás után az előbb leírt módon festettük. A mikronukleusz gyakoriság meghatározásánál csak a két-magvú sejteket vettük figyelembe, és minden koncentráció-, illetve időpontnál legalább 1000 két-magvú sejtet vizsgáltunk meg. Az eredményt ezrelékben fejeztük ki (%).

Kataláz és nitrogénoxid szintáz inhibitor hatása a mikronukleuszok mennyiségére. 50 µg/ml malathionnal történő kezelést követően a nitrogénoxidokból képződő szabad gyökök mennyiségének befolyásolása céljából 5,0 µmol/l N-omega-nitro-L-arginin metil észtert (L-NAME) adtunk a mintához, a hidrogénperoxid bontására pedig 5 000 U/ml marha májból származó katalázt használtunk. Az alkalmazott koncentrációkat a témával kapcsolatos közlemények alapján határoztuk meg [50, 51].

Eredmények

A malathion citotoxicitása. A malathion hatására bekövetkező, különböző típusú sejtpusztulás folyamatában lévő sejtek továbbá

az élő sejtek megjelenítése AO-EB festés segítségével történt.

Kísérleteink során a sejttenyészetet 10, 30 perc, 1, 4, 6, 8, 24 és 48 órán keresztül 10, 25, 50, 100, 200 és 400 µg/ml koncentrációjú malathionnal kezeltük. A kezeletlen sejtek esetében (1. ábra, bal oldal) az élő sejtekre jellemző fluoreszcencia figyelhető meg, csak elszórtan láthatók korai- vagy késői apoptotikus sejtek, melyeket kondenzált kromatin és fragmentált sejtmag jellemez. A malathionnal történt kezeléseknél, a 25 - 400 µg/ml koncentráció tartományban 4 óra elteltével kismértében nőtt a korai apoptotikus sejtek száma. 6-8 órás kezelést követően viszont már jelentősen emelkedett azoknak a sejteknek a száma, amelyeknél az apoptózis folyamatára jellemző morfológiai változások voltak megfigyelhetők, valamint már nekrotikus sejtek is megjelentek. Megfigyelésünk szerint a malathion apoptózist kiváltó hatása a kezelési koncentráció növelésével egy ideig nőtt, majd a magas koncentrációknál (100, 200 és 400 µg/ml) már nem változott. Nekrózis

esetében ilyen összefüggést nem tapasztaltunk, s az így elpusztult sejtek mennyisége becslésünk szerint a kezelési koncentrációk növekedésével párhuzamosan emelkedett.

Eredményeinkkel kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy a malathion már olyan alacsony koncentrációknál (25, 50 $\mu\text{g/ml}$) is apoptózist indukált, ahol kolinerg hatással még nem kell számolni.

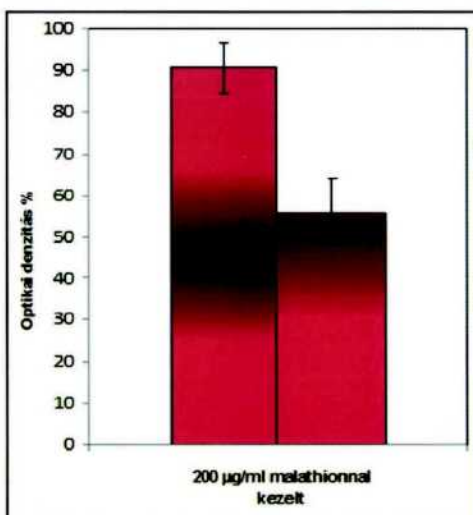
Wang és mtsai (2010) AO festést követően, *in situ* végzett kvalitatív vizsgálatokat is leírtak. Az előzetes mikroszkópos vizsgálataink szerint esetünkben a kezelések során a pusztuló sejtek nagy számban válnak le az aljatról, s kerülnek a tápoldatba, amely jelenség a mennyiségi vizsgálatok eredményeit bizonytalanná teszi. Ezért a sejtek életképességének változását, amely összefügg a sejtpusztulás mértékével, MTT redukciós teszttel határoztuk meg, ahol a mérés sejtszuszpenzióban történik, így az eredményre nincsen hatással a kezelés következtében kialakuló sejt-aljat kapcsolat változása. Az életképesség vizsgálatokat az AO-EB festési technikánál megadott malathion koncentrációknál és inkubálási időknél végeztük el. Az 2.A ábra a 24 órás inkubálás eredményét mutatja 50, illetve 200 $\mu\text{g/ml}$ malathion koncentrációnál. Látható, hogy az életképes sejtek aránya malathion kezelés hatására csökken. Érdeemes megemlíteni, hogy az életképes sejtek aránya nagyobb malathion koncentrációnál nagyobb mértékben csökkent. Ezt a tendenciát lehetett megfigyelni abban a kísérlet sorozatban is, ahol 1 órás malathion kezelés után malathion-mentes tápoldatban folytattuk a sejtek inkubálását. Ebben az esetben azonban az életképes sejtek száma kisebb mértékben csökkent.

Tekintettel arra, hogy az MTT tesztnél minden mérési pontnál a kontrollra ka-

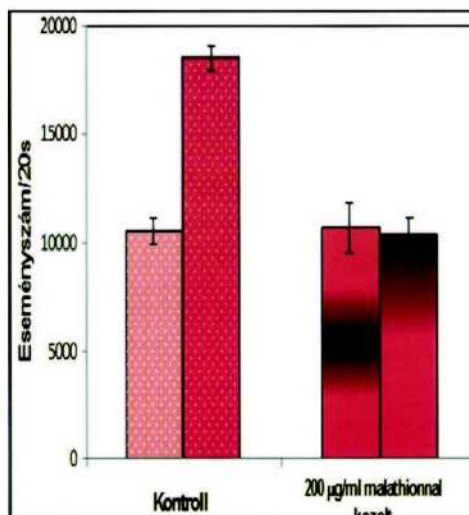
pott értéket tekintjük 100 százaléknak, ez a mérés nem szolgáltat információt az életképes sejtek abszolút számának változására. Az életképesség csökkenését okozhatja a sejtpusztulás miatti sejtszám csökkenés, de előidézheti a sejtek osztódásának, a sejtek proliferációjának malathion kezelése által előidézett gátlása is. Ezért a sejtszám változásának tanulmányozására áramlási citometriás vizsgálatokat is végeztünk. A 24 órás, 200 $\mu\text{g/ml}$ malathion koncentrációnál kapott kezelés eredményét a 2.B ábrán mutatjuk be. Amint látható, a kezeletlen sejtek száma közel duplájára nőtt, míg a malathionnal kezelt sejtek száma változatlan maradt. Ezek alapján megállapítható, hogy a malathion a JAR sejtek szaporodását gátolja.

A *malathion genotoxicitása*. A mikronukleusz gyakoriság meghatározásakor a fluoreszcens mikroszkópos mennyiségi vizsgálatnál előbbiekben említett technikai akadállyal szembesültünk, ezért *in situ* csak a vizuális megfigyelésre került sor, a kvantitatív elemzéseket pedig sejtszuszpenzióban, izolált sejteken végeztük el. Eredményeink azt mutatták, hogy a malathion kezelés 50 $\mu\text{g/ml}$ alatti koncentrációknál nem okoz szignifikáns mikronukleusz gyakoriság növekedést. 50 $\mu\text{g/ml}$ -nél, illetve e fölött viszont már a mikronukleuszok kialakulása szignifikánsan gyakoribbá vált 24 órás inkubálási időt vizsgálva (3., 4. ábra). Ezt a változást lehetett az 1 órás elő-inkubálásnál is megfigyelni, csak kisebb mértékben. Eredményeink azt mutatják, hogy a malathion dóziszfüggő módon genotoxikus hatású a placenta modellsejtekre.

50 $\mu\text{g/ml}$ koncentrációjú malathionnal történő kezelés után meghatároztuk, hogy a hidrogénperoxid 5 000 U/ml katalázal történő enzimatis bontása, illetve az 5,0 $\mu\text{mol/l}$ -es L-NAME kezelés (a nitrogénoxid



2.A ábra: Az életképesség változása 50 µg/ml és 200 µg/ml malathion kezelés hatására, illetve az 1 órási 200 µg/ml malathion kezelést követően malathion mentes tápoldatban történő tenyésztés során. Az első oszlop a 6 órás, a második oszlop pedig a 24 órás kezelés eredményét mutatja. (100 százaléknak a kontroll sejteknél mért optikai denzitást tekintettük.)



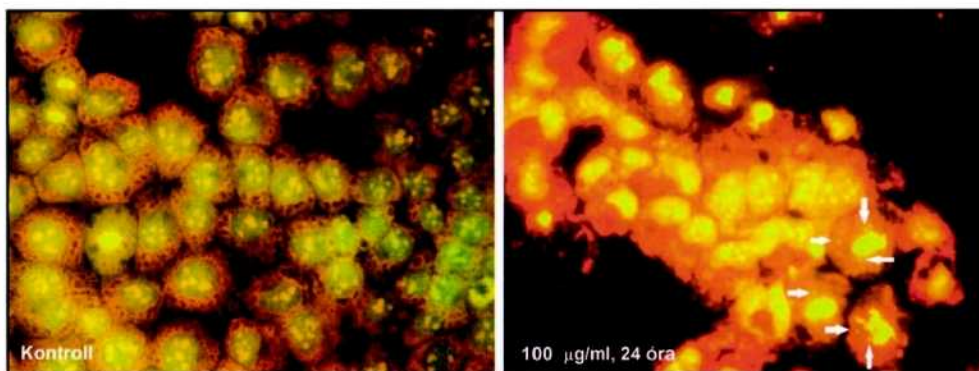
2.B ábra: A sejtek számának változása kezeletlen és 200 µg/ml malathionnal kezelt sejt kultúrában. Az első oszlop a 4 órás, a második pedig a 24 órás sejtenyésztés eredményét mutatja.

kataláz kezelés esetén haladta meg a kapott csökkenés a metodika 20 százalékos hibahatárát.

Megbeszélés

Munkánkban elsőként mutattuk ki és közöltünk mennyiségi adatokat arról, hogy *in vitro* körülmények között a malathion citos és genotoxikus a placenta sejtek modellje-

szintáz gátlása) mennyiben befolyásolja a kialakuló mikronukleuszok mennyiségét. Mint ahogy az 5. ábra mutatja, mindkét esetben a mikronukleusz gyakoriságának csökkenését tapasztaltuk. Azonban csak



3. ábra: Mikronukleuszok *in situ* megfigyelése acridine-orange festéssel kontroll és 24 órán át 50 µg/ml malathionnal kezelt sejteknél

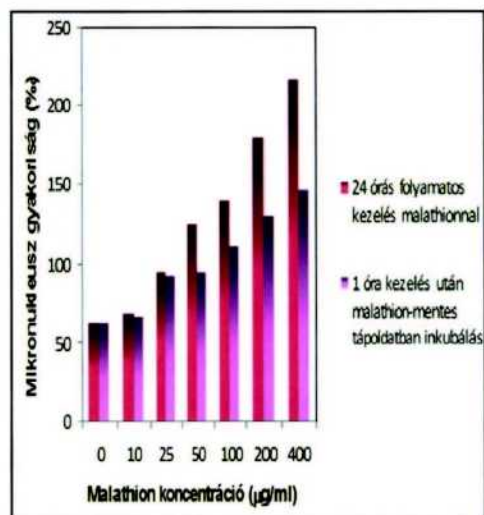
ként elfogadott JAR sejtekre. A malathion alacsonyabb koncentrációtartományban (25-100 $\mu\text{g/ml}$) elsősorban apoptózist okoz. Irodalmi adatok alapján megállapítható, hogy OP vegyületekre más sejtvonalaknál is hasonló eredményt kaptak, és a hatás dózis-, illetve időfüggőnek bizonyult [3,7,8,18,52]. Kisebb dózisosknál más OP-k hatására is az apoptózis volt a domináns sejtpusztulási mechanizmus, nagyobb dózisosknál pedig főként nekrozis lépett fel [7, 12].

Mint ismeretes, az apoptózis egy komplex, programozott sejthalál, amely jól meghatározott sorrendben, egymást követő, molekuláris szintű események energiafüggő láncolatából áll. Inicializációja történhet a sejtek plazmamembránján levő membrándoméneken keresztül, de történhet mitokondriális mechanizmussal is [53]. A membrán szintű inicializáció az ún. halálligandumok membránreceptorhoz történő kapcsolódásán alapul, a mitokondriális mechanizmus viszont a szabadgyökök felgyűlésével függ össze. Különböző gyökfogyó vegyületekkel történő kezeléseknél kapott eredmények alapján elmondható, hogy a malathion cito- és genotoxikus hatása – más OP-khez hasonlóan – szabadgyök mechanizmuson keresztül történik [3, 4, 19]. Ezek az eredmények az apoptózis mitokondriális mechanizmusára utalnak. A saját előzetes eredményeink is alátámasztják ezt a hatásmechanizmust. Érdekes, hogy az általunk használt két gyökfogyó közül csak a kataláz (hidrogénperoxid elimináció) volt hatásos (5. ábra). Ez azt jelentheti, hogy a nitrogénoxidból származó szabadgyökök ebben az esetben kimutatható szerepet nem játszanak. A mitokondriális utat támasztják alá Saleh és munkatársainak azon eredményei is [52], ahol malathion vagy más OP kezelést követően a kaszpáz 9 aktivitásának változását tapasztalták. Vannak

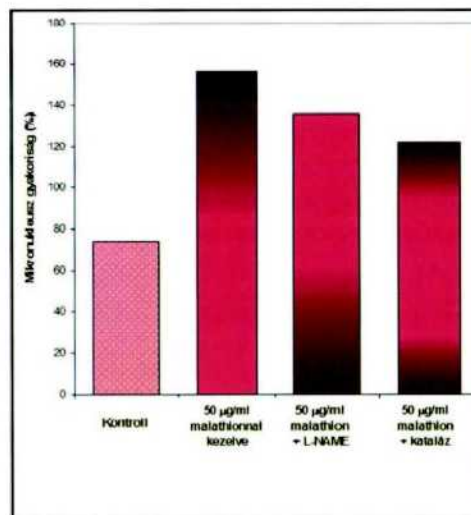
azonban olyan irodalmi adatok is, amelyek szerint malathion, illetve más OP hatására a kaszpáz 8 aktivitása növekszik [3,18]. Ez viszont a halál receptor útra jellemző változás. Elméleti megfontolások és kísérleti adatok alapján tehát a JAR sejtek esetében mindkét előbbieken vázolt hatásmechanizmus számításba jöhet. A kérdés tisztázása további kísérleteket igényel.

Ismert tény, hogy az apoptózis fontos szerepet játszik a placenta normális fejlődésében [54, 55]. Arra is találhatók irodalmi adatok, hogy az apoptózis bizonyos klinikai körképek, mint pl. a pre-eclampsia és az intrauterin növekedési retardáció kialakításában is részt vesz [56]. Ha mindezekhez hozzávesszük, hogy ilyen kóros elváltozásokat malathion és más OP-k esetében is megfigyeltek [38, 57], akkor nagyon kézenfekvő, hogy az OP-k apoptózist kiváltó hatása húzódik meg az előbb említett kóros jelenségek hátterében.

Kísérleteink segítségével azt is sikerült kimutatni, hogy a malathion genotoxikus a JAR sejtekre. Az általunk alkalmazott mikronukleusz teszt egy elfogadott módszer a DNS károsodás kimutatására [47, 48]. A kettős-magvú (citokinézisben gátolt) sejtekben a mikronukleusz gyakoriság nagyobb malathion koncentrációknál kismértékben emelkedett. Az apoptózis kiváltásához hasonlóan feltételezhető, hogy a genotoxikus hatásokban is a malathion kezelés által indukált szabadgyök képződés játszik szerepet [16]. Fontos megjegyezni, hogy a cito-, és genotoxikus hatás olyankor is kimutatható, amikor malathionnal csak egy órán át történik a kezelés, és ezt követően a sejtek inkubálása malathion-mentes tápoldatban folytatódik. A hatás megjelenése azt mutatja, hogy a JAR sejtek malathion felvétele viszonylag gyors, hiszen egy óra alatt is tapasztalható irreverzibilis változás.



4. ábra: A mikronukleusz gyakoriság változása különböző koncentrációjú, folyamatos (1. oszlop), illetve 1 órás (2. oszlop) malathion kezelés hatására



5. ábra: Nitrogénoxid szintáz gátló anyag (5 µmol/l L-NAME) és 5 000 µ/l kataláz hatása az 50 µg/ml malathion kezelésnél tapasztalt mikronukleusz gyakoriságra

Ez a megfigyelés nagy jelentőségű lehet a rövid malathion expozíciók rizikóbecslésével kapcsolatban.

Az utóbbi években kimutatták, hogy a különböző toxikus kémiai vagy fizikai hatások a közvetlen sejtkárosításon felül úgynevezett szomszédosági (bystander) hatást is produkálnak [58]. Ez a fogalom azt jelenti, hogy a közvetlenül károsodott sejtek közelében levő, a károsító ágens által nem érintett sejtek gyakran a közvetlenül károsodott sejtekhez hasonló elváltozásokat mutatnak. Így a kezelthez hasonlóan apoptózissal, programozott sejthalállal elpusztulhatnak, DNS károsodás alakulhat ki bennük, stb. Ez a hatás megsokszorozhatja a károsodott sejtek számát, azaz az adott ágens hatását. Egyik általános elfogadott ismérve a szomszédosági hatásnak, hogy ilyenkor a végpontok csoportokban jelennek meg [59]. Azok a megfigyeléseink, hogy mind

a malathion kezelést követően látható elpusztult sejtek (1. ábra jobb oldal), mind a mikronukleuszt tartalmazó sejtek (3. ábra jobb oldal) csoportosan helyezkednek el, esetünkben is szomszédosági hatásra utalnak. Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a malathion cito- és genotoxikus hatása a JAR sejtekre, mely elváltozások szomszédosági hatásként is megjelennek.

IRODALOM

- [1] Chambers, W. H.: Organophosphorus compounds: an overview. In: Chambers, J. E., Levi, P. E. (Szerk.), Organophosphates, Chemistry, Fate, and Effects. Academic Press, San Diego, CA, 1992, p. 3–17.
- [2] Kamrin, M. A.: Pesticide Profiles: Toxicity, Environmental Impact, and Fate. New York: Lewis Publishers, 1997.
- [3] Ahmed, T., Tripathi, A. K., Suke, S. G., et al.: Role of HSP27 and reduced glutathione in modulating malathion-induced apoptosis of human peripheral blood mononuclear cells:

- Ameliorating effect of N-acetylcysteine and curcumin. *Toxicol. In Vitro*, 2009, 23: 1319-1325.
- [4] D., Bagchi, M., Hassoun, E. A., Stohs, S.J.: *In vivo* and *in vitro* generation of reactive oxygen species, DNA damage and lactate dehydrogenase leakage by selected pesticides. *Toxicology*, 1995, 104: 129-240.
- [5] Blasiak, J., Jaloszynski, P., Trzeciak, A., Szyfter, K.: *In vitro* studies on the genotoxicity of the organophosphorus insecticide malathion and its two analogues. *Mutat. Res.*, 1999, 445: 275-283.
- [6] Bull, S., Fletcher, K., Boobis, A.R., et al.: Evidence for genotoxicity of pesticides in pesticide applicators: a review. *Mutagenesis*, 2006, 2: 93-103.
- [7] Carlson, K., Jortner, B. S., Ehrich, M.: Organophosphorus compound-induced apoptosis in SH-SY5Y human neuroblastoma cells. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 2000, 168: 102-113.
- [8] Das, G. P., Shaik, A. P., Jamil, K.: Estimation of apoptosis and necrosis caused by pesticides *in vitro* on human lymphocytes using DNA diffusion assay. *Drug Chem. Toxicol.*, 2006, 29: 147-156.
- [9] Dulout, F. N., Olivero, O. A., von Guradze, H., Pastori, M. C.: Cytogenetic effect of malathion assessed by the micronucleus test. *Mutat. Res.*, 1982, 105: 413-416.
- [10] Flessel, P., Quintana, P. J., Hooper, K.: Genetic toxicity of malathion: a review. *Environ. Mol. Mutagen.*, 1993, 22: 7-17.
- [11] Giri, S., Prasad, S. B., Giri, A., et al.: Genotoxic effects of malathion: an organophosphorus insecticide, using three mammalian bioassays *in vivo*. *Mutat. Res.*, 2002, 514: 223-231.
- [12] Li, Q.: New mechanism of organophosphorus pesticide-induced immunotoxicity. *Nippon. Med. Sch.*, 2007, 74: 92-105.
- [13] Moore, P. D., Yedjou, C. G., Tchounwou, P. B.: Malathion-induced oxidative stress, cytotoxicity, and genotoxicity in human liver carcinoma (HepG(2)) cells. *Environ. Toxicol.*, 2010, 25: 221-226.
- [14] Réus, G. Z., Valvassori, S. S., Nuernberg H., et al.: DNA damage after acute and chronic treatment with malathion in rats. *J. Agric. Food Chem.*, 2008, 56: 7560-7565.
- [15] Salvadori, D. M., Ribeiro, L. R., Pereira, C. A., Beçak, W.: Cytogenetic effects of malathion insecticide on somatic and germ cells of mice. *Mutat. Res.*, 1988, 204: 283-287.
- [16] Shadnia, Sh., Azizi, E., Hosseini, R., et al.: Evaluation of oxidative stress and genotoxicity in organophosphorus insecticide formulators. *Hum. Exp. Toxicol.*, 2005, 24: 439-445.
- [17] Titenko-Holland, N., Windham, G., Kolachana, P., et al.: Genotoxicity of malathion in human lymphocytes assessed using the micronucleus assay *in vitro* and *in vivo*: a study of malathion-exposed workers. *Mutation Res.*, 1997, 388: 85-95.
- [18] Masoud L., Vijayasarathy, C., Fernandez-Cabezudo, M., et al.: Effect of malathion on apoptosis of murine L929 fibroblasts: a possible mechanism for toxicity in low dose exposure. *Toxicology*, 2003, 185: 89-102.
- [19] Banerjee, B. D., Seth, V., Bhattacharya, A., et al.: Biochemical effects of some pesticides on lipid peroxidation and free-radical scavengers. *Toxicol. Lett.*, 1999, 107: 33-47.
- [20] Jia, Z., Misra, H. P.: Reactive oxygen species in *in vitro* pesticide-induced neuronal cell (SH-SY5Y) cytotoxicity: role of NFkappaB and caspase-3. *Free Radic. Biol. Med.*, 2007, 42: 288-298.
- [21] Abou-Donia, M. B.: Organophosphorus Ester-Induced Chronic Neurotoxicity, *Archives of Environmental Health*, 2003, 58: 484-497.
- [22] Kalender, S., Uzun, F. G., Durak, D., et al.: Malathion-induced hepatotoxicity in rats: the effects of vitamins C and E. *Food Chem. Toxicol.*, 2010, 48: 633-638.
- [23] Binukumar, B. K., Gill, K. D.: Cellular and molecular mechanisms of dichlorvos neurotoxicity: cholinergic, noncholinergic, cell signaling, gene expression and therapeutic aspects. *Indian. J. Exp. Biol.*, 2010, 48: 697-709.
- [24] Yavuz, Y., Yurumez, Y., Ciftci, I.H., Buyukokuroglu, M.: Effect of diphenhydramine on myocardial injury caused by organophosphate poisoning. *Clin. Toxicol. (Phila.)*, 2008, 46: 67-70.

- [25] Davea, J. R., Connors, R. A., Genovese, R. E., et al.: DNA fragmentation in leukocytes following repeated low dose sarin exposure in guinea pigs. *Cell. Mol. Life Sci.*, 2007, 64: 2823 – 2828.
- [26] Johnson, V. J., Rosenberg, A. M., Lee, K., Blakley, B. R.: Increased T-lymphocyte dependent antibody production in female SJL/J mice following exposure to commercial grade malathion. *Toxicology*, 2002, 170: 119-129.
- [27] Ambali, S. F., Abbas, S. O., Shittu, M., et al.: Effects of gestational exposure to chlorpyrifos on implantation and neonatal mice. *J. Cell. Animal. Biol.*, 2009, 3: 50-57.
- [28] Bretveld, R. W., Thomas C. M., Scheepers, et al.: Pesticide exposure: the hormonal function of the female reproductive system disrupted? *Reprod. Biol. Endocrinol.*, 2006, 4: 30-44.
- [29] Greenlee, A. R., Ellis, T. M., Berg, R. L.: Low-dose agrochemicals and lawn-care pesticides induce developmental toxicity in murine preimplantation embryos. *Environ. Health Perspect.*, 2004, 112: 703-709.
- [30] Kaur, S., Dhanju, C. K.: Biochemical effects of some organophosphorus pesticides on the ovaries of albino rats. *Indian J. Physiol. Pharmacol.*, 2005, 49: 148-152.
- [31] Khan, M. Z., Law, F. C. P.: Adverse effects of pesticides and related chemicals on enzyme and hormone systems of fish, amphibians and reptiles: A review. *Proc. Pakistan Acad. Sci.*, 2005, 42: 315-323.
- [32] Kumar, R., Uppal, R. P.: Effect of malathion on estrous cycle and reproductive performance of rats. *J. Environ. Biol.*, 1986, 7: 35-39.
- [33] Ozmen, G., Akay, M. T.: The effects of malathion on some hormone levels and tissues secreting these hormones in rats. *Vet. Hum. Toxicol.*, 1993, 35: 22- 24.
- [34] Prakash, N., Narayana, K., Murthy, G. S., et al.: The effect of malathion, an organophosphate, on the plasma FSH, 17 beta-estradiol and progesterone concentrations and acetylcholinesterase activity and conception in dairy cattle. *Vet. Hum. Toxicol.*, 1992, 34: 116-119.
- [35] Recio, R., Ocampo-Gomez, G., Moran-Martinez, J., et al.: Pesticide exposure alters follicle-stimulating hormone levels in Mexican agricultural workers. *Environ. Health Perspect.*, 2005, 113: 1160-1163.
- [36] Sanborn, M. D., Cole, D., Abelsohn, A., Weir, E.: Identifying and managing adverse environmental health effects: 4. Pesticides. *Can. Med. Assoc. J.*, 2002, 166: 1431-1436.
- [37] Whorton, D., Krauss, R. M., Marshall, S., Milby, T. H.: Infertility in male pesticide workers. *Lancet*, 1977, 2: 1259-1261.
- [38] Levario-Carrillo, M., Amato, D., Ostrosky-Wegman, P., et al.: Relation between pesticide exposure and intrauterine growth retardation. *Chemosphere*, 2004, 55: 1421-1427.
- [39] Bamberger, A. M., Schulte, H. M., Thuncke, I., et al.: Expression of the apoptosis-inducing Fas ligand (FasL) in human first and third trimester placenta and choriocarcinoma cells. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 1997, 82: 3173-3175.
- [40] Cross, J. C.: Placental function in development and disease. *Reprod. Fertil. Dev.*, 2006, 18: 71-76.
- [41] Moffett, A., Loke, C.: Immunology of placenta in eutherian mammals. *Nat. Rev. Immunol.*, 2006, 6: 584-594.
- [42] Cohen, J. J.: Apoptosis. *Immunol. Today*, 1993, 14: 126-130.
- [43] Ribble, D., Goldstein, N. B., Norris, D. A., Shellman, Y. G.: A simple technique for quantifying apoptosis in 96-well plates. *BMC Biotechnol.*, 2005, 5: 12-19.
- [44] Patillo, R. A., Ruckert, A. C., Russa, R. O., et al.: The JAR cell line: continuous multihormone production and controls. *In Vitro (Rockville)*, 1971, 6: 398-405.
- [45] McGahon, A. J., Martin, S. J., Bissinette, R. P., et al.: The end of the (cell) line: methods for the study of apoptosis *in vitro*. *Methods Cell. Biol.*, 1995, 46: 153-185.
- [46] Mosmann, T.: Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival; Application to proliferation and cytotoxicity assays. *J. Immunol. Methods*, 1983, 65: 55-63.
- [47] Fenech, M.: Cytokinesis-block micronucleus cytome assay. *Nat. Protoc.*, 2007, 2: 1084-1104.
- [48] IAEA. Cytogenetic analysis for radiation dose assessment- a Manual. International Atomic Energy Agency Vienna. Technical Reports series nr. 405., 2001, p. 81-86.
- [49] Hayashi, M., Sofuni, T., Ishidate Jr., M.: An application of acridine orange fluorescent staining to the micronucleus test. *Mutat. Res.*, 1983, 120: 241-247.

- [50] *Chen, J., Zhang, Z. G., Li, Y., Wang, Y., et al.*: Statins induce angiogenesis, neurogenesis, and synaptogenesis after stroke. *Ann. Neurol.*, 2003, 53: 743-51.
- [51] *Zweier, J. L., Kuppusamy, P., Lutty, G. A.*: Measurement of endothelial cell free radical generation: evidence for a central mechanism of free radical injury in postischemic tissues. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 1988, 85: 4046-50.
- [52] *Saleh, A. M., Vijayarathy, C., Masoud, L., et al.*: Paraoxon induces apoptosis in EL4 cells via activation of mitochondrial pathways. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 2003, 190: 47-57.
- [53] *Elmore, S.*: Apoptosis: a review of programmed cell death. *Toxicol. Pathol.*, 2007, 35: 495-516.
- [54] *Smith, S. C., Baker, P. N., Symonds, E. M.*: Placental apoptosis in normal human pregnancy. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 1997, 17: 57-65.
- [55] *Straszewski-Chavez, S. L., Abrahams, V. M., Mor, G.*: The role of apoptosis in the regulation of trophoblast survival and differentiation during pregnancy. *Endocr. Rev.*, 2005, 26: 877-897.
- [56] *Ishihara, N., Matsuo, H., Murakoshi, H., et al.*: Increased apoptosis in the syncytiotrophoblast in human term placentas complicated by either preeclampsia or intrauterine growth retardation. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 2002, 186: 158-166.
- [57] *Crocker, I. P., Cooper, S., Ong, S. C., et al.*: Differences in apoptotic susceptibility of cytotrophoblasts and syncytiotrophoblasts in normal pregnancy to those complicated with preeclampsia and intrauterine growth restriction. *Am. J. Pathol.*, 2003, 162: 637-643.
- [58] *Hamada, N., Matsumoto, H., Hara, T., et al.*: Intercellular and intracellular signaling pathways mediating ionizing radiation-induced bystander effects. *J. Radiat. Res. (Tokyo)*, 2007, 48: 87-95.
- [59] *Reznikov, K., Kolesnikova, L., Pramanik, A., et al.*: Clustering of apoptotic cells via bystander killing by peroxides. *FASEB J.*, 2000, 12: 1754-64.

**Z. Somosy M.D.,
Rita T. Galántai M.D., Ph.D.,
Gabriella Bognár M.D.,
Blanka Emődy-Kiss,
Lt.Col. (ret.) Gy. Horváth M.D.,
Col. (ret.) (eng.) A. Gachályi**

**Effect of malathion on placental model cells I.
Study of cyto- and genotoxicity**

Certain pesticides (e.g. malathion) and the highly toxic chemical warfare nerve agents (e.g. tabun, sarin, soman, VX) belong to the chemical group, the so-called organophosphate agents. These compounds can inhibit the acetylcholinesterase enzyme (cholinergic effect) resulting in characteristic effects on the nervous system. However, some recently published data have suggested that the reproductive system and the fetus can also be affected by organophosphates through noncholinergic action mechanisms.

In the present study we investigated the cell damaging effects of malathion on human choriocarcinoma (JAR HTB 144) cells, as an accepted *in vitro* model for the placental cells. Our results showed that malathion treatments, even at lower doses, resulted in apoptotic and necrotic death of the cells and caused the formation of micronuclei indicating the damage of DNA. These changes were multiplied by bystander effect.

Key-words: placental model cells, human choriocarcinoma cell line (JAR), organophosphates, malathion, cytotoxicity, genotoxicity, apoptosis, micronucleus

*Dr. Somosy Zoltán
1134 Budapest, Róbert Károly krt. 44.*

Magyar Honvédség – Honvédkórház¹, Tudományos Intézet
Országos Frédéric Joliot-Curie Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet²

Malathion hatása humán placenta modellsejtekre II. Gázkromatográfiás-tömegspektrometriás vizsgálatok.

Dr. Galántai Rita Tünde¹ Ph.D.,
Dr. Somosy Zoltán¹,
Emőd-Kiss Blanka¹,
Dr. Bognár Gabriella²,
Dr. Horváth Győző¹ ny. orvosalezredes,
Draskovits-Papp Zsófia¹,
Dr. Gachályi András¹ ny. mérnök-ezredes

Kulcsszavak: choriocarcinoma (JAR) sejtvonal, organofoszfátok, malathion, malaoxon, gázkromatográfia, tömegspektrometria

Jelen munkánkban gázkromatográfiás elválasztást és tömegspektrometriás detektálást alkalmazva vizsgáltuk a malathion coriocarcinoma sejtekre gyakorolt cito- és genotoxikus hatásának mechanizmusát és a peszticid kísérleti rendszerünkben való stabilitását.

Méréseink alapján megállapítható, hogy a malathion jelentős részének sejtek általi felvétele a kezelés első órájában megtörténik, későbbi időpontokban pedig, feltehetően a sejtek pusztulásával magyarázhatóan, a felvett malathion egy része bomlatlan formában visszajut a médiumba, ahol – a közeg összetételétől függő sebességgel – bomlást szenved. A vizsgált placenta eredetű sejtekben a malathion nem alakul át biológiailag aktív, a kolinerg hatás kiváltása szempontjából jelentős metabolitjává, malaoxonná. Mindezek alapján valószínű, hogy a biológiai vizsgálatokban tapasztalt cito- és genotoxikus hatásokat [1] maga a malathion okozza.

Rövidítések:

OP	organofoszfát
GC-MS	gázkromatográfiás elválasztás tömegspektrometriás detektálással
RPMI	Roswell Park Memorial Institute-nál kifejlesztett sejtenyésző tápoldat
FCS	borjú szérum (fetal bovine serum)
CYP	citokróm P450 izoenzimek

Bevezetés

Az organofoszfationátok, köztük a malathion is, vizes közegben nem stabil vegyületek. Egyrészt hidrolízis következtében biológiailag inaktív bomlástermékek kép-

zódhetnek [2], másrészt – megfelelő citokróm P450 izoenzimek közreműködésével – a kiindulási vegyület oxon származéka keletkezhet, amely jelentős biológiai aktivitással rendelkezik. Ez a metabolit malathion esetében a malaoxon. A malathion-malaoxon

átalakulás következtében fellépő biológiai aktivitás, toxicitás jelentős növekedésére számos irodalmi adat ismeretes. Így például patkányoknál orális expozíció esetén a malathion LD_{50} értéke 10 000-12 000 mg/kg, malaaxonnál viszont már 158 mg/kg mennyiség is elpusztítja a kísérleti állatok 50 százalékát [3-4]. Számos szerző a malathion kolinészteráz gátló (kolinerg) hatását elsősorban a malaaxonnak tulajdonítja [5-7], ugyanakkor arra nem áll rendelkezésre kísérleti adat, hogy a malathion cito- és genotoxikus hatásaiban az anyavegyület vagy/és a biológiailag aktív metabolit, a malaaxon játszik-e szerepet.

Bár a malathion csak korlátozott perzisztenciájú peszticid, kiterjedt használata miatt mégis komoly környezeti kockázatot jelent a világ számos pontján. Ezzel magyarázható, hogy a malathion kimutatására nagyon sokféle minta esetében dolgoztak ki metodikákat. Ha csak az elmúlt évek irodalmát tekintjük át, akkor is látható, hogy számos vizsgálatot végeztek különböző típusú mintákból (mint például humán szérum, vér, plazma, zöldségek, gyümölcsök, gyermektápszerek, vízminták, levegő, termőföld, stb.) a malathion tartalmának meghatározására [8-15]. Számos szerző a malathion különböző sejtípusokra való hatását gyakran *in vitro* kísérletekben vizsgálta, ezekben a sejtes rendszerekben azonban nem történt meg a malathion átalakulásainak nyomon követése. Fontos tisztázni, hogy az *in vitro* kísérleti rendszerekben tápoldatként használt vizes közeg, amely számos biológiailag aktív vegyületet, enzimeket is tartalmaz, mennyiben módosítja a malathion koncentrációját a sokszor hosszú órákig vagy akár napokig tartó vizsgálatok során. A tápoldat, illetve a sejtek peszticid tartalmának meghatározása arra a nagyon fontos kérdésre is választ adhat,

hogy lejátszódhat-e az adott sejt kultúrában a malathion-malaaxon átalakulás. Az ilyen irányú vizsgálatok eredménye alapján megmondható, hogy a megfigyelt biológiai változásokat az anyavegyület vagy/és aktív metabolitja váltja-e ki. Ezek a kérdések a JAR sejtek malathion hatására bekövetkező – előző közleményünkben ismertetett [1] – *in vitro* cito- és genotoxikus hatások vizsgálata során is felvetődtek. Megválaszolásukra a biológiai mérésekkel párhuzamosan a sejteket, illetve a sejtek médiumát gázkromatográfiás tömegspektrometriai (GC-MS) vizsgálatoknak vetettük alá. A GC-MS módszer érzékenysége miatt, amint azt jelentős számú irodalmi adat is bizonyítja, jól alkalmazható már nyomokban megjelenő OP-k önmagukban, illetve keverékekben történő kimutatására [12, 13, 16-21].

GC-MS méréseink során időben követjük a biológiai kísérlet különböző fázisait, külön figyelmet fordítva arra, hogy egyes, jól körvonalazható biológiai változásokkal párhuzamosan (pl. a sejtek pusztulása) milyen malathion koncentráció változások tapasztalhatók. Emellett azt a fontos kérdést is megvizsgáltuk, hogy a malathion kezeléseket követően megjelenik-e a sejtekben, illetve a tápoldatban a malaaxon. Ezeket a méréseket a malaaxon standard vegyület tápoldatbeli bomlékonyságának mérésével is kiegészítettük. Eredményeink alapján következtetni lehet arra, hogy esetünkben a malathion és/vagy ismert toxikus oxon származéka felelős-e a cyto- és genotoxikus hatásokért.

Anyagok és módszerek

A malathion és a sejtek tenyésztésére használt anyagok beszerzését, a malathion törzsoldat készítését, az előző cikkben ismertetettük [1]. A malaaxont a Sigma-Aldrich-tól vásá-

roltuk, a dimetil-szulfoxidot (DMSO)* és az n-hexánt** pedig a Merck-től szereztük be. Minden szerves oldószer gáz-kromatográfiás tisztaságú volt.

Sejtek tenyésztése, malathion kezelése

A sejtek tenyésztése és malathion kezelése a cito- és genotoxikus hatás vizsgálatánál leírt módon történt [1]. Kísérleteink során a sejtenyészetet 10, 30 perc, 1, 4, 6, 8, 24 órán keresztül kezeltük 10, 25, 50, 100, 200 és 400 $\mu\text{g/ml}$ koncentrációjú malathionnal. További kísérleteinkben az előzőekben alkalmazott malathion koncentrációkkal egy órás kezelést végeztünk, majd a sejteket peszticid nem tartalmazó médiumban tenyésztettük tovább. A malathion-mentes tápoldatból történő mintavételi időpontok az előzőekben megadottakkal azonosak voltak. A malathion inkubálását borjú savót tartalmazó, illetve nem tartalmazó RRPPI-1640 médiumban is elvégeztük, az előzőekben felsorolt mintavételi időpontokkal. Minden típusú kísérletből 3-3 független sorozatot készítettünk. Egy sorozaton belül 2-2 párhuzamos mintát használtunk, amelyek mindegyikét kétszer mértük le a GC-MS vizsgálat során.

A sejtek feltáráshoz készített minták esetében a sejteket 25, 50, 100, 200 $\mu\text{g/ml}$ malathionnal 0,5, 1, 2, 6 órán át kezeltük. 2 független sorozatot készítettünk. Egy sorozaton belül 2-2 párhuzamos mintát használtunk, amelyek mindegyikét kétszer mértük le a GC-MS vizsgálat során.

A sejtek ultrahangos feltárása

A sejtek kémiai összetevőinek vizsgálata céljából ultrahangos sejtfeltárást alkalmaztunk (szonikátor: Sartorius Stedim Biotech, Labsonic P, frekvencia: 24 kHz,

maximális amplitúdó: 210 μm , maximális teljesítmény: 460 W/cm^2). Mivel az irodalomban található olyan adat, amely szerint a malathion oldat ultrahangos kezelése során malaoxon keletkezett [19], kontroll kísérletben a szonikálást sejtmentes közegben is elvégeztük. Az általunk alkalmazott beállításnál (a maximális amplitúdó 30 százaléka) malaoxon nem keletkezett. Ugyanazon koncentrációjú malathionnal végzett 0, 1, 2, 4, 6 perces ultrahangos kezelések eredményeinek összehasonlítása azt mutatta, hogy 4 perces szonikálást követően már nem növekedett tovább a feltárt malathion mennyisége, ezért a továbbiakban a vizsgált mintákat 4 percig ultrahangoztuk.

Folyadék-folyadék extrakció

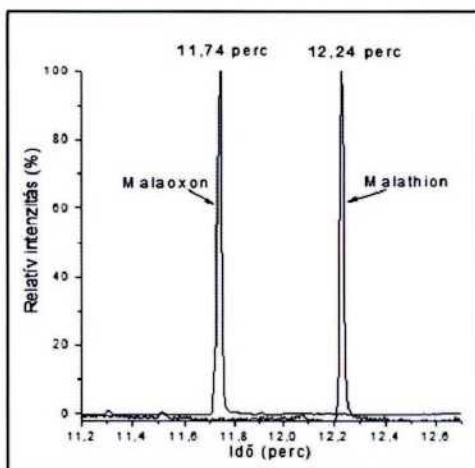
50 μl mintát 450 μl térfogatú, 0,125 g nátriumkloridot tartalmazó foszfát pufferrel (1x PBS; pH 7,2) hígítottunk fel, majd 500 μl hexánnal alaposan összeráztuk. 1 perces vortexelés után 12 320 g (10 500 rpm) fordulatszámra 10 percig centrifugáltuk. A szerves fázist elválasztottuk, majd a kirázást még kétszer megismételtük. Az ugyanazon mérőüvegcsében összegyűjtött szerves fázisról nitrogénáram segítségével elpárologtattuk a hexánt. Ezt követően – a kezdeti malathion koncentrációtól függően – a mintát a GC-MS méréshez különböző térfogatú hexán hozzáadásával készítettük elő, ügyelve arra, hogy az azonos kezdeti malathion koncentráció esetén azonos térfogatú hexánban történjen a kiszáritás utáni visszaoldás.

GC-MS analízis

A minták malathion és malaoxon tartalmának minőségi és mennyiségi meghatározását Varian 300-MS tömegszelektív

* gázkromatográfiához (Kat. sz.: 1.09678.0100)

** Supra Solv. (kat. sz.: 1.04371.2500)



1. ábra: A malathion és malaixon standard vegyületek GC-MS kromatogramjai

detektorhoz csatlakoztatott Varian 450-GC gázkromatográfval végeztük. Az elválasztáshoz szilika kapilláris oszlopot használtunk. (VF 5MS, hossz: 30 m, belső átmérő: 0,25 mm, filmréteg vastagsága: 0,25 μm). Az adatgyűjtés és feldolgozás a gyártó által szolgáltatott programmal történt (Varian MS Workstation).

A mérés kezdetén az oszlopot 1 percen keresztül 70 °C-on tartottuk, majd 15 °C/perces sebességgel 280 °C-ra fűtöttük fel és 1 percig ezen a hőmérsékleten hagytuk. Az injektor hőmérséklete 280 °C volt. Minden mérésnél automatikus minta-adagoló (Varian CP-8400) segítségével 1 μl mintát injektáltunk splitless módban. Vivőgázként 1 ml/perc-es sebességgel héliumot áramoltattunk.

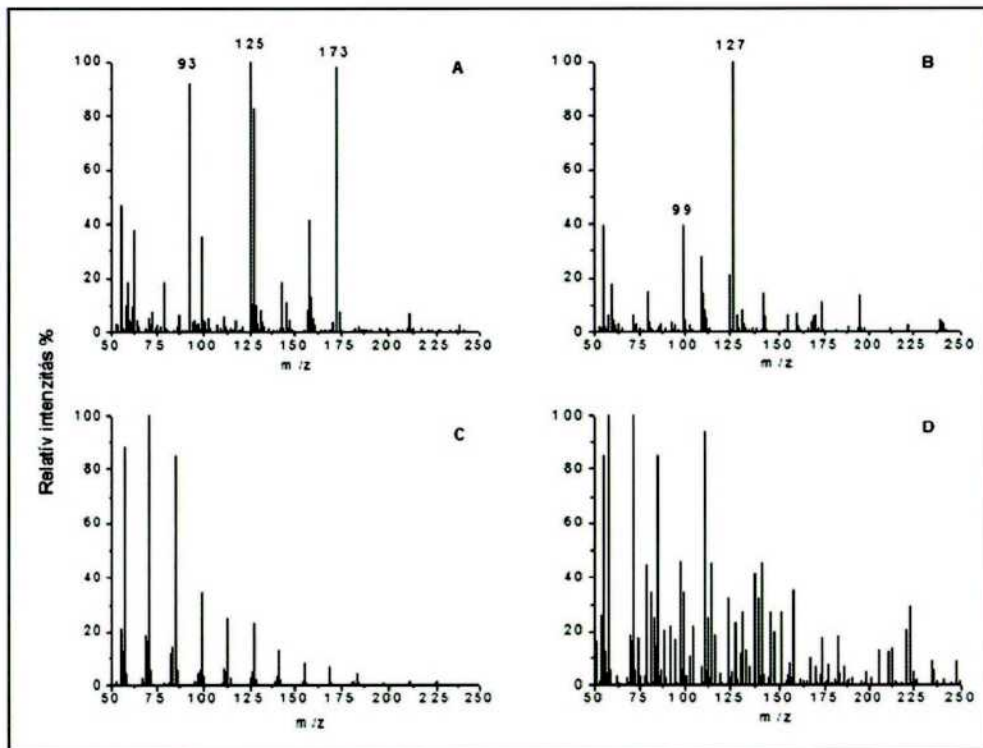
A tömegspektrumokat 70 eV energiájú elektronokkal történő ionizációval (EI) vettük fel. A malathion, illetve malaixon beazonosításakor az 50-400 m/z tartományban totál ion módban mértünk. A vizsgált OP-k beazonosítása retenciós idejük alap-

ján történt, amelyet a megfelelő standard vegyület hexános oldatának mérése alapján határoztunk meg. A mennyiségi meghatározások során a vizsgált vegyületre jellemző ionokat detektáltuk (malathion: 93, 125, 173 m/z, malaixon: 99, 109, 127 m/z). A relatív koncentrációváltozásokat a célionnak megfelelő csúcs alatti területek összehasonlítása alapján kaptuk meg.

Eredmények

Az 1. ábra a malathion és a malaixon standard vegyületek GC-MS méréssel kapott kromatogramját mutatja be. A két vegyület retenciós ideje szignifikánsan eltér (11,74 perc (malaixon) és 12,24 perc (malathion)), tehát az alkalmazott beállítások mellett az anyavegyület aktív metabolitjától jól elkülöníthető.

A malathionnal kezelt sejtek (25, 50, 100, 200 $\mu\text{g/ml}$ 0,5, 1, 2, 6 óráig) feltárása után kapott, illetve a sejtek tápoldatából vett mintákat GC-MS vizsgálatnak vettük alá. A malaixon retenciós idejénél detektált tömegspektrum alapján megállapítottuk, hogy egyetlen mintában sem volt kimutatható mennyiségű malaixon. A 2.C és D ábrán példaképpen bemutattunk két ilyen tömegspektrumot, amelyeket a sejtek roncsolásával kapott, illetve a sejtek tápoldatából vett mintáknál detektáltunk. Összehasonlításként a malathion (2.A) és a malaixon (2.B) standard vegyületek retenciós csúcsánál kapott tömegspektrumokat is feltüntettük. Érdeemes megjegyezni, hogy még a legrövidebb, fél óráig tartó malathionkezelést követően is detektáltunk malathiont a sejtek feltárása után kapott mintákban. A kezdeti malathion koncentrációtól függően egy, illetve két órás kezelés után kaptuk a maximális malathion koncentrációt. Ezekből a megfigyelésekből arra lehet következtetni, hogy a malathion



2. ábra: A: A malathion standard vegyület retenciós idejénél mért tömegspektruma

B: A malaoxon standard vegyület retenciós idejénél mért tömegspektruma

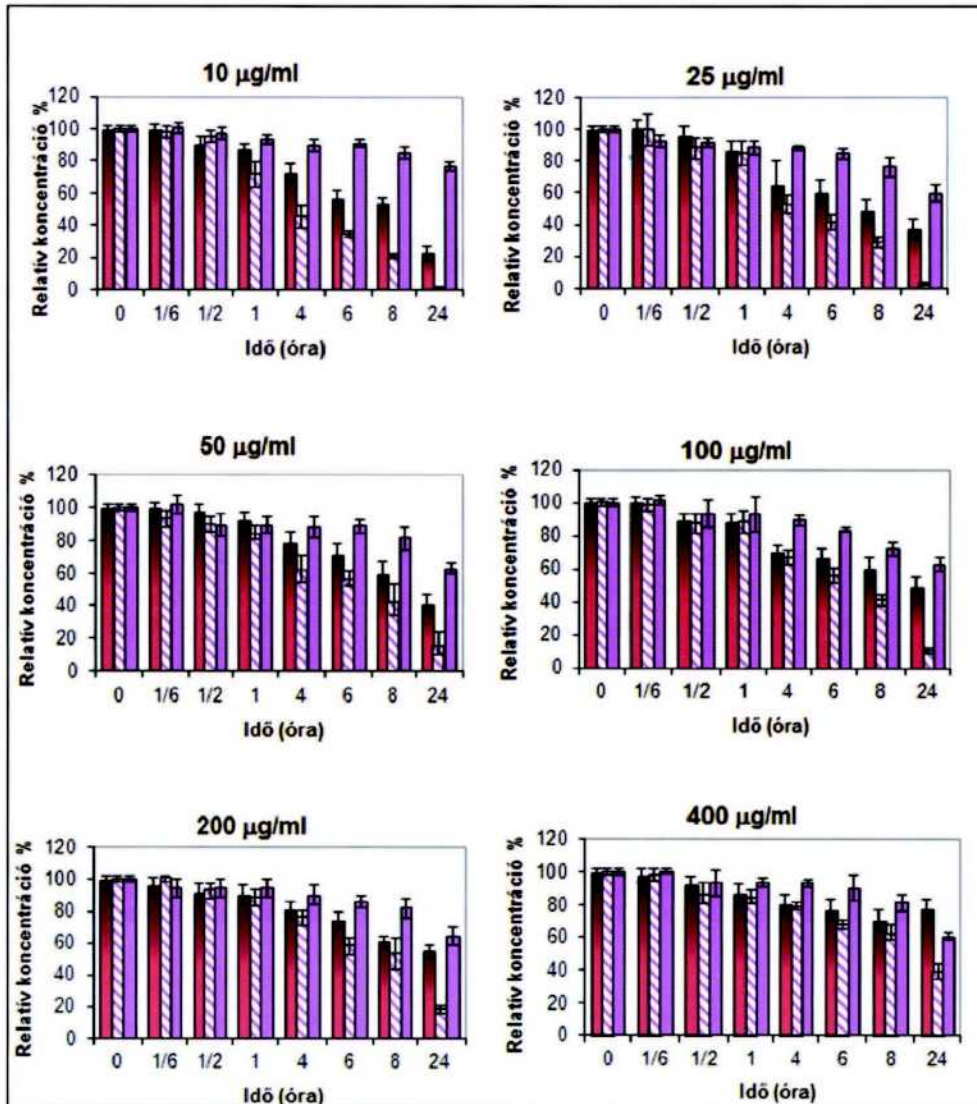
C: A sejtek feltárása után kapott minta malaoxon retenciós idejénél mért tömegspektruma

D: A sejtek tápoldatából vett minta malaoxon retenciós idejénél mért tömegspektruma

JAR sejtek általi felvétele relatíve gyors folyamat. Ez egybevág a cito- és genotoxicitás vizsgálata során kapott eredményeinkkel, amelyek szerint akkor is megfigyelhető volt a malathion cyto- és genotoxikus hatása (igaz, kisebb mértékben), amikor egy órás inkubálást követően a tápoldatot malathion-mentesre cseréltük.

A malathion koncentráció változásának vizsgálatát először a sejtekről eltávolított tápoldatban tanulmányoztuk. Amint a 3. ábrán látható, a malathion koncentrációja – 400 $\mu\text{g/ml}$ -es kiindulási koncentráció kivételével – időben csökkent (100 %-nak a 0 időpontban mért malathion koncent-

rációt tekintettük). A csökkenés mértéke jelentősen függött a kiindulási malathion koncentrációtól. 400 $\mu\text{g/ml}$ -es kiindulási koncentrációnál a hosszú inkubációs időknél relatív növekedést figyeltünk meg, ami arra utal, hogy a sejtekből malathion áramlott ki a tápoldatba. Annak érdekében, hogy önmagában a sejtek tápoldatának malathionra gyakorolt hatását is meg tudjuk vizsgálni, a malathiont a sejtek távollétében, 10 %-os borjúsérumot (FCS) tartalmazó RPMI-1640, illetve FCS-mentes médiumban – a sejtes kísérleteknek megfelelő koncentrációnál és időnkig – inkubáltuk. A 3. ábrán látható, hogy a malathion mennyisége időben minden közegben csökkent,



3. ábra: A malathion relatív koncentráció változása sejteket tartalmazó (piros színű, árnyékolt oszlop), 10 % FCS+RPMI-1640 (pink színű mintázott oszlop) és RPMI-1640 (pink színű oszlop) tápoldatban. Az ábrán címként feltüntetett koncentrációk a malathion kiindulási koncentrációját jelölik

azonban a csökkenés mértéke – különösen az FCS-t tartalmazó médiumokban – a kezdeti malathion koncentrációtól függően eltérő volt. Továbbá megállapítható, hogy az FCS-mentes közegekben kisebb mértékű csökkenést lehetett megfigyelni, mint az FCS tartalmú RPMI-1640 tápoldatokban.

Amint azt az előző közleményünkben bemutattuk, a biológiai vizsgálatok során végeztünk olyan kísérlet sorozatot is, ahol 1 órás malathion kezelés után a sejtek inkubálását malathion-mentes tápoldatban folytattuk tovább [1]. Ezekkel a vizsgálatokkal párhuzamosan is folytattunk

olyan GC-MS méréseket, ahol a lecserélt – kezdetben malathion-mentes médiumban – követtük nyomon a malathion megjelenését, illetve koncentrációjának időbeli változását. A 4. ábrán a 25 és 100 $\mu\text{g/ml}$ malathion kezelést követően lecserélt tápoldatbeli malathion koncentrációváltozást mutatjuk be. (Ezeknél a kísérleteknél a „0” inkubációs idő a tápoldat lecserélését követő 10. percnél felel meg, és az ebben az időpontban detektált malathion mennyiséget tekintettük 100 százaléknak.) Amint látható, az első órában mindkét mintában a malathion koncentráció növekedése figyelhető meg. Aztán a malathion koncentráció körülbelül 6. óráig csökken. Ezt követően a 8 órás időpont alapján mindkét kiindulási koncentrációnál megváltozik a folyamat iránya, majd az inkubáció végén vett mintákban – a kezdeti malathion koncentrációtól függően eltérő arányú – újabb csökkenés figyelhető meg. Ebben a kísérlet-sorozatban is – a malathionnal való folyamatos kezeléshez hasonlóan – a peszticid koncentrációjának csökkenése a malathion bomlásának, míg a növekedés a sejtekből kiáramló malathionnak tudható be.

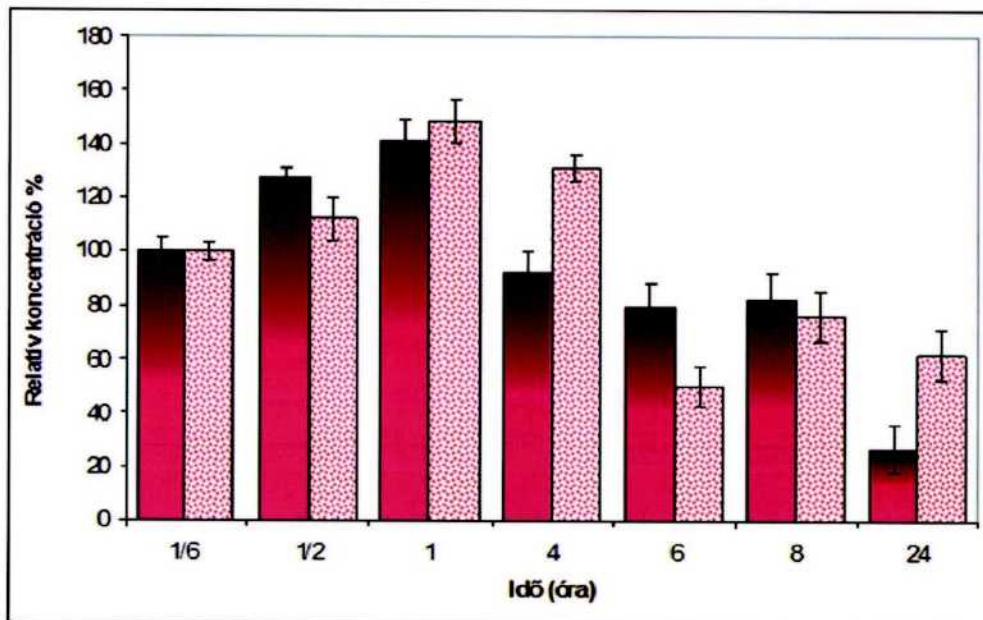
A malaoxon a malathionhoz hasonlóan vizes közegben bomlékony vegyület, és észterázok jelenlétében enzimatisz hidrolízise is megtörténhet. Figyelembe véve a malathion tápoldatban tapasztalt jelentős koncentráció csökkenését, joggal vethető fel a kérdés, hogy nem történhet-e hasonló változás a malaoxonnal is. Amennyiben a malaoxon bomlása gyors és intenzív folyamatnak adódna a JAR sejtek vizsgálatakor alkalmazott rendszerben, a sejtek, illetve a sejtek médiumának malaoxon tartalmára kapott negatív eredmények értelmezésekor a malaoxon bomlásának lehetőségét is számításba kellene venni. Mindezek alapján fontosnak tartottuk a malaoxon standard

vegyület koncentrációjának időbeli változását 10 % FCS+RPMI-1640 médiumban történő inkubálás során nyomon követni. Amint az az 5. ábrán látható, a malaoxon mennyisége – kiindulási koncentrációtól függetlenül – időben csökkenő tendenciát mutat. Ez a változás azonban a malathion azonos körülmények között megfigyelt csökkenésével összehasonlítva kisebb mértékű, 24 órás inkubálás után a kezdeti koncentráció körülbelül 40 százaléka még jelen van a tápoldatban.

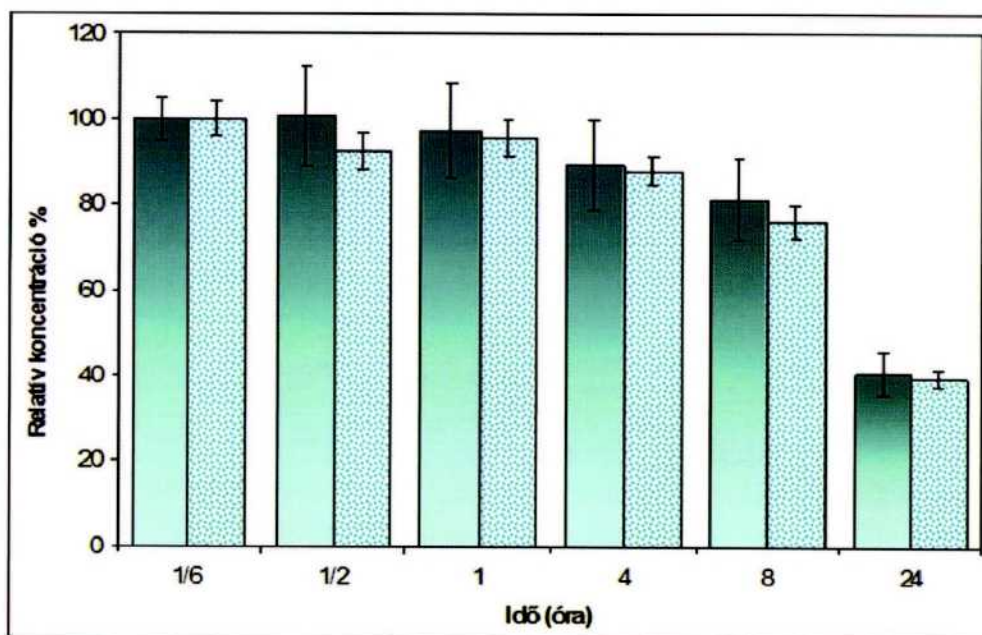
Megbeszélés

A sejt kultúrában, a médiumban és magukban a sejtekben a malathion számos átalakulást szenvedhet el, és ugyanakkor különböző biológiai folyamatokat módosíthat. Ismeretes, hogy a malathion vizes oldatban hidrolizál [2]. Ezt a folyamatot a sejtben, illetve a 10 % borjúsavót is tartalmazó tenyésztő médiumban lévő karboxilészterázok katalizálhatják [20, 21]. Emellett ismertek olyan irodalmi adatok, amelyek arra utalnak, hogy a malathion az acetilkolinészteráz mellett más enzimekre is gátló hatású lehet [21-24], ezért nem kizárt, hogy a malathion a karboxilészterázoknak is inhibitora. A malathion hidrolízisének termékei nem rendelkeznek biológiai aktivitással. Ugyanakkor, vannak olyan sejt típusok (pl. májsejtek), amelyekben megtalálhatók azok a citokróm P450 izoenzimek, amelyek képesek a malathiont malaoxonná oxidálni [5, 25]. A malaoxon toxicitása a malathionnál lényegesen nagyobb, és számos szerző szerint a malathion kolinészteráz gátláson alapuló neurotoxicitása is elsősorban ennek a vegyületnek a hatásával magyarázható [5-7, 26-28].

Ezeket az adatokat figyelembe véve mérési eredményeink a következőképpen értelmezhetők.



4. ábra: A malathion relatív koncentráció változása a JAR sejtek 1 órás malathion kezelését követő malathion-mentes 10 % FCS+RPMI-1640 médiumban történő inkubálása során. Az árnyékolt oszlop a 25 µg/ml-es, a mintázott oszlop pedig a 100 µg/ml-es malathion kezelés eredményét ábrázolja



5. ábra: A malaoxon standard vegyület relatív koncentráció változása 10 % FCS+RPMI-1640 médiumban 25 µg/ml (árnyékolt oszlop) és 100 µg/ml (mintázott oszlop) kezdeti koncentráció esetén

A malathion különböző – sejtmentes – tápoldatokban mért koncentráció csökkenése (3. ábra) a malathion hidrolízisének tudható be. Ismert, hogy a borjúsavóban többek között karboxilészterázok is találhatóak, ezért a borjúsavót tartalmazó tápoldatban a spontán hidrolízis mellett enzimatis hidrolízis is lejátszódhat, és így a malathion koncentrációcsökkenése nagyobb mértékben megy végbe, mint az FCS-mentes közegekben. Kísérleti rendszerünkben a hidrolízist elősegítő enzimeket a jövőben tervezzük azonosítani. Érdekes megjegyezni, hogy nagyobb malathion koncentrációk mellett a borjúsavó a peszticid bomlását már egyre kevésbé befolyásolja. Ez utalhat egyrészt a malathion-karboxilészteráz gátló hatására, de az is lehetséges, hogy nagyobb malathion koncentrációknál a karboxilészterázok közhelyei telítődnek.

A sejteket is tartalmazó közegekben az előbbieken tárgyalt folyamatok mellett további – a malathion tápoldatbeli koncentrációjára is befolyással bíró – hatásokkal is számolni kell (például a sejtek anyagcsereje, szaporodása, pusztulása, malathion felvétele és leadása). Sejteket tartalmazó tápoldatban rövidebb inkubációs időknél a malathion relatív koncentrációja magasabb, mint a sejtmentes, FCS-t tartalmazó közegekben. Ez a megfigyelés kicsit meglepő, hiszen – figyelembe véve a sejtek malathion felvételét – éppen fordított helyzetet várnánk. Ez a látszólagos ellentmondás azonban feloldható, ha számításba vesszük a sejtek hatását a tápoldat karboxilészteráz tartalmára: a sejteket tartalmazó tápoldatban a sejtek tápanyagfelvétele miatt csökkenhet a borjúsavó, és ezáltal a karboxilészteráz koncentráció, ami viszont az enzimatis hidrolízis háttérbe szorítását vonja maga után. Természetesen a sejtek malathion felvételének mennyiségi vizsgálata önmagában

a malathion tápoldatbeli koncentrációjának mérésével nem oldható meg. Szükség van a malathion sejten belüli koncentrációjának meghatározására is. Ahogy a kísérleti eredmények leírásánál említettük, a sejtek feltárása alapján – a malathion kezdeti koncentrációjától függően – a malathion sejten belüli koncentrációjának maximuma 1-2 órás inkubáció után következik be. Ez a megfigyelés összhangban van azokkal az eredményekkel, amelyeket akkor kaptunk, amikor 1 órás malathion kezelést követően malathion-mentes tápoldatban folytattuk a sejtek inkubálását, hiszen ilyenkor is a folyamatos malathion kezelésnél megfigyelt cito- és genotoxikus hatásokat tapasztaltuk, csak kisebb mértékben [1].

A sejtes, illetve sejtmentes közegeket összehasonlítva a tápoldatbeli malathion szint jelentős eltérése figyelhető meg hosszabb kezelési időknél is. Mivel a sejtes közegekben tapasztalt kisebb mértékű csökkenés, illetve a legnagyobb dózisonál (400 µg/ml) jelentkező növekedés időben egybeesik a biológiai vizsgálatok során megfigyelt sejtpusztulás növekedéssel [1], arra következtethetünk, hogy az elpusztult sejtekből a korábban felvett és felhalmozódott malathion újra kikerül a tápoldatba. Figyelembe véve, hogy a nagyobb dózisű malathion kezelések nagyobb mértékű sejtpusztulást okoznak, jól értelmezhető az is, hogy a nagyobb kezdeti malathion koncentrációknál a malathion médiumbeli koncentrációja is nagyobb mértékben nő. Ezek az eredmények arra is felhívhatják a figyelmet, hogy a sejtekbe felvett malathion hosszabb időn keresztül kémiai módosulás nélkül tárolódhat a sejtekben. Erre utalnak a sejtek feltárását követően elvégzett méréseink is. A malathion akkumuláció helyére nincs adatunk, de terveink szerint ezt is tisztázni kívánjuk.

Azokban a kísérletekben, ahol 1 óras malathion kezelést követően malathionmentes tápoldatban történt tovább a sejtek inkubálása, közvetlenül a tápoldat cseréjét követően a médiumban nincsen jelen feleslegben lévő, sejtek által fel nem vett malathion. Ezért a tápoldatban későbbi időpontokban GC-MS vizsgálattal detektált malathion csak a sejtekből származhat. A malathion koncentráció rövidebb időknél tapasztalt növekedése a malathion sejtekből történő kiáramlásával magyarázható (4. ábra). Nagyobb kezdeti malathion koncentrációknál a malathion kiáramlása nagyobb mértékű, ami arra utal, hogy a folyamat függ a koncentráció gradienstől. Ezt támasztja alá az is, hogy ilyen irányú változás a malathiont tartalmazó tápoldat esetében nem detektálható. A jelenség pontos magyarázatát nem ismerjük. Elképzelhető, hogy ez a folyamat értelmezhető a sejtpusztulás kezdeti fázisában is kialakuló membrán permeabilitás változással, de elképzelhető egy transzporter-mediált folyamat is, amelyre számos drog esetében ismerünk példákat.

A GC-MS mérésekből további nagyon fontos következtetések vonhatók le a malathion cito- és genotoxikus hatásának mechanizmusáról. Mint korábban említettük, a malathion kolinerg hatásáért elsősorban nem az alapvegyületet, hanem ennek egyik metabolitját, a malaoxont teszik felelőssé. Ez az átalakulás az irodalmi adatok szerint történhet a májban. Humán máj mikroszómákon kimutatták, hogy a malathion koncentrációjától függően a malathion-malaoxon átalakulást különböző citokróm P450 izoenzimek katalizálják (CYP1A2, 2B6 és 3A4, de a legutóbbi csak magas malathion koncentrációknál). CYP3A izoenzimek összehasonlításakor pedig 3A4>3A7>3A5 sorrendet találták az

oxon formává történő átalakítás hatékonyságára [5, 25]. Az emberi choriocarcinoma JAR sejtekben expresszáldott citokróm P450 izoenzimekre nézve nincsenek irodalmi adatok. Első trimeszterbeli és teljes idős humán placentára *Hakkola* és mtsai végeztek ilyen irányú vizsgálatokat. Ezekben a tanulmányaikban kimutatták néhány olyan CYP izoenzim mRNS-ét, amely a májban a malathion-malaoxon átalakítást végzi, de sokkal kisebb mennyiségben, mint a májban és a CYP enzimek funkcionális aktivitását nem tudták detektálni [29,30]. Egy másik kutatócsoport viszont nem mutatta ki ezen izoenzimek mRNS-ét humán placentában [31]. GC-MS méréseink során sem a sejtekben, sem a médiumban nem találtunk malaoxont, egyetlen malathion koncentrációnál, egyetlen inkubációs időnél sem. Mivel a kiegészítésképpen elvégzett kísérleteink kizárták, hogy ezt a negatív eredményt a malaoxon bomlása okozza, megállapítható, hogy kísérleti rendszerünkben malaoxon nem keletkezett. Azaz valószínűsíthető, hogy a malathion cyto- és genotoxikus hatásait a bomlatlan malathion molekula idézi elő. A malathion-malaoxon átalakulásra vonatkozó vizsgálatainkat részletesen ismertettük egy nemrégiben megjelent közleményünkben is [32].

Összefoglalás

A fentiek alapján megállapítható, hogy a jelen tanulmányban ismertetett GC-MS eredményeink egyrészt nagyon jól alátámasztják a biológiai mérésekből levont következtetéseket, másrészt olyan fontos többlet információkat szolgáltatnak, amelyeket pusztán a biológiai vizsgálatokból nem lehet kinyerni. Így például megállapítottuk, hogy a JAR sejtek nem metabolizálják intenzíven a malathiont, még a malathion felvételét követő 24 óra elteltével is ürítenek bomlatlan peszticidet a tápoldatba. A tápoldat és a sej-

tek malaoxon tartalmának vizsgálata során kapott negatív eredmények pedig arra hívták fel a figyelmet, hogy a JAR sejtekben nem történik meg, vagy olyan kis mértékű, a malathion-malaoxon átalakulás, hogy a malathion oxon származéka még az érzékeny GC-MS módszerrel sem mutatható ki. Ez az eredmény rendkívül jelentős, mert azt mutatja, hogy a biológiai kísérletekben megfigyelt cito- és genotoxikus hatások magának a malathionnak tudhatók be, tehát a nem-kolinerg hatások kiváltásáért a vizsgált sejtvonalban az anyavegyület tehető felelősé, nem pedig aktív metabolitja.

IRODALOM

- [1] Somosy, Z., Galántai, R., Bognár, G., et al.: Malathion hatása humán placenta modellsejtekre I. Cito- és genotoxicitás vizsgálata. Kézirat. Honvédervos, 2011.
- [2] Barlas, N. E.: Toxicological assessment of biodegraded malathion in albino mice. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 1996, 57: 705-712.
- [3] Rice, D. W., Wisniewski, J. A., Jowa, L., et al.: Health risk assessment of malathion coproducts in malathion-bait used for agricultural pest eradication in urban areas. Pesticide and Environmental Toxicological Section, Office of Environmental Health Hazard Assessment, California Environmental Protection Agency, California, 1997.
- [4] Bavcon Kralj, M., Cernigoj, U., Franko, M., Trebse, P.: Comparison of photocatalysis and photolysis of malathion, isomalathion, malaoxon, and commercial malathion--products and toxicity studies. Water Res., 2007, 41: 4504-4514.
- [5] Buratti, F. M., D'Aniello, A., Volpe, M. T., et al.: Malathion bioactivation in the human liver: the contribution of different cytochrome p450 isoforms. Drug Metab. Dispos., 2005, 33: 295-302.
- [6] Chambers, W. H.: Organophosphorus compounds: an overview. In: Chambers, J. E., Levi, P. E. (Szerk.), Organophosphates, Chemistry, Fate, and Effects. Academic Press, San Diego, CA, 1992, p. 3-17.
- [7] Krstić, D., Colović, M., Krinulović, K., et al.: Inhibition of AChE by single and simultaneous exposure to malathion and its degradation products. Gen. Physiol. Biophys., 2007, 26: 247-253.
- [8] Inoue, S., Saito, T., Mase, H., et al.: Rapid simultaneous determination for organophosphorus pesticides in human serum by LC-MS. J. Pharm. Biomed. Anal., 2007, 44: 258-264.
- [9] Wang, Y., Du, R.: Simultaneous extraction of trace organophosphorus pesticides from plasma sample by automated solid phase extraction and determination by gas chromatography coupled with pulsed flame photometric detector. Forensic Sci. Int., 2010, 198: 70-73.
- [10] Park, M. J., In, S. W., Lee, S. K., et al.: Postmortem blood concentrations of organophosphorus pesticides. Forensic Sci. Int., 2009, 184: 28-31.
- [11] Singh, S. B., Mukherjee, I., Maisnam, J., et al.: Determination of pesticide residues in integrated pest management and nonintegrated pest management samples of apple (*Malus pumila* Mill.). J. Agric. Food Chem., 2009, 57: 11277-11283.
- [12] Lal, A., Tan, G., Chai, M.: Multiresidue analysis of pesticides in fruits and vegetables using solid-phase extraction and gas chromatographic methods. Anal. Sci., 2008, 24: 231-236.
- [13] Tanaka, T., Hori, T., Asada, T., et al.: Simple one-step extraction and cleanup by pressurized liquid extraction for gas chromatographic-mass spectrometric determination of pesticides in green leafy vegetables. J. Chromatogr. A., 2007, 1175: 181-186.
- [14] Kumari, B., Madan, V.K., Kathpal, T.S.: Status of insecticide contamination of soil and water in Haryana, India. Environ. Monit. Assess., 2008, 136: 239-244.
- [15] Ma, J., Xiao, R., Li, J., et al.: Determination of organophosphorus pesticides in underground water by SPE-GC-MS. J. Chromatogr. Sci., 2009, 47: 110-115.
- [16] Bielawski, D., Ostrea, E., Posecion, N., et al.: Detection of several classes of pesticides and metabolites in meconium by gas chromatography-mass spectrometry. Chromatographia, 2005, 62: 623-629.

- [17] Tsoutsis, C., Konstantinou, I., Hela, D., Albanis, T.: Screening method for organophosphorus insecticides and their metabolites in olive oil samples based on headspace solid-phase microextraction coupled with gas chromatography. *Anal. Chim. Acta*, 2006, 573-574: 216-222.
- [18] Silva, M. G., Aquino, A., Dórea, H. S., Navickiene, S.: Simultaneous determination of eight pesticide residues in coconut using MSPD and GC/MS. *Talanta*, 2008, 76: 680-684.
- [19] Zhang, Y., Xiao, Z., Chen, F., et al.: Degradation behavior and products of malathion and chlorpyrifos spiked in apple juice by ultrasonic treatment. *Ultrason. Sonochem.*, 2010, 17: 72-77.
- [20] Gupta, R. C., Welsch, F., Thornburg, J. E., Paul, B. S.: Effect of chloramphenicol pretreatment on malathion induced acute toxicity in the rat. *J. Toxicol. Environ. Health*, 1983, 11: 897-905.
- [21] Nigg, H. N., Knaak, J. B.: Blood cholinesterases as human biomarkers of organophosphorus pesticide exposure. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 2000, 163: 29-111.
- [22] Senger, M. R., Rico, E. P., de Bem Arizi, M., et al.: Carbofuran and malathion inhibit nucleotide hydrolysis in zebrafish (*Danio rerio*) brain membranes. *Toxicology*, 2005, 212: 107-115.
- [23] Li, H., Schopfer, L. M., Nachon, F., et al.: Aging pathways for organophosphate-inhibited human butyrylcholinesterase, including novel pathways for isomalathion, resolved by mass spectrometry. *Toxicol. Sci.*, 2007, 100: 136-145.
- [24] Abass, K., Turpeinen, M., Pelkonen, O.: An evaluation of the cytochrome P450 inhibition potential of selected pesticides in human hepatic microsomes. *J. Environ. Sci. Health B*, 2009, 44: 553-563.
- [25] Buratti, F. M., Leoni, C., Testai, E.: Foetal and adult human CYP3A isoforms in the bioactivation of organophosphorothionate insecticides. *Toxicol. Lett.*, 2006, 167: 245-255.
- [26] Boutsiouki, P., Thompson, J. P., Clough, G. F.: Effects of local blood flow on the percutaneous absorption of the organophosphorus compound malathion: a microdialysis study in man. *Arch. Toxicol.*, 2001, 6: 321-8.
- [27] Moser, V. C., Simmons, J.E., Gennings, C.: Neurotoxicological interactions of a five-pesticide mixture in preweanling rats. *Toxicol. Sci.*, 2006, 1: 235-45.
- [28] Rezg, R., Mornagui, B., El-Arbi, M., et al.: Effect of subchronic exposure to malathion on glycogen phosphorylase and hexokinase activities in rat liver using native PAGE. *Toxicology*, 2006, 1-2: 9-14.
- [29] Hakkola, J., Raunio, H., Purkunen, R., et al.: Detection of cytochrome P450 gene expression in human placenta in first trimester of pregnancy. *Biochem. Pharmacol.*, 1996, 52: 379-383.
- [30] Hakkola, J., Pasanen, M., Hukkanen, J., et al.: Expression of xenobiotic metabolizing cytochrome P450 forms in human full-term placenta. *Biochem. Pharmacol.*, 1996, 51: 403-411.
- [31] Bi'èche, I., Narjoz, C., Asselah, T., et al.: Reverse transcriptase-PCR quantification of mRNA levels from cytochrome (CYP)1, CYP2 and CYP3 families in 22 different human tissues. *Pharmacogenet. Genomics*, 2007, 17: 731-742.
- [32] Galántai, R., Emödy-Kiss, B., Somosy, Z., et al.: Does malaoxon play a role in the genotoxic and cytotoxic effects of malathion on human choriocarcinoma cells? *J. Environ. Sci. Health B*, 2011, 47: 1-7.

Rita T. Galántai M.D., Ph.D.,

Z. Somosy M.D.,

Blanka Emödy-Kiss,

Gabriella Bognár M.D.,

Lt.Col. (ret.) Gy. Horváth M.D.,

Zsófia Draskovits-Papp,

Col. (ret.) (eng.) A. Gachályi.

Effect of malathion on placental model cells II.

Gas chromatography and mass spectrometry studies

In the present work we investigated the action mechanism of the cyto- and genotoxic effects of malathion on human choriocarcinoma cells, and we examined the

stability of the pesticide in our experimental system by gas chromatography-mass spectrometry. According to our data, the uptake of malathion occurs in the first hour of the treatment in significant degree. However, in later times malathion is emptied from the dying or dead cells into the medium where the degradation processes of malathion happens depending on the constitution of the media. The examined placental model cells are not capable to convert malathion to its biologically active metabolit, malaaxon. Therefore it is very

plausible that in the case of JAR cells, the parent compound, (i.e. malathion itself) is responsible for the observed *in vitro* cyto- and genotoxic effects [1].

Key-words: choriocarcinoma (JAR) cell line, organophosphates, malathion, malaaxon, gas chromatography-mass spectrometry analysis

Dr. Galántai Rita Tünde Ph.D.

1134 Budapest, Róbert Károly krt. 44.

*Magyar Honvédség – Honvédkórház¹
Repülőorvosi, Egészségvizsgáló és Kutatóintézet, Kecskemét²
SZTE-ÁOK Repülő- és Űrorvosi Tanszék, Szeged³*

Tények, érvek a katonák és sportolók energiatál-fogyasztásával kapcsolatban

**Prof. Dr. Grósz Andor^{1,3} orvos-dandártábornok, Ph.D.,
Dr. Szatmári Ákos² orvosfőhadnagy,
Prof. Dr. Schandl László¹ orvos-dandártábornok, Ph.D.**

Kulcsszavak: energiatál, fogyasztás, hatások, koffein, összetevők, taurin

Az energiatalok felvevőpiaca, fogyasztásuk mértéke évről évre nő, ám kevesen vannak tisztában összetevőikkel, valós élettani hatásaikkal. Különösen igaz ez az amatőr és hivatásos sportolókra, valamint a fegyveres testületek tagjaira, akik esetében a rendelkezésre álló, a témával érdemben foglalkozó publikációk száma meglehetősen kevés, illetve azok is ellentmondóak.

Jelen közlemény rövid történeti áttekintés után ismerteti az energiatalok fő összetevőit, összehasonlításképpen felsorolja néhány termék alkotóelemeit, továbbá ismerteti a humán szervezetre kifejtett fizikális és mentális hatásaikat.

A szerzők a közlemény végén megfogalmazzák az energiatalok felhasználási korlátait is.

1. Történelmi áttekintés

Az első energiatál valószínűleg Skóciából származik, ahol 1901-ben kezdték meg az Irn-Bru (iron brew, vasfőzet) forgalmazását.

Az Egyesült Királyság kórházaiban a betegek felépülésének elősegítésére 1929-ben vezették be a Lucozade Energy nevű terméket, amelyet roborálószerként még a 1980-as években is forgalmaztak. Japánban az 1960-as évektől árusították a Lipovitan nevű készítményt, illetve Dél-Koreában nem sokkal később a „genki” italokat, amelyeket egyértelműen elkülönítettek az

üdítőitaloktól (például barna gyógyszeres üvegben vagy csak gyógyszertárakban voltak kaphatóak).

Az amerikai kontinens üdítőitalóriásai közül a Pepsi Cola dobott először piacra energiatalt Josta néven, 1995-ben.

Európában 1994-ben Ausztriában tűnt fel az S. Spitz által gyártott Power Horse, de a ma is kapható ital az időközben létrejött vagy beszivárgott rendkívül sok egyéb márka miatt soha nem tudott akkora piaci részesedést elérni, mint a szintén osztrák eredetű, napjainkban leginkább közismert riválisa, a Red Bull. Noha az Egyesült Államokban

az üdítőitalóriások (Coca-Cola, Pepsi) és a később megjelent új energiatital-márkák miatt (pl. Rockstar, Monster) a Red Bull 1998-as 70 %-os részesedése napjainkra 45 % körülire csökkent, a vállalkozás pénzügyi mutatói folyamatosan pozitív értékeket jeleznek. Vannak azonban olyan országok, amelyek a Red Bull forgalmazását általában helyi haláleset miatt nem vagy csak receptre felírva, gyógyszertárakban (például Franciaországban, Dániában, Svédországban, Norvégiában), illetve az eredeti (Lipovitan-) összetétel megváltoztatásával (például Japánban, ahol a kiindulási alapként szolgáló tonikitalt már régóta forgalmazzák) engedélyezik.

Az energiatital karrierje a mai napig töretlen. E fogyasztási cikkek eddigi történelmük során számos változáson mentek keresztül, egyvalami azonban változatlan maradt: a kiindulási alapként szolgáló ősi keleti italokban található három kulcsösszetevő; a taurin nevű aminosav, a koffein és a glükuronolakton elnevezésű szénhidrát [4, 6].

2. Fogyasztási adatok

Az energiatitalok fogyasztásának mértéke világszerte nő, 12-13 évvel ezelőtti tömeges bevezetésük jelentős mértékben átalakította az üdítő- és sportitalpiacot. Ausztráliában például a vízalapú üdítőitalok eladása 1997. és 2006. között 13 %-kal nőtt, viszont a forgalmazott mennyiségben belüli megoszlások erőteljesen eltolódtak a cukormentes üdítőitalok, a jeges tea és a sport-/energiatitalok felé. Az energiatitalok fogyasztóközönsége nagyrészt fiatalokból áll. A vásárlók 65 %-a 13 és 55 év közötti, ezen alpopuláció 65 %-a férfi. Az arányokból kitűnik, hogy a legnagyobb fogyasztók a fiatal férfiak, akik a sportolói egyesületek és a fegyveres erők zömét is alkotják. Az energiatitalokon feltüntetett figyelmeztetések a terhes

nők, kismamák, koffeinérzékeny egyének és gyermekek számára már egyetlen kiszerelés elfogyasztását is egyértelműen tiltják. *Malinauskas* és *mtsai* 2007-ben úgy találták, hogy a főiskolai hallgatók 51 %-a rendszeresen fogyaszt energiatitalokat. Ebből *Paddock* 2008-ban azt a következtetést vonta le, hogy az amatőr vagy versenyszerű sporttevékenységet folytató diákok körében a fogyasztás mértéke egyező vagy magasabb, hiszen az energiatitalok reklámjai szellemi, illetve fizikai erőpróba előtt kifejezetten ajánlják a készítmények fogyasztását. *Miller* szintén 2008-ban egy új fogalmat is bevezetett. A „toxikus macsó személyiség” („toxic jock identity”) meghatározás szerint az energiatital elfogyasztása után kialakul egy olyan ideiglenes állapot, amely a tevékenységhez kapcsolódóan megnövekedett kockázatvállaláshoz, veszélyes viselkedésmóddhoz és túlzott maszkulinitáshoz vezet. Ez a fegyveres testületeknél akár életveszélyes következményekkel is járhat [4, 13, 16].

3. Az energiatitalok összetevői

Nevük alapján az energiatitalok a hagyományos üdítőitaloknál több energiát tárolnak, illetve képesek átadni az emberi szervezetnek, noha kalóriatartalmuk általában alacsonyabb azokénál. Hirdetéseik szerint fokozzák a szellemi és fizikai teljesítőképességet. Megemlítendő, hogy a tápcsatorna vonatkozásában a különféle üdítőitalok bélhámsejtekre kifejtett hatásairól a Caco-2 sejtvonal ásványvíz, frissen facsart narancslé, dobozos narancslé, kóla, energiatital, fekete/kamilla-/zöld tea és frissen főzött kávé jelenlétében történő 24 órás inkubálása után azt derült ki, hogy toxicitás és sejtnövekedés-elősegítő hatás szempontjából az egyes italok között nincs különbség. A frissen facsart narancslé fokozta a sejtek mitokondriális aktivitását, az energiatitalok nem [2].

Összetevőik között leggyakrabban – a Lipovitan fent említett három alapvető alkotóelemét is beleértve – metilxantinok (például koffein, de lehet akár teobromin is), B-vitaminok (elsősorban B1, B2, B6 és B12), gyógynövénykivonatok, a magas koffeintartalmú (általában 10-15 mg) guarana (általában 1000 mg), taurin, a (pár tíz-pár száz mg) ginzeng többféle kivonata (amerikai, szibériai stb.), cukrozott vagy édesített víz, inozitol, karnitin (általában 600 mg): glükuronolakon és ginkgobiloba-kivonat található. Egyesekben folsav, valamint nyomelemek is szerepelnek. Szénhidrát tartalmuk attól függően eltérő, hogy az illető márka cukrot vagy édesítőszer alkalmaz. A központi összetevő az önmagában, guaranában vagy egyéb kivonatban található koffein. Egy átlagos, 237-250 ml-es palackban 70-80 mg, a 480-500 ml-esben 150 mg, de akár 400 mg koffein is található. Az I. táblázatban különféle italok koffeintartalmának összehasonlítása látható [9].

ciszteinprekurzorokból szintetizálódik. Szerepe van az epe viszkozitásának fenntartásában, antiaritmiás és pozitív inotropiás hatással rendelkezik. Szükséges a retina és a látás normál anyagcsere-folyamataihoz, továbbá növelheti az inzulin elválasztását. A szervezet napi taurinigénye 60 mg (az energiatalok kiszerelesenként általában 1 000 mg-ot tartalmaznak). Eddig egyetlen közlemény sem utalt arra, hogy tartós fogyasztásának egészségjavító hatása lenne. Túladagolásával kapcsolatban nincsenek egyértelmű adatok [4, 9].

L-karnitin: egy természetben is előforduló aminosavszerű vegyület, ami a zsírsavak anyagcseréjében játszik szerepet (zsírbon-tást segíti elő, erre a célra főleg testépítők használják nagy mennyiségben súlycsök-kentés céljából). Történtek vizsgálatok fogyást elősegítő szerepének tisztázására, de ezt a hipotézist egyetlen tanulmány sem igazolta. 2 000 mg/nap alatti dózisban szed-

Terméknév	Koffeintartalom (mg/l)	1 kiszerelesi egység koffeintartalma
Coca-Cola (Classic)	97,05	23 mg/237 ml
Coca-Cola (Diet)	110-141	39-50 mg/355 ml
Kólák	95-130	34-46 mg/355 ml
Kávé (főzött)	230-580	56-128 mg/237 ml
Kávé (instant)	300-467	71-111 mg/237 ml
Kávé (presszó)	600-1700	36-102 mg/59,15 ml
Dr. Pepper ¹⁸⁷	55 mg/237 ml	42 mg/355 ml
Pepsi-Cola	104	25 mg/237 ml 37 mg/355 ml
Tea	169-211	40-50 mg/237 ml

I. táblázat: Különböző italok koffeintartalmának összehasonlítása [1]

4. Az energiatalok fő alkotóelemeinek élettani hatásai

L-aurin: bevétele élelmiszerekkel történik, a szervezetben metionin- vagy

ve káros hatása nem mutatható ki, felette hasmenés, testszag, hányás, kiütés jelentkezhet [4, 9].

Ginzeng: 5 000 éve használják gyógynövényként, az amerikai kontinensen és a közel-keleti régiókban őshonos. Számos alfaja ismert, gyökerének kivonatát vagy szárított őrleményét hasznosítják. Az energiatalokban a „Panax” nevű alfaj extraktuma található meg. Atléták széles körben használják energiaforrásként, mert növeli a zsírfelhasználást és javítja a hosszú időn át kifejtett izommunkát (alacsonyabb artériás közepnyomás és szívfrekvencia). Erősítő hatással van a kognitív folyamatokra is. Az amerikai ginzeng a vizsgálatok szerint csökkenti a megfűlés és az influenzavírus okozta tünetek erősségét [4,9,14].

Guarana: a közép-amazóniai medencében élő növény. Őshonos területén régóta használják természetes stimulálószerként, főleg italokban. Serkentő hatásának nagy részét magas koffeintartalma okozza (a kivonat 2-2,5 %-a), ami terápiás megkettőződéshez vezethet. Az energiatalokban található koffein és a guarana koffeintartalma kétszeres erősségű koffeinhatást hoz létre. Ez főleg megvonáskor okoz hátrányos tüneteket. Találhatóak benne pszichoaktív anyagok is, amelyek javítják a kognitív teljesítményt és a koncentrációképességet (75 mg guaranakivonat – feltehetően a koffeinnel való kombinálódás útján – már kifejti ezt a hatást) [4, 9].

Koffein: számos növényben (kávébabban, tealevélben, csokoládéban, kakaóbabban, kóladióban) megtalálható, világszerte használt természetes pszichostimulálószer. Hamar felszívódik, hatása elfogyasztása után körülbelül 1 órával tetőzik. Az energiatalok képességfokozó tulajdonságaiért elsősorban ez a vegyület a felelős.

A koffein pozitív inotrop és chronotrop hatást fejt ki a szívizomzatra (vagyis a szívverés erősebb és gyorsabb lesz) azáltal, hogy meg-

emeli a kalcium tranziens amplitúdóját. A szívizomsejtek fokozottan érzékenyek lesznek a megnövekedett kalciumbeáramlásra, amely már az akciós potenciál szintje alatt létrejön. A gyorsabban és erősebben verő szív következményesen emeli a vérnyomást, javítva a szervek (pl. az izmok, az agy, a vese) perfúzióját.

A koffein a harántcsikolt izmokra is hat (a szívizomzatnál ismertetett módon javítja a szarkoplazmatikus retikulum kalcium-áteresztő képességét), mert a koffeinhatás alatt lévő kifáradt izom szubmaximális erő-kifejtése nagyobb az ilyen hatásban nem részesült izoméénál.

Kb. 300-350 mg (más szerzők által 1-9 mg/tskg értékben kifejezett) koffein bevétele 1 órával az edzés előtt jelentősen (~20 %-kal) növeli a fizikai munkavégzés várható erő- és időtartamát. A várható erő-kifejtés növekedésének mértéke nincs közvetlen összefüggésben a bevitt koffeindózissal, továbbá eltérő az egyének koffeintoleranciája is. A koffein növeli a statikus és dinamikus fizikai munkavégzés erősségét és időtartamát is. Noha a szívfrekvencia és az oxigénfogyasztás egyénenként változó nagyságrendben, de általában csak kismértékben emelkedik, a koffeinhatás szubjektíve is megkönnyíti a fizikai erő-kifejtést: az alanyok ilyenkor könnyebbnek érzik a feladatot, mint előzetes koffeinbevitel nélkül (oka az ingerületátvitel küszöbének csökkenése, az akciós potenciálok hamarabbi és könnyebb kialakulása, illetve a motoros recruitment könnyebbé és gyorsabbá válása).

Koffeinhatás alatti fizikai munkavégzés-kor javul a zsírmétabolizmus és csökken a szénhidrátok oxidációja, vagyis a szervezet ilyenkor elsősorban zsírt éget és cukrot raktároz. A koffein fokozza az emésztőnedvek elválasztását és diuretikus hatású.

Szellemi hatásai között elsősorban az emelkedett katekolaminszint miatti, egyénenként eltérő mértékű neurokognitív teljesítmény- és objektív figyelemjavulás, továbbá nagymértékű fáradtságcsökkenés említhető.

Jelentős mennyiségben (≥ 1 g) fogyasztva motoros agitációhoz, görcsökhöz, izgatottsághoz, tachycardiához, extraszisztolékhöz, fokozott diurezishoz (ami meleg környezetben a folyadékvesztés miatt rontja a hőháztartás kiegyenlítőképeségét) és alvászavarokhoz vezet [8]. Nagyobb mennyiségű koffein bevitelekor a szívizomsejtek myoplazmájában nemcsak szisztolében, hanem diasztolében is folytatódik a kalciumfelhalmozódás, rontva a szívizom elernyedési (oxigenizálódási) képességét. További dózisznövelés (>5 mmol/l, ~ 2 g) tartós (szív)izomösszehúzódáshoz és elsősorban kamrafibrilláció miatti halálhoz vezethet („koffeinkontraktúra”).

A koffein legtöbb fogyasztójánál szerfűgőség alakul ki, ami megvonásnál fejfájás, irritabilitás, megnövekedett fáradtságérzet, depresszív tünetek, csökkent figyelem és koncentrációképesség formájában jelentkeznek. A tünetek a megvonás után 12-24 órával kezdődnek, 20-48 órával később tetőznek és általában 1 hétig tartanak [3,5,19].

Cukor (glükóz, fruktóz): fizikai munkavégzés során a szervezet energiaigényének 40-50 %-át glikogén, a maradékot pedig zsír elégetésével fedezi. Az izmok és a máj glikogénraktárai viszonylag hamar kimerülnek, ami a fizikai munkavégzőképesség drasztikus romlásához, fáradtsághoz, leromlott koncentrációképességhez, kézremegéshez, izzadáshoz, szédüléshez, végső soron pedig kimerüléshez („eléhezéshez”) vezet annak ellenére, hogy oxigén és zsír közel korlátlanul áll rendelkezésre. Ha az energiat

édesítőszer helyett cukrot tartalmaz, akkor az a koffeinnel együtt megfelelő vízpótlás mellett előidézhet rövid idejű, ideiglenes teljesítményjavulást. A hőháztartás szempontjából előnyösnek tűnhet a cukorral bevitt vízmennyiség, de ez a koffein diuretikus hatása miatt hamar kiürül. A hiányzó glikogén pótlása csak napokig tartó étrendi feltöltéssel lehetséges, az energiatartalomban található pár gramm cukorral nem [4,9].

A II. táblázatban néhány gyakoribb energiatartal felsorolása található. A táblázatból jól látszik az egyes márkák eltérő koffeintartalma.

5. Az energiatalok felhasználási lehetőségei

Franciaország az energiatalok forgalmazását Ross Cooney, egy 18 éves atléta halála óta tiltja, aki négy doboz energiatalt fogyasztott el egy kosárlabda-mérkőzés előtt. A Floridai Mérgezésellenőrzési Központ (Florida Poison Control Centre) 2007. januárja és 2008. márciusa között 39, 2 (!) és 20 év közötti személyt látott el koffeintúladagolási tünetek miatt. Egy kaliforniai iskolai szakápolónak 2007-ben 3 gyermeket kellett kórházba küldenie mentőautóval súlyos ritmuszavarok miatt energiatal-fogyasztás után. Idevágó tény, hogy a ritmuszavarok gyakorisága még az ellenőrzött körülmények között végzett humán próbák alatt is kimutathatóan nőtt, noha a kísérletek során súlyos vagy életet veszélyeztető ritmuszavar nem fordult elő. Az Amerikai Egyesült Államokban az energiatalok önmagukban történő fogyasztása kapcsán is többen hányingerről, szívritmuszavarokról számoltak be.

Az FDA (Food and Drug Administration, Élelmiszer- és Gyógyszerügyi Hivatal) az energiatalok üdítőitalként, táplálékki-

Energiaital neve	Koffeintartalom (mg/l)	1 kiszerelési egység koffeintartalma
5-Hour Energy	1352,49	80 mg/59,15 ml
AMP Energy	298	71 mg/237 ml
Bomba*	320	80 mg/250 ml
Boo Koo	507	360 mg/710 ml
Full Throttle (Burn**,*)	320	80 mg/250 ml
Cintron Energy Enhancer	422,83	200 mg/473 ml
Coca-Cola Bläk	194,43	46 mg/237 ml
Cocaine	1120	280 mg/250 ml
Crave	338,14	160 mg/473,18 ml
Crunk	421,94	100 mg/237 ml
Diet Pepsi Max	194,43	46 mg/237 ml 69 mg/355 ml 115 mg/591 ml
Emerge Stimulation Drink	300	75 mg/250ml
Harry Dougan's (Egyesült Királyság)	420	42 mg/100 ml
Hell*	320	80 mg/250 ml
Irn-Bru 32	320	32 mg/100 ml 80 mg/250 ml
Jolt Cola	201	140 mg/695 ml
Jolt Endurance Shots	2639,92	150 mg/56,82 ml
NRG*	320	80 mg/250 ml
Red Bull*	321	80 mg/250 ml
Red-Eye	321,21	106 mg/330 ml
Redline	937,5	250 mg/237 ml
Red Rooster	300	30 mg/100 ml 75 mg/250 ml
Relentless	321	160 mg/500 ml
Reload	394	130 mg/330 ml
Rip It	431,3	102 mg/240 ml
Rockstar	337,55	80 mg/237 ml 160 mg/480 ml
SoBe Adrenaline Rush	317	78 mg/480 ml
Morrisons Energy Source	300	75 mg/250ml
V-power*	320	80 mg/250 ml
Vault	196	47 mg/237 ml 70,5 mg/355 ml 117,5 mg/591 ml
XL*	320	80 mg/250 ml
XS	334	83 mg/250 ml

* hazánkban is kapható energiaitalok ** a „Full Throttle” energiaital Európában „Burn” néven kapható

II. táblázat: Néhány külföldön és Magyarországon kapható energiaital koffeintartalma részben saját gyűjtés alapján [7]

egésztőként vagy egyéb italként való engedélyezésével kapcsolatban egyelőre nem adott ki hivatalos közleményt, figyelmeztetést vagy tiltást. Beszámoltak több olyan személyről is, akiknél rendszeres, nagymennyiségű energiatartalék-fogyasztás mellett több alkalommal epilepsziás roham lépett fel. A rohamok az energiatartalmak koffein-, guarana- és taurintartalmával voltak összefüggésbe hozhatóak. Az alanyoknál az epilepsziás attackok az energiatartalék fogyasztásától való teljes tartózkodás bevezetése után megszűntek [8, 12, 16].

Mindezek ismeretében az energiatartalékok „jótékony” hatásával kapcsolatban érdemes áttekinteni néhány idevágó közlemény meglehetősen ellentmondó konklúzióját. *Fornicola* 2007-ben megállapította, hogy energiatartalékokra a sporttevékenység során nyújtott teljesítmény vonatkozásában egyáltalán nincs tényleges szükség, hiszen a gyors koffeinbevitel a későbbi folyadékvesztés és dehidráció miatt csak rontja azt. Alátámasztásképpen megemlítette, hogy 4 %-os dehidráció már 20 %-os teljesítményvesztést okoz. Ezzel ellentétben a Manitobai Sportorvostani Tanács (Sports Medicine Council of Manitoba) internetes honlapján megjelent vélemény, miszerint az energiatartalék fogyasztása igenis előnyös sporttevékenység végzésekor, mert a fizikai terhelés elején a szervezet főleg zsírokból nyer energiát, ami kíméli a glikogénraktárakat és a teljesítmény javítása révén megnyújtja a végzett fizikai vagy szellemi munka effektív idejét. *Desbrow* és *Leveritt* 2007-ben azzal érvelt, hogy a fizikai és szellemi teljesítmény javítása céljából az elit sportolók is használnak koffeint. Megjegyezték azonban, hogy a koffeint fogyasztó versenyzők közül meglehetősen kevés tudja, hogy melyik termékben található koffein és ebből ezek mennyit tartalmaznak.

A férfi sportolók aerob kapacitásának vizsgálatakor *Umana-Alvarado* és *Moncada-Jiménez* 2005-ben azt találta, hogy a sporttevékenység előtt elfogyasztott energiatartalékok egyáltalán nem növelik a teljesítményt. Mindazonáltal hozzátették: a vizsgált személyek a teszt után szubjektíve kevésbé érezték magukat fáradtnak [16].

Megemlíthetőek a humán centrifugában végzett G-tűrési próbák is, amelyek gyakorlatilag erőnléti, hirtelen vagy fokozatos terhelési teszteknek felelnek meg. Az idevágó adatokat tartalmazó közlemény leírja: koffeinhatásban az alanyok a pusztán számok alapján jobban teljesítettek G-tűrés terén és a kiválasztott izmok erő kifejtése is nagyobb, de a kapott eredmények egyike sem volt szignifikáns. E kísérletben nem észleltek jelentős eltérést az alanyok nyugalmi vagy terhelés alatti szívfrekvenciájában és szisztolés vagy diasztolés vérnyomásában sem.

Mindezek révén a szerzők azt a következtetést vonták le, hogy 1-2 doboz energiatartalék szervezetbe való bevitele nem vezet a fizikai ellenállóképesség és az erő kifejtés érdemleges növekedéséhez, így fogyasztásuk – különösen ilyen célokra – felesleges. Noha az utóbbi cikk szerzői kiemelt prioritásként kezelték az esetlegesen előforduló szívritmuszavarok előfordulását, nem regisztráltak komoly ritmuseltéréseket. Külön megfigyelték a fokozatos és a hirtelen terhelésnövekedés (és a következményes lassúbb vagy gyors erő kifejtés) toleranciáját is, amelyek közül az elsőt érezhető és kimutatható volt a koffein fizikai teljesítményjavító hatása, hirtelen terhelésnövekedéskor (pl. légi harc imitálásakor) pedig nem. A szerzők továbbá megállapították: a javulás az energiatartalék fogyasztása utáni 30 percben a leghatékonyabb, a következő 30 percben gyengébb, míg utána a pozitív koffeinhatás

az izmokra és az egyéb mért paraméterekre alig kimutatható.

Beck megfigyelése szerint az energiatálok ismételt nagy terhelésnél fejtenek ki feladatkönnyítő hatást, de a sokszor történő terhelésméltéskor ez a hatás elvész. *Andersen* hasonlóan írt le kajakozóknál, ahol a teljesítményjavulás az első 500 méteren volt a legnagyobb. Több szerző is leírta a térdextenzor izmok jelentős teljesítményjavulását koffeinhatásban, ez természetesen nem minden sportágban/foglalkozásban bír jelentőséggel [20].

A fizikai és szellemi teljesítményjavításból egyenesen következik az energiatálok elsősorban amatőr sportolói és egyéb célú felhasználása. Mindkettő komoly veszélyeket rejt magában, hiszen amatőr felhasználás esetén orvosi felügyelet általában nem áll rendelkezésre. A koffeinérzékenység, a nyugalmi szívfrekvencia, a vérnyomás és a kardiovaszkuláris állapot (amelyhez olyan látens betegségek társulhatnak, mint pl. rejtett vezetési zavarok, érmalformációk, shuntok, érfalgyengeségi rendellenességek) egyénenként eltérőek, így a hirtelen bekövetkező súlyos események kockázata magas. Azonnali beavatkozás nélkül ezek komoly egészségkárosodáshoz, akár halálhoz is vezethetnek. A koffein és az egyéb alkotóelemek fizikai teljesítményfokozás céljára történő alkalmazásának további hátránya a szerek hatásának relatíve hirtelen megszűnése, ami azt eredményezi, hogy az addig fenntartott teljesítményszinthez szükséges erő kifejtéshez nem fog elegendő (koffein- és cukor) tartalék rendelkezésre állni. Ez hirtelen nagymértékű, esetlegesen további tartós, de sokáig nem fenntartható erő kifejtésre kényszeríti a szervezetet. Az eredmény a koffein- és cukormegvonásnál leírtakhoz hasonló.

Az energiatálok előzőekben felsorolt fő alkotóelemei nem szerepelnek a Nemzetközi Doppingellenes Ügynökség 2008. januárjától érvényes, doppingszerekre vonatkozó tiltólistáján. Noha a koffein megtalálható volt a felsorolásban, később el lett távolítva, mert kis mennyiségben – elsősorban közvetett vérnyomásemelő-érösszehúzó hatása miatt – napjainkban több újabb megfázás elleni (pl. a Coldrex tableta 25 mg koffeint tartalmaz) és egyéb készítmény egyik alapvető összetevője. Az efféle kis koffeinmennyiségek természetesen nem tekinthetők szignifikáns kockázati tényezőnek, de alkalmas kényszerrel való visszaélésre, aminek a Nemzetközi Doppingellenes Ügynökség hivatásos sportolóknál a terápiás készítmény használatának rendszeres mintavételen alapuló felügyeletével veszi elejét. Az ügynökség 2008-as felügyeleti programjában a koffein, mint kizárólag verseny alkalmával vizsgálandó szer szerepel [10, 11].

Szárazföldi, vízi vagy légi járművet sport- vagy foglalkozási célból vezető, továbbá fegyveres tevékenységet folytató személyek esetében a fentiekben felsorolt összetevők emberi szervezetre kifejtett hatása miatt önmagában is kimondható az energiatálok fogyasztásának korlátozása. Meg kell említeni: az alkotóelemek idegen közegben való humán felhasználását (például bűvároknál vagy pilótáknál) a készítményeket forgalmazó cégek soha nem vizsgálták. Így azok speciális körülmények (alacsony-, illetve túlnyomás, hypoxia, hőmérsékleti eltérések stb.) között fellépő esetleges mellékhatásait sem ismerjük, kiderülésükre pedig csak véletlenszerűen, kisebb-nagyobb mértékű inkapacitálódás után kerülne sor, ami egy járművet irányító/fegyvert használó személynél természetesen nem megengedhető. Az ilyen esetekben a szükséges szellemi-fizikai képességek sporttevékenység alatti

rendelkezésre állását a szerhasználatot tiltó, megelőző jellegű szigor biztosíthatja. Nem sportolói szakterületként, de sportolóknál is kitűnően használható példaként említhető az Amerikai Tengerészgyalogság szerhasználatot szabályozó irányelve, miszerint az energiatalokban a sportitalok összetevőin felüli további alkotóelemek sportcélokra általában nincsenek jóváhagyva. Ebből adódóan e készítmények fogyasztása repülőszolgálat alatt és előtt nem engedélyezett az aktív repülő-hajózó állomány számára. A légi haderőnemenél az l-karnitin például egyértelműen a tiltólistás anyagok között szerepel. Az „A” (engedélyezett), „B” (orvosi felügyelettel engedélyezett) és „C” (nem engedélyezett) osztályokból álló veszélyességi táblázatba a taurin, a ginzeng és a guarana bizonyíték hiányában nincs besorolva, ezért alkalmazásuk a lehetséges káros hatások megelőzése érdekében szintén tiltott. Ilyen szerek használata esetén a tengerészgyalogságnál az illető pilótát 24 órára ki kell vonni az aktív szolgálatból [21].

7. Az energiatalok kognitív és pszichés képességekre kifejtett hatásai

Az energiatalok kognitív és pszichológiai teljesítményjavító hatásaiért a mindennapi élet vonatkozásaiban elsősorban a koffein felel, kisebb részükért pedig a szénhidrátok. A kísérleti eredmények szerint az energiatalok fárasztó, nagy odafigyelést igénylő kognitív feladatok megoldása közben javítják és/vagy tartják fenn az adott hangulati szintet, teljesítményt. Megvonásukkor a koncentrációs képesség több placebóval összehasonlítva is jelentősen romlik. Ugyanezek figyelhetőek meg egyszerű koffeinmegvonáskor, tehát az energiatalok által kifejtett pozitív reakciókért főként e hatóanyag felelős. A szénhidrátok típusaiktól (valamint felszívódási sebességüktől és koffein felszívódást elősegítő/gátoló hatásai-

tól) függően eltérően javítják a hangulatot; némelyikük azonnal, mások csak később fejtik ki hatásait [13, 18].

A fő hatóanyagként koffeint, taurint és glükuronolaktont tartalmazó Red Bull pszichomotoros teljesítményre (reakcióidő, koncentráció, memória), szubjektív figyelemre és fizikai teljesítményre kifejtett hatásainak tanulmányozásakor az derült ki, hogy az energiatal átmenetileg jelentősen javítja mindhárom vizsgált kritériumot. A jelenség oka a koffein volt [1].

Az energiatalokat a gépkocsivezetők is előszeretettel használják éberségi szintjük emelésére, fenntartására. Egy előzetes alvásmegvonást is tartalmazó, szimulátorban végzett vezetési feladat során a 80 mg koffeint, továbbá taurint és glükuronolaktont tartalmazó energiatalok csak az első 90 percben fejtettek ki kedvező hatást. Az alanyok teljesítménye később az erősödő fáradtság miatt a kipihent, éber állapotban nyújtott szint alá esett. Az átmeneti javulás az energiatal koffeintartalmával volt összefüggésben [17].

Az energiatalok (így a Red Bull is) népszerű tanulási segédletek. A kognitív teljesítményre kifejtett esetleges átmeneti hatásuk nagyrészt a két fő hatóanyagnak, a koffeinnek és a taurinnak köszönhető, de ezek a kísérletes eredmények szerint, a rövidtávú memóriát nem befolyásolják, mindössze csökkentik a szívfrekvenciát (vérnyomásnövekedés okozta kompenzatorikus bradycardia) és emelik az artériás középnyomást, javítva az agy vér-, valamint tápanyagellátását [18].

Tanulmányozták azt is, hogy az energiatalok egyformán befolyásolják-e a férfi és a női gondolkodást. Energiatal, illetve placebo elfogyasztása után, továbbá ezek nélkül vizsgálva a férfiaknál a reakcióidőt

mérő feladatok megoldása sikerült jelentősen gyorsabban, a nőknél pedig az igen-nem válaszokat igénylőké [15].

Összefoglalás

A rendelkezésre álló adatok alapján és hazai szabályozás hiányában az amatőr vagy hivatásos, fizikai vagy szellemi sport-/foglalkozási tevékenységet végző személyek, katonák, továbbá rendvédelmi szervek tagjai esetében egyértelműen megfogalmazható az energiatalok erőpróba előtti, alatti és utáni fogyasztásának tiltása, amelyet azok emberi szervezetre kifejtett hatásai és az esetlegesen fellépő, jelentős teljesítménycsökkenéssel járó megvonási tünetek indokolnak. Nem mindegyik energiatal-összetevő ismert részletesen, csak kevésnek vizsgálták meg mélyrehatóan az emberi szervezetre kifejtett hatásait, egyéb anyagokkal való kölcsönhatásait. Mivel az egyének fogékonysága e vegyületekkel szemben eltérő, rendszeres, teljesítménynövelés céljára történő fogyasztásuk/fogyasztatásuk komoly lehetséges veszélyeket rejt.

IRODALOM

- [1] Alford, C., Cox, H., Wescott, R.: The effects of Red Bull energy drink on human performance and mood. *Amino Acids*, 2001, 21(2): 139-150.
- [2] Ekmekcioglu, C., Strauss-Blasche, G., J. Leibetseder V., Marktl, W.: Toxicological and biochemical effects of different beverages on human intestinal cells – a review of human and animal data. *Food Research International*, 1999, 32(6): 421-427.
- [3] Fonyó A.: Az orvosi élettan tankönyve. Medicina, Budapest, 1997, 123: 433.
- [4] Grósz A., Szatmári Á.: Az energiatalok története és hatása az emberi szervezetre. *Orvosi Hetilap*, 2008, 47: 2237-2244.
- [5] Gyógyszertan. Szerk.: Füst Zsuzsanna. Medicina, Budapest, 1999, 277.
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_drink
- [7] http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_energy_drinks
- [8] <http://www.medicalnewstoday.com/articles/5753.php>
- [9] http://www.sciencecases.org/energy_drinks/energy_drinks.pdf
- [10] http://www.wada-ama.org/rtecontent/document/2008_List_En.pdf
- [11] http://www.wada-ama.org/rtecontent/document/code_v3.pdf
- [12] Jones, S., Iyadurai, P., Chung, S. S.: New-onset seizures in adults: possible association with consumption of popular energy drinks. *Epilepsy & Behaviour*, 2007, 10(3): 504-508.
- [13] Levy, G., Tapsell, L.: Shifts in purchasing patterns of non-alcoholic, water-based beverages in Australia, 1997-2006. *Nutrition & Dietetics*, 2007, 64(4): 268-279.
- [14] Kennedy, D. et al.: Improved cognitive performance in human volunteers following administration of guarana (*Paullina cupana*) extract: comparison and interaction with Panax ginseng. *Pharmacol Biochem Behav.*, 2004, 79(3): 401-11.
- [15] Mucignat-Caretta, C.: Changes in female cognitive performance after energetic drink consumption: a preliminary study. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*. 1998, 22(6): 1035-1042.
- [16] Paddock, R.: Energy drinks' effects on student athletes and implications for athletic departments. *The Sport Journal*, 2008, 11: 4.
- [17] Reyner, L. A., Horne, J. A.: Efficacy of a functional energy drink in counteracting driver sleepiness. *Physiology and behaviour*, 2002, 75(3): 331-335.
- [18] Smit, H. J., Cotton, J. R., Hughes, S. C., Rogers, P. J.: Mood and cognitive performance effects of „energy” drink constituents: coffee, glucose and carbonation. *Nutritional Neuroscience*, 2004, 7(3): 127-139.
- [19] Special aids to performance and conditioning. In: McArdle, W. D., Katch, F. I., Katch, V. L.: *Exercise Physiology*, 2nd Ed. Lea & Febiger, Philadelphia, 1986, 406-407., 415-419.

- [20] Walker, T. B., Balldin, U., Fischer, J., Strom, W., Warren, G. L.: Acceleration tolerance after ingestion of a commercial energy drink. *Aviat Space Environ. Med.*, 2010, 81: 1100-6.
- [21] Whitfield, D.: Rockstars, monsters and bulls: a review of energy drinks. *Contact*, 2007, 31(3): 5-8.

**Brig.Gen. Prof. A. Grósz M.D.M.C.,
Ph.D.,**

1stLt. Á. Szatmári M.D.M.C.,

**Brig.Gen. Prof. L. Schandl M.D.M.C.,
Ph.D.**

**Facts and arguments about the energy
drink consumption of military personnel
and athletes**

The market and the degree of the consumption of energy drinks is increasing every year but only a few has global

knowledge of their ingredients and actual physiological effects. This is especially true for amateur and professional sportsmen as well as the members of armed forces, in case of which the number of available publications that really goes into the details in this topic is rather poor. After a short historical introduction, this article reviews the contents of energy drinks, lists a few products as a comparison, and provides information on their physical and mental effects on the human body. In the end of the article the authors word the limitations of energy drink consumption.

Key-words: energy drink, consumption, effects, caffeine, ingredients, taurine

*Prof. Dr. Grósz Andor o.ddtbk., Ph.D.
1134 Budapest, Róbert Károly krt. 44.*

**Korunk megváltozott biztonsági környezete, hatása a
katona-egészségügy egyes területeire.
Az egészségügyi felderítés és az AJP-4.10.3 (MEDINT) doktrína**

Dr. Remetei Dóra orvosőrnagy

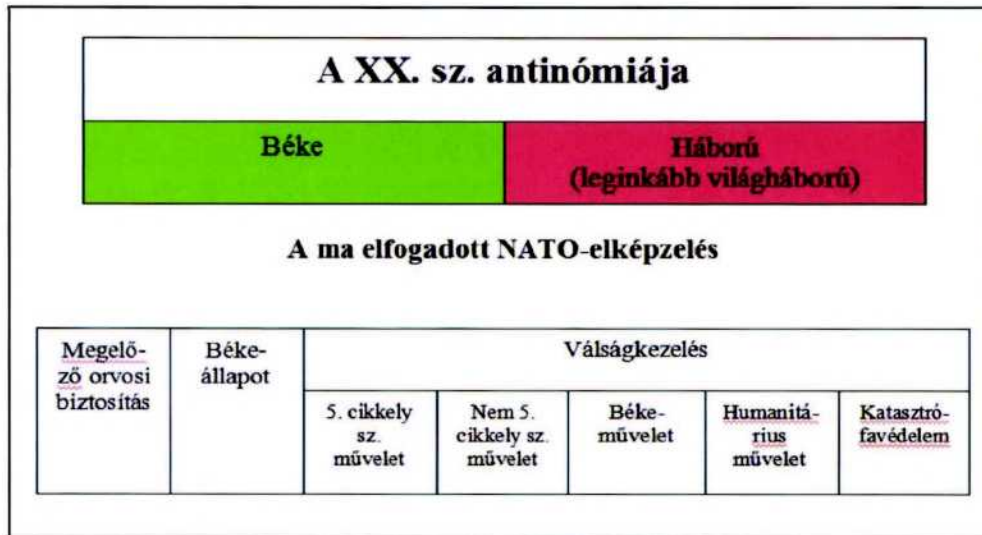
*Kulcsszavak: katona-egészségügy, hírszerzés, preventív medicina, egészségügyi
biztosítás, egészségügyi felderítés, AJP-4.10.3 doktrína*

A kétpólusú világ megszűnése és az új típusú, napjainkat jellemző aszimmetrikus kihívások alapjaiban változtatták meg a fegyveres konfliktusok egészségügyi biztosításával kapcsolatos eddig alkalmazott elméleti és gyakorlati tételeket [1]. Az egészségügyi törzsek felelősek a teljes vertikumot átfogó egészségügyi erővédelmi program kialakításáért. A NATO reagálási szándéka megnövelte a széles körű, valós idejű, interoperábilis egészségügyi felderítés igényét. Az AJP-4.10.3 doktrína a hadművelet teljes vertikumában hozzájárul ezen elvek szerinti egészségügyi biztosítási feladatok megszervezéséhez. A kiadvány rámutat a megnövekedett hírszerzési követelmények egy speciális területének, az egészségügynek a hírszerzés egészébe történő integrálásának módjára, szükségességére és előnyeire, amely e két szolgálat együttműködésével lehetővé teszi korunk megváltozott hadműveleti környezetében is a döntéshozatali folyamat teljes körű támogatását.

A hidegháború időszakában a pontos, reálizált ellenségkép, a tömegpusztító fegyverek jelenléte és a kiszámíthatóknak tűnő tervezési alapelvek miatt az egészségügyi tervezés óriási sérült számmal történt, és a kompromisszumos medicina protokollja került előtérbe [1]. A XXI. századra a hagyományos, reguláris hadseregekkel megvívott háború fenyegetésének jelentősége térségünkben csökkent. A biztonsági környezet átalakulása jelentős hatással volt az Észak-atlanti Szövetségre, ennek következményeként stratégiai elgondolásai is megváltoztak. A NATO tagországok biztonságának veszélyeztetettségét elsősorban nem a területük elleni támadás, hanem a földrajzi határai-

kon kívül eső érdekeik sérelme jelenti [2]. Az új veszélyforrások magukban foglalták a háborúk jellegének átalakulását, a reguláris hadviselés helyett ennek aszimmetrikus formája került előtérbe.

Az aszimmetrikus hadviselés a fegyveres konfliktusok megvívásának új formája. Alapja, hogy a nemzetközi szinten jelenlévő fegyveres erők, csoportok jelentősen különböznek egymástól méreteikben, felszereltségükben, képességeikben. Az államok nagy része szervezett, modern erőkkel ellátott hadsereget tart fenn, míg egyes csoportosulások céljaikat terrorista merényletek, gerilla akciók, felkelések, bűncselekmények elkö-

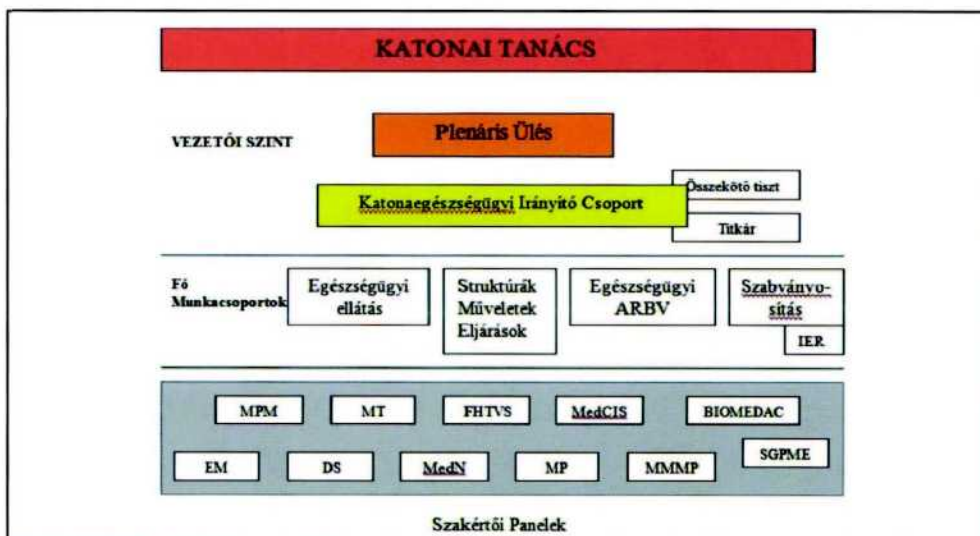


1. ábra: A katonai gondolkodás változása a válságkezelések kapcsán (Forrás: [1])

vetése útján akarják megvalósítani. Az ilyen támadások mind végrehajthatók, mind támadási céljaik tekintetében előzetesen ismeretlenek. Lehetőségeik nem állnak arányban a megtámadott ország fegyveres erőinek, hírszerzésének, egészségügyének képességeivel, ezért folyamatos akciókkal, a feszültség fenntartásával igyekeznek fellazítani a

szilárd társadalmi alapokat, megingatni és elbizonytalanítani a lakosság ellenállóerejét, állandó bizonytalanságban tartani a nemzetbiztonsági, rend-, és katasztrófavédelmi és egészségügyi szerveket [3].

Fenyegető problémaként jelentkezik a terrorizmusnak és a tömegpusztító fegyverek



2. ábra: COMEDS szervezeti felépítése (Forrás: [1])

prolifrációjának összekapcsolódása. A terjedési folyamat nem csupán a tömegpusztító fegyverek illegális kereskedelmét, hanem a gyártási technológia és a szellemi kapacitás proliferációját is jelenti. A CBRN (chemical, biological, radiological, nuclear – kémiai, biológiai, radiológiai, nukleáris) fegyverek illetéktelen kezekbe kerülésének és esetlegesen terrorista célokra való felhasználásának ténye új, globális fenyegetettséget reprezentál [4].

A megváltozott hadműveleti környezet új kihívások elé állítja a NATO Reagáló Erőit (NRF), és megkívánja a műveleti figyelem kiszélesítését (1. ábra).

Az AJP-4.10.3 doktrína (Az egészségügyi felderítés alapelvei, MEDINT) ezen új szempontok figyelembevételével, speciális és megnövekedett fontosságú területek, a hírszerzés és az egészségügy NATO és nemzeti szintű irányításához járul hozzá, amelynek célja a NATO parancsnokok, hírszerző, valamint egészségügyi törzsük támogatása tervezési és műveleti szinten egyaránt. A kiadvány rámutat a megnövekedett hírszerzési követelmények egy speciális területének, az egészségügynek a hírszerzés egészébe történő integrálása módjára, szükségességére és előnyeire.

Az egészségügyi biztosítás általános szerepe

Az egyidőben és helyen nagy számban keletkező sérültek és betegek ellátása mindenkor hadseregénél elsősorban a szervezés tekintetében támasztott hatalmas követelményeket a szolgálatot teljesítő egészségügyi személyzettel szemben.

A fegyveres erők kialakulásának történelmi tapasztalata arról tanúskodik, hogy a csapatok magas fokú harckészültségének egyik legfontosabb előfeltétele a katonák egészsé-

gének megőrzése, megbetegedésük, sérülésük esetén pedig egészségük helyreállítása a vonatkozó rendszabályok figyelembevételével. E rendszabályok összessége az egészségügyi biztosítás, amelynek rendszere az élőerő megőrzésének alappillére. Az egészségügyi szolgálatok a járvány megelőzéssel, a betegek, sérültek gyors elszállításával [1] és harcképességük minél előbbi visszaszerzésében tett erőfeszítéseikkel nagymértékben hozzájárulnak a harckészég fenntartásához és az egészségügyi haderővédelemhez.

Az egészségügyi haderővédelem fontos résztvevői

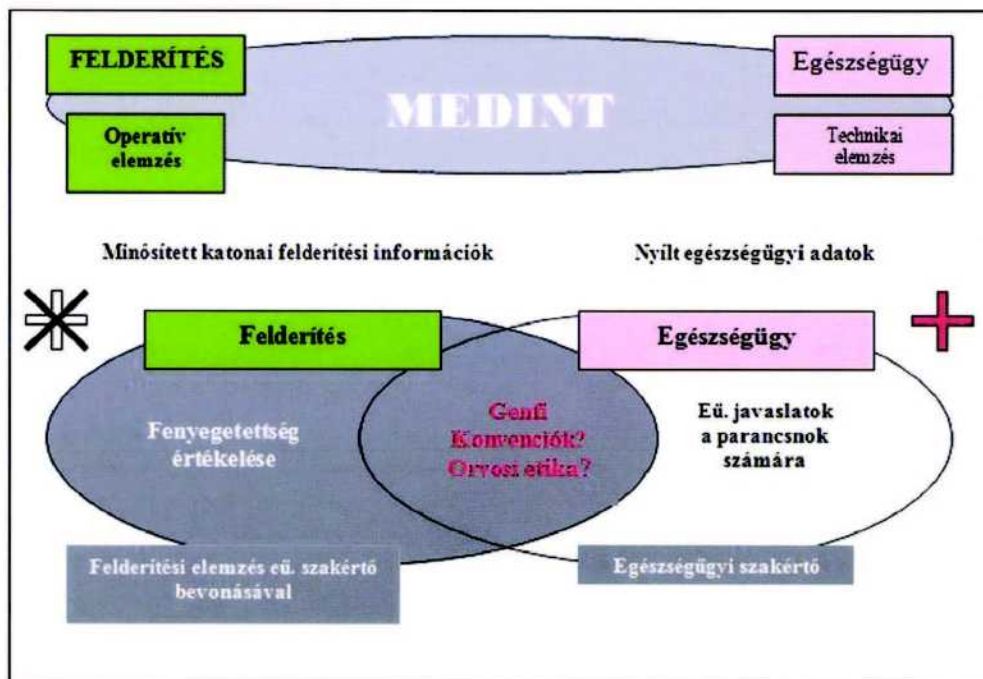
A *preventív medicina*, amely részt vesz az egészségügyi felderítésben, kidolgozza az optimális közegészségügyi-járványügyi intézkedéseket és higiénés rendszabályokat. A további fejezetekben bemutatásra kerülő képességek és feladatok elsősorban a preventív orvostudományt érintik.

A *gyógyító orvoslás*, amely magában foglalja a szakaszos, progresszív betegellátást és a rendeltetésszerű kiürítést. E témakörben számos, mérték-, és példaadó tanulmány látott napvilágot, így ismertetésére nem térek ki.

A CBRN (ABV) védelem

A bevezetésben már utaltam a témakör horderejére és aktualitására, a napvilágot látott számtalan állásfoglalás közül két különös jelentőséggel bíró, egy katonai (NATO) és egy civil (EU) csúcstalálkozó e tárgykörben hozott irányelveiből idézek egy-egy részletet.

A NATO 2002-es prágai csúcstalálkozóján megállapították, hogy új katonai képességekre van szükség a modern hadviselésben, alkalmazkodva a magasabb szintű globális fenyegetettséghez. A szövetségesek határo-



3. ábra: Együttműködés az egészségügyi felderítés és a felderítés között

zott és konkrét politikai kötelezettségvállalása, képességeik javítása többek között a kémiai, biológiai, radiológiai és nukleáris védelem és a hírszerzés területein. A csúcstalálkozón sorolták a tömegpusztító fegyverek közé a radiológiai fegyvereket is, így századunkban a nemzetközi szakirodalomban már – a bevezetőben is említett – CBRN kifejezés használatos [5].

2009. februárjában, Brüsszelben az EU elfogadta CBRN cselekvési tervét. A tárgyalt és jóváhagyott 133 intézkedés – figyelembe véve a fenyegetettség növekedését – a kooperáció és koordináció megerősítését és a nemzeti reagáló képesség növelését tűzte ki célul. Leszögezték, hogy az egészségügy is fontos szerepet játszik a veszélyeztetett-

ségre történő válaszadásban, különösen a válságra való felkészülés, a váratlan CBRN-eseményekre való reagálás előzetes gyakorlása, valamint a közegészséget veszélyeztető kórokozók és vegyi anyagok jegyzékének összeállítása tekintetében.

Első lépcsőként a terrorcselekmények bekövetkezésének megelőzését jelölték ki, a fenyegetettség csökkentése útján. Második lépcsőként a kockázat korlátozását, a nemzetbiztonsági-, rendvédelmi erők és egészségügyi szolgálatok közötti kommunikációt, gyanús események közös kivizsgálási protokollját hangsúlyozták¹.

Mindkét akarat érvényesül a MEDINT doktrínában, összhangban mind a NATO, mind az EU döntéseivel, és ajánlásaival.

¹ AZ EURÓPAI KÖZÖSSÉGEK BIZOTTSÁGA, Brüsszel, 24. 6. 2009.

A bizottság közleménye az Európai Parlamentnek és a Tanácsnak

A vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris biztonság Európai Unió belüli megerősítéséről – az EU CBRN cselekvési terve COM [2009] 273, végleges

Az egészségügyi anyagellátás

(Témánkhoz nem kapcsolódik szorosan, ezért erre a részterületre nem térek ki.)

Az **egészségügyi vezetésirányítás** kulcsfontosságú az egészségügyi tervezési folyamatban [6], ezért bár átfogó, nagy horderejű munkák születtek e témakörben, az érthetőség kedvéért, a teljesség igénye nélkül, a témához közvetlenül kapcsolódó struktúrákat röviden ismertetem.

A NATO legfőbb katonai döntéshozó testülete a Katonai Bizottság (MC). A Katonai Bizottság tevékenységét a tagországok katonai szakértőiből álló Nemzetközi Katonai Törzs támogatja.

A Katonai Bizottság közvetlen alárendeltségében működik a NATO Katona-egészségügyi Szolgálatfőnökeinek Bizottsága (Committee of Chiefs of Military Medical Services in NATO), a COMEDS. Feladata, illetve felhatalmazása, hogy a katonai egészségügy területén felügyelje és figyelemmel kísérje az úgynevezett szabványosítási célkitűzések elérését és koordinálja ezek kidolgozási folyamatát. Küldetése a tagországok közötti egészségügyi információcsere, és a NATO műveletek egészségügyi biztosításáról való gondoskodás (2. ábra).

Amint az ábrából is látható, a COMEDS szervezeti felépítése háromszintű. A vezetés-irányítási szintet a COMEDS plenáris ülése és a Katona-egészségügyi Irányító Csoport képviseli. A következő a fő munkacsoportok, a harmadik a szakértői panelek szintje [1], amely irányítja a STANAG-ek (Standardization Agreement for Procedures and Systems and Equipment Components), illetve AP-k (Allied Publication) előkészítését többek között az egészségügyi doktrínákra vonatkozóan. Ilyen doktrína az AJP 4-10.3. (MEDINT) is.

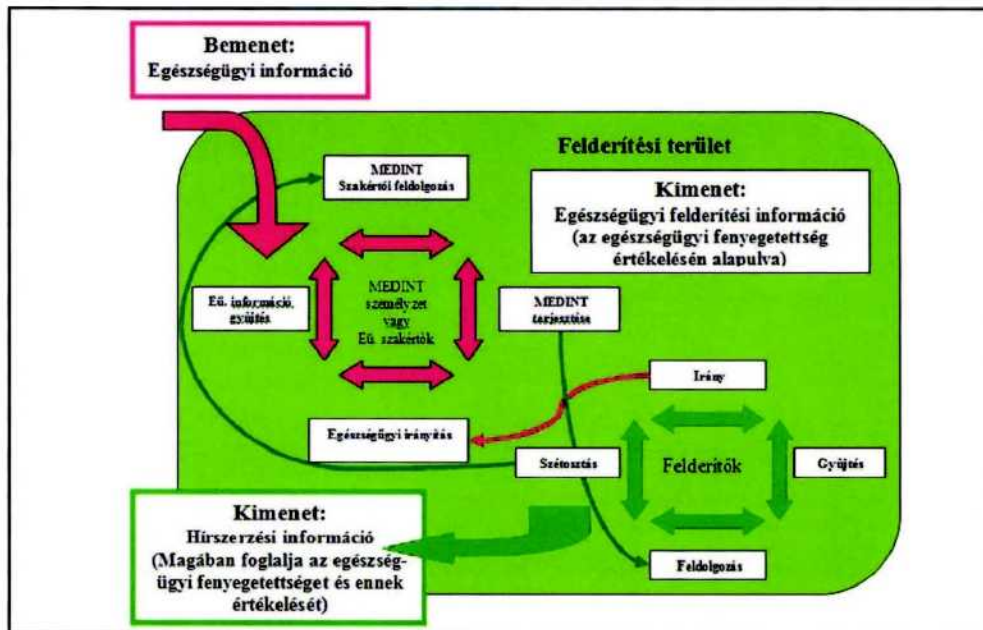
Az egészségügyi felderítés

Az egészségügyi felderítés számos alapfontosságú célt szolgál a tervezés taktikai és stratégiai szintjein. Nélkülözhetetlen a felderítő és hadművelleti törzseknek a stratégiai helyzetelemzés előkészítéséhez, és alapvető az egészségügyi, tervező, valamint a megelőző egészségügyi, törzsek részére [2].

Az expedíciós hadműveletek változatos helyszínei és kihívásai megváltoztatták az egészségügy feladatait és szerepkörét a honi, már ismert forгатókönyvekhez képest. Ennek vonzatai többek között a megelőző orvoslás szerepének jelentős kiszélesedése és a művelési tervezés folyamatában a csapatok teljes körű egészségügyi haderővédelmének a korábbinál sokkal nagyobb mértékű számvetése.

Korunk műveleteinek sikeressége egyre inkább az információs fölény meglétének függvénye. A gyorsan változó helyszíneken és szituációkban végrehajtott műveletek eredményessége érdekében az egészségügy vezetési és irányítási rendszerbe bele kell tartoznia olyan információs alrendszernek is, amely közel valós idejű képet tud nyújtani a művelési területről és az ott folyó cselekményekről. Ezzel lehetővé válik az egészségügyi tevékenységek körének pontos és időbeni végrehajtása, ideértve az eddig felsoroltakon kívül egy közel valós idejű egészségügyi jelentő rendszer működtetését [7, 8].

Az előzőekből következően minden katonai hadművelet megköveteli a pontos, széleskörű, valós idejű előzetes egészségügyi tervezést, amelynek alapja egy előzetes egészségügyi felderítés. Adatbázisa egyfelől azok az egészségügyi információk, amelyek nem felderítési csatornákon keresztül kerül-



4. ábra: Egészségügyi szakemberek közreműködése a felderítési ciklusban

nek összegyűjtésre. Bármilyen – nyílt forrásokon keresztül elérhető – egészségügyi és környezeti fenyegetettséggel, illetve egészségügyi ellátó intézményekkel kapcsolatos adatot tartalmazhatnak, amelyeket nem hírszerzési szempontok alapján értékelnek ki. Az egészségügyi információk összegyűjtése mindenki felelőssége, de elsősorban az egészségügyi dolgozókat terheli.

A másik fontos forrás az egészségügyi hírszerzésből származik. A hírszerzés e formáját egészségügyi, – ezen belül járványtani – és környezettel kapcsolatos információk összegyűjtése, kiértékelése elemzése és értelmezése eredményezi. Ide tartozik továbbá a katonai és civil egészségügyi képességek felmérése és értékelése is. A nemzetbiztonsági jelentőséggel bíró információkat a szokványos hírszerzési csatornákon keresztül kell továbbítani.

Az elkészült jelentés minősítését a benne lévő adatok határozzák meg [9]. A követ-

kező fejezet foglalja magában a fenti tevékenység részletes ismertetését.

Az AJP-4.10.3 doktrína (MEDINT)

A történelem folyamán számos hadjárat során jelentős hatást gyakoroltak a katonai műveletek kimenetelére a betegségek és járványok, a személyi veszteséget pedig mértékadóan befolyásolta a nem kielégítő egészségügyi biztosítás. Ezek közül sok megelőzhető vagy csökkenthető lett volna, ha megfelelő megelőző intézkedéseket léptetnek életbe.

Az expedíciós műveletek egy sor olyan betegségnek és egészséget befolyásoló környezeti hatásnak teszik ki a missziós erőket, amelyek a honi bázisokon nincsenek jelen. Ehhez hozzájárulnak még a különböző hagyományos fegyverek okozta sérülések, az aszimmetrikus hadviselésben használt különböző haditechnika és a nemzetközi terrorizmus – beleértve a tömegpusztító fegyverek alkalmazását is – élő erőre gyakorolt hatása.

Az egészségügyi törzsek felelősek egy, a teljes vertikumot átfogó egészségügyi haderővédelmi program (egészségügyi biztosítás) kialakításáért. Az egészségügyi felderítés (Medical Intelligence-MEDINT) nélkülözhetetlen e feladat végrehajtásához [10].

A MEDINT a hírszerzés és az egészségügyi hírszerzés közös tevékenysége annak érdekében, hogy az egészségügyi hírszerzési igények megjelenjenek a hírszerzés teljes körű tervezési és végrehajtási rendszerében (3. ábra).

A doktrína az egészségügyi, biológiai, tudományos epidemiológiai környezeti és az egyéb, emberek vagy állatok egészségével összefüggő információk feldolgozása. Ez a felderítés, lévén speciális szakmai terület, teljes folyamatában informált egészségügyi szakembereket igényel a felderítési cikluson belül és számos alapfontosságú célt szolgál a tervezés műveleti és stratégiai szintjein [2] (4. ábra).

Az egészségügyi hírszerzés, mint a hírszerzési műveletek egyik fajtája, ugyanazokat a ciklusokat alkalmazza a műveleti szinttől egészen a stratégiai szintű feldolgozásig. Az elérhető információk gyűjtése, értékelése és elemzése tekintetében, az egészségügy által szolgáltatott adatok a hírszerzés kockázat elemzésének egészébe integrálódnak a parancsnok és a művelet támogatása érdekében.

A dokumentum iránymutatása kiterjed az egészségügyi tényezőkön kívül az ezzel összefüggő, de a szorosan vett egészségügyi tevékenységen túlmutató hatások vizsgálatára is (5. ábra).

Az információk felhasználásra kerülnek:

- Az egészségügyi kockázat megállapításához,

- Számvetések elvégzéséhez,
- Megelőző egészségügyi intézkedések és rendszabályok alkalmazásához,
- Részletes egészségügyi kockázat tervezéshez,
- Az egészségügyi haderővédelemhez [2].

A parancsnokoknak a hadműveletek tervezése és végrehajtása során figyelembe kell venni a műveleti terület szociális, politikai, kulturális, vallási, gazdasági, környezeti és humanitárius tényezőit (6. ábra).

Ezen túlmenően a parancsnokoknak ugyancsak számolniuk kell a nagyszámú nemzetközi és nem-kormányzati szervezet jelenlétével, akiknek a céljait, módszereit és leendő tevékenységét lehetőleg összhangba kell hozni a haderő céljaival. Mindezt szélesebb összefüggéseiben a katonai tervezésben felhasználható:

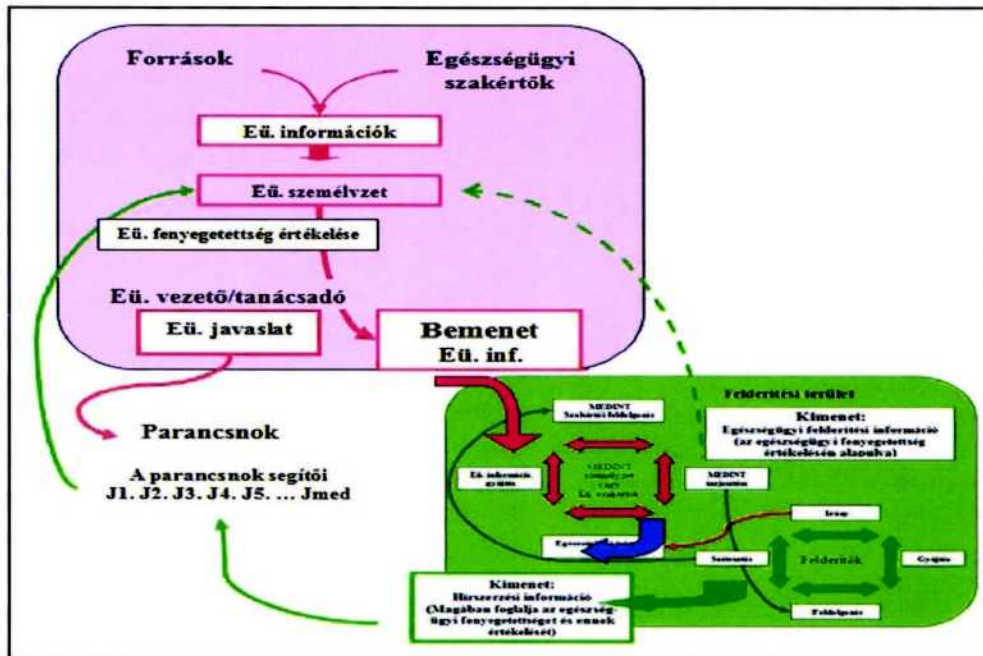
- A hadászati hírszerzések értékelésénél,
- Az ellenség képességeinek és sebezhetőségének elemzésénél,
- A hadműveleti tervezés és végrehajtás során,
- A CIMIC műveletek során [2].

Az egészségügyi tervezéshez és magához a művelethez szükséges felderítésnek széles körűnek, sok esetben a szorosan vett egészségügyön túlmutatónak kell lennie. Mindezek mellett feltétel a gyors elérhetőség, pontosság és naprakészség.

Részletes információ szolgáltatása szükséges például a következő szempontok és a 6. ábrában összefoglaltak alapján.

Az elemzett műveleti terület politikai vonatkozásai

A témakör magában foglalja a következő területeket:



5. ábra: Kapcsolódási pontok a felderítés és az egészségügyi felderítés között

- a térség (konfliktus térség, ország) geopolitikai, geostratégiai elemzése,
- a kapcsolódó történelmi ismeretek megéléte,
- a konfliktus története, jellege intenzitása,
- államszerkezet, stabilitás, jogrendszer,
- pl. megkötött egyezmények, azok betartásának hajlandósága,
- jelenlegi kül- és belpolitikai helyzetelemzés,
- kihívások, kockázatok, fenyegetések a térségben, nemzetbiztonsági kockázat értékelés,
- SWOT (Strengths – erősségek, Weaknesses – gyengeségek, Opportunities - lehetőségek, Threats – veszélyek) elemzés,
- a területen tartózkodó nemzetközi szervezetek, NATO erők, ezek kapcsolata a hivatalos szervekkel és a lakossággal, várható kapcsolatuk települő csapatainkkal,
- a térségben eddig jelen lévő nemzetközi missziók,
 - ezek tapasztalatai, eredményei,
- menekülttáborok száma és helyzete (ismeretük alapvető fontosságú az elsősegélynyújtás tervezése és a járványok kialakulásának kockázat becslése miatt),
- az adott területen van-e esély a Genfi egyezmény betartására,
 - hadifogyokkal való bánásmód,
 - az egészségügy „nem harcoló alakulatként” történő elbírálása,
 - egészségügyi anyag nem hadianyagként történő kezelése, elkülönített szállítás és egyértelmű megkülönböztető jelzések használata esetén,
- jelenleg is érezhető konfliktusok, feszültségcök, várható-e ezek miatt az egész-

ségügyi helyzet romlása és a biztonsági kockázat növekedése,

- migrációs helyzet (a bejuttatott fegyverek és a behurcolt kórokozók ismerete),
- magyar diplomáciai kapcsolatok és ezek gyakorlati megvalósulása.

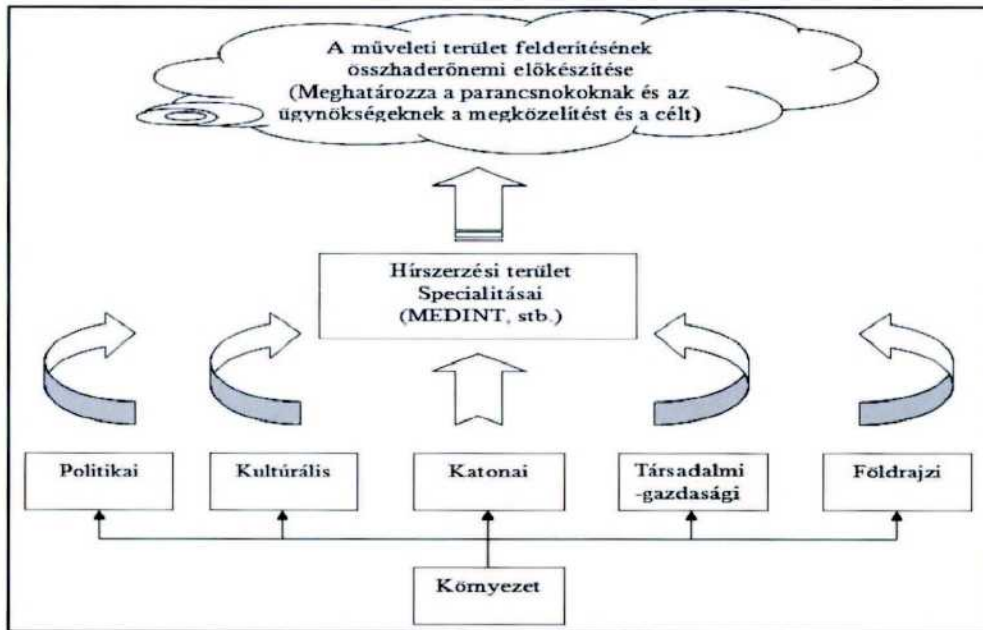
Kulturális és vallási információk

- kisebbségek, nemzetiségek jelenléte, szokásaik, hagyományaik, amelyekkel a misszió bármilyen módon kapcsolatba kerülhet,
- jelenleg államilag elfogadott és gyakorolt vallások és az idegenektől elvárt normák ezekkel kapcsolatban (ezek nemcsak az egészségügyre, hanem a mindennapi életre is jelentős hatással bírnak), a konkrét egészségügyi tevékenység végzése során elvárt, vallással összefüggő szabályok, viselkedési szabályok, ezek megszegése során várható szankciók,
- a területen jelenlévő nem hivatalos vallások és szekták, ezek csapatainkat érintő szabályai,
- vallási ellentétek, villongások, ezek kihatása a biztonságra és az egészségügyre,
- jelképhasználat,
 - vöröskereszt, -félhold, oroszán, kristály, nap,
- viselkedési normák, tiltott tevékenységek az adott kultúrkörben, amely eltér az állam által kihirdetettől,
- nyelvjárások,
- folklorisztikus helyek, ahol külön szabályok érvényesek,
- nők, gyerekek helyzete,
- halottakkal való illő bánásmód.

Gazdasági és szociális helyzet

A műveleti területen – a körülményektől függően – a parancsnokoknak számos helyzetben és alkalommal szükségük lehet a polgári támogatásra, a lakosság és a helyi források ellenőrzésére, ezt követően a polgári erőforrásokhoz (üzemanyag, élelmiszer, víz), illetve polgári információforrásokhoz való hozzáférésre. Ehhez néhány, az e tárgykörbe tartozó információ ismerete elengedhetetlen.

- Ipar és hadiipar helyzete,
 - a GDP hány százalékát fordítják,
 - hadiiparra,
 - egyéb honvédelemmel kapcsolatos tevékenységre,
 - egészségüggyel kapcsolatos kiadásokra,
 - az egy főre eső egészségügyi kiadás,
 - az egy katonára eső kiadás,
 - mely fejlett országok támogatják e tevékenységeket, illetve érvényesítenek az ország ellen valamilyen szankciót.
- Mindezek biztonsági és egészségügyi szempontból egyaránt fontosak, mert mind a velünk szemben álló haditechnika szintje és állapota, mind az egészségügyi infrastruktúra és közegészségügyi állapot jósolható belőle (Csak egy konkrét példát említve, Szudánban a klíma és az éhínség vezetett a darfuri konfliktushoz.).
- közlekedés (köz-, és vasúthálózat, légi, tengeri közlekedés) és mozgásszabadság (aknahelyzet) ismerete, amely kiemelkedő fontossággal bír az utánpótlás, kiürítés, üzemanyag ellátás megszervezéséhez,
 - veszélyes üzemek elhelyezkedése, azok ál-



6. ábra: A hadszíntér összhaderőnemi felderítési előkészítése

lapota, biztonsági, őrzöttség szintje, milyen veszélyes anyagok fordulnak elő, van-e az üzemeknek katasztrófatervük,

- víz és csatornahálózat megléte, (az ellátás és közegészségügyi-járványügyi kockázat szempontjából nem is igényel bővebb magyarázatot),
- (tele) kommunikáció, média,
- telefon, internet, műholdak elérhetősége (rendelkezésre áll, vagy a csapatokkal való telepítése szükséges),
- szükséges-e tolmács a kommunikáció alapvető szintjeihez.

Katonai vonatkozású elemzés

Több szegmense korábban már említésre került, amelyekhez még az alábbi témakörök kapcsolódhatnak:

- ENSZ, NATO határozatok, ajánlások, jelenleg kint tartózkodó csapatok,

- fegyverzetkorlátozási előírások,

- határszakaszok, szomszédos országok politikai elkötelezettsége, eseteleges segítségkérés lehetősége

- az egészségügyi infrastruktúrájuk igénybevétele

- az egészségügyi kiürítés lehetőségének számvetése a szomszédos országokba, vagy azokon keresztül más célállamokba,

- háborúk, belső villongások, amelyek hatása ma is érződik, a hadviselés jellege,

- aszimmetrikus hadviselés, pl. gerillaharcok, illetve terrorizmus jelenléte,

- tömegpusztító fegyverek meglétének és alkalmazásának esélye,

- katonai infrastruktúra, hadianyagot gyártó létesítmények,

- befogadó nemzeti támogatás,

- haditechnikai szint, eszközök, mennyiség, hadrafoghatóság,
- kiképzettségi szint (hol történt esetleges külföldi kiképzés),
- lehetséges tömegpusztító fegyverek, ellenük egyéni és kollektív védelem,
- CIMIC, PSYOPS tapasztalatok.

Geográfiai elemzés

- klíma, veszélyes időjárási és geológiai helyzetek,
- növény és állatvilág, külön elemezve a humán szervezetre veszélyt jelentő élővilágot, az ellenük való védekezés (fizikai, kémiai, gyógyszeres, antidotumok),
- mindezekből a területen mi elérhető, mit kell saját erőből biztosítani,
- iható vízforrások,
- közlekedési módok időjárás miatti időszakos használhatatlansága talajadottságok és terepjárhatóság függvényében [11].

Egészségügyi elemzés

Az eddigi felsorolás jelentős része közvetlen hatással van mind az egészségügyi tervezésre, mind a művelti területen végrehajtott közvetlen egészségügyi tevékenységre, beleértve a preventív és a kuratív medicinát egyaránt. Néhány szempont az előző felsorolásban más aspektusból vizsgálva már említésre került. Kiemelkedő jelentősége miatt elsősorban közegészségügyi-járványügyi szempontok kerülnek előtérbe. A terület minden aspektusát teljes körűen magában foglaló egészségügyi elemzés egy újabb cikk anyaga lehetne, ezért itt csak néhány általános kiegészítést szeretnék tenni.

- Az egészségügyi tevékenységet igénylő, vagy befolyásoló ökológiai körülmények,

- helyben hozzáférhető víz, és élelem fogyasztóságának rendszabályai,
- szennyvíz, csapadék, veszélyes fauna és flóra,
- járványügyi és megbetegedési adatok, magukban foglalva az előfordulás gyakoriságát, megoszlását, valamint a fertőző betegségek problémájának kezelését. (elsősorban gyomor-bélrendszeri, légzőszervi és vektorok útján terjesztett betegségek és kiemelt jelentősége miatt a HIV/AIDS fertőzőtlenség) [9],
- az ellenük való egyéni és kollektív védekezés szempontjai, lehetőségei, eszközei olottsági szint, kötelező védőoltások,
- higiénés helyzet,
- tápláltsági szint,
- anya és gyermekhalandóság, szülészeti ellátás szintje, a területet érintő speciális vallási előírások, szokások,
- a menekülttáborok egészségügyi és közegészségügyi helyzete, elsősegély-nyújtási igény,
- egészségügyi infrastruktúra a művelti területen, és közvetlen elérhetőségében, felszereltség, megközelíthetőség, műtők, orvosi műszerek megléte és állapota, gyógyszerek, speciális ellenszérumok, ezek fellelhetősége,
- egészségügyi kiürítés lehetőségei,
- az egészségügyi humán erőforrás jelenléte, képzettsége,
- külföldi civil orvos csoportok jelenléte, ezek együttműködési hajlandósága,
- konfliktusokból adódó traumás sérülések, sürgős esetek azonnali ellátásának és kiürítésének lehetőségei (pl. robbantás).

Mindezekről természetesen a művelet vezetési szintjének, a hírszerzésnek és az egészségügynek már a település előtt szükséges a lehető legteljesebb körű információk ismerete. A felsorolt adatok megszerzéséhez alapvető sémák szintjén szintén nélkülözhetetlen útmutatást biztosít a MEDINT doktrína.

Összefoglalás

Századunkban a megváltozott hadműveleti környezetben a reguláris hadviselés helyett ennek aszimmetrikus formája, és a globális terrorizmus fenyegetése került előtérbe. A megelőzés, a következmények felszámolása az elérendő cél nemzeti szinten, és több nemzeti összefogás keretében egyaránt.

A haladó világ politikusai egyetértenek abban, hogy az új típusú kihívások ellen történő fellépésnek határozottnak, gyorsnak, összehangottnak és eredményesnek kell lennie [12]. Határozottnak és eredményesen fellépni és eredményt elérni csak úgy lehet, ha minden szempontból ellenőrzött, valós idejű és a műveletek során jól hasznosítható információk állnak a reagáló erők rendelkezésére. Különösen igaz ez a felderítésre, az információk megszerzésére, cseréjére és feldolgozására vonatkozóan [13]. A katonai hírszerzés, valamint az egészségügy fontos feladata a szándékok felderítése és megelőzése (a MEDINT doktrína szerint, mint az egészségügy kibővült feladatköre), illetve a hatáscsökkentés.

A MEDINT doktrína a két szervezet nemzetközi szinten történő közös munkájára, megfelelően felkészített és felszerelt, gyorsan bevethető közös egységek kialakítására, és honi területen közös elemző-értékelő tevékenységre helyezi a hangsúlyt. Mindezek

eredményei ciklusosan visszaforgathatók és felhasználhatók a műveleti területen, növelve a hadművelet hatékonyságát mindkét szervezet együttes képességeinek felhasználásával. A kiadvány fő törekvése, hogy megismertesse a parancsnokokkal és törzseikkel az ebben rejlő lehetőségeket. A kiadvány ismerteti a legcélravezetőbb módszert az egészségügyi felderítés beintegrálására a felderítés egészébe, annak érdekében, hogy a lehető leghatékonyabban tudja támogatni a döntéshozatali folyamatot a parancsnoki vonal minden szintjén [10].

Véleményem szerint a két szolgálat közötti kölcsönös és bizalmon alapuló együttműködés kialakítása az egyik kulcsa annak, hogy a cikkben felsorolt képességek és lehetőségek megvalósításra kerüljenek.

Ennek első lépése egy munkaértekezlet formájában az érintett szakközegek által már megtörtént, és minden okot megadott a sikeres folytatás lehetőségéhez, amely biztosítaná azt, hogy ez a NATO által meghatározott és csapataink érdekét kiemelten szolgáló irányelv megvalósuljon.

IRODALOM

- [1] Svéd L.: A Katona-egészségügy a tervezéstől a műveletekig. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2009.
- [2] Magyar Honvédség Összhaderőnemi Egészségügyi Doktrína. A Magyar Honvédség kiadványa 2007.
- [3] Halász L., Remetei D.: A közösségi közlekedés sérülékenységeinek elemzése bioterrorista támadás esetén. A katasztrófavédelem és az egészségügy szerepe. Hadmérnök online 2011/2 301-313.
- [4] Zsohár L.: NBH Évkönyv 2003, Magyarország

terrorfenyegetettségé. www.nbh.hu/oldpage/evk2003/terror.htm.

- [5] Prague Summit Declaration. Issued by the Heads of State and Government on participating in the meeting of the North Atlantic Council in Prague 21. November 2002. <http://www.nato.int/docu/pr/2002/p02-127e.htm> 4. fejezet c. pont.
- [6] Svéd L., Szolnoki L.: A Magyar Honvédség egészségügyi ellátórendszere a NATO követelmények tükrében. Tanulmánygyűjtemény. Válogatás a Honvédelmi Minisztérium 1998. évi eredményeit összegező tanulmányokból. 111. oldal.
- [7] Kopcsó I.: A katona-egészségügyi szolgálat XXI. századi kihívásai, különös tekintettel a NATO egészségügyi transzformációs folyamatának támogatására. PhD értekezés 2009. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Hadtudományi Doktori Iskola.
- [8] NATO Joint Medical Support – Reality and Vision [KN2-4] [ftp://ftp.rta.nato.int/PubFulltext/RTO/MP/RTO-MP-HFM-109///MP-HFM-109-\\$KN2.pdf](ftp://ftp.rta.nato.int/PubFulltext/RTO/MP/RTO-MP-HFM-109///MP-HFM-109-$KN2.pdf).
- [9] North Atlantic Treaty Organisation STANAG 2481 MED [EDITION 1] – Medical Information Collection and Reporting.
- [10] Az egészségügyi felderítés alapelvei (MEDINT doktrína). A Magyar Honvédség Dr. Radó György Honvéd Egészségügyi Központ Kiadványa, 2010.
- [11] Tóth L.: Szudán katonaföldrajzi atlasza. Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálat, Budapest, 2010.
- [12] Kőszegvári T.: A nemzetközi terrorizmus elleni harc tapasztalatai. Felderítő Szemle, 2004, 3(4): 6.
- [13] Szternák Gy.: A terrorizmus elleni harc háttere. Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények, 2007, 11(1): 21.

Maj. Dóra Remetei M.D.M.C.

The new security environment of today and its effect on certain elements of military medicine. The medical intelligence and the AJP-4.10.3 (MEDINT) doctrine

The end of the bipolar world and the new type of security challenges – namely the asymmetric threats have changed the theoretical and practical paradigms of medical support in the time of armed conflicts.

The medical staffs are responsible to formulate a full-spectrum force health protection programme. NATO's willingness to react efficiently has also raised the need for a comprehensive, real-time and interoperable medical intelligence. The AJP-4.10.3 doctrine contributes to the organization of the medical support based on these ideas in the full spectrum of the operation.

This material clearly defines that this special area of intelligence (the medical) should be integrated into intelligence as a whole, identifying the need, the method and the advantages of doing so; also showing that the collaboration of these two services allows us to support the decision-making process even in the new operational environment of our age.

Key-words: military medicine, intelligence, preventive medicine, medical support, medical intelligence, AJP-4.10.3 doctrine

*Dr. Remetei Dóra o.örgy.
1134 Budapest, Róbert Károly krt. 44.*

*Magyar Honvédség – Honvédkórház
Hévízi Mozgásszervi Rehabilitációs Intézet*

A rehabilitáció és a katonapszichológia kapcsolatának történeti változásai sérült katonák ellátása során

Dr. Weinhoffer Judit

Kulcsszavak: rehabilitáció, katonapszichológia, sérülés, krízis, életminőség

Az írás első részében a rehabilitáció történetével foglalkozom, elsősorban a sérült katonák ellátása szempontjából. A XX. századi világháborús események a katona egészségügy fejlődésén keresztül, ugrásszerű előrelépést hoztak a polgári egészségügyben is, különösen a sebészet és a rehabilitáció területén. A rehabilitáció történetileg alakult komplex folyamattá, amelyben megjelentek a fizikai állapot javítása mellett a pszichológiai és a szociális összetevők is. A második részben röviden összefoglalom a katonapszichológia létrejöttét, amelynek ugyan évezredek gyökerei vannak, de csupán az első világháború után vált az alkalmazott pszichológia egyik ágává. A rehabilitációs team munkája ma már elképzelhetetlen pszichológus nélkül. A harmadik részben megmutatom, hogy a katonapszichológia és a sérült katonák rehabilitációja hogyan találkozott össze szükségszerűen és hogyan hatottak kölcsönösen egymásra a történeti változások során.

A rehabilitáció lényege és célja, a fogyatékos vagy rokkant emberek életminőségének javítása, a lehető legnagyobb függetlenség, a legteljesebb élet biztosítása. Ehhez komplex szemlélet szükséges. Nem elég csak orvosi (fizikai és pszichés) szempontból, hanem pedagógiai, foglalkozási, szociális területeken is támogatni szükséges ezeket az embereket. Az aktív katonák esetében leggyakrabban fizikai és/vagy pszichés sérülést követően válik szükségessé komplex rehabilitáció.

A rehabilitáció vázlatos története

A rehabilitáció első történeti emlékei

Már tízezer évvel ezelőtti őskori barlangrajzokon is láthatók sérült vadászok. Ekkor

a fogyatékoság egyenlő volt a hamarosan bekövetkező halállal. A hordákban élő ősemberek a saját és a csapat életének védelme érdekében vagy magára hagyták a fogyatékos, vagy megölték [1]. Az ókori civilizációk ábrázolásaiban már fellelhetők kezdetleges rehabilitációs törekvések, ezek azonban az akkori gyógyítás színvonalához képest is csak igen kezdetlegesek voltak. Egyes területeken még elpusztították, másutt már segítették az elesetteket. (pl. Spárta, vagy Romulus története).

Rehabilitációs törekvések a középkorban

A korai középkorban a betegséget isten büntetésének tartották, sokáig csak imádkozással próbálták gyógyítani. Magyarországon

az ezredforduló után Esztergomban alapították az első ispotályt, majd 1007-ben Pécsváradon az első betegellátó kolostort. A népesség számának hirtelen növekedése, a túlzásúftolt városok, a rettenetes higiéniai viszonyok szükségszerű következményeként óriási járványok törtek ki Európában. A városok a fertőző betegek elhelyezésére kénytelenek voltak kórházakat építeni, amelyekben, hatalmas termekben együtt, sokszor egy ágyban, elkülönítés nélkül feküdtek a különböző betegek. Magyarországon Selmecen 1224-ben a bányászoknak, majd Esztergomban 1226-ban épültek városi kórházak [1]. A fogyatékosok koldulásból tengették az életüket. A középkorban újra megjelentek primitív rehabilitációs törekvéseként a végtagpótlások. A középkori háborúk során a végtagcsonkolások technikájának fejlődése (*Ambroise Paré* 1510 -1590) kedvezett a fából, bőrből, fémből készült egyszerű végtagpótlások megjelenésének [1, 2].

Az első fogyatékosági törvény

A történelem során a felvilágosodás koráig csupán elvétve észlelhetők rehabilitációs próbálkozások. A Francia Forradalom idején elfogadott alkotmányban szerepel az első törvény, amely a fogyatékosokkal foglalkozik (1793.). A társadalom köteles megsegíteni szükségét szenvedő tagjait azzal, hogy munkát ad a munkaképeseknek, vagy eltartja a munkára képteleneket.” Minőségi változást jelentett, hogy az eddigi véletlenszerű segítség társadalmi kötelesség lett, valamint a rokkant ember munkához juttatásával az önálló életvitelét segítették elő [1, 2].

A magyar rehabilitáció kezdete

A XVI. század második évtizedétől létesültek Pesten és Budán katonai kórházak. Az első 1527-ben Budán, majd 1686-ban

Óbudán, 1696-ban a Fő utcában, majd 1727-ben Pesten [3]. Fogyatékosokkal foglalkozó intézmények az iparilag fejlettebb országokban már a XVIII. században létrejöttek, Magyarországon kb. száz évvel később jelentek meg a hasonló intézmények. *Cházár András* alapította 1802-ben az első gyógypedagógiai intézetet, a váci siketek tanintézetét [1, 2].

Az önálló magyar katonai egészségügy megteremtése a honvédség megszervezésével vette kezdetét, 1848. májusától. Ekkor *Sauer Ignác*, majd *Stáhly Ignác* szervezte a honvédség és a nemzetőrség egészségügyét. Ekkor a honvédség orvosai nem csupán a sebesültek ellátásával foglalkoztak, rengeteg járványos megbetegedés fordult elő. 1848 nyarán ismét kolerajárvány jelentkezett, gyakori volt a tüdőbaj és a nemi betegségek. 1848-49 tele igen kemény tél volt, nem ritkán -15 °C-al vagy akár -25°C-al is, gyakori fagyásos sérülésekkel. A harcokban főleg az ágyúgolyók, a puskalövések, a szuronyszúrások okoztak sérüléseket [4].

1849. januárjában *Flór Ferenc* vette át a hadügyminisztérium egészségügyi osztályának vezetését, és az ő irányításával épült ki a szabadságharc katona-egészségügye olyan példa értékűen, hogy ez a következő évszázadban is követendő mintát adott. A sérülteket a bajtársaik vitték a kötözőhelyekre, innen az ideiglenes tábori kórházakba, amelyek gyakorlatilag szintén csak kötözőhelyként működtek. Innen a mozgó tábori kórházakba kerültek, amelyek már szabályos felszereléssel rendelkeztek, majd a hátszág állandó tábori kórházaiba küldték őket. *Flór Ferenc* már 1847-től próbálkozott kloroform és éter alkalmazásával a sebészetben. „Az európai történelemben először az 1848-49-es magyarországi és itáliai harcokban alkalmazták először a kloroformot a hadisebészetben”[4]. *Kossuth*

Lajos a hűgát, Zsuzsát nevezte ki országos főápolónővé, de az ápolónői hálózat kiépítésére már nem jutott idő. A tervezett, de meg nem valósult rehabilitációs intézkedések közé tartozott a harcokban megrokkant embereknek ígért pénzjutalom, földbirtok. *Kossuth Lajos* tervezte, francia mintára, egy rokkantpalota felépítését Pesten. A szabadságharcot követő megtorlás során természetesen ezekből a rehabilitációs tervekben semmi sem lett [4].

A XIX. század utolsó harmadában a népesség növekedése, a városiasodás, a felbomló hagyományos családszerkezet megkívánta a fogyatékosokról történő állami gondoskodást. Ekkor jött létre a kötelező társadalombiztosítás és az adókból fizetett szociális segélyezés. A XIX. század végén és a XX. század elején jelentek meg Magyarországon az első szervezett rehabilitációs szolgáltatások is [1]. A Központi Honvédkórház 1899-ben nyílt meg, akkor 16. számú Helyőrségi Kórház néven [3].

Magyarországi rehabilitáció az I. világháború alatt

A magyarországi rehabilitáció történetében az igazán nagy lendületet az első világháború adta. Olyan tömegesen sérültek a harcokban mind a katonák, mind a civil lakosság, hogy ellátásukról országos méretekben kellett intézkedni. *Dollinger Gyula* (1849-1929) sebész, már a háború előtt önkéntes ápolónőképzést indított, ennek köszönhetően a háború kitérősekor 1 000, két hónappal később 7 000 képzett ápolónő állt rendelkezésre. Hadikórházat állított fel, ahol a végtagcsonkoltak utókezelése és protézissel történő ellátása is megtörtént. Számos alapvető újítás volt a protetizálás terén. A korai, jó kezelést a rokkantság legfontosabb profilaxisának tartotta, és nagy hangsúlyt fektetett az utókezelésre. *Dollinger* a ha-

dirokkantakat megpróbálta eredeti munkakörükben munkába állítani, akiket nem lehetett, azok számára átképzést szervezett. Ez a magyarországi foglalkozási rehabilitáció első szervezett formája. A „teljesen megrokkantak” szociális ellátási rendszerét szintén kidolgozta [2]. A VII. Hadisebészeti Konferencia 1915. január 21-én határozott, hogy a Béna Katonákát Gondozó Bizottság számlálja össze a rokkantakat. Április végére (még csak 1915!) 20 000 hadirokkantot találtak. „Az összeírás célja nem alamizsna gyűjtésének előkészítése, hanem a rokkantakat abba a helyzetbe hozni, hogy saját maguk és családjuk existenciájáról gondoskodni tudjanak.” *Dollinger Gyula* [2].

A tömeges sérült miatt már országos méretekben kellett intézkedni a kezelésükről és rehabilitációjukról. A magyar királyi miniszterelnök 3300/1915. számú rendelete szabályozta a csonkolt, benukt katonák orvosi utókezelését és mesterséges testrészekkel való ellátását, valamint foglalkozási rehabilitációját. A 3301/1915. számú rendelet a Magyar Királyi Rokkantügyi Hivatal felállítását mondta ki, amelyet *Klebensberg Kuno* vezetett [1, 2]. Ezek a törvények átfogóak voltak, a rehabilitáció összes területét érintették, az orvosi rehabilitáció mellett a foglalkozási, a szociális, a pedagógiai rehabilitációt is, de csak a katonákra vonatkoztak, a polgári lakosságra nem. Ekkor jelent meg először a rehabilitáció komplexitása. A korát lényegesen megelőző színvonalú hadigondozás alakult ki, amely a későbbiekben követendő mintát adott a magyarországi rehabilitáció kialakításához. Sajnos a vesztés háború után a hadigondozás szervezete rohamosan tönkrement.

Magyarországi rehabilitáció a I. világháborútól a XX. század végéig

Magyarországon a két világháború között összeomlott az egész hadigondozási rend-

szer, és az ebből kiinduló egyéb rehabilitációs törekvések is jelentősen csökkentek, a következő néhány évtizedben csak szórványosan figyelhetők meg [1]. A fasiszta ideológia miatt azonban egész Európában visszaesett a rehabilitációs tevékenység. Főleg az elmebetegek váltak áldozatokká [5].

Hazánkban a második világháború után részben a súlyos gazdasági nehézségek, részben a szemléletmód lassították a rehabilitáció fejlődését. A traumatológusoknál az ötvenes években már felbukkant a rehabilitációs szemlélet. Baleseti Utókezelőt hoztak létre, amely később az Országos Traumatológiai Intézet Rehabilitációs Osztálya lett [5]. A gyermekbénulás járványok bénultjait speciális Heine-Medin osztályokon kezelték. Elmebetegeknek munkaterápiás intézeteket létesítettek. Jellemző volt ekkor Magyarországon a tbc-s fertőzöttek igen magas aránya, a nagy tömegű súlyos tbc-s beteg. A magyarországi rehabilitáció az I. világháború után a tüdőbeteg rehabilitációban ugyan jelentős eredményeket ért el, de az összes más jellegű rehabilitáció csak vegetált [5].

Az Országos Orvosi Rehabilitációs Intézet 1975-ben alakult, elsősorban mozgáskorlátozottak számára, majd fokozatosan a megyei kórházakban is megalakultak a rehabilitációs osztályok. A katonaegészségügyben mozgásszervi és kardiológiai rehabilitációs osztályok működnek jelenleg is.

Mint látható az eddigiekből, a rehabilitáció fejlődése ugrásszerűen, általában a nagy háborúk után indult meg. A sok fiatal rokkant ellátása, akik a hazáért áldozták a harcokban az egészségüket, jelentős társadalmi nyomást, elvárást teremtett. Ezért a rehabilitáció és a katonaegészség-

ügy története elválaszthatatlan. Többnyire a katonaegészségügyből indultak el az új rehabilitációs törekvések a polgári egészségügy irányába.

A katonapszichológia rövid története

A pszichológia történetéből

„A pszichológiának hosszú múltja, de rövid története van” –*Hermann Ebbinghaus*. Már az ókorban fellelhetők a gyökerei, különböző filozófusok munkáiban, de Európában a modern pszichológia kezdetét 1879-től számítjuk, mikor *Wilhelm Wundt* Lipcsében megalapította az első pszichológiai kutatásokkal foglalkozó laboratóriumot. Az 1890-es években *Sigmund Freud* kidolgozta a pszichoanalízis módszerét, a tudatalan fogalmát, majd *Carl Gustav Jung* a kollektív tudatalan fogalmát alkotta meg, amelyben az emberiség közös történetéből származó ősképek, archetípusok találhatóak. *Freud* munkássága óta töretlen a pszichológia fejlődése Nyugat-Európában és Amerikában. Magyarországon elsőként *Dr. Ferenczi Sándor* ideggyógyorvos kezdett *Freud* munkássága után érdeklődni, és 1913-ban megalapította a Magyar Pszichoanalitikus Egyesületet. A *Nyugat* című lap főszerkesztője, *Ignotus* is tagja volt az egyesületnek, ezért több pszichológiai témájú cikket megjelentetett. *Ferenczi* tanítványai közül több ismert és jeles pszichológus került ki.

A katonapszichológia gyökerei

Az embereket ősidők óta érdekelték a harcok során lezajló pszichés folyamatok, a bátorság, a hősiesség, a gyávaság, az önfeláldozás mögött húzódó lelki történések. *Szun-Ce: A harcok művészete* című munkájában i.e.500-300 között már részletesen taglalta a katonák pszichés felkészültségének fontosságát, a pszichikai tulajdonságok alapján történő kiválasztást, a közösségi

szellemet, az alkalmazkodó képességet [6]. Az Amerikai Polgárháború (1861-1865) leírásaiban bukkan fel először a katonák lelki kimerülésének jelensége. Az orosz-japán háborúban (1904-1905) a nagy számuk miatt már hivatalosan is foglalkozni kellett azokkal az emberekkel, akiken külső sérülés nem látszott, de nem tudták ellátni a feladataikat [7].

Katonapszichológia az I. és a II. világháború alatt

A pszichológia történetében az alkalmasság vizsgálatok kidolgozásához a Titanic 1912-ben történt tragédiája óriási lendületet adott. Nem csupán a véletlent, hanem a hajó tisztikarának alkalmatlanságát is okolták a szerencsétlenségért [8]. Amikor 1917-ben az USA belépett a háborúba, nagyon gyorsan rengeteg jól képzett katonára volt szüksége. Rövid idő alatt meg kellett szervezni a katonák kiképzését, kiválasztását. Addig külön katonapszichológia nem létezett. Ekkor pszichológusoktól, főleg munkapszichológusoktól kértek segítséget, akik kidolgozták a képességméréshez szükséges, azóta híressé vált, alfa és béta teszteket. Az Alfa általános osztályozó teszt volt, nyolc témakörben, a Béta teszt az írástudatlanok vagy angolul nem írók tesztje volt. 400 pszichológus 1 700 000 katonát vizsgált végig, majd ezt egy igen sikeres katonai kiképzés követte. Bebizonyosodott, hogy a pszichológia nehéz, valós problémák megoldására is alkalmazható. A katonapszichológiának, mint az alkalmazott pszichológia egyik ágának a tudományos múltja tehát ekkortól, az első világháború óta számítható [6, 8, 9].

Németországban, Franciaországban és Angliában is az első világháború alatt kezdtek a képességvizsgálatokat alkalmazni, de ezekben az országokban nagyságrendekkel kisebb számban, mint Amerikában.

Németországban, kezdetben kiterjedten a katonai gépjárművezetők alkalmasságát vizsgálták [6, 8].

Azonban a katonapszichológia története messze nem csupán az alkalmassági vizsgálatok története. Évezredekig nem volt szó a katona, mint ember lelkéről. Az első világháborúban, kezdetben a fegyelem, a rettegés fokozásával, az összeomlott katonák hadbíróóság elé állításával, gyávának bélyegzéssel, halálos ítéletekkel próbálta a hadvezetés eltussolni a háborús stressz pszichés áldozatainak növekvő számát. Azonban olyan nagy tömegű pszichés sérült keletkezett, hogy „gránátsokkosnak” diagnosztizálva mégis foglalkozni kellett velük. *W. H. R. Rivers* 1917-ben egy előadásában (*The repression of war experience*) először írta le pontosan a tüneteket, és adott útmutatást a kezeléshez. A háború végére bevezették a „háborús neurózis” elnevezést. A háború után 6 évvel az amerikai veterán kórházakban kezelt betegek 58 %-a „gránátsokkos” beteg volt [7].

A második világháború alatt az USA-ban több mint ezer katonapszichológus részvételével több mint 20 millió újoncot soroztak be. Új, csoportosan alkalmazható tesztet fejlesztettek ki, *Army General Classification Test (AGCT)*, amelynek kidolgozták a Béta változatát is. Ezek értékelése már gyorsabb, egyszerűbb volt, mint az Alfa teszté [6, 8, 9]. A második világháború kezdetén, nem tanulva az első világháború tapasztalataiból, még mindig gyáváságnak tartották a katonák lelki összeomlását, és hadbíróági ítéletekkel „kezelték”. Az európai hadszíntereken átlagosan három sebesülthez jutott egy harci kimerültség, a csendes-óceáni hadszíntéren 1:1 arányban fordultak elő.

A légierő fejlődésével, az első és a második világháború között megnőtt a német

légierő részére végzett alkalmassági vizsgálatok aránya is. Hitler azonban 1942-ben megszüntette a német hadseregben a pszichológiai szolgálatot, amelyet részben a háborús emberhiány, részben ideológiai okok magyarázhatnak. A Szovjetunióban 1936-ig működött a katonapszichológia, majd Sztálin utasítására megszüntették [6, 8]. Míg a második világháború után a szocialista országok katonapszichológiája csak vegetált, a nyugati demokráciákban gyorsan fejlődött. Jelenleg a NATO-országok katonapszichológiai rendszere rendkívül fejlett, alkalmazása a napi gyakorlat része [6].

A katonapszichológia magyarországi kezdete

Magyarországon már az első világháború idején volt igény arra, hogy az ideg- és elmegyógyászati vizsgálatok fokozottan jelenjenek meg a sorozásokon [10]. Az Osztrák-Magyar Monarchiában *Gustav Kafka és Révész Géza* nevét kell kiemelni a hadsereg pszichológiai szolgálatának megszervezésével kapcsolatban. Az első alkalmassági vizsgálatokat a bécsi I. számú Hadikórházban végezték 1917 őszétől, majd a baumgarteni III. sz. Hadikórházban 1918-tól. Főleg a repülőket, gépjárművezetőket, telefonosokat, távirászkokat vizsgálták. Utóbbi működését fél év múlva felfüggesztették a megváltozott politikai helyzet miatt. A két világháború között több honvédségi pszichotechnikai laboratóriumot létesítettek, amelyek nem csupán a katonai alkalmasság mérését, hanem pályaválasztási tanácsadást is végeztek, és a leszerelők számára útmutatást is adtak a civil életben való elhelyezkedéshez. 1933-ban kezdte meg működését a Magyar Királyi Honvéd Központi Képességvizsgáló Intézet. Fő feladata a katonai alkalmassági vizsgálatok végzése volt [8].

Katonapszichológia a XX. század második felétől napjainkig

A vietnami háborúban „kb. egymillió amerikai katona vett részt a harcokban, s közülük 560-700 ezren szenvedtek (és szenvednek) a stressz-betegség valamilyen formájától.” A bevezetett DEROS rendszer (a tengerentúlról történő visszatérés számított időpontja, amelyet a koreai háborúban dolgoztak ki) egy meghatározott pontrendszer volt, amelyet, ha valaki elért, hazaszállították. Ugyan előnyei is voltak, távlatot, lehetőséget adott a katonának, de individualizálta a háborút, megszüntette a csapatkohéziót, a katona nem tartozott sehová. A harcban a hadviselés addig ismeretlen formáival találkozott, utána magányosan utaztatták haza, órák alatt átkerült egy teljesen más értékrendű civil életbe, otthon pedig háborúellenes tüntetések fogadták. Az amerikai társadalom kihasználta, háborúba kényszerítette, majd cserbenhagyta őket. Elsősorban a vietnami tapasztalatok alapján az Amerikai Pszichiátriai Társaság 1980-ban új fogalmat vezetett be, a poszttraumás stressz betegség (PTSD) fogalmát, és megalkotta a diagnosztikus kritériumait.

Izraelben az 1973-as arab-izraeli háborúig keveset foglalkoztak a katonák pszichés kifáradásával. Ekkor azonban olyan tömeges méretekben találtak a problémával (az izraeli sérültek 60 %-a), hogy rákényszerültek a vizsgálatára. Egyre inkább az objektív harci körülmények következményének tartották a pszichikai sérüléseket, melyek bizonyos szintje elkerülhetetlen a modern harc feltételei között. Megfigyeléseik és kezelési módszereik a „katonai pszichológia forradalmához” vezettek. A pszichikai elsősegélyt a harci zónában nyújtották, a sérülteket a fronthoz a lehető legközelebb és leggyorsabban gyógyították [7, 11].

A harci stressz jelenségével számolni kell a katonai akciók minden fajtája – tehát békétámogató, humanitárius műveletek, stb. – esetében is. A cél, hogy határok között, kezelhető szinten maradjon. Csökken a gyakorisága, ha jó a kiképzés, mind a katona, mind a parancsnok tájékozott, felkészült a stressz kezelésére, erős a csoportkohézió, határozott a parancsnok, folyamatosan tájékoztatja katonáit, értékeli a feladatok elvégzését, visszajelzéseket ad, magas a bajtársi bizalom mértéke, határozott és ideológiai-lag elfogadott a cél, a lehetőségekhez képest viszonylag jobb a körülmények (étkezés, folyadék, tisztálkodás, alvás). Mikor a katona visszatér a civil életébe, a pszichés problémáit viszi magával, és a tünetei jelentős része később alakul ki. A család eleve megsínyli a családfelelő távollétét, aki a visszatéréskor szembesül a megváltozott családjával. Gyakran agresszíven kezelik ezeket a családi problémákat, ilyenkor nő a válások száma. Ráadásul a katonákra sokszor a disszimuláció jellemző. Nem tartják férfiasnak a lelki „nyavalyákat”, szegényből vagy karrierféltésből sem kérnek segítséget [7, 11.,12].

Mint az eddigiekből látható, a katonapszichológia tevékenységi köre a világháborúkat követően fokozatosan kibővült. Az alkalmassági vizsgálatok után preventív, terápiás és rehabilitációs feladatköre is lett. Foglalkozik (a teljesség igénye nélkül) az alkalmassági vizsgálatokon kívül, a katonák pszichológiai prevenciójával, a harci készenléttel, a pszichés feszültségek napi kezelésével, a katonai egység mint csoport dinamikájával, a harci stressz és PTSD megelőzésével és kezelésével, a harckészültséggel, a katonák pszichológiai felkészítésével, teljesítőképességükkel, a parancsnoki magatartással, a kiválasztás és beosztás kérdésével, a döntések pszichológiai hátterével, a

sebesültek pszichés gondjaival, a bajtársak halála kiváltotta érzésekkel, az elhunytak és sérültek családtagjaival, a megváltozott hadviselési stílusok és helyzetek (pl. kétpólusú világrend felbomlása, önkéntes haderő, NATO csatlakozás, terrorizmus) új pszichés követelményeivel, a női helyzetével a hadseregben, a lélektani műveletekkel, a civil-katonai kapcsolatokkal, stb. [13, 14]. „A pszichikailag alaposan felkészített alakulatokban még a legsúlyosabb harctéri veszteségek és mulasztások közepette is a katonáknak mindössze tíz százaléka szenved pszichikai károkat, míg ez az adat a pszichikailag felkészítetlen egységekben a 30 százalékot is meghaladja.” [6]. A katonapszichológia kölcsönösen együttműködik a pszichológia többi ágával, és különösen az alkalmassági vizsgálatok [9], a stressz, a pszichológiai elsősegély, a PTSD, a függőségek, a krízisek, a katasztrófa ellátás területén nyújtott már eddig is rendkívül sokat.

A rehabilitáció és a katonapszichológia találkozása

Katonák pszichés sérülése és pszichológiai elsősegélye

Akár az 5. cikkely szerinti, akár egyéb műveletekben, mindig fennáll a katonák sérülésének lehetősége. A sérülések lehetnek pszichés és/vagy fizikai sérülések, de a fizikai sérüléseket szinte mindig kísérik pszichés károsodások is. A sérülések esetében a megelőzés lenne a legfontosabb, és ez a pszichés sérülésekre is érvényes. A prevenció ezen területe a katonapszichológiai feladata, a kiválasztás és a felkészítés során. Akut pszichés sérülés a harci stressz reakció, melynek krónikus, kumulatív formája a háborús stressz. Amikor a harci stressz ellátása a műveletekhez közel és rövid időn belül történik, a katonák nagyobb része gyógyul, krónikussá váló panaszok nélkül. A harci

stressz terápiája során a legfontosabb szempontokat négy szóban lehet összefoglalni: közelség, azonnalítás, egyszerűség, remény [15, 12, 16].

„...adekvát pszichológiai elsősegély esetén a stressz reakciót mutató katonák jelentős arányban és gyorsan reaktiválhatók.” A harci cselekményhez minél közelebb, ahol már biztonságos, és a lehető leghamarabb, el kell kezdeni a pszichológiai elsősegélyt. A kiképzés során erre már felkészített parancsnok és bajtársak kezdik el, majd a szaksegélyt nyújtó stressz ellátó csoport (pszichiáter, pszichológus, szakasszisztens) folytatja. A múlt század nyolcvanas éveiben katonai alkalmazásra fejlesztették ki a Kritikus Események Stresszkezelő modelljét, a *Mitchell*-modellt, amelynek lényege a pszichológiai debriefing, az érzések és érzelmek katartikus ventilációja. Az 1990-es évek közepétől a kutatások megkérdőjelezték a módszer hatékonyságát, és helyette pszichológiai elsősegélyként a rugalmas ellenállóképesség, a reziliencia fejlesztését, a megküzdést támogatják. A 2001.szept.11-i terrortámadást követően a felmérések szintén a reziliencia, mint adaptációs folyamat szerepére helyezik a hangsúlyt [17]. A két módszer támogatói és ellenzői közti vita jelenleg is tart. Az esetek 90 %-ban az akut, korai ellátás sikeres, ha nem, a katona kiürítése szükséges. A stressz ellátó bázis ROLE 1,2,3 szinten is települhet, a szükségleteknek megfelelően, innen ha kell, szakkórház megfelelő osztályára, vagy rehabilitációs intézetbe küldhető a beteg. A fizikai és pszichés sérültek szétválasztása tovább javította a harci stressz kezelés eredményeit. „Ugyanis a „pszichés sérült” tünetei mélyülhetnek a fizikális sérülés élményétől, a fizikális sérült pszichés állapota nemcsak a szomatikus kondícióinak tudatosulásától, hanem a társ pszichés reakcióitól is ro-

molhat. A pszichésen és fizikálisan is sérült katona a fentiek alapján „komplex” ellátást igényel.” [12]. A fizikai sérülést szenvedett katonáknál, amint kontaktusba vonhatók, természetesen az egyéb, főleg sebészeti ellátással együtt, kezdődik a pszichológiai kezelésük is. Az akut stressz sokszor gyorsan, maradvány nélkül lezajlik, a krónikus állapotok kezelése bonyolultabb, hosszabb időt igényel, kevesebb eredményt ad. A krónikus esetek 40-70 % -a irányítható vissza a szolgálatba.

Az akut és krónikus stressz reakciók ép emberek extrém eseményekre adott válaszai. A harcokat átélt emberek, akár sérülnek fizikailag, akár nem, soha többé nem lesznek olyanok, mint korábban voltak. Hogyan lehet a harcok után ilyen terhekkel tovább élni? Lehet-e, tud-e úgynevezett normális, átlagos hétköznapi életet kialakítani? Régen férfiatlannak tartották a panaszkodást, gyávának hitték azt a katonát, aki az érzéseiről beszélt. Ezért a harcok utáni lelki terheket egy életen át vitték a katonák, magukba zárva, és ez mint egy lassan ölő mérge, a saját, de gyakran a családjuk életét is megmérgezte.

Mind a fizikai károsodást kísérő lelki tünetek, mind az önálló pszichés sérülések súlyosbodva, a személyiség komplex pszicho-szociális egyensúlyvesztését, vagyis krízist okozhatnak. A krízis a megszokott eszközökkel történő probléma megoldási képtelenség, zsákutca. Különösen akkor tartós, ha a sérült maradandó károsodást, fogyatékoságot szenved. Ekkor a továbblépéshez a veszteséget fel kell dolgoznia, el kell gyászolnia (pl. a korábbi önmagát, korábbi élettervét, munkáját, végtagot, stb.), meg kell küzdenie a testkép-, énkép-változással, az elvesztett önbizalommal és biztonságérzettel, a saját ambivalens érzéseivel, új terveket kell alkotnia a megmaradt képes-

ségeire építve. A krízisek eredménye megoldás, kompromisszum, ineffektív megoldás (kábitószer-függőség, alkoholizmus) és összeomlás (suicidum, pszichózis) lehetnek.

Poszttraumás stressz-zavar

A PTSD-t (poszttraumás stressz-zavar) a katonai egészségügyi jelentősége, nagy gyakorisága miatt, külön kell említenem. Akár fizikai, akár lelki traumatikus esemény után több héttel vagy hónappal jelentkező, tartósan fennálló szorongásos kórképet nevezik így. Az amúgy egészséges embereket sújtja, traumatikus események, extrém körülmények hatására. A diagnózis megállapítása a következő három tünetcsoport alapján történik:

- a traumatikus történet ismételt újraélése, utólagos átélése,
- hasonló helyzetek tartós elkerülése, menekülés,
- tartósan fokozott készenléti állapot, túlérzékenység [16].

Ezek az emberek a veszély elmúltával is félnek, tehetetlenségi, kiszolgáltatottsági érzésük van, úgy érzik, bármikor megismétlődhet a traumatikus élmény, a világ már nem biztonságos hely a számukra. Újra és újra átéli a traumatikus eseményeket, ugyanakkor igyekeznek bármi áron kerülni az erre emlékeztető szituációkat. Ennek ellenére újra és újra felbukkannak a rossz emlékek, ébren és az álmokban is, jelentős szorongással kísérve. Gyakori kísérő tünet az alvászavar, az irritabilitás, a koncentrációs zavarok, gyakoriak a társuló egyéb pszichés zavarok, mint a pánik szindróma, a depresszió, az alkohol és egyéb dependencia. Nem elsősorban a trauma súlyossága vagy fajtája, hanem az élmények feldolgozatlanlansága játszik szerepet a kórkép

létrejöttében. Tehát a PTSD kialakulása nem csupán a traumatikus eseménytől függ, hanem a „megelőző és követő körülményektől, a traumatizált személy tulajdonságaitól és élettapasztalataitól, a hozzátartozók és a tágabb társadalmi közösség véleményétől és magatartásától, a szakmai segítségnyújtástól (kezeléstől), és egyéb tényezőktől.” Mindenekelőtt a megelőzése lenne a legfontosabb, tehát traumatikus élmény után az azonnali „elébe menő” pszichodiagnosztika és terápia [16]. Kezelésében döntően különböző pszichoterápiás eljárásokat használnak, amelyek közül több is evidence-based, tehát bizonyítékokon alapuló kezelés, mint például a kognitív viselkedésterápia, a stressz inokulációs tréning, a szemmozgás deszenzitizáció és újrafeldolgozás [18].

Komplex rehabilitáció

Rehabilitációra fogyatékoság, tehát a tevékenység akadályozottsága, vagy rokkantság, a társadalom életében való részvétel korlátozottsága miatt kerülnek a betegek. A modern, komplex rehabilitáció mind a fizikai, mind a pszichés, mind a szociális területekre kiterjed, team munkában történik. Részei az orvosi, a pedagógiai, a szociális és a foglalkozási rehabilitáció. A ma alkalmazott rehabilitációs eljárások, protokollok kialakulása, mint a korábbiakból látható, történeti folyamat révén jött létre. Fokozatosan alakult ki a pszichológiai kezelésekre iránti igény. A pszichológia XX. századi térnyerése szerencsésen találkozott össze a rehabilitáció igényével.

A rehabilitáció team munkában történik, a team összetétele és célja változó, függ az adott beteg állapotától és gyógyulási ütemétől, és ez az összetétel idővel is módosul. A team legfontosabb tagja természetesen a beteg, valamint tagjai a beteg családja, a rehabilitációs szakorvos, neurológus, sebész,

pszichiáter, különböző egyéb szakterületek orvosai, pszichológus, gyógytornász, ortopéd műszerész, szociális munkás, stb. A rehabilitáció sikere döntően a fogyatékos ember rehabilitációs törekvések iránti attitűdjétől függ [19]. A team speciális csoport, sajátos működési mechanizmusokkal, amelyben mindenki a többiekkel egyeztetve a szaktudását adja, a közös cél érdekében. A reális, közös cél az adott károsodás vagy fogyatékoság esetén, a maximális függetlenség és a lehető legmagasabb szintű életminőség elérése. Lényeges, hogy nem csupán a fizikai állapot javítását, hanem a megmarad lehetőségekhez képest az adott ember teljes társadalmi visszailleszkedését szükséges elérni, amelyhez a pszichés és szociális stabilitás ugyanolyan fontos, mint a fizikai.

Sérült katonák komplex rehabilitációja

Szűkítsük le a kört egy végtag-, gerinc- vagy koponya-agy sérült – mivel az aktív katonák sérülései közül ezek nagyon gyakoriak – katonák rehabilitációjára. Az állapot stabilizálása és a fizikai sérülés sebészeti ellátása után, pszichiátriai, pszichológiai felmérés következik. Optimális esetben már ekkor, az intenzív osztályon is rehabilitációs szemléletű az ellátás. Amint lehet, kezdődik a gyógytorna, közben a rehabilitációs szemléletű ápolás során a pozicionálás, a dekubitus, pneumónia, kontraktúrák és a trombózis prevenciója. Ezen szövődmények kialakulása a későbbi rehabilitációs esélyeket jelentősen rontja. Párhuzamosan zajlik a megmaradt képességek, illetve a veszteségek felmérése, például végtagok amputációja, bénulása, önellátási képtelenség, járóképtelenség, a beszédképesség, írás-olvasás elvesztése, látótérkiesések, stb. Már az intenzív osztályon elkezdődhet a pszichológus segítségével a krízisfeldolgozás. A rehabilitációs osztályon a megmaradt képességekre

építve készül egy rehabilitációs terv, amelyet később a rendszeres team megbeszéléseken módosítani lehet és kell is. A gyógyulás, a képességek visszatérése egyedileg változó módon és ütemben zajlik. Maradva a fiatal, aktív katona példájánál, nem csupán hetekig - hónapokig (évekig) tartó kórházi kezelés fájdalmait kell elviselnie, de szembe kell néznie a maradandó károsodások lehetőségével, a megváltozott testképpel (amputáció, bénulások), a kettétört karrierrel, a megváltozott családi és társadalmi szerepekkel. Már nem ő a családfenntartó, talán saját magát sem tudja ellátni, rokkant maradhat, eredeti munkáját sem végezheti tovább. Súlyos krízisbe kerülhet, veszteségei lesznek, amelyeket fel kell dolgoznia, el kell „gyászolnia”, szembe kell néznie velük, különben nem tud új életet kezdeni. Tehát nem csupán (és nem főleg) a fizikai sérülés, hanem ennek lelki vetületei határozzák meg a további életét. Megmaradt képességeivel képes-e visszatérni az eredeti munkájához, vagy képes-e, hajlandó-e részt venni átképzésben, új munka keresésében (pl. egy hemiparetikus vagy paraparetikus katona)? Miből fog megélni, miből fogja a családját eltartani, milyen járadékokra jogosult? A rehabilitációs team komplex, fizikai-pszichés-szociális támogatást nyújt a további élethez.

Katonapszichológia és rehabilitáció

A katonapszichológus szerepe szorosan kapcsolódik a rehabilitációs team pszichológusának munkájához. Nagyon fontos az esetleges későbbi krónikus pszichés problémák, különösen a PTSD szempontjából, hogy milyen volt a sérült katona pszichés állapota a sérülés előtt, rendelkezett-e a megküzdéshez szükséges coping mechanizmusokkal, döntő a pszichológiai elsősegély megléte és minősége, a korábbi akut és krónikus stressz kezelés, a katonát kö-

rülvevő bajtársi és családi közeg. Ezekkel mind-mind a katonapszichológus találkozik először. Tehát a prevenció és a sérülés után az első pszichológiai ellátás, amely döntő a későbbiek szempontjából, egyértelműen a katonapszichológia feladatkörébe tartozik. A későbbi pszichológiai ellátás során a feladatok fokozatosan, éles határ nélkül áttevődnek a klinikai szakpszichológusok kezébe. A rehabilitáció egész folyamatát végigkíséri a pszichológus, a kezdeti krízisintervenciótól, a rehabilitációs attitűd kialakításáig, az akár éveken át tartó krónikus pszichés folyamatokig. A sérült katonák rehabilitációjában nem szükséges és nem is lehetséges a katonapszichológia és a klinikai pszichológia feladatkörét mereven szétválasztani. Módosul a helyi szokásoktól és lehetőségektől függően, attól hol történik a katonák rehabilitációja, befolyásolja az akut pszichés történések minősége és súlyossága is. A feladatok merev elválasztása helyett fontosabb a közös célért történő együttműködés.

Konklúzió

A rehabilitáció története során a világháborúkat követően, fokozatosan jött létre az igény a fizikai állapot javítása mellett a pszicho-szociális rehabilitációra is. Ezt a pszichológia XX. századi rohamos fejlődése jelentősen segítette. A mai komplex rehabilitációs folyamatot végigkíséri a pszichológus munkája. Az első világháború során a katonapszichológia kialakulását a kényszer – minél gyorsabban minél több jól képzett amerikai katonát állítsanak csatasorba – indította el, azóta azonban nem csupán a képességek felmérése és osztályozása terén, de a felkészítésben, a pszichológiai elsősegélyben, a harcok történéseinek utólagos feldolgozásában, a másodlagos pszichés betegségek, főleg a PTSD megelőzésében és gyógyításában is jelentős szerepet vállalt.

Segíti a sérült katonát, hogy újra tudjon harcolni és élni, így a katonapszichológia a katonák rehabilitációjának is nélkülözhetetlen részévé vált. A sérült katonák pszichés támogatását kezdetben a katonapszichológusok, majd a különböző klinikai szakpszichológusok végzik. Feladataik élesen nem választhatóak el, de ez nem is szükséges, hiszen céljuk közös: segíteni a sérült katonát a megmaradt képességeire támaszkodva, az optimális életminőségének elérésében.

IRODALOM

- [1] Till A.: A rehabilitáció története és a magyar rehabilitációs rendszer kialakulása. *Rehabilitáció* 2002, 12(1): 41-44.
- [2] Boda A., Horváth Sz.: Történeti áttekintés in: Huszár Ilona, Kullmann L., Tringer L. (szerk.): A rehabilitáció gyakorlata. Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest, 2000. 2-12.
- [3] Göncz Á.: Köszöntő. A Központi Honvédkórház centenáriumi ünnepe. *Honvédorvos*, 1999, (51)1-2: 5-6.
- [4] Hermann R.: 1848-1849 A szabadságharc hadtörténete. Korona Kiadó, Budapest, 2001, 83-86.
- [5] Joós Márta: Rehabilitációs alapismeretek. Orvostovábbképző Egyetem, Egészségügyi Főiskolai Kar, Kézirat, Budapest, 1988.
- [6] Pavlina Z., Komar Z., Knezovic Z., Filjak T.: Bevezetés a katonapszichológiába. In: Pavlina Z., Komar Z. (szerk.): *Katonapszichológia I. kötet*, 14-43. Zrínyi Kiadó, Budapest, 2007.
- [7] Makrai T. I.: A harci stressz hatása a harcteljesítményre a hadtörténelmi tapasztalatok alapján. *Humán Szemle*, 2001, 17(1-4): 141-162.
- [8] Andó S.: A pszichológia érvényesülése a katonai alkalmasságvizsgálatok kezdeteitől 1945-ig. Szakdolgozat, Kossuth Lajos Tudományegyetem, Pszichológiai Intézet, Debrecen, 1998.
- [9] Thorne, B. M., Henley, T. B.: A pszichológia története. *Kapcsolatok és összefüggések*. Glória Kiadó, 2000, 520-549.

- [10] *Lechner K.*: Az idegesség a háborúban. Ajtai K. Albert Könyvsajtója, Kolozsvár, 1914.
- [11] *Makrai T. I.*: A harci stressz kezelésének története. Humán Szemle, 2002, 18: 1.105-119.
- [12] *Kovács G.*: A háborús, a harctéri és a harci stressz. Honvédorvos, 2003, (55)1-2: 36-49.
- [13] *Bolgár Judit, Szternák Gy.*: A válságreakáló műveletek végrehajtására történő felkészítés. In: Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények, 2005, (19)2: 75-105.
- [14] *Bolgár Judit, Siposné Kecskeméthy Klára*: Nőket a hadseregbe?! Katonanők a NATO –tagállamok fegyveres erőiben. Hadtudomány, 2001, (11)3: 77-91.
- [15] *Kovács G.*: A háborús pszichiátriai ellátás szervezésének új elvei. Honvédorvos, 1998, (50)4: 294-299.
- [16] *Komar, Z., Koren, B., Trlek, M.*: A poszttraumatikus stressz-zavarok. in. *Pavčina, Z., Komar, Z. (szerk.)*: Katonapszichológia Zrínyi Kiadó, Budapest, 2007, II. kötet, 317-347.
- [17] *Urbán Nóra*: Pszichológiai elsősegély. Honvédorvos, 2009, (61)3-4: 182-192.
- [18] *Urbán Nóra*: A poszttraumás stresszbetegség kezelésében alkalmazható pszichoterápiás intervenciók. Honvédorvos, 2008, (60)3-4: 124-131.
- [19] *Riskó Ágnes*: Pszichológiai folyamatok a rehabilitációban in: *Huszár Ilona, Kullmann L., Tringer L. (szerk.)*: A rehabilitáció gyakorlata Medicina Könyvkiadó Rt. Budapest, 2000. 35-46.

Judit Weinhoffner M.D.

Chronological modifications in the relationship of rehabilitation and military psychology in the treatment process of injured soldiers

The first part of the paper deals with the history of rehabilitation, particularly from the point of view of the physical care of injured soldiers. The World Wars I and II, through the development of military health service have brought dramatic progress in the civilian health care as well, especially in surgery and rehabilitation. The process of rehabilitation has historically formed into a complex entity, in which psychological and social components also appeared in addition to improving the physical state of patients.

The second part briefly summarizes the emergence of the military psychology, that, after the World War I became a branch of applied psychology (although its roots go back to several thousands of years). The rehabilitation team's work cannot be imagined by now without the participation of a psychologist. The third part of the paper details how military psychology and physical rehabilitation met and interact inevitably within the entity of the rehabilitation process of injured soldiers.

Key-words: rehabilitation, military psychology, injury, crisis, quality of life

*Dr. Weinhoffner Judit
8380 Hévíz, Ady E. u. 31.*

Országos Környezetegészségügyi Intézet,
Országos Tisztifőorvosi Hivatal

Az egészségkockázat értékelésének szempontjai a vörösiszap katasztrófában érintett területen

Dr. Dura Gyula, Ph.D.,
Dr. Faludi Gábor ny. orvosezredes, Ph.D.,
Dr. Szabó Zoltán,
Demeter Zoltán,
Szalay Brigitta,
Dr. Rudnai Péter,
Dr. Páldy Anna, Ph.D.

Kulcsszavak: vörösiszap, környezeti expozíció, mennyiségi egészségkockázat becslés, kockázat kezelés

A Kolontáron 2010. október 4.-én bekövetkezett gátszakadás okozta vörösiszap katasztrófa első időszakában a közegészségügyi intézkedések mindenekelőtt a mentési és kárelhárítási munkákban résztvevők, valamint a lakosság expozíciójának minimálisra csökkentését (védőeszközök használatát), a levegőminőség és az ivóvíz fokozott monitorozását és a vörösiszap pontosabb kémiai jellemzését célozták. A kárenyhítést követően a közegészségügy figyelme a környezetegészségügyi kockázatok elemzésére irányult. Mindjárt látható volt, hogy a kockázatbecslési paradigmát jelentősen módosítja a probléma kiterjedtsége (másfél millió m³ vörösiszap több mint 1 000 hektárnyi területet árasztott el), továbbá a veszélyesselemzés (a szervesanyagok sokfélesége és különböző kémiai formáinak előfordulása miatt) a kockázat jelentős bizonytalanságára utalt és nem utolsó sorban a kockázat elfogadhatóságát nagymértékben befolyásolták a pszichés, társadalmi és a kártérítéssel összefüggő tényezők. A dolgozatban összefoglalják a környezetegészségügyi kockázat értékelés különböző aspektusait, nevezetesen az expozíciós modellvizsgálatokon alapuló környezeti expozíció becslését, az egyszerűsített mennyiségi egészségkockázat becslés tájékoztató jellegű eredményeit. Bemutatják a humán biomonitorozással (a vizelet fémkoncentrációjának vizsgálatával) végzett expozíció mérés és a lakosság egészségi állapot-felmérésének szükségességét a humán kockázatbecslésben. Végül áttekintik a vörösiszap-katasztrófa kockázat-kezelése során figyelembe vett/veendő tényezőket.

Bevezetés

Az ipari katasztrófák sorában a bányák zagyártózáinak gátszakadása nem tartozik a ritkaságok közé. 1998-ban dél-spanyolországban az aznalcóllari piritbányánál bekövetkezett gátszakadás során közel 5 millió m³ kadmiummal, ólommal, talliummal, cinkkel és rézzel szennyeződött iszap 4 600 hektár mezőgazdasági területet öntött el. 2000 január végén százezer köbméternyi cianid- és nehézfém-tartalmú szennyvíz zúdult az arany-mosással foglalkozó nagybányai Aurul bányavállalat létesítményéből a Lápos folyóba, onnan a Szamosba, majd a Tiszába. A gyöngyöSOROSZI felhagyott ólom- és cinkbánya zagyártózájából hosszabb időn keresztül a Toka patak mentén mintegy 150 ezer m³ flotációs zagy folyt le. A timföldgyártás történetében azonban még sehol a világon nem történt hasonló katasztrófa. Kolontáron ugyanis a X. számú tároló gátszakadásának következtében másfél millió m³ erősen lúgos vörösiszap árasztotta el Kolontár, Devecser és Somlóvásárhely települések mélyebben fekvő részeit és a mezőgazdasági művelés alatt álló, összességében több mint 1 000 hektárnyi területet.

A katasztrófában tíz ember halt meg. A legtöbb sérült a lúgtól vegyi égési sérülést szenvedett. A közvetlen hatás súlyos, de lokalizált, elsősorban kémiai égésből származó korrozív bőr és szemsérülésekre (colliquativ nekrosisra) korlátozódott. A legsúlyosabb sérült testfelületének közel 70 százaléka égett meg. A poszttraumás stressz kezeléséhez helyben rendelkezésre álltak szakemberek.

A vörösiszap erősen lúgos pH-jának semlegesítésére és a korrozív hatások kiküszöbölésére az érintett területen gyors intézkedések történtek mind az emberi egészség védel-

mére, mind a Duna vizének szennyezés-megelőzésére. Ezzel egyidejűleg sürgősen intézkedni kellett a levegőtisztaság vizsgálati rendszer telepítéséről oly módon, hogy az alkalmas legyen a közel azonos idejű levegőtisztaság értékelésre és a lakosság megfelelő tájékoztatására, valamint a katasztrófa lehetséges hosszabbtávú egészségi hatásának ellenőrzéséről.

Anyag és módszer

a.) Kockázatbecslési modellvizsgálatok

Az elszennyezett talaj, illetve talajvíz környezeti és egészségkockázatának felmérésére vonatkozó előírásokat "A felszín alatti vizek védelméről" szóló 219/2004. (VII.21.) számú Kormányrendelet (részletesen a 7. számú melléklete) tartalmazza, amely előírja a szennyező anyagok minőségének, mennyiségének, koncentrációjának bemutatását, valamint a környezet-minőségi határértékekhez való viszonyítását, továbbá a mennyiségi kockázatfelmérés eredményeinek közlési formáját.

A kockázatbecslést a Környezetvédelmi Minisztérium által készített "Szennyezett területek részletes mennyiségi kockázatfelmérése" kármentesítési kézikönyv [1] és "A mennyiségi kockázatfelmérés módszertana" útmutató [2] alapján végeztük.

Az expozíció és az egészségkárosító (toxikus) hatás függvényeként jellemezhető kockázat becslése teszi lehetővé, hogy a szennyező forrástól az expozíciós utakon át az embert érő vegyi terhelést számszerűen kifejezzük.

A kockázatfelmérési irányelvet követve az emberi egészség védelme érdekében figyelembe kellett venni valamennyi szennyező anyagot és koncentrációjukat, valamint az emberi expozíció útjait és mértékét. Az

expozíciót (kitétséget) a szennyező anyag és a szervezet érintkezésével, annak mértékével, időtartamával, gyakoriságával jellemeztük.

A szennyező anyagnak – lenyeléssel, belélegzéssel vagy bőrön keresztül – szervezetbe jutott mennyisége, más szóval a bevitel adja meg az átlagos napi dózist (ÁND), amelynek kiszámítása az alábbi tényezők figyelembe vételével történik:

$$\text{ÁND (mg/kg.nap)} = \text{Ck} \cdot \text{BM} \cdot \text{EG} \cdot \text{EI} / \text{TT}$$

ahol	Ck az anyag koncentrációja a szennyezett közegben /talajban, levegőben/ BM lenyelt/belélegzett/bevitt mennyiség (mg/nap) EG az expozíció gyakorisága (nap/év) EI az expozíció időtartama (év) TT testtömeg (kg)
------	---

A kiszámított átlagos napi dózist a toxicitás szempontjából megengedhető (tolerábilis vagy referencia) dózisokhoz viszonyítottuk. A tolerábilis, az egészségkárosodást már nem okozó referencia dózisokat, koncentrációkat (RfD, RfC) nemzetközi szervezetek ellenőrzött toxikológiai adatbázisaiból vettük [3, 4].

A toxikus anyagokból eredő egészségkockázat akkor ítéltető elfogadhatónak, ha az ember szervezetébe belélegzéssel, lenyeléssel jutó, felszívódó szennyező anyag átlagos napi mennyisége nem haladja meg a megengedhető dózist, azaz a kockázati mutató egynél nem nagyobb (≤ 1).

Talaj szennyezettségi adatok

A számításokat a vörösiszappal szennyezett 15 kolontári és devecseri mintavételi hely talaj mintáinak szennyezettségi koncentrációival végeztük, amelyet a Pannon Egyetem munkatársai 2010. október 5.-én

vettek, illetve analizáltak [5]. A kockázatbecsléshez a vizsgált 21 szennyező anyag közül kiválasztottuk a toxikus, környezetminőségi határértékkel rendelkező, illetve környezet-geokémiai szempontból jelentős anyagokat (arzén, kadmium, kobalt, összes króm, nikkel, ólom, stroncium, mangán, alumínium, vas, nátrium, kalcium, titán). A földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről szóló 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletben előírt talaj szennyezettségi (B) határértékekhez való viszonyítás mellett alapvető szempont volt, hogy a szállópor szerves komponenseire vonatkozóan is álljanak rendelkezésre mérési adatok.

A szállópor (PM_{10} és $PM_{2,5}$) szennyezettségi adatok

A vörösiszap borította területeken a levegő szállópor szennyezettségének rövid és hosszabb távú hatásának megítélése elsőrendű kérdésként vetődött fel, amelyet a kárelhárítási és kármentesítési tevékenységek, a lakosság tájékoztatásával kapcsolatos határozott elvárások még inkább fokoztak. A szállópor terhelés mérésére és összetételének vizsgálatára, a Közép-Dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség (KD KTVF) szoros együttműködéssel az Országos Környezetegészségügyi Intézettel (OKI) 13 mérőpontból álló szakaszos és folyamatos pomérő lokális hálózatot épített ki és működtetett. 2010. októbertől a 10 μm -nél kisebb átmérőjű részecskék (szálló por) tömegkoncentrációjának meghatározása történt szakaszos, aktív, 24 órás méréssel. 2010. november 2010. októbertől a 2,5 μm -nél kisebb átmérőjű részecskék elkülönített mérése is folyt. A KD KTVF a mintákból az ólom, kadmium, nikkel, alumínium, arzén, vas és nátrium meghatározását is elvégez-

te és az adatokat az ÁNTSZ rendelkezésre bocsátotta. Az OKI október 7-13. között Devecseren és a kontrollként választott Karakószörcsökön vett szállópor mintákból 33 különböző fém-összetevő koncentrációját is vizsgáltatta.

A kockázat számításához a szennyezettségi adatokat tömöríteni kellett. A szennyező anyagok koncentrációjából az átlagokon kívül kiszámítottuk az átlag értékek 95%-os megbízhatósági felső határát (UCL) az alábbiak szerint:

$$UCL = \bar{x} + t (s/\sqrt{n})$$

ahol	UCL az átlag 95%-os megbízhatóság felső határa
\bar{x}	átlag
s	szórás
t	Student t próba 95% UCL értéke
n	mintaszám

b.) A kockázati tényezők áttekintése

Hely-specifikus mennyiségi kockázatfelmérés végzése akkor indokolt, ha a humán expozíció szempontjából releváns környezetben daganatkeltők vannak jelen (EU Karcinogén Kategória 1. és 2.) vagy a szennyező anyagok veszélyessége kifejezett, nagyon súlyos és maradandó egészségkárosodást okozhat; továbbá túlérzékenységet vált ki; öröklődő genetikai károsodást okozhat (mutagén hatású lehet); a születendő gyermeket, a szoptatott újszülöttet és csecsemőt károsíthatja, illetve fennáll a környezeti veszélyeztetés (nagyon mérgező a vízi szervezetekre és a vízi környezetben hosszantartó károsodást okozhat). Értelmszerűen indokolt a mennyiségi kockázatfelmérés, ha a szennyezettségi koncentrációk jelentősen meghaladják a 'B' talaj szennyezettségi határértéket. A felsorolt kockázati tényezők, különösen az utóbbi nem voltak jellemzőek a vörösiszappal érintett területre, következésképpen a részletes, hely-specifikus multimedia, diszperziós, hígulási, megoszlási, szorbciós folyamatokat is figyelembe vevő expozíciós modell alkalmazását nem tartottuk megfelelőnek. Ezért választottuk az egyszerűsített mennyiségi kockázatfelmérési módszert [6].

tett területre, következésképpen a részletes, hely-specifikus multimedia, diszperziós, hígulási, megoszlási, szorbciós folyamatokat is figyelembe vevő expozíciós modell alkalmazását nem tartottuk megfelelőnek. Ezért választottuk az egyszerűsített mennyiségi kockázatfelmérési módszert [6].

c.) Környezetegészségügyi felügyeleti tevékenység

A közép- és hosszútávú egészségi hatások értékelése nem nélkülözhetette a térségben élő lakosság egészségének alapállapot felvételét a későbbi monitorozás során észlelt elváltozások viszonyíthatósága érdekében.

A káresemény bekövetkezése utáni héten kialakított környezetegészségügyi surveillance célja annak felderítése volt, hogy a lakosságot érték-e (a közvetlen dermális érintkezés során elszenvedett légúti és égési sérüléseken kívül) akut egészségkárosító hatások. A mentési műveletek után az iszap eltávolításának megkezdésekor jelentős kiporzás keletkezett. Meg kellett győződni a nyálkahártya- és légúti irritációk mérséklésére használt védőmaszkok használatának, illetve a légúti expozíciók csökkentésére irányuló intézkedések hatékonyságáról.

Ezért kiemelt fontosságú kérdésként kezeltük az iszap kiszáradását követő felporzásból eredő – a szállópor mért koncentrációival alátámasztott – légúti megbetegedések előfordulási gyakoriságának elemzését. Ennek érdekében az érintett területen a családorvosok, illetve a házi gyermekorvosok heti jelentési alapján értékeltük a légúti megbetegedésekkel újonnan orvosukhoz forduló gyermekek illetve felnőttek számát.

Eredmények

Az ÁNTSZ veszprémi intézete kolontári és devecseri talajvizsgálatainak eredménye [7]

szerint a vörösiszappal szennyezett talajban a geokémiai jelentőségű elemek között az alumínium, a vas, a nátrium, valamint a mangán és titán g/kg koncentrációban fordultak elő, a toxikus fémek meghaladták a 'B' szennyezettségi talaj-határértéket a kiralývizes feltárást követő analitikai vizsgálatokban.

Az MTA Talajtani Kutatóintézetének munkatársai Kolontáron (Kossuth utca 20.) és Devecserben (Vadvirág utca 5.) 2010. október 8-án 1 méter mélységig 7 rétegből vettek talajmintákat, melyek laboratóriumi vizsgálata az ÁNTSZ és a Pannon Egyetem eredményeihez hasonló szennyezettséget mutattak. Azt is megállapították, hogy 4 nappal a vörösiszap ömlés után a

vörösiszapban található legkockázatosabb, legmobilisabb nehézfémek sem jutottak 10 cm-nél mélyebbre a talajban, ezáltal a felszínalatti vizet nem veszélyeztették. A talaj pH értékei lúgosságot (pH = 8,5 -9,0) mutattak a felső 10 cm-es rétegben, a mélyebb rétegekben gyenge lúgosságot mértek. Az „összes” nehézfém-tartalmon kívül talajból desztillált vizes és acetát pufferes kivonattal kioldható és a növényi felvehetőség (Lakanen – Erviö kivonat) szempontjából fontos frakciókat is mérték. A toxikus fémek (As, összes Cr, Co, Ni, Mo, Pb) oldható koncentrációi a szennyezettségi határérték alattinak bizonyultak [8].

A Közép-Dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség

	'B'	átlag	maximum	szórás	n	95%UCL
arzén	15	40,3	55,8	8,1	14	44,6
kadmium	1	1,35	1,70	0,42	14	1,57
kobalt	30	43,8	67,8	8,3	14	48,1
össz-króm	75	268,1	364,0	61,6	14	300,4
nikkel	40	205,1	587,0	115,3	14	265,5
ólom	100	94,6	117,3	15,7	14	102,8
stroncium	50-150*	183,3	243,0	33,3	14	200,8
mangán	300-600*	1835,71	2200,0	253,004	14	1968,2
alumínium (g/kg)	0,7-1,1%*	3,90	5,00	0,88	14	4,36
vas (g/kg)	0,9-1,5%*	18,01	22,70	2,92	14	19,54
nátrium (g/kg)	0,01-0,05%*	2,17	3,04	0,81	14	2,60
kálcium (g/kg)	2-10%*	4,07	5,23	0,69	14	4,43
títán (g/kg)						
Jelölés: 'B' szennyezettségi határérték 6/2009 (IV.14.) számú KvVM-EüM-FvM rendelet szerint						
* jellemző értékek (Kádár I., Németh T., Ragályi P. in Magyarország környezetgeokémiai állapota szerkesztette Szendrei G., 2006)						
n minták száma						
UCL az átlag felső megbízhatósági szintje						

I. táblázat: A vörösiszappal szennyezett kolontári és devecseri talajminták "összes" (cc.HNO₃ feltárással nyert) toxikus szennyezőinek koncentrációi (mg/kg) [5]

	határérték*	átlag	maximum	szórás	n	95%UCL
Kolontár						
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24 órás)	50	44,46	180,00	30,41	90	50,74
ólom (ng/m^3 24 órás)	300	15,39	156,00	25,19	89	20,62
kadmium (ng/m^3)	5	0,22	1,42	0,23	89	0,27
nikkel (ng/m^3)	25	1,19	6,18	1,03	89	1,40
alumínium (ng/m^3)	-	298,06	2418,00	402,57	89	381,69
arzén (ng/m^3)	10	1,24	3,33	0,61	89	1,37
vas (ng/m^3)	-	322,41	2497,00	420,82	89	409,83
nátrium (ng/m^3)	-	734,83	6139,00	1460,27	89	1038,21
Devecser						
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24 órás)	50	40,62	90,98	21,01	54	46,23
ólom (ng/m^3 24 órás)	300	10,78	74,20	11,49	54	13,85
kadmium (ng/m^3)	5	0,30	1,12	0,24	54	0,36
nikkel (ng/m^3)	25	1,20	17,40	2,28	54	1,81
alumínium (ng/m^3)	-	68,18	300,00	61,44	54	84,56
arzén (ng/m^3)	10	1,19	2,87	0,44	54	1,30
vas (ng/m^3)	-	66,89	174,00	43,41	54	78,47
nátrium (ng/m^3)	-	260,18	2579,00	507,35	54	395,50
króm (ng/m^3)**	-	150				
mangán (ng/m^3)**	-	18,68	69,80	28,57	11	35,56
stroncium (ng/m^3)**	-	5,41	169,90	31,76	10	25,10
vanádium (ng/m^3)**	-	3,59	125,50	29,92	11	21,27
Jelölés:						
*határérték: A levegőterheltségi szint határértékeiről és a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről szóló 4/2011. (I. 14.) VM rendelet szerint						
n a vizsgált minták száma						
** Országos Környezetegészségügyi Intézet 2010 október 7- október 17 közötti adatai						

II. táblázat: A levegő szállópor (PM_{10}) koncentrációja és fém-tartama

(KD-KVTF) mérési adatai szerint Kolontáron és Devecserben a polgármesteri hivataloknál elhelyezett mérőállomásokon 2010. október és 2011. április között vett szállópor minták fémtartalmát mutatja a II. táblázat.

A mérőállomások adatai a szállópor szennyezettség jelentős ingadozását mutatták, az átlagos PM_{10} szennyezettség 2010. októ-

ber - 2011. április között – sok más településhez hasonlóan – gyakran meghaladta a napi $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es határértéket. 2010. november 13-tól a szállópor $\text{PM}_{2,5}$ μm -es, a légutakba könnyen lejutó frakcióját is mértük. Azt találtuk, hogy a $\text{PM}_{2,5}$ és PM_{10} aránya Kolontáron és Devecseren hasonló, 0,8 körüli. Az alumínium, vas és nátrium nagyobb koncentrációban fordult elő a PM_{10} mintákban, mint a $\text{PM}_{2,5}$ -ben, ebben a te-

	Kolontár átlag (maximum)	Devecser átlag (maximum)	Csillebérc átlag [9]	Bpest belváros átlag [9]	határérték
ólom	15,4 (156)	10,8 (74,2)	14	27	300 *
kadmium	0,22 (1,4)	0,3 (1,1)	n.a.	n.a.	5 **
nikkel	1,2 (6,2)	1,2 (17,4)	1,5	3	25 **
arzén	1,2 (3,3)	1,2 (2,8)	1,7	3	10 **
vas	322,4 (2497)	66,9 (174)	415	2343	6 mg/m ³ ***
nátrium	734,8 (6139)	260,2 (2579)	49	394	2 mg/m ³ ***
alumínium	298 (2418)	68,2 (300)	460	1 538	6 mg/m ³ ***

Jelölés *24 órás határérték (A vidékfejlesztési miniszter 4/2011. (I. 14.) VM rendelete a levegőterheltségi szint határértékeiről és a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről)
 **éves határérték (A vidékfejlesztési miniszter 4/2011. (I. 14.) VM rendelete a levegőterheltségi szint határértékeiről és a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről)
 ***munkahelyi levegő határérték (25/2000.(IX.30.) EüM-SzCsM együttes rendelet a munkahelyek kémiai biztonságáról)

III. táblázat: A szállópor (PM_{10}) fém-tartalma (ng/m^3)

kintetben nem volt különbség a kolontári és devecseri minták között.

A 80-160. napközötti időben már a kolontári mintákban is a fém-tartalom inkább a PM_{10} frakcióban jelenik meg.

A kockázatbecsléshez a szállópor fém-tartalmának átlagkoncentrációival számoltunk. A kontroll városnak tekintett Ajkán valamivel magasabb volt az arzén és a kadmium tartalom, mint Kolontáron és Devecserben, a vas és az alumínium koncentrációja viszont Kolontáron volt jelentősen magasabb (II. táblázat). A Devecserben mért szállópor 6 hónapos átlag koncentrációit és maximális értékeit a levegőhigiénés éves határértékekhez és budapesti szennyezettségi értékekhez [9] viszonyítva megállapítható, hogy a fémterhelés a megengedhető tartományon belüli (III. táblázat) maradt.

A vörösiszap ömlés érintett területeken a szállópor toxikus komponenseinek (Pb, Cd, Ni, As) több mint 6 hónapos átlag koncentrációit vagy maximális értékeit a

levegőhigiénés éves határértékekhez viszonyítva megállapítható, hogy a fémterhelés a megengedhető tartományon belüli. A vas, nátrium és alumínium tekintetében szabályozást csak a munkahelyek kémiai biztonságáról szóló miniszteri rendelet tartalmaz. Az összehasonlítás ugyan minden szakmai alapot nélkülöz, de a környezeti levegőben mért 24 órás ng/m^3 nagyságrendű koncentráció nem vált ki aggodalmat a munkahelyi légtérben megengedhető mg/m^3 tartományhoz mechanikusan viszonyítva. Azt is látni kell, hogy a devecseri és kolontári szállópor minták vas, nátrium, alumínium koncentráció nem különböznek nagy városok szállóporában monitorozott adatoktól [10].

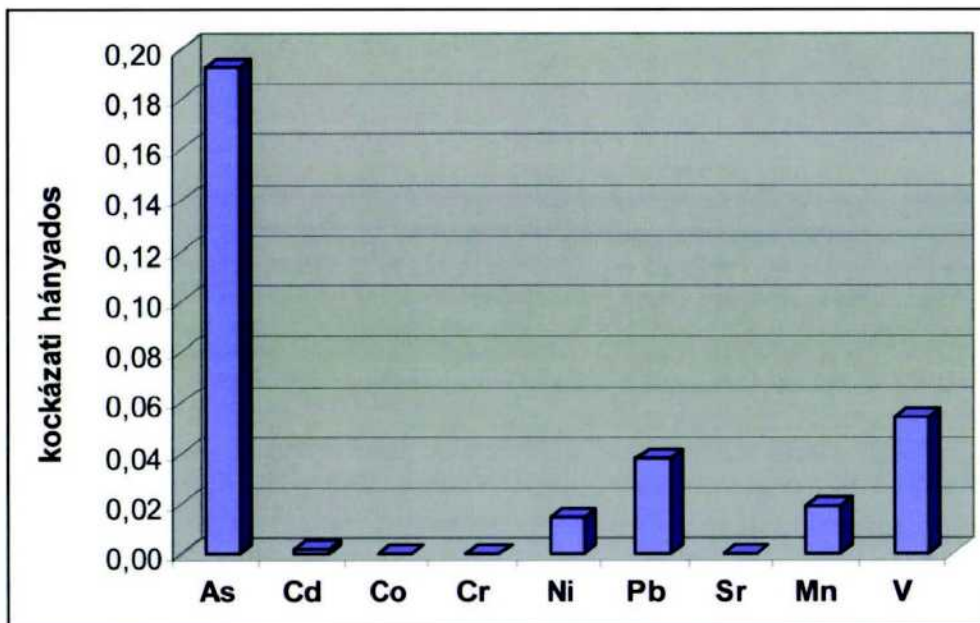
A bemutatott környezet-analitikai mérések eredményeiből végeztük az emberi szervezet által felvehető szennyezőanyag mennyiségének becslését. A napi bevitel számítása során figyelembe vettük a szennyező anyag koncentrációját a talajban és az expozíciós forgatókönyvek (USEPA) alapértelmezése szerint feltételeztük a 100 mg/nap szennye-

zett talaj lenyelését. Ugyanígy jártunk el a szállóporban mért fém-koncentrációkkal a 20 m³ levegő belélegzésével bevitt mennyiség becslése során. Ezután a mg/testtömeg kg-ban kifejezett össz-bevitelt elosztottuk az egészségkárosodás nélkül megengedhető napi bevitel értékkel, hogy megkapjuk a kockázati hányadost (IV. táblázat). A talajból és a szállóporral a szervezetbe jutó toxikus fémek (As, Cd, Co, Cr, Ni, Pb, Sr, Mn, V) mennyiségét a megengedhető (napi tolerábilis) bevitelhez viszonyítva kis értékeket kaptunk (I. ábra). Az arzén teszi ki a 9 szennyező anyagra vonatkoztatott összkockázat 60 %-át, de ez a 0,19-es kockázati hányados is a megengedhető egyötödét jelenti. A számított kockázati hányadosok kicsi, illetve gyakorlatilag elhanyagolható veszélyeztetettséget mutattak. A kockázati hányadosok összege 0,32-nek adódott, ami még mindig nem ad okot aggodalomra annak ellenére, hogy túlzóan a biológiai hozzáférhetőséget 100 %-nak vettük.

Komplex környezeti szennyezett minták esetében mindig hasznos a biológiai tesztszrendszerek használata, különösen a lehetséges genotoxikus hatások kimutatására. A vörösiszap por *in vitro* mutagenitási vizsgálata Ames tesztben negatív eredményt adott (V. táblázat).

A nagy kiterjedésű, a lakosságot közvetlenül érintő szennyezés esetén a viszonylag gyorsan elvégezhető modell-vizsgálatok tájékoztató jellegű eredményei nem helyettesíthetik a humán expozíció mérésével és a (légúti) megbetegedések gyakoriságának szisztematikus vizsgálatával nyerhető ismereteket.

A modell-vizsgálaton alapuló expozíció becslés megerősítésére és nyomon követésére 2010. novembertől havonta 10 ajkai és 10 kolontári és devecseri általános iskolás gyermek vizeletében a kadmium, a nikkel az arzén, a kobalt, a vanádium és a króm koncentráció meghatározására került sor. Az Országos Munka- és



1. ábra: A vörösiszap toxikus komponenseire számított kockázati hányadosok

	As	Cd	Co	Cr	Ni	Pb	Sr	Mn	V	
1	átlag konc. talajban (mg/kg)	40,3	1,3	43,8	268,1	205,1	94,6	183,3	1836	266,3
2	100 mg talaj lenyelése esetén a napi bevitel (mg/nap)	0,00403	0,00013	0,00438	0,02681	0,02051	0,00946	0,01833	0,18357	0,02663
3	koncentráció a szállóporban (PM10) (ng/m ³)	1,4	0,4216	0,000	150,000	0,9348	13,847602	5,400000	18,700000	3,200000
4	20 m ³ belélegzése esetén a napi bevitel (mg/nap)	0,0000286	0,0000084	0,0000000	0,0030000	0,0000187	0,0002770	0,0001080	0,0003740	0,0000640
5	össz-bevitel mg/tesztő megkg-ban kifejezve [2.sor+4.sor]	0,00005804	0,00000204	0,00006258	0,00042592	0,00029323	0,00013905	0,00026338	0,00262779	0,00038127
6	egészségkárosodás nélkül megengedhető napi bevitel RfD (mg/kg nap)	3,00E-04	1,00E-03	0,6000	1,500	2,00E-02	3,60E-03	6,00E-01	0,14	7,00E-03
7	kockázati hányados: bevitel/ADI [6.sor/7.sor]	0,19347	0,00204	0,00010	0,00028	0,01466	0,03862	0,00044	0,01877	0,05447
8	kockázati mutató (Σ kockázati hányados)	0,32286								
9	tolerábilis kockázati szint	=<1								

IV. táblázat: Számított átlagos napi szennyező anyag bevitel alapján meghatározott kockázati értékek

Vizsgálati körülmények: SMT vizsgálat TA100 és TA98 törzsön								
Oldószer: DMSO								
Előinkubálás 30perc								
S9 frakció koncentrációja: ± 10%								
Dátum: 2010.10.26								
Vizsgálati anyag: kolontári vörösiszap minta								
DÓZIS	REVERTÁNS KOLONIÁK SZÁMA							
	TA100 -S9		TA100 +S9		TA98 -S9		TA98 +S9	
mg/lemez	Átlag	± SD	Átlag	± SD	Átlag	± SD	Átlag	± SD
DMSO kontroll	176,3	9,9	182,3	15,5	38,0	5,6	50,0	1,7
185,2	167,2	12,7	195,0	13,0	35,0	1,0	44,0	9,5
555,6	155,3	6,5	187,7	18,1	41,5	13,4	48,7	19,0
1666,7	115,3	14,7	175,3	26,0	36,0	8,5	50,5	3,5
5000	68,7	7,6	189,0	15,4	30,3	15,5	58,5	6,4
pozitív kontroll	1 074,5	13,4	3 540,7	215,3	427,0	44,0	2 660,0	118,6
EREDMÉNY	NEGATÍV		NEGATÍV		NEGATÍV		NEGATÍV	

V. táblázat: A kolontári vörösiszapminták mutagenitási vizsgálatának eredménye

Foglalkozásegészségügyi Intézet (OMFI) akkreditált Kémiai Laboratóriuma a vizelet mintákból a fém meghatározásokat induk-tív csatolású plazma tömegspektrométerrel (ICP-MS) végezte. A 2010. november - 2011. április között végzett vizsgálatokból meg-állapítható, hogy a gyermekek vizeletéből mért fémek koncentrációja megfelel a nem-zetközi irodalomban az átlagos (tehát nem exponált) populációra vonatkozólag leirt értékeknek. A kolontári és devecseri gyer-mekek vizelettel ürített fém mennyisége statisztikailag nem különbözik a kontroll-nak tekintett ajkai gyermekek eredménye-itől [11].

A vörösiszap-katasztrófában érintett te-rületen Kolontáron, Devecseren és a kör-nyéki településeken, illetve Ajkán élő gyermek- és felnőtt lakosság egészségi ál-lapotának felmérését, rendszeres megfi-gyelését folyamatosan végzi az Országos Környezetegészségügyi Intézet. Az egész-ségi állapot értékelése a települések házi-orvosainak adatszolgáltatásán alapul. A házi-orvosok – az ajkai kistérségi népegész-ségügyi intézet közreműködésével – meg-küldik az Országos Környezetegészségügyi Intézet számára az ellátási körzet nem-enkénti és korcsoportos összetételét, valamint heti gyakorisággal küldik a vörösiszap ka-tasztrófával, valamint a szálló por expozíci-óval kapcsolatba hozható, előre megnevezett betegségekkel vagy betegségcsoportok-kal hetenként újonnan orvoshoz fordulók számát. Az értékelés viszonyítási alapja a katasztrófát megelőző két hét átlagos beteg-forgalma az adott házi-orvosi körzetben.

A 2010. október - 2011. április közötti idő-szak heti gyermek és felnőtt betegforgalmi adatainak elemzése során azt találtuk, hogy a gyermekek heveny légzőszervi megbete-gedései közül a felső légúti hurutok fordul-tak elő a leggyakrabban 2010. októberben.

Felnőtteknél a poszttraumás stressz és al-vászavar miatti heti orvoshoz fordulás no-venber végén volt jelentős Devecseren. A kötőhártya- és bőrgyulladás valamennyi településen igen ritkán fordult elő. Heveny felső légúti hurutok, légsőhurut, idült alsó légúti hurut fellángolása novembertől janu-ár végéig váltak gyakoribbá, de figyelembe kell venni ebben az időszakban a szoká-sos téli megfázások, illetve influenzaszerű megbetegedési gyakoriság-növekedést is. A légúti betegségek heti gyakoriságának alakulása és a magas szálló por koncent-ráció görbe lefutása sok esetben hasonló volt. Összességében megállapítható, hogy a gyermekek körében szignifikáns kapcsola-tot találtunk a felső légúti hurut és az azonos heti PM_{10} koncentráció növekedés között Devecseren és Kolontáron, és Ajkán az aszt-más rohamok és a PM_{10} előző heti koncent-rációja között, míg a határérték feletti PM_{10} koncentráció előző heti átlaga és a felnőt-tek bronchitis és pneumónia megbetegedése mutatott szignifikáns összefüggést Ajkán és a négy kisebb érintett településen [12].

Megbeszélés

Magyarországon a szennyezett terüle-tek környezeti- és közegészségügyi ér-tékelésére alkalmas kockázatbecslési módszerek kifejlesztésére az Országos Kármentesítési Program [13] és a Nemzeti Környezetegészségügyi Akcióprogram (NEKAP) [14] keretében került sor. A koc-kázatbecslés széleskörű alkalmazásra azért alkalmas, mert koherens módon integrál-ja a szennyezettségi és a toxikometriai, valamint expozíciós adatokat. A meny-nyiségi humán egészségkockázat becslést többek között a környezeti határértékek használatának korlátai teszik időszerűvé. A vörösiszap katasztrófa során különö-sen erősen érződött, hogy a jogszabályok-ban előírt szennyezettségi határértékek a

szennyezőanyagok viszonylag szűk körére terjednek ki és csak adott környezeti közege (levegő-, ivóvíz-, talaj-minőségre, az élelmiszerekben, szennyvízben, szennyvíziszapban megengedhető szennyező anyag maradék mennyiségre) vonatkoznak, ezáltal nincs kellőképpen figyelembe véve a komplex valóság. A humán expozíció mérésére, változásainak követésére leginkább a biomonitorozás (a szennyező anyag biológiai mintákból való kimutatása, biomarkerek vizsgálata) alkalmas, de az eljárás többnyire nagy felkészültséget kíván, munka- és költségigényes. A kockázatbecslés eredményei, megállapításai a kockázat kezelése során nyernek gyakorlati alkalmazást.

A kockázatot ugyanis emberi igények és szükségletek okozzák, amelyek kielégítése bizonyos tevékenységek formájában történik. Az emberi tevékenységek, pl. ipari termelés olyan szituációhoz vezethetnek, amelyekben az ember környezeti terhelésnek van kitéve (expozíciós helyzet). Az emberi tevékenység célja előnyök létrehozása, de ennek elkerülhetetlen velejárója a kockázati helyzet kialakulása. Ezért nem szabad a kockázatot az előnyöktől elválasztva vizsgálni, továbbá célszerű a tervezett tevékenységek és a nem tervezett események között különbséget tenni. Ez utóbbi teszi lehetővé a véletlenszerű baleseti kockázat és a kevésbé váratlan kockázat (engedélyezett kibocsátásból származó kockázat) elkülönített kezelését. A fentiekén kívül figyelmet kell fordítani a helytelen tevékenységi forma megválasztásából eredő gyakran felhalmozódó jellegű károokra.

Az ok-okozati következmények láncolata alapján írható le a kockázat keletkezése. Mivel a környezeti kockázati problémák nem egyenértékűek, a környezeti vegyi kockázatok súlyozásakor érdemes figyelembe venni a következőket:

A kockázati probléma társadalmi jelentőségét. Ez magába foglalja esetünkben a tim-földgyártásból eredő gazdasági haszon és a kockázat mértéke közötti összefüggést, a kockázat igazságosságának kérdését (azaz a kockázat egyenlőtlenül oszlik-e meg a lakossági csoportok között), a baleset következményeinek átháríthatóságát;

A kockázat természetére és mértékére vonatkozó ismereteket. Ez a lépés a kockázat keletkezésére vonatkozó ok-okozati összefüggések elemzésén alapul, a közvetlen és a közvetett, a tervezett és a nem szándékos hatások összevetését jelenti. A vegyi anyagok, termelési hulladékok előírás szerinti alkalmazása, illetve tárolása esetén sem zárható ki közvetlen és közvetett nem kívánatos hatások, de baleset kapcsán bekövetkező hatások sokkal súlyosabbak;

A lehetséges hatások időbeli és térbeli kiterjedését. Az időtényező befolyásolja az üzemeltető részéről a kockázat értékelését, mert az azonnali előnyöknek és a távoli lehetséges veszteségnek nagyobb az értéke. A fizikai szomszédságban bekövetkező események pedig közvetlenül érintik az ott tartózkodó, élő embereket;

Az azonosítható és statisztikai kockázatviselőket. Az egyik legjelentősebb megkülönböztetés az, hogy a több embert érintő kockázat (a populációs szintű kockázat) az esetek többségében személytelenített jellegű, azaz nem azonosított személyeket érint. Ha a kockázatviselő egyén vagy lakossági csoport azonosítható, szemben a pusztán statisztikai jellemzéssel, a társadalom akkor is nagyobb figyelmet szentel az azonosítható kockázatviselők kockázatának, mint a statisztikainak, ha egyébként a valószínűségek és következmények azonosak. Ha tehát az egyén közvetlenül megtapasztalhatja a következményt, akkor ezt sokkal

magasabb kockázatúnak értékeli, mint ha csupán egyik tagja lenne annak a közösségnek, amelynek egyetlen vagy néhány tagja a szóban forgó következményt megtapasztalja. Ez a megkülönböztetés nemcsak az emberi egészség, hanem bármilyen kockázatra érvényes és jelentősen befolyásolja a kockázat érzékelését;

A kockázat kontrollálhatóságát. Az elavult technológia, de a műszaki fejlődés is kockázatokot indukál, de ismereteink bővülésével az új kockázatok ellenőrizhetőek. Nehéz objektíven megítélni, hogy több kockázatot ellenőriz-e a tudomány és a technika, mint amennyit kivált. Tény azonban, hogy a kockázatok csökkentésére, mérséklésére és – az előírások betartásán alapuló – kontrollálására irányuló társadalmi igény egyre növekszik.

A felsorolt szempontok arra utalnak, hogy a vörösiszap-katasztrófa mindennek előtt operatív kockázat-kezelést tett szükségessé, amelyhez bizonyítékokat a környezetegészségügyi vizsgálatokon alapuló kockázatbecslés, valamint a lakosság egészségi állapotfelmérése és felügyelete szolgáltatott.

Köszönetnyilvánítás:

Munkánk során folyamatosan élveztük a veszprém megyei népegészségügyi szakigazgatási szerv és az ajkai kistérségi népegészségügyi intézet munkatársainak kollegiális együttműködését, segítőkészségét. Technikai segítségét nyújtottak Ispán Matild, Molnár Rozália és Szalóki András.

IRODALOM

- [1] Szennyezett területek részletes mennyiségi kockázatfelmérése. Kármentesítési kézikönyv. KöM, 2001.
- [2] A mennyiségi kockázatfelmérés módszertana. Kármentesítési útmutató. 7. KvVM, 2004.
- [3] IRIS (US EPA's Integrated Risk Information System). <http://www.epa.gov/IRIS/>.
- [4] IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. <http://monographs.iarc.fr/>.
- [5] Horváth Erzsébet, Domokos Endre, Katona Csaba, Kalocsa Edit: <http://www.uni-pannon.hu> 2010
- [6] Dura Gy.: A szennyezett területeken a felszínalatti vizek védelmét szolgáló egyszerűsített, illetve részletes mennyiségi kockázatfelmérés módszereinek kiválasztása. Segédanyag az egyszerűsített és a részletes mennyiségi kockázatfelméréshez. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Környezetvédelmi Hivatal, 2005.
- [7] Horváth J.: ÁNTSZ KDR intézet jelentése, 2010. október 9.
- [8] Anton A.: Elsődleges környezeti kockázatbecslést megalapozó talajvizsgálatok. In: Vörösiszap katasztrófa: Következmények és tapasztalatok. MTA konferencia 2011.március 1.
- [9] Muránszky G., Óvári M., Zárny Gy.: A budapesti aeroszol PM10 frakciójának kémiai jellemzése, konferencia kiadvány, 2006. május 25-26, Siófok, Szerk: Salma I. 51. old.
- [10] Nordberg, G. E., Fowler, B. A., Nordberg, M., Friberg, L. T.: Handbook on the Toxicology of Metals. 3rd Edition. Elsevier, 2007.
- [11] Rudnai P., Nárany M., Rudnai T., Tóth Eszter, Kanizsai Judit: Néhány toxikus fém koncentrációja a vörösiszappal elárasztott területen élő gyermekek vizeletében. Népegészségügy, 2011, 89(3): 229-235.

- [12] *Páldy Anna*: A vörösiszap katasztrófa által érintett lakosság heveny légúti morbiditása és a szállópor szennyezettség összefüggése. Kézirat, 2011.
- [13] <http://www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/>
- [14] http://oki.antsz.hu/documents/nekap_2000.pdf

Gy. Dura, M.D., Ph.D.,
Col.(ret.) G. Faludi M.D., Ph.D.,
Z. Szabó,
Z. Demeter,
Brigitta Szalay,
P. Rudnai M.D.,
Anna Páldy M.D., Ph.D.

Aspects of health risk assessment related to the red mud catastrophe

Hungary's largest ecological disaster took place on October 4, 2010 when the dam of cassette of the red sludge reservoir had ruptured. Health measures were focused first of all to minimize the exposure of people taking part in rescue and damage control work as well as the population (using protective equipments) item to intensify monitoring of ambient air and drinking water quality and detailed chemical characterization of red sludge. In the phase of mitigation of damages public health activity was aimed at the analysis of environmental health risks.

At the very beginning it was clear that the extent of the problem modifies the risk assessment paradigm (more than 1,000 hectares of land were flooded by one and a half million m³ of red sludge) and considerable uncertainties were indicated by the hazard assessment (due to variety of different chemical forms of occurrence) and not least the acceptability of risk in large extent influenced by psychological, social, and compensation-related factors.

The paper summarizes various aspects of health risk assessment, namely it deals with environmental exposure assessment based on model-calculations and presents results obtained by preliminary quantitative health risk assessment.

Necessity of the human biomonitoring (examination of metals in urine) and surveillance of the health status of the population (weekly reports from GPs) in human health risk assessment is underlined. Finally factors to be taken/ which were taken into consideration in risk management of the red sludge spill is overviewed.

Key-words: red mud, environmental exposure, quantitative health risk assessment, risk management

Dr. Dura Gyula Ph.D.
1097 Budapest, Gyáli út 2-6.

*Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat, Országos Tisztifőorvosi Hivatal
Gyorsreagálási Főosztály*

A vörösiszap katasztrófa (2010) következményei elleni küzdelem egyes tapasztalatairól (az ÁNTSZ OTH szemszögéből tekintve)

**Dr. Faludi Gábor ny. orvosezredes, Ph.D.,
Gramantik Péter ny. ezredes,
Csete Edit,
Dr. Paller Judit**

*Kulcsszavak: vörös iszap katasztrófa, OTH, ÁNTSZ, beavatkozó állomány, egészségi
ártalmak*

A szerzők ismertetik a vörösiszap katasztrófa kapcsán történt eseményeket az Országos Tisztifőorvosi Hivatal szemszögéből, amely az utóbbi évek legnagyobb ipari-környezeti katasztrófájának eseménye volt, amelyben az ÁNTSZ a veszélyhelyzet elhárításában rá kiszabott feladatait a Kormányzati Koordinációs Bizottság az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság és a NEFMI vezetésével végrehajtotta. A szerzők kitérnek az akut veszélyhelyzet kezelés mellett a kárhelyen élő lakosság egészségének védelmére hozott intézkedésekre, amelyek a késői egészségkárosító ártalmak megelőzését célozták. A munkák során mind nemzetközi kapcsolattartási (EU, WHO), mind hazai kockázatkezelési eszközök széles spektrumát kellett rendkívüli körülmények között alkalmazni. A szélsőséges méretű eseményre új szervezési megoldások is születtek, mint például egészségügyi vezetési pont kialakítása, részvétel az operatív törzs munkájában, kormányzati egészségügyi szűrőközpont kialakítása, speciális egészségügyi összekötő kinevezése a NEFMI Eü. Államtitkársága és a katasztrófavédelmi kormánybiztos között. Az ÁNTSZ minden szervezeti szinten sikeresen együttműködött a védelmi igazgatás szerveivel és az államigazgatás más hatóságaival és szerveivel, beleértve a kárterületen nagyon hatékony segítséget nyújtó fegyveres szervezeteket és más, nem-kormányzat szervezeteket (Máltai Szeretet Szolgálat segélyszervezete, Magyar Vöröskereszt, stb.).

A magyar katasztrófák történetének egyik legsúlyosabb ipari-környezeti eseménye következett be 2010. október 4-én a 12 óra 25 perckor, amikor a Magyar Alumínium Termelő és Kereskedelmi Zrt. (MAL Zrt.)

X. számú vörösiszap tároló kazettájának a fala a Veszprém megyei Kolontár közelében átszakadt. A gátszakadás következtében rendkívül rövid idő alatt mintegy 1,5 millió köbméter erősen maróhatású (lúgos

kémhatású) vörösiszap zagy öntött el mintegy 1 017 hektár területet. A vörösiszap áradat elérte és károsította Devecser, Kolontár, Somlónémetváros, Somlójénő, Tüskevár, Apácatorna és Kisberzsény lakott vagy mezőgazdasági művelés alá vont, mélyebben fekvő területeit. Az ár komoly infrastrukturális károkat (a Torna patak elsodort hidja, vasúti pálya károsodása) okozott. A Torna patak és a Marcal folyó élővilága megsemmisült, az elöntött mezőgazdasági terület súlyosan károsodott, és fenn állt a veszélye, hogy a vörösiszap ár elérheti a Dunát, ezáltal a környezeti ártalmak esetleg nemzetközi méretűvé szélesedhetnek. A kárterületen, Kolontáron két, Devecseren tizenkilenc utca épületei, összesen 324 lakóház, megsemmisült, sérült, vagy súlyosan szennyeződött, és ezért később 306 épület lebontásra került. Az áradat tíz életet követelt, gépkocsikat sodort el kilométerekre, és a lakásokból kisodródott bútorzat és felszerelési tárgyak törmeléke terítette be a lassan leülepedő, szikkadásnak induló, vörös iszappal borított területet. Az elöntött lakott területekről a lakosságot átmeneti befogadó helyekre kellett kitelepíteni. A katasztrófa sújtotta – akkori két közigazgatási régió három megyéjében – Veszprém, Győr-Sopron-Moson és Vas megye közigazgatási területén a kormány a katasztrófa törvény felhatalmazása alapján veszélyhelyzetet hirdetett ki 2010. október 06-án 15.00-tól. A katasztrófa esemény következtében a keletkezett emberi veszteségek tragikusak, az anyagi kár rendkívül jelentős volt. Az események általánosan kihatottak a kárhely lakosságának szomatikus, lelki státuszára és hatottak a mentésben részt vevő állományra is.

A katasztrófát megelőző általános helyzet

A katasztrófa beközevése pillanatában számos hátráltató körülménnyel is számolni

lehetett. Egyfelől éppen új kormányzati struktúrák születtek és kezdték meg működésüket, mint amilyen volt maga a Nemzeti Erőforrás Minisztérium is. A katasztrófát megelőző idővel csaknem egyidejűleg zajlottak le az önkormányzati választások, amelyek következtében új polgármesterek és más funkcióba kerülő tisztségviselők – mint az állam és védelem igazgatás különböző szintű vezetői – kezdtek éppen csak megismerkedni a feladataikkal. A jelzett időszakban már megkezdődött az ÁNTSZ átalakításának tervezése is, noha szerencsére még az eredeti, regionális felépítésű szervezet kezdte meg a védekezés feladatainak szervezését. Az új vezetőket és a különböző vezetési struktúrákat kifejezett erőpróbának vetette alá a bekövetkezett esemény. A katasztrófa kitörése elég szerencsétlenül egybe esett egy, az ÁNTSZ szempontjából kiemelt fontosságú országos szakmai konferenciális rendezvény lebonyolításával is.

Kedvező körülménynek bizonyult ugyanakkor, hogy a kezdődő változások egyik első elemeként létrejött, közvetlenül az Országos Tisztifőorvos utasításra, 2010. szeptember 28-án az Országos Tisztifőorvosi Hivatal (OTH) új Gyorsreagálási Főosztálya, amely az eseményekkel párhuzamosan, illetve azokat éppen megelőzve, folyamatosan formálódott, fejlődött és kapta meg a működés humán, műszaki és információtechnikai feltételeit.

A főosztály létrehozásához vezető döntést az is elősegítette, hogy a 2010-es évben hat jelentősebb egymástól jelentősen különböző katasztrófa jellegű esemény hatott közvetlenül, vagy közvetve Magyarországra. Néhány ezek közül: a H1N1 influenza pándémia befejező szakasza, az észak-magyarországi nyári árvizek, az izlandi hamufelhő hatásai a légközlekedésre vagy a

hőségriadók bekövetkezése voltak. Az események sorát végül a vörösiszap katasztrófa zárta le. Sajnálatosan jól látható azóta is, hogy az 2011-es év sem lesz nyugalmasabb: földrengések itthon, komplex természeti (földrengés és cunami) és nukleáris ipari katasztrófa Japánban, társadalmi földindulás az arab országok egy jó részében a következményes menekült áradattal, stb. A felsorolás tényei, több mint kellő indoklást adják, hogy a veszélyhelyzet kezelés egészségügyi oldalának megerősítése az ÁNTSZ részéről szükséges és aktuális volt. A Gyorsreagálási Főosztály létrehozását sürgette továbbá az EU gyorsriasztási rendszereinek központosítási igénye, a WHO Nemzetközi Egészségügyi Rendszabályok (NER) rendszerével való intézményes együttműködés megerősítésének szükségessége és a társhatóságokkal való hatékony együttműködés elmélyítésének kényszere is.

A vörösiszap katasztrófa eseményeinek ismertetése időrendi sorrendben

Az ÁNTSZ Gyorsreagálási Főosztályára 2010. október 4-én 14.34-kor érkezett az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (OKF) riasztása, amely tájékoztatást adott a kialakult helyzetről és egyben felkérték az ÁNTSZ szakembereit, hogy helyszíni mintavételezéssel egybekötött mérésekkel segítsenek tisztázni, hogy a vörösiszap szennyezett területeken esetleg szükséges-e számolni az ionizáló sugárátalom kialakulásának bármely formájával?

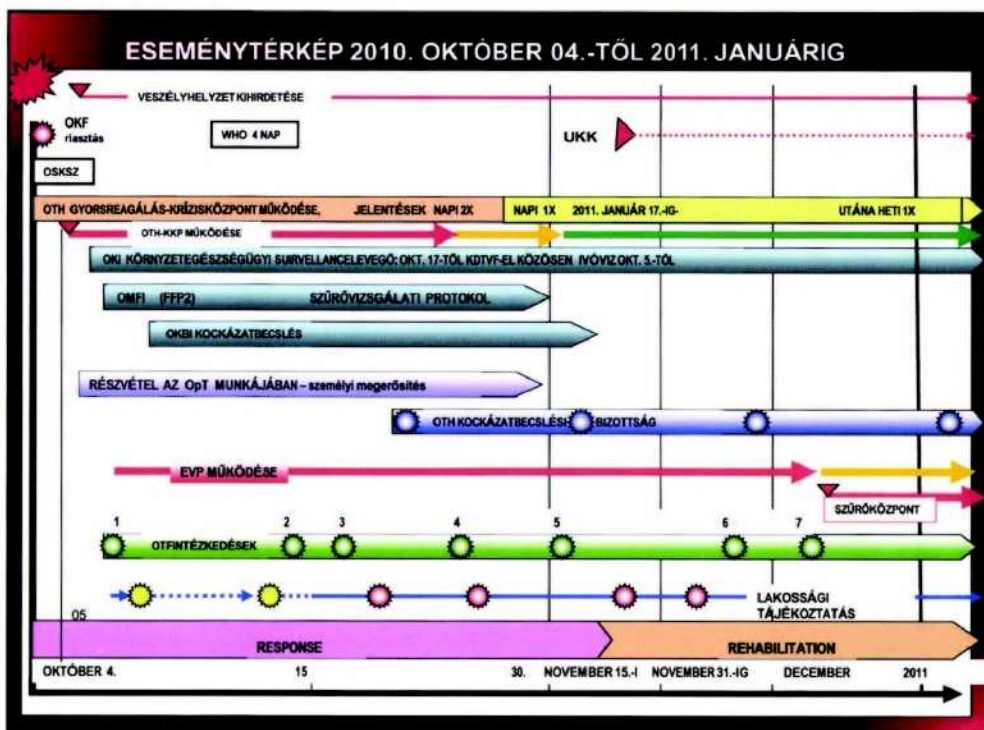
A kérdés feltevését indokolta, hogy a különböző hozzáférhető irodalmi adatok alapján és a magyarországi vörösiszap tárolókból a korábbi évek, évtizedek során gyűjtött és összehasonlított vizsgálatok adatai között kismértékű, a természetes háttérsugárzáshoz képest csak kissé magasabb, de ionizáló sugárzás esetleges jelenlétére uta-

ló mérési eredmények is említésre kerültek [4]. Az ÁNTSZ OSSKI Sugáregészségügyi Készenléti Szolgálat, az OTH intézkedése nyomán, három órán belül a helyszínre érkezett. Mind a helyszíni, mind az iszapminták laboratóriumi mérési eredményei alapján megállapították, hogy a kockázatot jelentő feltételezett kóroki tényezők köréből az ionizáló sugárzás biztosan kizárható. Lakossági kérésre ugyan újra és újra, többször is ismételt beltéri, munkahelyi stb. mérésekre is sor került, de a vizsgálatok az első mérésekkel mindig megegyező, megnyugtató negatív eredménnyel záródtak.

A védekezés folyamatának további eseményeit összegző ábrában foglaltam össze, kiemelve a főbb eseményeket (1. ábra):

Az eseménytérképből néhány főbb eseményt emelnék ki részletesebben:

- a Gyorsreagálási Főosztály vezetésével, az OTH katasztrófavédelmi tervei alapján október 5-én megalakult az EU Standardok szerint működő „OTH Kríziskezelő Központ”, amely ezután a tevékenységek koordinálása, az információáramlás, és a vezetés valós központjává vált.
- koordinatív feladatai mellett – a NEFMI és az OMSZ munkatársaival együtt, napi 24 órás váltásban részt vett az október 5-én megalakuló KKB Operatív Törzs munkájában is.
- a Kríziskezelő Központ, az OKI szakértői szerveivel közösen, részt vett a WHO szakmai küldöttségének négy napos látogatása lebonyolításában, amelynek célja a kialakult helyzetről való helyszíni tájékozódás volt. A küldöttség, a tapasztaltak alapján megerősítette azt a magyar előzetes tájékoztató jelentést, hogy a súlyos ipari környezetszennyezésnek és közegészségügyi hatásoknak nemzetközi kiterjedése nem fe-



1. ábra: A védekezés folyamatának további eseményeit összegző ábrában foglaltam össze, kiemelve a főbb eseményeket



2. ábra: A vörösiszap katasztrófa sérültjeit elsődlegesen ellátó intézmények

nyezet, vagyis a Nemzetközi Egészségügyi Rendszabályok 2005. szerinti nemzetközi kiterjedésű közegészségügyi vészhelyzet követelményeinek megfelelő súlyosságú minősített katasztrófa helyzet nem áll fenn. A bizottság ajánlásokat fogalmazott meg, amelyek azonnal és teljes körűen beépítésre kerültek a védelem és az ÁNTSZ munkájába [3].

- az Országos Tisztifőorvos konzultatív és koordinációs célokra október 21-én megalakította az „Egészségügyi Kockázatbecslési Bizottságot”. A szakmai tanácsadó bizottság feladata a kockázatkezelés egészségügyi feladatai szakmai hátterének megerősítése volt. A bizottság feladata keretében tisztázni kívánta az akut, közép és hosszú távú egészségkockázatokat, vizsgálni és megelőzni a beavatkozó állomány egészségének valószínűsíthető fenyegetéseit, vizsgálati módszerekre és a megelőzés lehetséges eljárásaira javaslatot adni, és meghatározni, hogy a katasztrófa terület lakosság megtartó képessége és az egészséges élet lehetősége várhatóan módosul-e lakosság különböző, kor-, és nem szerinti eltérő kockázati csoportjainál.

- az ÁNTSZ Országos Kémiai Biztonsági Intézete (OKBI) elkészítette a vörösiszap egészségre vonatkozó vegyi expozíciókra vonatkozó fenyegetés és kockázatbecslés alap elemzését.

A katasztrófa ciklus válaszadási fázisának [1., 2.] egyes szakfeladatairól külön számolunk be:

- az akut betegellátással kapcsolatos körülményekről,
- a környezet-egészségügyi surveillance létrehozásáról, külön kitérve,
- az együttműködések rendszerére és a kommunikációra.

A katasztrófa sérültjeinek akut egészségügyi ellátása

A katasztrófa következtében – nem tisztított adatok alapján – tíz halálos kimenetelű sérülés történt. A példásan működő mentőszolgálat 103 (14 % súlyos, 51 % közepes és 35 % könnyű) – többségében lúgmarasos – sérültet szállított el mentőgépjárművekkel és helikopterrel kórházi kezelésre. Ambuláns ellátásban részesült sérült 301 személy. A katasztrófa következtében pszichiátriai ambuláns ellátásban részesült 107 sérült. A sérülteket hat fekvőbeteg ellátó intézmény fogadta be (2. ábra).

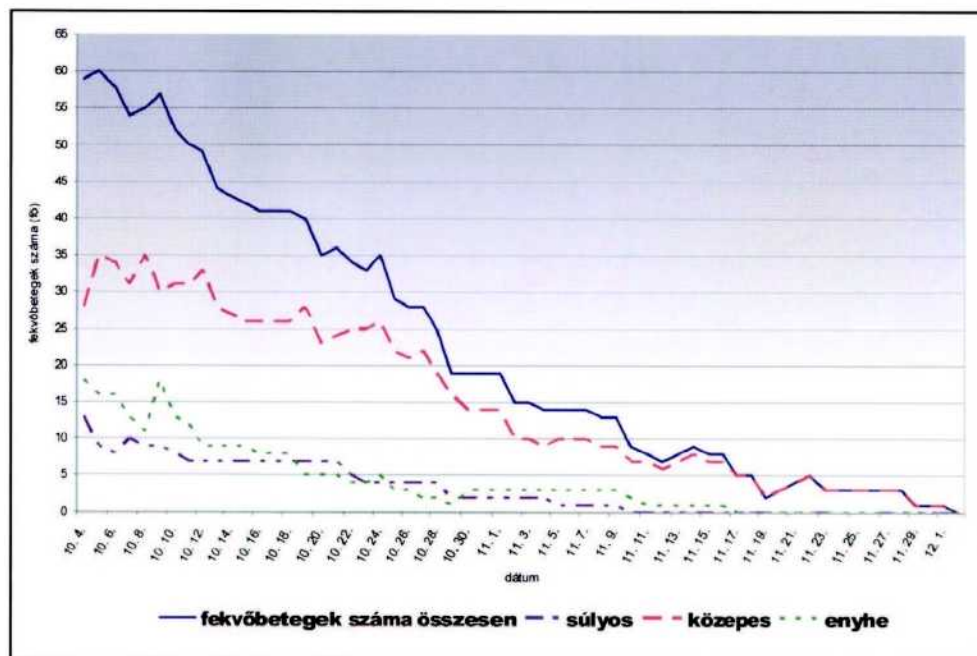
A kárterületről származó sérültek betegforgalmi és betegellátási adatait az ÁNTSZ napi rendszerességgel az egészségügyi ellátóktól bekérte, összegezte és továbbította és sorsukat – három súlyossági kategóriára bontva (könnyű, közepes és súlyos sérültek) – folyamatosan nyomon követte. Az adatokat grafikusán az szemléltetjük. Az utolsó fekvő beteg 2010. december 1-én hagyta el a kórházat.

A környezet-egészségügyi surveillance rendszer kiépítése

A kiömlött vörösiszap elsődleges lúgos, maró hatása (pH 11-13) mellett azonnal mérlegelést igényelt a gyártás melléktermékeként visszamaradt érc maradék komponensek közvetlen és közvetett akut és krónikus potenciális (toxikus) egészségkárosító hatása. Az elvégzett analitikai vizsgálatok (a Bálint Analitika Kf. mérései alapján) az vörösiszap alábbi komponenseinek inhomogén eloszlású jelenlétét mutatták ki:

A vörösiszap fő alkotói:

Al₂O₃ 10-20 %, SiO₂ 3-50 %, Na₂O₂-10 %, CaO 2-10 %, TiO₂ 0,5-2 % mellett K, Cr,



3. ábra: A betegek kórházi kezelésének időbeli lefolyása három súlyossági kategória szerinti megoszlásban. (n=103)

Kihelyezett inhalációs terápiát igénybe vettek száma [Farkasgyepű],			
dátum	A lakosság köréből	a mentésben résztvevők köréből	Összesen
2010.10.12	10	14	24
2010.10.13	49	85	134
2010.10.14	230	459	689
2010.10.15	221	250	471
2010.10.16	116	125	241
2010.10.17	102	131	233
2010.10.18	155	112	267
2010.10.20	119	133	252
2010.10.21	123	144	267
2010.10.22	112	117	229
2010.10.23	60	85	145
2010.10.24	45	65	110
2010.10.25	57	122	179
2010.10.26	58	148	206
2010.10.27	79	131	210
2010.10.28	91	105	196
2010.11.02	30	35	65
összesen	1657	2261	3918

4. ábra: Önkéntes inhalációs kezelésben résztvevők száma

V, Ni, Ba, Cu, Mn, Pb, Zn és As jelenlétét tudták szilikátokhoz kötött formában kimutatni. A toxikus fémek koncentrációi a talajra előírt határértékek (6/2009. (IV.14.) KvVm-EüM-FVM együttes rendelet) alatt maradtak.

A lassan szikkadó, majd beszáradó iszaptól – érzékszervileg jól érzékelhető volt – a légtérbe kerülő erősen alkalikus szálló por a beavatkozó állomány és lakosság azonnali légzésvédelmének szakszerű megoldását igényelte. A helyes védőeszköz használati ajánlása és később a foglalkozás egészségügyi szűrővizsgálati protokoll kidolgozásában az OMMFI szakértői azonnal az OTH számára azonnali és készséges szakmai segítséget nyújtottak, szemléltetve a közegészségügyi szakmai összetartozásának vitathatatlan tényét. Az OMMFI útmutatása határozta meg, és az ÁNTSZ rendelte el a védekezéshez az FFP2D porszűrő félárlarc használatát mindenki számára általánosan. A kisgyermek méret problémákból és a gyártás hiánya miatt hiányzó porárlarcok pótlására a többrétegű sebészeti maszk használata egyfajta kompromisz-szumos megoldásként került elfogadásra. A kiváló együttműködés később is folyamatosan fennmaradt. Az OMMFI dolgozta ki általános érvénnyel a foglalkozás egészségügyi vizsgálatok szakmai protokollját és részt vett az október 21-én megalakításra kerülő Egészségügyi Kockázatkezelési Bizottság munkájában is.

Október 5-től kezdődően, a lakosság biztonságos ivóvíz ellátása érdekében a teljes kárterületen mindenütt a vízellátó rendszer folyamatos és állandó laboratóriumi ellenőrzés alatt állt és áll. A mérési adatok tanúsága szerint (a vizsgált minták száma: 219 volt január 17-ig, a vizsgálatok jelenleg is folynak) az ivóvíz hálózat, illetve a vezetékes ivóvíz bármilyen szennyezettségére

utaló eredmény nem volt tapasztalható. A szennyezés biztonsággal kizárható volt, **az ivóvíz fogyasztása mindvégig teljesen biztonságosnak bizonyult.**

A porterhelés mértékének ellenőrzés alá vonása érdekében, az egyre markánsabban jelentkező szállópor terhelés mérésének és összetételének vizsgálatára, a Közép-dunántúli Természet- és Környezetvédelmi és Vízügyi Felügyelőséggel szorosan együttműködve, az ÁNTSZ Országos Természet és Környezet-egészségügyi Intézet (OKI) egy 13 mérőpontból álló szakaszos és folyamatos pormérő lokális hálózat kiépítését tervezte meg és végezte el. A vizsgált minták szám 2010. október – 2011. április között a felsorolt 13 ponton gyűjtött 24 órás, 160 szállópor mintából történt. A mintákból az ólom, kadmium, nikkel, alumínium, arzén, vas és nátrium meghatározását is elvégezte és az adatokat az ÁNTSZ rendelkezésre bocsátotta a felügyelőség. Az OKI október 7-13. között Devecseren és a kontrollként választott Karakószörcsökön vett szállópor mintákból 33 különböző fém-összetevő koncentrációját 7 esetben megvizsgáltatta. A hálózat bizonyos átalakításokkal a mai napig is folyamatosan végzi az ellenőrző méréseit. A tudományos és szakmai jelentőségén túlmenően, az így kapott adatok birtokában a társhatóságok és a lakosság számára folyamatosan tájékoztatók készültek. Később kidolgozásra és bevezetésre került a lakossági porexpozíció megelőzését segítő porexpozíció előrejelzési tájékoztató is. A tájékoztatók segítették a várhatóan fellépő napi porterhelési csúcsok elkerülését a kisgyermek sétáltatásánál, vagy irányt mutattak a maszkok optimális használatára.

A toxikus nehézfémek szervezetbe jutásának kizárása érdekében, laboratóriumi ellenőrzésre került havonta tíz, összesen

mintegy 70 kisgyermek vizelet mintája, ürülő nehézfémek jelenlétének kimutatása céljából. A vizsgálati csoport (kisgyermek) kiválasztása azért volt indokolt, mert nem kellett a felnőttek esetében sokkal nehezebben tisztázható más, esetleges foglalkozás egészségügyi anamnesztikus körülményt mérlegelni, vagy a vörös iszap hatásától független, egyéb (más korábbi munkahelyről vagy életterületről származó) expozíciós hatásokat számításba venni. Ezen kívül a legérzékenyebb és leginkább védendő korcsoportnak a védelmére lehetett az erőforrásokat (laboratóriumi vizsgálatok) koncentrálni. Kívánságra természetesen felnőttektől származó minták is vizsgálatra kerültek. A vizsgálatok szerint a gyermekeknél kimutató ürülő toxikus nehézfémek nem voltak kimutathatóak, az egészségkárosodásra utaló gyanújelek és a veszélyeztettség nagy valószínűséggel zárható. Az ÁNTSZ OKI és a kifogástalanul együttműködő partnerei a kihirdetett veszélyhelyzet teljes tartama alatt – és még utána is – lényegében egy, a katasztrófa terület egészét felölelő eseti környezet-egészségügyi surveillance rendszert épített ki, mind a lakosság porterhelése, mind az ivóvíz fogyasztásának biztonsága megvalósítása érdekében.

Az ismertett vizsgálatokon túl helyi kezdeményezésre, lakossági kérésre, a veszprémi ÁNTSZ regionális laboratóriumi számos kiegészítő vizsgálatot, lakóházak lakhatóságának, egyedi ásott kutak vízminőségének ellenőrzésével segítettek az élet újraindulásához szükséges feltételeket – többek között a nyugalmat – megteremteni. A mérések eredményeinek értékelését nehezítette, hogy a vörösiszap katasztrófa környezet szennyezésének körülményeire kidolgozott határértékek nem álltak rendelkezésre, ezért a toxikus nehézfémek lé-

tező környezeti és munkahelyi megengedett koncentrációjával való összevetés jelentős óvatosságot igényelt. Meg kellett várni a mérési eredmények számosságát a bizonyítékokon alapuló valóság-közeli szakvélemény kialakításáig. A szakmai korrektség miatt szükséges várakozás, több esetben okozott feszültséget a jogosan aggódó lakosság körében, egyszersmind jelentős kommunikációs nehézségeket is, amely esetenként kifejezett hátrányt okozott az aggódók megnyugtatóiban. Az Országos Onkológiai Intézet dolgozóinak önkéntes felajánlásával lebonyolításra került a vörösiszap károsultjainak csoportjából választott személyek genotoxikológiai vizsgálata is. **Valamennyi vizsgálat megnyugtatóan, szintén negatív eredménnyel zárult.**

Az ipari-környezeti katasztrófa sérültjeinek és a terület lakossága környezet-egészségügyi helyzetének tisztázása, meg kívánta az alap és gyermek ellátó egészségügyi szolgálat tagjaitól a kárterületen élők betegforgalmi adatainak állandó rendszerezett gyűjtését is. A megbetegedési adatok szabályozott gyűjtését az ÁNTSZ OKI szervezte és elemezte a háziorvosok jelentései alapján. A viszonylag alacsony számú esetszám ellenére (amely bizonyos óvatosságot követelt), bizonyos tendenciákra azonban így is következtetni lehetett.

Az friss iszap gőzeinek direkt irritatív hatása, és a száradással jelentkező "kiporzás" irritatív következményei kimutatható volt az októberi hónap során. A vörös iszaptól származó porterhelés és bizonyos irritatív és allergiasztmás kórképek incidenciájának a növekedése között szignifikáns összefüggés mutatkozott. A tél és az esőzések beálltával, és a vörös iszappal fedett nyílt területek lassú csökkenésével párhuzamosan, a szálló por összetételében a fűtési eredetű komponensek lassan kiváltották az iszap

eredetű alkotókat. Makroszkóposan a kezdeti rózsaszín filterek lassan elszürkültek. A változásokkal párhuzamosan az irritatív hatások is fokozatosan csökkenni kezdtek. A mai szálló por terhelési helyzet megfelel - vagy esetenként még jobb is némely magyar lakott terület, város és nagyváros hasonló paramétereinél. Ugyanakkor a mérésekkel is alátámasztott kép csak megerősíti az országos szálló porterhelés általános csökkentésének szükségességét.

Összességében a közös, szervezett vizsgálatok egy improvizált környezetvédelmi-környezetegészségügyi lokális surveillance kialakulását eredményezték, amely folyamatos eredményeivel hozzásegítette a hatóságot a kárterületen várható kockázatok nagyságrendjének tisztázatához, megelőzéséhez. A lakosság és a beavatkozó állomány irritatív porártalmának enyhítéséhez a farkasgyepűi Tüdőszanatórium is komoly segítséget adott azzal, hogy önkéntes, kihelyezett inhalatóriumi ellátást biztosított bárki önkéntesen jelentkező számára. Inhalációs kezelésben részesítettek október 10. és november 2. között 3 918 jelentkezőt (4. ábra).

Az együttműködések rendszere

Az OTH Krízisközpont folyamatosan kapcsolatban állt az egészségügyi ellátókkal, az ÁNTSZ területi szerveivel, a háttér tudományos intézetek munkatársaival, a katasztrófavédelmi szervekkel, a NEFMI Egészségügyi Államtitkársága védekezés irányító szereplőivel, a különböző társaságokkal, a fegyveres szervezetekkel. Tájékoztatási kötelezettségének tett eleget a WHO irányába, és az EU gyorsriasztási rendszerében (pl.: RAS Chem) is.

Az irányítás új elemei

A katasztrófa rendkívüli nagyságrendje a védelem igazgatás egészségügyi rendszerének új elemeit is létrehozta. Kinevezésre került a katasztrófavédelmi kormánybiztos és az Egészségügyi Államtitkárság között egy rendkívüli megbízott összekötő személy, aki feladatkörében eljárva a meglévő csatlakozási pontokon túl is biztosította a közvetlen, operatív, ágazatok közötti legfelsőbb szintű napi kapcsolattartást. Intézkedésével létrehozott egy az OMSZ és ÁNTSZ területi erőiből a kárterületen egy Egészségügyi Vezetési Pontot, amely tovább erősítette a Védelmi Bizottságokkal, a katasztrófavédelem operatív irányító központjával az együttműködést.

Javaulatára a lakosság egészségi állapotának figyelemmel követése és az egészségkárosító hatások korai felismerése céljára az egészségügyi vezetés végül létrehozta a Kormányzati Egészségügyi Szűrőközpontot is.

A kommunikáció

Az ÁNTSZ az egycsatornás tájékoztatás elvének elfogadásával a tájékoztatás frontvonalából visszahúzódott, de minden eredményről és megtett intézkedéséről napi tájékoztatást adott az OKF kommunikációval megbízott részlegének. Ez a mechanizmus magyarázza az ÁNTSZ közvetlen média megjelenésének néha kifogásolt hiányát is, másfelől jelentős terhektől mentesítette a szakértői állományt. Az ÁNTSZ mindazonáltal napi tájékoztatásokat adott ki a lakosság számára, és számos esetben részt vett a lakossággal való közvetlen kapcsolat ápolására szervezett lakossági fórumokon is.

Az események kezelése érdekében hét tisztifőorvosi intézkedés került kiadásra

a területi (regionális és kistérségi) munka összehangolására. Nagy időbeli leterhelést jelentett a kezdetben napi kétszeri jelentésadási kötelezettség, amely később a rehabilitációs szakaszban napi és végül heti jelentések összeállítására egyszerűsödött. A veszélyhelyzet megszüntetéséig összesen 147 ilyen jelentés készült és került megküldésre az államigazgatás különböző felsőszintű vezetői számára.

Megbeszélés

Az eseményekre visszatekintve megállapítható, hogy helyes döntés volt az OTH gyorsreagálási képességének megerősítése. A Gyorsreagálási Főosztály – mint az OTH újonnan kialakított szervezeti eleme – létrehozása, amely miközben folyamatosan alakította, fejlesztette saját működési feltételeit, képes volt az első 72 órában önállóan kezelni a rendkívüli helyzetet. A Kríziskezelő Központ – a területi szervek szoros együttműködésével – megfelelően irányította mind a reagálási, mind a rehabilitációs szakasz feladatainak végrehajtását. Alkalmilag olykor észlelhető volt a Védelmi Bizottságok és az új és hatékony operatív irányító szervezeti elemek között némi szakmai egyenetlenség, és redundanciák jelentkezése az irányítás területén. Az egycsatornás kommunikáció, a maga előnyei és hátrányival együtt is, hatékony volt. Feltétlenül eredményesnek bizonyult az extrém esemény kezelésére életre hívott új egészségügyi védelmi elemek szerepe (Egészségügyi Államtitkári és kormánybiztosi megbízotti funkció, Egészségügyi Vezetési Pont, Kormányzati Szűrőközpont).

Kiválóan működött a nemzetközi és hazai szervezetek közötti információ áramlás. A katasztrófavédelmi és egészségügyi ágazati kapcsolatok betöltötték szerepüket.

Csak az elismerés hangján lehet szólni a civil szervezetek példás segítőkészségéről és a nem kormányzati szervek kiemelkedő szerepvállalásairól (Máltai Szeretet Szolgálat, Vöröskereszt, WHO magyarországi irodája, stb.).

Jelentős negatív tapasztalat volt az első sokkhatás elmúltával, hogy különféle – nem szakmai érdekek mentén jelentkező erők hatása mennyire komoly mértékben tudott visszahatni a lakosság hangulati változásaira, ezzel közvetve a szakmai munka végzés körülményeire is.

Összegzés: A forráshiányos egészségügy képes volt a követelmények szintjén kezelni a hazai ipari katasztrófa történet egyik legsúlyosabb eseményét. Az ÁNTSZ az új és a régi irányítási mechanizmusai rugalmas együttes alkalmazásával a feladatainak jó szinten megfelelt. Az események tanulságait célszerűen be kell építeni az ÁNTSZ katasztrófa védelmi felkészültségének fejlesztésébe. Az elvégzett vizsgálatok során nem merült fel semmi olyan aggodalomra okot adó körülmény vagy mérési eredmény, amely a kárterület fenntartható fejlődének gátját képezhetné. Továbbra is folytatni kell a rendszeres követéses vizsgálatokat az exponált lakosság körében.

Köszönetnyilvánítás: Nem zárhatjuk be a munkánkat anélkül, hogy ne tisztelegjünk az áldozatok előtt, és ne adjunk hangot annak az általunk eddig nem tapasztalt kiemelkedő jóindulat, segítőkészség hullámnak, amelynek tanúi lehettünk munkánk során. Valamennyi munkatársunknak is erőt adott ez a tapasztalat. Számtalan esetben találkozhattunk intézmények, civil szervezetek és cégek áldozatos és nagylelkű kárenyhítő felajánlásaival. Köszönjük mindenkinek az együttműködését.

IRODALOM

- [1] Community Emergency Preparedness: Manual for managers and policy makers. WHO. 1997.
- [2] Major L.: A katasztrófa felszámolás egészségügyi alapjai. Semmelweis Kiadó. 2010.
- [3] A WHO szakértői bizottság jelentése a vörösiszap katasztrófa helyszíni vizsgálatáról.
- [4] Viczián T., Juhász V.: Az almásfüzitői vörösiszap-zagytározók környezetgeomorfo-lógiai viszonyai. Előadás.

Col. (ret.) G. Faludi M.D., Ph.D.,
Col. (ret.) P. Gramantik,
Edit Csete,
Judit Paller M.D.

Certain experiences of defence of consequences of red mud flood disaster (2010) [from the point of view of Office of Chief Medical Officer of State (OCMO) of National Public Health and Medical Officer Service (NPHMOS)]

The authors described the events of red mud disaster from the point of view of the Office of Chief Medical of State. The event was determined as a greatest industrial-ecological disaster of Hungary. The National Service of Public Health and Medical Officer Service (NPHMOS) filled a part of its mission in the process of defensive works of emergency situation led by both Ministry of National Resources and Governmental Coordination Center managed by the National Directorate of Disaster Relief Forces.

Beside the prompt tasks of response phase of disaster the arrangements were summarised in the article – it was for the health protection of population living in the affected area and how to prevent the acute and possible late effects of red mud caused environmental contamination. During the response and rehabilitation phase of disaster cycle there were vivid, multilevel connection between international organisations such as WHO and EU special professional centers for example. Newer structural forms were organised by authority during emergency and worked together with former conventional structures, for example: a post of Special Coordinator were appointed between Ministry of HR and Directorate of Disaster Defence, a Territorial Medical Leading Point was organized, Governmental Screening Center was established, and the newly revitalized and enforced Rapid Reaction Department of OCMO was also tested in the everyday life. The all institutes of NPHMOS both territorial ones and scientific background institutes satisfied the coordination cooperated with other national authorities and first responder organisations as Hungarian Police, Hungarian Defence Forces and Disaster Defence Forces, and with NGO-s, as Charity Service of Malta and Red Cross Organisation.

Key-words: red mud disaster, OCMO, NPHMOS, first responders, health effects

*Dr. Faludi Gábor ny. o.ezds.
1097 Budapest, Gyáli út 5-7.*

Vörösiszap-exponált civil lakossági csoport rákrizikó becslése citogenetikai biomarkerekkel

Dr. Gundy Sarolta Ph.D.,
Dr. Farkas Gyöngyi Ph.D.,
Székely Gábor,
Prof. Dr. Kásler Miklós D.Sc.

Kulcsszavak: vörösiszap, rákmegelőzés, biomarker, kromoszóma aberráció, mutagén érzékenység

A vörösiszap az alumíniumgyártáshoz elengedhetetlen timföldgyártás végterméke. Az ún. lúgos technológia alapján, a timföldet koncentrált NaOH-val oldják ki a bauxitból, így a folyamat végén megmaradó bázikus kémhatású és a már tározóba kerülő anyag a vörösiszap, ami kizárólag a kémhatás (pH =13) miatt minősül veszélyesnek. Ahol ezzel a módszerrel történik a timföld kinyerése, rövid- és hosszú távú környezeti- és egészségkárosodással csak akkor számolhatunk, ha a technológiai folyamatokat nem megfelelően alkalmazzák, vagy a marólúgot tartalmazó tárolt anyag kiáramlásának fennáll a veszélye. A példa nélküli magyarországi katasztrófa kapcsán felvetődik a késői genotoxikus és karcinogén hatás eshetősége is. Minthogy a prevenció szolgálatában különböző prediktív tesztek és szűrőprogramok állnak rendelkezésünkre, az egészségi kockázatok, így különösen a rákkockázat megállapításához az egyik legmegalapozottabb módszert, a szomatikus sejtek (perifériás vér limfociták) kromoszóma törékenységét, mint a rákkockázat biomarkerét vizsgáltuk 52 személynél. A kontaminációt követő 4-6 hét elmúltával sem a lúgégést elszenvedett 17 embernél, sem a sérülésmentes személyeknél a kromoszóma aberrációk nem emelkedtek (1,57 vs. kontroll 1,20 %). A kor, a nemi hovatartozás, a marólúg hatása, illetve a takarítás során a közvetlen expozíció szintén nem módosították eredményeinket az illesztett kontrollok értékeivel szemben ($r^2=0.23$). Megállapíthatjuk, hogy a vörösiszap közvetlen, azonnali genotoxikus hatása nem érvényesül a lakosokban. A takarításban résztvevőket azonban nemcsak az általános egészségügyi, hanem a genotoxicitási és a karcinogenitási későbbi kockázatok megállapításához is ajánlott követni, hiszen a vörösiszap kiszáradása után a szálló por tartalmazhat maradvány lúgot és ezzel az ultrafinom részecskék inhalációja speciális biológiai/genotoxikológiai következményekkel járhat.

A 2010. október 4-én bekövetkezett, mind-ezidáig legsúlyosabb hazai ipari szerencsétlenség az ajkai vörösiszap-katasztrófa címén vonul be havária-történelmünkbe. A több emberéletet követelő katasztrófa miatt az érintett területeken az élővilág jelentős része kipusztult egy időre, és emberek százai váltak földönfutóvá a környezet károsodása miatt.

A vörösiszap az alumíniumgyártáshoz elengedhetetlen timföldgyártás végterméke. Az ún. lúgos technológia alapján, a timföldet (alumínium oxid) koncentrált nátrium-hidroxiddal oldják ki a bauxitból, így a folyamat végén megmaradó bázikus kémhatású és a már tározóba kerülő anyag maga a vörösiszap, ami kizárólag az erősen lúgos (pH =13) kémhatás miatt minősül veszélyesnek. Önmagában ott, ahol nem lúgos technológiával történik a timföld kinyerése, a vörösiszap nem számít veszélyes hulladéknak [12]. Környezeti és egészség károsodással akkor számolhatunk, ha a technológiai folyamatokat nem megfelelően alkalmazzák, vagy a tárolás szabálytalanul történik.

A katasztrófát elszenvedő lakosság sérüléseinek legfőbb oka, nemcsak a mechanikai akadályt nem ismerő, a tározóból kizúduló iszapáradat volt, hanem – és főleg - a magas pH értékű marólúg, ami az emberi bőrfelülettel érintkezve roncsoló, az égéshez hasonló tüneteket okozott. Mind az iszapban lévő, mind az egyéb, külső forrásokban is fellelhető egyéb kémiai és biológiai anyagok hatását a magas pH-jú közeg módosíthatja, azt akár fel is erősítheti és ennek a komplexnek az egészségre gyakorolt közvetlen, közvetett és késői hatása a mai napig ismeretlen. A későbbiekben a kiszáradt vörösiszaptól származó szálló por belégzése, lenyelése, vagy a nyálkahártya-kontaktus szintén problémát jelenthet mind a rövid-, mind pedig a hosszú

távon jelentkező géntoxicitás, mutagenitás, és karcinogenitás viszonylatában.

A kockázatok esetleges veszélye miatt a környezeti következmények gondos felmérése, és emellett az egészségi paraméterek alapos megismerése azért fontos, mert ilyen jellegű katasztrófa sehol a világon nem történt. Hasonló kontaminációk kezeléséhez pedig egy komplett bioinformatikai adatbázis mindenki számára elérhetővé és például értékűvé válhat, amely egyik részeként az Országos Onkológiai Intézet genotoxicitási vizsgálatokat végzett.

Az egészségi kockázatok, így különösen a rákkockázat megállapításához különböző prediktív tesztek és szűrőprogramok léteznek [2, 9, 10, 15, 16, 18, 19, 20, 21]. Ezek alkalmazása kikerülhetetlenül fontos egy olyan országban, ahol a halálokok csaknem egynegyede a rosszindulatú daganatokhoz köthető [5, 14].

Mint ahogy a fejlődő országokban kétszer több daganatos haláleset regisztrálható, mint az iparilag fejlett államokban, a rákmorbiditási adatokat illetően az ezredfordulóhoz képest pedig 2020-ra 50 % növekedéssel, 15 millió új esetet várhatunk világszerte [4, 7, 13], így meggondolandó, hogy az életmód megváltoztatásával és különböző népegészségügyi prevenciók akciókkal ez a trend miként állítható meg. Ennek egyik eszköze a különböző biológiai markerek alkalmazása.

A betegség-kockázatot jelölő mutatók a biomarkerek, amelyek a normális, ill. a patológiai folyamatok közötti különbségek kimutatására szolgálnak az epidemiológiában vagy a toxikológiában, valamilyen celluláris vagy élettani funkció megváltozásának indikátoraként.

A rákkockázat biomarkereinek egyik csoportja a genotoxikológiai biomarkerek sora

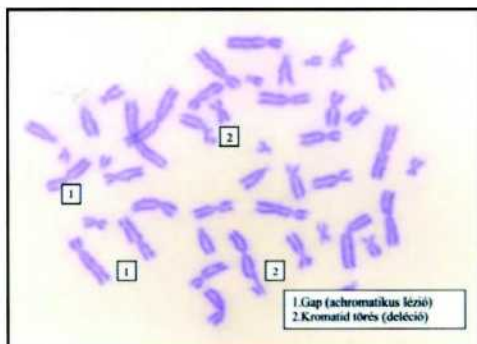
[11], amelyek sokszor már akkor jelzik a veszélyt, amikor a betegség még nem alakult ki és a kóros folyamatok még visszafordíthatók. Biomarker lehet egy külső környezeti forrás (pl. ionizáló sugárzás, kemikáliák, biológiai faktorok), vagy a külső környezeti tényezők hatására a szervezeten belüli sejt, illetve egyéb anyagcsere termékek változását kimutató marker-arszenál. Általában ismerünk expozíciós biomarkereket (külső expozíciók és belső dózisok markerei), valamint a hatás biomarkereit, amelyek az egészségkárosodás és a korai megbetegedések prekursorai. A biológiai markerekkel szemben szigorú követelményeknek kell teljesülni, amelyek közül a teljesség igénye nélkül néhány szempont: A validitást illetően nagy esetszámú mérések szükségesek, az inter-individuális variabilitás pedig kicsiny kell, hogy legyen. Az expozíció megszüntével a vizsgált folyamat ajánlatos, hogy reverzibilis legyen, de megfelelő idő is álljon rendelkezésre, hogy a biomarker változásának dinamikáját is jól követhessük (hetek, hónapok, évek). Az érzékenység, a jó reprodukálhatóság, a specificitás és a kis invazivitás, valamint az alacsony ráfordítási költség szintén a széles tudományos közeg által is elfogadható kritériumok közé kell, hogy tartozzék.

Citogenetikai markerek

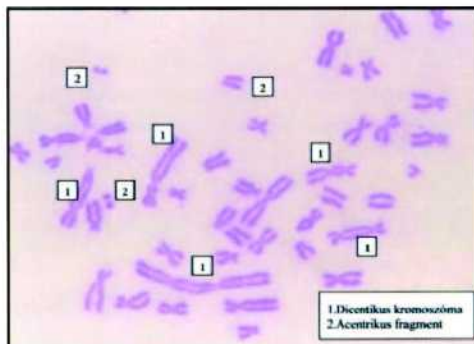
Az egészségügyi vizsgálatok között részünkről egy olyan elterjedt biomarkert alkalmaztunk, ami a szervezet testi sejtjeinek genetikai állományát érinti. A testi sejtek genetikai anyagának változása a karcinogenezis egyik kiinduló pontja lehet, ezért a genotoxikus hatás, vagyis az expozíciót követő felmérés mindenképpen a betegség kialakulásának megelőzését szolgálja.

A vörösiszap katasztrófa esetleges genotoxikus hatásaként az expozíciót kö-

vető 1-1,5 hónapon belül a perifériás vér limfociták kromoszómaiban törések, átrendeződések, számbeli eltérések emelkedése valószínűsítheti a katasztrófa szignifikáns hatását. E módszer alkalmazására azért esett a választásunk, mert a vizsgálat objektumaként szolgáló fehérvérsejt-fajta, a limfociták, kis invazitással, egyszerű vérvétellel könnyen hozzáférhetők és helyettesítő szövetként (surrogate tissue) a szervezet egyéb sejtjeiben kialakult DNS változásokat (mutációkat) is jól tükrözik. Néhány köbcenti vérből több millió sejt, azokból pedig több ezer metafázisos kromoszóma nyerhető. Az is ismert, hogy a limfociták a véráramban normális körülmények között nem osztódnak. Ha viszont *in vitro* eljárással valamilyen sejtosztódást elősegítő mitogén (rendszerint phytohemagglutinin alkaloida) jelenlétében stimuláljuk őket, úgy a nyugvó sejtek mesterségesen osztódásra serkenthetők. Tehát az osztódásra készített sejt kromoszómái azt az állapotot fogják tükrözni, ami a genotoxikus anyaggal történt találkozás pillanatában közvetlenül érte őket, továbbá az egyéb endogén hatásokra, és/vagy az egyén genetikai sajátosságainak következtében (pl. a károsodások gyors vagy lassú eliminálását követően) alakultak ki. Előny az is, hogy a limfociták hosszú életidejű sejtek. Néhány fajtájuk az esetleges expozíciót átlagosan 3-5, de akár 20 évig is „tárolhatja”, ami lehetővé teszi, hogy a károsodások kinetikáját, időbeni „lecsengését” is vizsgálni tudjuk. A spontán kromoszóma aberráció (CA) a genotoxikus és/vagy karcinogén hatás korai biomarkere. A limfociták emelkedett CA-ja a genom instabilitás korai fázisát jelöli, továbbá szoros kapcsolat áll fenn a CA gyakoriság és a rák későbbi kialakulása között. A genom instabilitás pedig predisponáló tényező a daganat kialakulásában.



1. ábra: Kromatid típusú aberrációk



2. ábra: Kromoszóma típusú aberrációk

A testi sejtek kromoszóma aberrációinak értelmezése

A kromoszóma törések létrejöttéhez mindenképpen a DNS molekula mindkét szálának törése szükséges. A mikroszkóp alatt ezek a törések kromoszóma aberrációként detektálhatók. Amíg az ionizáló sugárzások zömmel azonnal egy- és kétszálú DNS töréseket hoznak létre, addig a kémiai mutagének általában a bázisokat károsítják, majd ezek alakulnak át enzimatis folyamatok során előbb egy-, majd kétszálú törésekké. Tehát a sejt más mechanizmus révén jut „aberrált” állapotba az egyik vagy a másik mutagén hatására, amit még tovább bonyolíthat, hogy a kémiai mutagének anyagcsere termékei is több áttétlen keresztül hathatnak és dominóelv szerint egy mutáció kaszkádot hoznak létre. Ha a károsodások száma emelkedett, a genotoxikus hatás megerősítést nyert. Ez azt is jelenti, hogy a szervezet javító mechanizmusai még nem eléggé aktívak a hibák kijavítására, de pl. antioxidánsok hatására ez a folyamat reverzibilissé tehető, és ekkor már el is érjük célunkat a megelőzéssel, a kockázat csökkentésével.

Ugyanakkor a különleges mechanizmusok sokasága miatt, a nem kimutatható kro-

moszóma mutációk esetén is bekövetkezhetett expozíció. Ilyenkor viszont más tesztek (DNS addukt mérés, repair szintézis mérés, génmutációk, enzim polimorfizmusok kimutatása), vagy az ún. biomarker panel alkalmazása dönthetik el az expozíció tényét. Mondhatnánk, hogy a kromoszóma analízis egy előszűrő modell, ahol a kromoszóma aberrációk megjelenése számos génmutációt takar. *In vivo* körülmények között a kromoszóma törések a sejt pusztulásához vezetnek, de a háttérben a mutációk halmozódását is jelezhetik.

Ha a kromoszóma egyik karjára (kromatidjára) lokalizálódik a károsodás, akkor kromatid-típusú (1. ábra), ha pedig mindkét karra, akkor kromoszóma-típusú aberrációkról beszélünk (2. ábra). Az előbbieket főleg kémiai mutagének hatására jönnek létre, az utóbbiakat többnyire az ionizáló sugárzások indukálják. A kromoszóma típusú elváltozások monitorozásakor komplikáltabb a két vagy több kromoszóma közötti, kicserélődési mechanizmussal keletkezett di-és policentrikus kromoszóma, valamint a ring (gyűrű) alakzat, amelyek főleg az ionizáló sugárhatás termékei. Tehát nem ismert expozíciók hatásának elemzésekor az exponáló tényező fizikai vagy kémiai eredetét is jó eséllyel becsülhetjük.

Vizsgálati szempontok		Vizsgált személyek N %)		Kor (év) Átlag±SD
Nem	Férfi	27	51,9	45,1±15,5
	Nő	25	48,1	48,9±12,9
	Összesen	52	100	46,9±14,3
Dohányzás	Igen	15	28,8	37,7±10,4
	Nem	37	71,2	50,7±10,4
Lúgsérülés	Igen	17	32,7	46,5±17,4
	Nem	35	67,3	47,2±12,8
Életkor (év)	<35	14	26,9	30,2±4,0
	35-50	14	26,9	41,6±4,5
	>50	24	46,2	59,8±8,5
Mentesítésben eltöltött idő (h)	0	13	25,0	50,2±15,8
	9-84	18	34,6	46,8±14,5
	>84	21	40,4	45,0±13,4

I. táblázat: A vörösiszap expozíciónak kitett személyek demográfiai adatai

Anyag és módszer

Vizsgált személyek

A vizsgált személyek anamnézisének felvétele, és az expozíció körülményeinek leírása és a vérvétel az ÁNTSZ Közép-Dunántúli Regionális Intézet és a helyi családorvosi szolgálat munkatársainak közreműködésével történt. Az 52 személy főbb demográfiai adatait az I. táblázatban foglaltuk össze. A táblázat adataiból kitűnik, hogy a nemi és a kor megoszlási csoportok a szignifikancia vizsgálatokhoz nagyjából megfelelő esetszámokkal reprezentálhatók. A 35 év feletti lakosok a kohorsz 2/3-át tették ki. A mentesítésben (a takarításban) eltöltött időtartamot 0 és 6 teljes nap, valamint az afeletti időtartamban határoztuk meg, a sérültek között pedig ha a testfelület >6 % -ára kiterjedő lúgmarás volt, akkor azt a sérültek csoportjában vizsgáltuk. A dohányzók száma kevesebb, mint az összes vizsgált személy 1/3-a volt.

Az exponáltakkal szemben a kontrollcsoport vizsgálata az érintettekkel egy időben, de nem több, mint fél éven belül történt. Ezt a csoportot nem exponált egészségügyi dolgozók alkották, akik mint új belépők az Országos Onkológiai Intézet kötelező munkaegészségügyi szűrővizsgálatain vettek részt. A kontrollok nemre, korra és dohányzási szokások tekintetében kerültek illesztésre. A résztvevők beleegyező aláírásukkal igazolták, hogy a vizsgálatokban részt kívánnak venni.

A sejtek tenyésztésének és preparálásának körülményei

Az expozíciós körülményekhez különböző módon kapcsolódó férfiak és nők könyökhajlatból 10 ml vénás vérmintát kaptunk litium-heparinos alvadást gátló vakuténerekben, amelyeket a levétel után 4°C-on tárolva szállítottak. A vérmintákat 12 órán belül feldolgoztuk. A limfocita tenyésztések RPMI-1640 (Gibco), 15 % főtális borjúszérummal és 0.2 ml Phytohemagglutinin-M-mel

Csoportok Vizsgált személyek száma (N)	Életkor Átlag±SD	Kromoszóma aberrációk (n; % ± SE)													
		Aneuploid		Gap		Kromatid törés		Kromoszóma törés		Dicentrikus + Ring		Aberráns sejt		Összes aberráció	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Vörösiszap exponáltak (52)	46,9±14,3	33	0,63 ±0,10	96,5	1,86 ±0,23	71,5	1,38 ±0,19	14	0,27 ±0,09	4	0,08 ±0,03	81,5	1,57 ±0,20	89,5	1,72 ±0,22
Kontroll (52)	46,8±13,7	105	2,02 ±0,21	102	1,96 ±0,22	51	0,98 ±0,19	15	0,29 ±0,10	3	0,06 ±0,03	66	1,27 ±0,20	69	1,33 ±0,21
Szignifikancia (p)		S p<0,0010		NS		NS		NS		NS		NS		NS	

*S - szignifikáns *NS - nem szignifikáns (p≥0,05)

II. táblázat: A vörösiszap expozíció citogenetikai hatásának eset-kontroll vizsgálata (Numerikus és strukturális kromoszóma aberrációk)

(Gibco) komplettált tápfolyadékban történtek az első osztódások megjelenéséig, vagyis 48-50 óráig. A metafázisok blokkolása 0.1 ml kolcemiddel (Gibco) történt. A sejteket ezt követően 0.075 Molos KCl oldatban hypotonizáltuk 15'-ig, majd metanol-ecet-sav 3:1 arányú keverékében többszörös fixálást végeztünk.

A folyamatos centrifugálás után a sejteket reszuszpendáltuk, majd 4-5 fixálást követően a metafázisokat hideg vizes tárgylemezen terítettük. Ezt követően konvencionális Giemsa festést alkalmaztunk, majd száradás után a lemezeket euparallal és fedőlemezzel fedtük.

A kromoszóma aberrációk vizsgálata

Személyenként összesen 100 X 46, vagy szükség szerint 200 X 46 kromoszóma számolása történt meg fénymikroszkóposan, 2000x-es nagyítás mellett. Az értékelés alapján százalékos megoszlásban a következő kromoszóma aberrációkat különítettük el:

1./ számbeli eltérések, aneuploidiák: 46 ±2 kromoszóma/sejt

2./ strukturális, szerkezeti eltérések:

a./ szubkromatid típusú törések (gapek) és kromatid-típusú törések (deléciók), valamint kromatid átrendeződések (exchangek),

b./ kromoszóma típusú törések és átrendeződések (páros fragment, dicentrikus, ring, transzlokáció).

A transzlokációk a kromoszóma-típusú, az exchange pedig a kromatid-típusú törések között került összegezésre az összes aberráció megjelenítésében.

Statisztika

Az adatok statisztikai feldolgozása Student-féle t-próbával, χ^2 -tesztel, valamint regresszió-analízissel történt, a kontrollal szembeni 95 %-os konfidencia intervallum figyelembe vételével. Az adatok elemzéséhez „GraphPad Software, InStat guide to choosing and interpreting statistical tests, 1998, GraphPad Software, Inc., San Diego California USA” programcsomagot használtuk.

Eredmények és megbeszélés

A II. táblázatban az összes exponáltra vonatkozóan végeztünk eset-kontroll összehasonlítást. A számbeli aneuploidiák a

Csoportok (N)	Vörösizap exponált			Szignifikancia	Illesztett kontroll			Szignifikancia Exponált vs Kontroll I.	
	Vizsgált sejtek száma	Aberráns sejtek			Vizsgált sejtek száma	Aberráns sejtek			Szignifikancia
		n	%±SE*			n	%±SE		
Összes exponált (52)	5 200	81,5	1,57 ±0,20		5 200	66	1,27 ±0,20	NS	
Dohányzók (15)	1 500	23	1,53 ±0,36	*NS	1 500	25	1,67 ±0,48	NS	
Nemdohányzók (37)	3 700	58,5	1,58 ±0,24		3 700	41	1,11 ±0,19		
<35 év (14)	1 400	20	1,43 ±0,42	NS	1 400	17,5	1,25 ±0,36	NS	
35-50 év (14)	1 400	24	1,71 ±0,42		1 400	17,5	1,25 ±0,51	NS	
>50 év (24)	2 400	37,5	1,56 ±0,27		2 400	31	1,29 ±0,24	NS	

% ±SE* -100 sejtben a kromoszóma aberrációk aránya, NS - nem szignifikáns

III. táblázat: A vörösizap expozíció hatásának összehasonlító vizsgálata a dohányzási szokások és a korcsoportok tekintetében, illesztett kontrollokkal szemben (Aberráns sejtek)

Csoportok (N)		Vizsgált sejtek száma	Aberráns sejtek		Szignifikancia
			n	%±SE	
Lúgsérültek	Igen (17)	1 700	18,5	1,09 ±0,28	NS p≥0,05
	Nem (35)	3 500	63	1,80 ±0,25	
Mentesítés időtartama 0 ^h (13)		1 300	13	1,00 ±0,32	NS p≥0,05
9-84 ^h (18)		1 800	31	1,72 ±0,33	
120-336 ^h (21)		2 100	37,5	1,79 ±0,34	

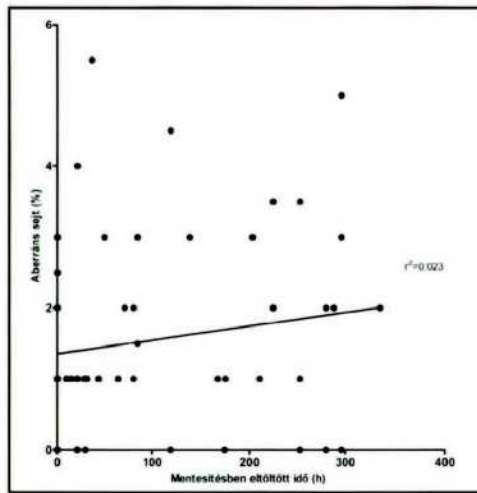
IV. táblázat: A vörösizap expozíció citogenetikai hatásának vizsgálata a marólúg sérülés és a mentesítésben eltöltött idő függvényében

kontrollban magasabbak voltak, a strukturális eltérések között viszont nem volt szignifikáns különbség ($p \geq 0,05$).

Az illesztési szempontok az exponáltakkal szemben teljes mértékben megegyeztek, ezeket az értékeket a 3. táblázatban tüntettük fel. A dohányzás és a kormegoszlás tekintetében a dohányzók és nemdohányzók, továbbá a különböző korcsoportok aberrációi nem befolyásolták a vizsgált paramétereket, sem egy adott csoporton be-

lül, sem pedig a kontrollokkal szemben. Ez igen kedvező adat, ugyanis más humán populációkban a dohányzás mutagén hatása általában kimutatható, sőt az idősebb kor általában magasabb aberráns sejt aránnyal párosulhat [1, 6, 17].

A lúgmarás okozta sérüléseknek 17 áldozata volt, akiknek testfelülete 6-70 %-ban szenvedett vegyi égést. Bár az aberrációt hordozó sejtek átlaga a sérültek között meglepően alacsonyabb volt, mint a nem sérülteknél,



3 ábra: Az aberráns sejtek gyakorisága és a mentesítésben eltöltött idő közötti korreláció

ez a különbség azonban nem volt szignifikáns (IV. táblázat).

A szakirodalom nagyon körültekintő áttanulmányozása során sem a lúg okozta bőszerűlések genotoxikus következményeire, sem pedig egyéb égésekből származó genetikai sérülésekre nem találtunk adatot. Minthogy kizárólag saját adatainkra tudunk csak hivatkozni, megállapíthatjuk, hogy a lúgmarásnak – szerencsére – nem volt kedvezőtlen genotoxikus hatása. Igaz, hogy humán megfigyelések valószínűleg csak limitált számban fordulhattak mind-ezidáig elő, kísérletesen lúgsérülést imitálni pedig számos állatvédelmi és etikai szabályt kellene áthágni, ezért még csak empirikus adatok sem léteznek a fellelhető irodalomban az alkalis expozíció géntoxicitására vonatkozóan.

Regressziós analízissel (3. ábra) a takarítással eltöltött időtartam és a kromoszóma fragilitás közötti korrelációt is vizsgáltuk. Megállapítottuk, hogy az expozíció általunk

vizsgált körülményei az időtartam függvényében sem befolyásolták a kromoszómák törékenységet.

Összefoglalásként megállapíthatjuk, hogy a vörösiszap katasztrófa civil áldozatainál a géntoxikus hatás igen nagy valószínűséggel kizárható.

IRODALOM

- [1] Bender, M. A., Preston, R. J., Leonard, R. C., et al.: Chromosomal aberrations and sister-chromatid exchange frequencies in peripheral blood lymphocytes of a large human population sample II. Extension of age range. *Mutat. Res.*, 1989, 212: 149-154.
- [2] Bonassi, S., Znaor, A., Norppa, H., Hagmar, L.: Chromosomal aberrations and risk of cancer in humans, An epidemiological perspective. *Cytogenet. Genome. Res.*, 2004, 104: 376-82.
- [3] Bonassi, S., Norppa, H., Ceppi, M., et al.: Chromosomal aberration frequency in lymphocytes predicts the risk of cancer: Results from a Pooled Cohort Study of 22,358 Subjects in 11 Countries. *Carcinogenesis*, 2008, 6: 1178-83.
- [4] Coleman, M. P., Quaresma, M., Berrino, F., et al.: CONCORD Working Group: Cancer survival in five continents: a worldwide population-based study (CONCORD) *Lancet Oncol.*, 2008, 9: 730-56.
- [5] Demográfiai évkönyvek kötetei, KSH, Budapest 1975-2010.
- [6] El-Zein, R., Abdel-Rahman, S. Z., Conforti-Froes, N., et al.: Chromosome aberrations as a predictor of clinical outcome for smoking associated lung cancer. *Cancer. Lett.*, 2000, 158: 65-71.
- [7] Ferlay, J., Autier, P., Boniol, M., et al.: Estimates of the cancer incidence and mortality in Europe in 2006. *Ann. Oncol.*, 2007, 18: 581-592.
- [8] Garcia-Sagredo, J. M.: Fifty years of cytogenetics: A parallel view of the evolution of cytogenetics and genotoxicology. *Biochim. Biophys. Acta*, 2008, 1779: 363-375.
- [9] Iarmarcovai, G., Ceppi, M., Botta, A., Orsière, T., Bonassi, S.: Micronuclei frequency in peripheral blood lymphocytes of cancer patients: A meta-analysis. *Mutat. Res.*, 2008, 659: 274-283.

- [10] *Khanna, K. K., Jackson, S. P.*: DNA double-strand breaks, signaling, repair and the cancer connection. *Nature Genet.*, 2001, 27: 247-54.
- [11] *Knudsen, L. E., Hansen, A. M.*: Biomarkers of intermediate endpoints in environmental and occupational health, *Int. J. Hy. Environ. Health*, 2007, 210: 461-470.
- [12] Korm. Rendelet 98/2001. (VI. 15.) A veszélyes hulladékkal kapcsolatos evékenységek végzésének feltételeiről.
- [13] *La Vecchia, C., Bosetti, C., Lucchini, F., et al.*: Cancer mortality in Europe, 2000-2004, and an overview of trends since 1975. *Ann. Oncol.*, 2010, 21: 1323-60.
- [14] *Ottó Sz., Kásler M.*: A rosszindulatú daganatok morbiditási és mortalitási helyzete. *MOTESZ Magazin*, 2007, 2: 14-21.
- [15] *Raimondi, S., Boffetta, P., Anttila, S., et al.*: Metabolic gene polymorphisms and lung cancer risk in non-smokers. An update of the GSEC study. *Mutat. Res.*, 2005, 592: 45-57.
- [16] *Rosner, P., Boffetta, P., Ceppi, M., et al.*: Chromosomal aberration in lymphocytes of healthy subjects and risk of cancer. *Environ. Health. Persp.*, 2005, 113: 517-20.
- [17] *Rupa, D. S., Reddy, P. P., Reddi, O. S.*: Frequencies of chromosomal aberrations in smokers exposed to pesticides in cotton fields. *Mutat. Res.*, 1989, 222: 37-41.
- [18] *Suárez, S., Sueiro, R. A., Araujo, M., Pet al.*: Increased frequency of micronuclei in peripheral blood lymphocytes of subjects infected with *Helicobacter pylori*. *Mutat. Res.*, 2007, 626: 162-70.
- [19] *Van Leeuwenen, I. M. M., Zonneveld, C.*: From exposure to effect: a comparison of modeling approaches to chemical carcinogenesis. *Mutat. Res.*, 2001, 489: 17-45.
- [20] *Weiss, J. M., Goode, E. L., Ladiges, W. C., Ulrich, C. M.*: Polymorphic variation in hOGG1 and risk of cancer: a review of the functional and epidemiologic literature. *Mol. Carcinog.*, 2005, 42: 127-141.
- [21] *Williams, G. M.*: Mechanisms of chemical carcinogenesis and application to human cancer risk assessment. *Toxicology*, 2001, 166: 3-10.

**Sarolta Gundy Ph.D.,
Gyöngyi Farkas Ph.D.,
G. Székely,
Prof. M. Kásler M.D., D.Sc.**

Cancer risk assessment by cytogenetic biomarkers of Hungarian civil residents exposed in the red mud catastrophe

Red mud is an industrial waste produced in the process of alumina (Al_2O_3) extraction from bauxite with concentrated NaOH. Environmental and health hazards may occur during these technologic procedures, and storage of the sludge, due to its caustic nature. When the reservoir burst catastrophe took place in Hungary in October 2010, the most serious health risk was thought to be caused by highly alkaline properties (pH =13) of the flood of red sludge, and inhalation of fine fugitive dust of desiccated mud when residents contacted with it. While the waste is being cleaned up the contamination may cause serious problems and anxiety regarding short-, and long-term health effects including possible genotoxic and carcinogenic hazards too. There are different phenotypic markers that integrate the impact of environmental and genetic factors in exposed populations when cancer risk assessment is recommended. To date, the strongest mechanistic and epidemiological evidence for such markers is available for chromosome aberrations (CAs) of somatic cells. Cytogenetic studies were undertaken on 52 civil residents within 4-6 weeks following the exposure to the red mud, either on those with severe burns (17 persons) or without such kind of alkaline exposure (35 persons). Spontaneous rate of CAs (1.57 % vs.1.20 %) showed no elevated rates when even age, sex, smoking habits, caustic exposure and duration of exposure ($r^2=0.023$) were compared with those of unexposed matched controls. It seems that

the red mud does not appear to pose an immediate genotoxic hazard on residents when measured with cytogenetic methods. We recommend, however, that those involved in clean-up activities should be followed closely not only for overall health-, but also for genotoxic risk assessment, since the effects of fugitive dust from dried red mud may contain residual NaOH and other

ultrafine mineral particles which may have unique biological consequences.

Key-words: red mud, cancer prevention, biomarker, chromosomal aberrations, mutagen sensitivity

Dr. Gundy Sarolta Ph.D.

1122 Budapest, Ráth Gy. u. 7-9.

BESZÁMOLÓ

**a Magyar Katonai- és Katasztrófaorvostani Társaság Közgyűléséről és
Tudományos Üléséről**

2011. május 25.

*Magyar Honvédség – Honvédkórház
1134 Budapest, Róbert Károly krt. 44.*

08.30 – 09.00 REGISZTRÁCIÓ

09.00 – 09.10 MEGNYITÓ

Prof. Dr. Orgován György ny. o.ezds., Ph.D.

TUDOMÁNYOS ÜLÉS PROGRAMJA

Üléelnök: **Dr. Göndöcs Zsigmond,**
Dr. Hoffmann Imre

09.10 – 09.35 A vörösiszap katasztrófa és tanulságai

Előadó: **Dr. Hoffmann Imre**

BM OKF főigazgatóhelyettes

09.35 – 09.50 Az egészségügyi ellátás szervezése, egészségügyi staratégia

Előadó: **Dr. Göndöcs Zsigmond**

OMSZ

09.50 - 10.05 Az ÁNTSZ OTH Gyorsreagálási Főosztályának tevékenysége

Előadó: **Dr. Faludi Gábor ny. o.ezds., Ph.D.**

ÁNTSZ

10.05 – 10.20 A devecseri Egészségügyi Vezetési Pont munkája

Előadó: **Dr. Kanizsai Judit**

Ajkai Kistérségi Népegészségügyi Intézet

10.20 – 10.50 VITA - SZÜNET

Üléelnök: **Dr. Dura Gyula Ph.D.,**
Dr. Páldy Anna Ph.D.

10.50 – 11.05 A szálló por elemzése, hatásai

Előadó: **Dr. Dura Gyula Ph.D.**

OKI mb.főigazgató

11.05 – 11.20 Lakossági Monitoring a felnőtt populáció esetében

Előadó: **Dr. Páldy Anna Ph.D.**

OKI mb. főigazgatóhelyettes

11.20 – 11.35 Lakossági Monitoring a gyermek populáció esetében

Előadó: **Dr. Rudnai Péter**

OKI

- 11.35 – 11.50 Genotoxicológiai vizsgálatok a vörösiszap sérültek körében
Előadó: Dr. Gundy Sarolta
Országos Onkológiai Intézet
- 11.50 – 12.05 A vörösiszap sérülés klinikai oldala
Előadó: Dr. Nádai Zoltán,
Dr. Juhász Zsuzsanna
Honvédkórház – Állami Egészségügyi Központ
- 12.05 – 12.30 VITA - SZÜNET
- 12.30 **A MAGYAR KATONAI- ÉS KATASZTRÓFAORVOSTANI
TÁRSASÁG TISZTÚJÍTÓ KÖZGYŰLÉSE**
- Elnöki beszámoló**
- A Felügyelő Bizottság beszámolója**

Tisztújítás

Amennyiben a Közgyűlés az eredetileg meghirdetett időpontban határozatképtelen, az Elnök az újabb Közgyűlést azonos helyszínnel, azonos napon az eredeti időpont után 15 perccel ismét összehívja.

Vörösiszap katasztrófa és tanulságai

Dr. Hoffmann Imre t. vör. vör. vör.

Magyarországon az eddig bekövetkezett legnagyobb ipari katasztrófa történt 2010. október 04-én, amikor egy magántulajdonban lévő vállalat, a Magyar Alumínium Zrt. területén, az iszaptároló X. kazettájának nyugati gátja átszakadt.

A gátszakadás következtében közel 1 millió m³ 13 ph értékű több fém - alumíniumot, nátriumot, magnéziumot, vasat, kadmiumot, krómot, higanyt, cinket, arzént, nikkelt - tartalmazó vörösiszap elöntötte Kolontár, Devecser és Somlóvásárhely települések mélyebben fekvő részeit. Emberéletben, az épített és természetes környezetben egyaránt szörnyű pusztítást hagyva maga mögött. A tömény lúg erősen maró hatása miatt a vele érintkező személyeknél a bőrön, és a nyálkahártyán különböző súlyosságú vegyi égési sérüléseket okozott.

A gátszakadáskor a nagy sebességgel lezúduló vizes iszaptömeg romboló hatása fizikai sérüléseket is eredményezett.

Elsődleges feladatok 4 fő tevékenységi körben kerültek meghatározásra:

- ÉLETMENTÉS
- Belterületek mentesítése
- Külterületek mentesítése
- Élővizek és levegő monitorozása

Előadásomban szeretném bemutatni, hogy a katasztrófavédelem milyen intézkedésekkel reagált a kialakult katasztrófa helyzetre.

A katasztrófa bekövetkezése után az Ajka Hivatásos Önkormányzati Tűzoltóság 15 fővel, 5 db tűzoltó gépjárművel vonult a helyszínre, valamint intézkedés történt a szabadnapos állomány berendelésére. A Riasztási és Segítségnyújtási Terv alapján riasztásra került a katasztrófavédelem állománya és 6 Veszélyhelyzeti Felderítő Csoport. A riasztás után elsőként a tűzoltóság erői érkeztek a kárhelyszínre és megkezdték a veszélyeztetett személyek mentését Kolontáron és Devecserben.

A helyi feladatok végrehajtásának az összehangolására vezetésemmel megalakult a Helyszíni Operatív Törzs, melynek legfontosabb feladata az életmentés koordinálása volt.

A katasztrófa kezelése során valós alkalmazási körülmények között beüzemeltük a NEO-PVIR katasztrófavédelmi információs rendszert, melynek működése pozitív tapasztalatokat eredményezett az információk és döntések eljuttatása, valamint az események és reakciók naplózása, nyomon követhetősége területén.

A kormányzat azonnal és határozottan cselekedett a kialakult helyzetben, a katasztrófavédelem és a tűzoltóság erőin kívül a rendőrség, a honvédség és mentőszolgálat állománya mentette a bajba jutott lakosokat.

A Kormány Győr-Moson-Sopron, Veszprém és Vas megye közigazgatási területére a polgári védelemről szóló 1996. évi XXXVII.

törvény alapján 2010. október 6-án 15.00 órai hatállyal veszélyhelyzetet hirdetett ki.

Az elhunyt személyek hozzátartozóinak lelki gondozását, valamint a lakosság pszihoszociális ellátását a katasztrófavédelem Krízis Intervenciók Team munkatársai végezték.

Rövid idővel a katasztrófa bekövetkezte után a BM Nemzeti Helyzetértékelő Központban az Operatív Törzs megkezdte működését. Feladata a kormányzati döntések előkészítése és a központi koordináció volt.

A bekövetkezett katasztrófa rendkívüli hazai és nemzetközi médiaérdeklődést váltott ki. Horvát, francia, spanyol, angol, japán, olasz, svéd és arab TV csatornák jelentek meg a kárhelyszínen, települtek a kárterület közelébe. A BBC és a CNN naponta több alkalommal adott információt az események aktuális alakulásáról. Az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság Sajtó és Társadalmi Kapcsolatok főosztályának helyszínen tartózkodó munkatársai megszervezték a központosított kommunikációt a média folyamatos tájékoztatását, a kárterületen történő mozgásukat.

A Kormány tagjai, a miniszterelnök úr, miniszter urak, államtitkár urak, valamint a kárelhárításban érintett országos hatáskörű szervek, szervezetek vezetői folyamatosan tájékoztatták a magyar és nemzetközi sajtó képviselőit a kialakult veszélyhelyzetről, a kárelhárításban résztvevők tevékenységéről.

Az érintett polgármesterek tevékenységének megsegítésére polgári védelmi szakértőket vezényeltünk ki 24 órás váltással, ezzel biztosítottuk, hogy szakmailag megalapozott állásfoglalások, döntési javaslatok szülessenek, hiszen olyan mennyiségű probléma halmaz zúdult a vörös iszappal

együtt a nyakukba, mellyel tapasztalt segítők nélkül lehetetlen megbirkózniuk.

A mentési- és mentesítési tevékenység támogatására már első nap a Fővárosi Központi Rendeltetésű Mentőszervezet állományából a Mozgó Vezetési Pontot, valamint a Logisztikai Csoportot a helyszínre vezényeltük.

A veszélyhelyzet-kezelés során a X. számú kazetta északi falának további rongálódása miatt, 2010. október 09-én szükségessé vált Kolontár település lakosságának kitelepítése.

Devecser lakosságának esetleges kitelepítése esetére Győr-Moson Sopron megyében befogadó helyek kerültek előkészítésre. A MÁV az esetleges kitelepítéshez Devecser és Tüskevár állomásokon összesen 5 szerelvényt folyamatosan készenlétben tartott.

Devecser településen egy ideiglenes lakossági riasztó, tájékoztató rendszert alakítottunk ki, melynek segítségével egy központból az egész település riasztását, tájékoztatását és az egyéb közlemények kiadását biztosítottuk.

A területre Veszélyhelyzet Felderítő Csoportok összevonására történt intézkedés, fő feladatuk a folyamatos mintavételezés, monitorozás és a lakosság tájékoztatása volt.

A MAL Zrt. 2010. október 12-én állami irányítás alá került, a katasztrófa helyzet kezelésére kormánybiztossá nevezték ki Dr. Bakondi György tű. altábornagy urat.

Az eseménnyel kapcsolatos tudományos eredmények és javaslatok hatékony rendszerezése céljából a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság főigazgatója kezdeményezte a Kormányzati

Koordinációs Bizottság Tudományos Tanács összehívását és a veszélyhelyzet kezelésébe történő bevonását, mely eredményesen megvalósult.

- Támogatásukkal kidolgoztuk a kárfelszámolás eljárás rendjét,
- Segítségükkel azonosítottuk a vörösiszap komponenseit,
- Iránymutatásuk alapján elláttuk a beavatkozókat, és a lakosságot védőeszközökkel,
- Közös elbíraltuk a nemzetközi és hazai szakértői felajánlásokat.
- Engedélyeztük a szakértők lezárt területre történő belépését.

A segélyszállítmányok, a hazai és külföldi felajánlások regisztrálására a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóságon egy 3 fős csoport alakult, amely folyamatosan gyűjtötte és rendszerezte a felajánlásokat.

A mentésben, a kárfelszámolásban nem csak a rendvédelmi szervek, a Magyar Honvédség, az egészségügyi és vízügyi szervek, hanem civil szervezetek, önkéntesek, de még a Fővárosi Közterület-fenntartó Zrt is részt vett polgári védelmi erőivel.

A katasztrófavédelmi szervezetek részéről a mentési és mentesítési munkálatokban naponta átlagosan 400 fő és 70 db technikai eszköz vett részt.

A mentés során a beavatkozó szakalegységek megfelelő védőruházata alapvetően biztosított volt, ennek ellenére, annak helytelen vagy nem használata sajnálatos módon tüzoltók, katonák és rendőrök sérüléséhez vezetett.

Vezetéssel a helyszíni Operatív Törzs biztosította a valós helyzetértékelésen alapuló, késedelem nélküli döntéshozatalt.

A felszíni vizek védelme érdekében több ponton mérték a folyóvizekben a pH értéket. Gipsz és ecetsav alkalmazásával csökkentették a víz lúgosságát. A Marcal folyón fenékküszöbök építésével segítették elő a nehézfémek kiülepedését. Ezzel sikerült elérni, hogy a Marcal folyón nem növekedett a nehézfém komponensek koncentrációja és a szennyeződés nem jutott el a Dunába. Az ivóvízbázisok, az ivóvízhálózat nem szennyeződött.

A vörösiszap beszáradásával növekedett a kiporzás veszélye, ezért az ÁNTSZ már október közepén megkezdte a levegő porterhelésének vizsgálatát.

A levegőből kiülepedéssel távozó, nagyobb szemcseméretű porterhelés megállapítása céljából Devecseren és Kolontáron több mérőpontot alakított ki és megkezdte egy környezet egészségügyi monitoring rendszer kiépítését a szennyezett területen. A minták begyűjtése és analitikai vizsgálata október 11-én kezdődött.

A szálló por méréseket november 12-én éjféltől – az OKF engedélye alapján Devecser, Kolontár, Somlóvásárhely, valamint Ajka és Apácatorna kijelölt pontjain folytatják.

A mérések alapján megállapítható, hogy a vörösiszap-üledék felporzásából származó belélegezhető szálló por alapvetően az egészségügyi határérték alatt volt, de több esetben elsősorban a meteorológiai viszonyoknak köszönhetően elérte a tájékoztatási küszöbértékét, valamint a riasztási küszöbértékét is.

Az élehető, egészséges környezet mielőbbi kialakítása érdekében elsődleges feladat a belterületek mentesítése volt. Ennek során a lúgos vörösiszap-víz elegy semlegesítése, felítatása gipsszel, a szennyezett anyagok összegyűjtése, lerakóba történő elszállítása,

valamint az ingatlanok, utak, kertek tisztítása, fertőtlenítése történt meg. A BM OKF által koordinált belterületi mentesítés november 4-én fejeződött be.

Ezután kezdődött a Vidékfejlesztési Minisztérium koordinálásával a külterületek mentesítése, a szennyeződött talaj, szerves hulladék összegyűjtése, talajjavító anyag kiszórása, mélytárcsázása, a parti sávok, medrek tisztítása. A külterületek mentesítését 8 elkülönített területen, ütemterv alapján jelenleg is végzik.

Az előadás nem tudja érzékeltetni azt a hősiesség helytállást, melyet a beavatkozó erők végeztek a helyszínen és azt az emberi próbatételt, mely elé került az ott élő lakosság. Emberöltök munkájának eredménye vált semmivé a profithajszolás miatt.

A beavatkozás tapasztalatai:

- a hatékony vezetés, védekezés centrális irányítása érdekében a jogi feltételek megteremtése,
- a helyszíni vezetés erősítése érdekében szükséges a Helyszíni Operatív Törzs megalakítása, a védelmi bizottságok munkacsoportjainak törzsbe integrálása,
- az együttműködés rendjét felül kell vizsgálni a más ágazatok bázisán megalakuló védekezési munkabizottságokkal,
- szükséges a jelentések rendjének összehangolása az ágazatokkal.

Szabályozási feladatok:

- veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni hatékonyabb védekezés kialakítása,
- lakosságvédelem erősítése,
- polgári védelem szerepének erősítése,

- polgári védelmi szervezetek alkalmazási képességének fejlesztése,

- katasztrófák elleni védekezés hatékonyabbá tétele,

- finanszírozási eljárásrendek, tapasztalatok koncepciókba, jogszabályokba integrálása.

Engedjék meg, hogy bemutassam, hogy az újjáépítés területén milyen feladatokat végeztünk és mit végzünk jelenleg a kárhelyszínen.

A helyszíni operatív törzs, valamint a KKB Operatív Törzs feladatait a 2010. november 3-án megalakult Újjáépítési Kormányzati Koordinációs Központ vette át. Az Újjáépítési Kormányzati Koordinációs Központ alapvetően operatív feladatok irányítására, a közép és-hosszútávú lakosságvédelmi feladatok koordinálására, a bevont erők és eszközök tevékenységének összehangolására alakult meg.

Az újjáépítés feladataira ütemterv készült, melyet a belügyminiszter úr 2010. november 2-án jóváhagyott. Az ütemterv 5 fejezetben rögzíti a végrehajtandó feladatokat:

1. A kárenyhítésben résztvevő lakosság nyilatkoztatása, az érintettek választásának kialakítása,
2. A lakossági károk enyhítése,
3. Emlékpark és emlékhely kialakítása,
4. Tájrehabilitáció,
5. IX. és X. számú tározók vizsgálata, tervezése, új befogadó tározó kiépítése.

Az Újjáépítési Kormányzati Koordinációs Központ 2010. november 03-án 08.00 órától a Működési Rendjében meghatározottak alapján működik, tevékenységét négy Munkacsoportba szervezve hajtja végre. Az Újjáépítési Kormányzati Koordinációs

Központ Műveletirányítási Munkacsoportja folyamatosan figyelemmel kíséri és elemzi a X-es zagytározó gátjának mozgását a Sol Data figyelő-jelzőrendszer segítségével.

A Jogi Munkacsoport jogi tevékenységet látott el a lakóépületekben keletkezett károk rendezése során, az egyéb vagyoni és nem vagyoni kárigényekkel kapcsolatban. Közreműködtek az intézményi, mezőgazdasági, ipari károkkal összefüggő jogi munkában, a kártérítési ügyekben és jogi tanácsadást is végeztek.

Az ÜKKK folyamatosan ellenőrzi a kolontári és a devecseri lakóparkban folyó építési munkálatokat, a szállítási útvonalak karbantartottságát, tisztítását, valamint a Marcal folyó mentesítési munkálatait.

Műszaki és kivitelezési feladataink keretében folyamatban van a 2. számú védőgát belső oldalának vízzáróvá tétele, az agyag szállítási útvonala a meliorációs feladatok figyelembevételével kerül meghatározásra. A lakóépületek helyreállítása és az új házak építése folyamatos, Kolontáron már közelít a kész állapothoz.

Folyamatban van a IX. kazetta megerősítő töltése, az északi gátfal felületének visszarészűzése. A X. gátfal szakadási felületéről letermelt anyagból, a gát közepétől a tározó belsejébe utat építenek. A tározó nyugati gátja melletti szakaszon a gát belső oldalán is útépités kezdődött. Az út építéséhez a rakodógépek kitermelik a vörös iszapot és a helyére kavicsot töltenek. A kitermelt iszapot a kazetta belsejébe szállítják.

A X. számú vörösiszap tározó kazetta bezárása, a kiszakadás helyén a fal helyreállítása és a kazetta északi falának stabilizálása, megtámasztása még előttünk álló feladat. A

kazetta helyreállítása kritikus, részben még nem ismert körülmények elé állít bennünket. A kazetta bezárásának tervezett időpontja 2011. május 31.

A MAL Zrt.-nek meg kell valósítania egy olyan vízkezelő rendszert, amely a kármentesítési munkálatok befejezése után lehetővé teszi a csurgalékvizek minden komponens tekintetében történő élő vízbe juttatását (Torna-patak, Malom árok), vagy a technológiába történő visszavezetést.

Előadásom befejezéseként engedjék meg, hogy felvillantsam azokat a feladatokat, melyeket itt és most csak szavak érzékeltetnek, de mögöttük rengeteg előkészítés, szervezés, egyeztetés és feladat végrehajtása húzódik meg:

Folyamatban lévő ügyeink:

- földhivatali eljárások, építési engedélyek,
- lakásvásárlási támogatások,
- lakópark építése,
- külterületi szennyezett anyag kitermelése és szállítása,
- mezőgazdasági külterületek rekultivációja,
- adományok kiosztása,
- ivóvíz ellenőrzése,
- csurgalék vizek ph beállítása,
- Marcal folyó mentesítése,
- monitorozás.

A kolontári és a devecseri lakópark építése a műszaki ütemtervben meghatározottak alapján halad, az új ingatlanok műszaki átadásának határideje 2011. június 30.

*Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat,
Országos Tisztifőorvosi Hivatal, Gyorsreagálási Csoport*

Az ÁNTSZ OTH Gyorsreagálási Főosztály tevékenysége a vörösiszap ár idején

**Dr. Faludi Gábor ny. o.ezds., Ph.D.,
Gramantik Péter ny. ezds.,
Csete Edit,
Dr. Paller Judit**

Az életünkre mind gyakrabban hatnak a katasztrófák. A 2010 és a 2011-es évek sem szűkölködnek természeti (vulkánkitörés, földrengések, tengerár (cunami) és az emberi tevékenységre visszavezethető (antropogén/indusztriális) csapásokban. Az emberiség számos esetben kényszerült rendkívüli veszélyhelyzetekkel megküzdeni az elmúlt időkben: (izlandi vulkáni hamufelhő okozta zavarok, vagy a fukushimai többszörös természeti – nukeláris ipari), vagy szűkebb környezetünkben a Észak-Magyarországot elöntő árvizek, és a Devecser-Kolontári vörösiszap katasztrófa. A szerzők ismertetik a katasztrófa elhárítás rendszeréhez kapcsolódó ÁNTSZ tevékenységét, elsősorban az Országos Tisztifőorvosi Hivatal koordinatív feladatait a vörösiszap katasztrófa alatt. A tragédiát közvetlenül megelőző időben került megalakításra az OTH-ban a Gyorsreagálási Főosztály, amely a veszélyhelyzetek egészségügyi kezelésének egyik szereplője lett, szorosan együttműködve a NEFMI Védelmi Irodájával és a Kormányzati Koordinációs Bizottság Operatív Törzsével (KKB OpT). Az esemény - Magyarország egyik legsúlyosabb ipari-környezeti katasztrófája – október 4.-én 12 óra 25 perckor vette kezdetét, ami-

kor az alumínium gyártás mellékterméke, a vörösiszap, kitört a X. tároló kazettából. A kizúduló 1,5 millió köbméter vörösiszap áradat 1000 ha részben lakott, részben mezőgazdasági művelés alá vett területet öntött el, súlyosan károsított 324 lakóházat Devecser és Kolontár területén, de érintettek voltak Somlóvásárhely, Somlójenő, Túskevár, Apácatorna és Kisberzsény területei is. Az erősen lúgos, maróhatású vörösiszap súlyosan károsította a Torna patak és a Marcal élővizet, hidat sodort el és vasúti pályát rongált meg. A katasztrófa tíz lakos életét követelte, és a 103 sérült került kórházi ellátásra. Az előadásban ismertetésre került a válaszadási és a rehabilitációs szakasz eseménytérképe. Az OTH Gyorsreagálási főosztálya az alábbi feladatokban vett részt:

folyamatosan követte a sérültekkel kapcsolatos betegforgalmi adatokat, szabályozta a védekezésben résztvevők és a lakosság számára optimális porvédő eszköz használatot (FFP2D porálarc)

- ellenőrizte a kitelepítésre került lakosság befogadóhelyei közegészségügyi megfelelőségét,

- irányította a területi szervek (régiók és kistérségi intézetek munkáját
- információkat gyűjtött és továbbított a vezető szervek, védelmi bizottságok részére
- nemzetközi jelentéseket készített a WHO és a EU szakintézményei felé

Az országos tisztifőorvos utasítására, a vörösiszap akut, közép és hosszú távú az emberi egészségre gyakorolt hatásainak elemzésére Kockázatbecslési Munkacsoportot hozott létre. A kárhelyen egy körülírt kör-

nyezet-egészségügyi surveillance rendszer létesült, amely ellenőrizte az ivóvizek szennyeződését (219 vizsgálat) a biztonságos fogyaszthatóság érdekében. A levegő szállópor folyamatos monitoring során eddig 160 mintából határozták meg a por mennyiségét és több esetben az összetételét. Megállapítható, hogy egészségre veszélyes nagyságrendű szennyezés nem volt kimutatható. Az ÁNTSZ új szervezeti eleme kezelni tudta a krízis helyzetet, az összegyűjtött tanulságokat a jövőben is hasznosítani lehet.

Vörösiszap-katasztrófa
A Devecseri Egészségügyi Vezetési Pont munkája
Az ÁNTSZ Ajkai Kistérségi Intézetének és az
Egészségügyi Vezetési Pont munkatársainak tevékenységéről

Dr. Kanizsai Judit

2010. október 04-én 12 óra 30 perckor megtörtént a MAL Zrt. ajkai vörösiszap tározója X. sz. kazettájának gátszakadása. A tározó az ÁNTSZ Ajkai Kistérségi Intézetének (jelenlegi elnevezés: Ajkai Kistérségi Népegészségügyi Intézet) illetékességi területén van.

15 órakor érkezett az értesítés a katasztrófavédelemtől, ezt követte a kistérségi tisztifőorvos részéről a Kolontár községi kárterületi helyszíni szemle, HVB ülésen részvétel, majd az első lakossági tájékoztató kiadása.

Az egészségügyi vonatkozású lakossági tájékoztatás különböző formákban ezt követően a napi tevékenység része lett.

Devecserben az első helyszíni szemle, majd 20 órakor a vörösiszap-károsultak átmeneti szállásának (iskola tornaterme) közegészségügyi vizsgálata az első napi teendők közt volt, ugyanígy az első MVB ülésen (22 óra, Kolontár PH) részvétel.

2010. október 05-től folyamatosan jelen voltunk a belterületi érintettségű kárterületen (Kolontár, Devecser, Somlónvásárhely) kiegészülve a regionális tisztifőorvossal, 8-10 fő KDRI munkatárssal, és az alábbi széleskörű feladatokat végeztük:

- Lakosság tájékoztatása (írásos felhívás és személyes formában) egészségvédelem; pszichés támogatás rendszeresen és szükség szerint
- Mentésben résztvevők oktatása (lehetőséges egészségi ártalmakról, különös tekintettel a lúgsérülésekre, védőeszközökről, védőeszköz-használatról)
- Egészségügyi alapellátás felügyelete (6 házi orvos működött a területen és a Devecseri Központi Házi Orvosi Ügyelet)
- 2010. október 09. 3 óra 15 perc – Devecser kitelepítésének egészségügyi előkészítése: lista készítése krónikus betegek ülve vagy fekvve szállíthatóságáról, ugyanígy oxigénterápiára szorulókról, dializáltakról, mozgáskorlátozottakról, szociális bentlakásos intézmény lakóiról, várandósokról. (A kitelepítési készülség 5 napig fennállt, végül Devecser lakossága maradhatott.) - 11 óra – Kolontár kitelepítettjeinek ajkai átmeneti szállásán közegészségügyi felügyelet. Ez a tevékenység a visszatelepítésig, október 15-ig folyamatos volt. Az éjszakai szállást az Ajka Városi Sportcsarnokban csak 15-30 fő vette igénybe, de ügyintézésre, étkezésre csaknem az egész falu megjelent a kitelepítés 7 napja alatt. (6-700 fő)

• 2010. október 13. - Devecseri Iskola ki-telepítése Somlószlószőlőre – higiénés előkészítés (iskolaépületek, tálalókonyha-étkező vizsgálata, vízvizsgálat elrendelése). A cél a tanulók vörösiszap/szállópor expozícióból kiemelése volt. A visszaköltözés 2011. XI.09-én volt felügyeletünkkel (felső tagozat), ezt követte az alsósok visszaérkezése 2 hét különbséggel.

• 2010. október 13-án volt az Egészségügyi Vezetési Pont (EVP) megalakulása is a katasztrófavédelmi kormánybiztos egészségügyi megbízottja, Dr. Göndöcs Zsigmond irányításával (előzmény: 245/2010.(X.6.) Korm. r. a veszélyhelyzet kihirdetéséről...)

• Telephely: Devecser Központi Ügyelet

• Vezető: Dr. Kanizsai Judit kistérségi tisztifőorvos

• Tagok: KDRI területéről felelős tisztifőorvos vagy tisztiorvos + közegészségügyi-járványügyi felügyelő + OMSZ mentésirányító + adminisztrátor

EVP Mobil Csoport tagjai:

• 2 fő háziorvos- és foglalkozás-egészségügyi szakorvos + 2 ápoló X.25-ig; egy fő szakorvos + ápoló XI.19-ig

• 6-8 / 3-4 fő felügyelő/egészségnevelő, védőnő, vezető ápoló, gépkocsivezető XII.01-ig

• Létszámát (beosztását), működését, jelentési rendjét az országos tisztifőorvos utasítására a regionális tisztifőorvos határozta meg. (2010.12.20-tól az EVP készenléti üzemmódban működik, a kormányrendelettel deklarált veszélyhelyzet fennállásáig /utolsó utasítás: 1/2011. megyei tisztifőorvosi utasítás. 2011.01.17. Dr. Müller Cecília/

EVP feladatai

A területi egészségügyi munka szervezése, koordinálása létrejöttétől keretein belül folyt (68 nap folyamatos jelenlét)

• Mobil csoport napi felkészítése, irányítása, védőeszközzel ellátása 8 órás orvosi (kolontári háziorvosi rendelőben, devecseri központi ügyeletben és a kárterületen); egészségvédelmi, pszichés támogató, közvetítő, tájékoztató feladataikhoz (szórólapok)

• Kapcsolattartás: OTH Gyorsreagálási Főosztállyal; a kormánybiztos egészségügyi megbízottjával; Veszprém bázisponton működő Operatív Vezetési Csoport (OVCS) tagjaival; háziorvosokkal; katasztrófavédelem helyi parancsnokával; polgármesterekkel

• Egészségügyi adományok (gyógyszer, kötszer, eszköz) vizsgálata (törzskönyvi bejegyzés, lejárta), nyilvántartása, kiadása

• Lakossági Tájékoztatók kihelyezése naponta 22 helyre a kárterületen

• Gyermekeknek 3000 db speciális szájmasc, 500 db védőszemüveg

(EKI készletéből) kijuttatása, hozzá Szülői Tájékoztató szerkesztése

• Kórházból hazaengedettek felkutatása, segítése

• Napi jelentés: – Országos tisztifőorvos, - OTH Gyorsreagálási Főosztály és KDRI OVCS számára

- MVB elnöke számára

- Katasztrófavédelem Operatív Törzs parancsnoka /később ÚKKK tábornok/ számára

• Összefoglaló jelentés - KDRI regionális tisztifőorvos; kormánybiztos egészségügyi megbízottja; HVB számára

Rendkívüli feladatok

• Lakossági fórumok – részvétel, ezen túlmenően speciális Egészségügyi Fórumok szervezésében, tájékoztatásban részvétel; dokumentálás

– koordinátor: **Dr. Göndöcs Zsigmond** és **Dr. Faludi Gábor** –

– nemzetközi szaktekintélyek részvétele-

1. 2010. október 25. **Dr. Zacher Gábor** toxikológus

2. 2010. november 12. **Dr. Czeizel Endre** genetikus

3. 2010. november 19. **Dr. Dura Gyula** Országos Környezet-egészségügyi Intézet, főigazgató,

Dr. Páldy Anna főigazgató helyettes,
Dr. Rudnai Péter főosztályvezető

4. 2011. február 24. **Dr. Dura Gyula** főigazgató

• Laboratóriumi vizsgálatok szervezése – lakás belsőtéri szállópor vizsgálatokhoz családok felkutatása; fémterhelés irányába történő tájékozódó (KDRI), és monitoring (OKI) gyermek vizeletvizsgálatokhoz havonta 20 fő szervezése, minták begyűjtése, laboratóriumba juttatása genotoxikológiai vizsgálatokhoz exponáltak kiválasztása / lúgsérültek; vörösiszappal előtött házban élők, vagy visszaköltözők; takarításban és mentesítésben résztvevők; illetve ezek kombinációi/, - az 52 fő résztvevőtől egyedi rákkockázati anamnézis és vörösiszap expozíciós anamnézis felvétele, - expozíciós táblázat készítése expozíciós óraszám és védőeszköz-használat, tisztálkodási részletek feltüntetésével, vérminták és dokumentáció rendszeres eljuttatása az Országos Onkológiai Intézetbe. (Az OOI főorvosa, Dr. Gundy Sarolta értékelő tanulmányát elkészítette.)

• Morbiditási vizsgálatok – OKI tervezése és útmutatása alapján a szervezés már 2010. október közepén megkezdődött.

1. Gyermekek krónikus légúti tüneteinek felmérése / OGYELEF (930 adatlap és szülői tájékoztató kijuttatása kilenc település 2.,3.,4.osztályos tanulóinak szülei számára); a cél az alapállapot felmérése volt, a kérdések egy évre visszamenőleg szóltak.

2. Házi orvosok heti adatgyűjtésének felügyelete, segítése; a cél meghatározott betegcsoportok folyamatos monitorozása a vörösiszap-katasztrófa rövid-, közép- és hosszútávú egészségi hatásainak vizsgálatára.

Résztvevő házi orvosok a 7 érintett település (belterületen is: Kolontár, Devecser, Somlóvásárhely, csak külterületen: Somlójenő, Tüskevár, Kisberzseny, Apácatorna) házi orvosai, valamint kontrollként 12 ajkai felnőtt házi orvos és 6 ajkai házi gyermekorvos.

A feldolgozás havi rendszerességgel történik.

• Kormányzati Egészségügyi Szűrőközpont létrehozásában részvétel, 2010. december 14-i ünnepélyes megnyitó megszervezése. (Megnyitotta Dr. Réthelyi Miklós nemzeti erőforrás miniszter)

• Lakásfelmérést végeztünk egészségi kockázat megállapíthatóságára az ÚKKK felkérésére, olyan lebontandó, illetve kisebb számban műszakilag helyreállítható házakban/lakásokban, amelyeket előtött a vörösiszap, de bontásig bent laknak. A felmérést 2011. januárjában az OKI 4 oldalas kérdőívei segítségével ajkai felügyelők végezték. A 69 kérdőív feldolgozása a szakvélemény elkészítéséhez az OKI-ban történt meg.

• FSME junior és felnőtt (kullancsencephalitis elleni) oltóanyag adomány átvétele, tárolása; 2011. február és márciusban 25 oltóhelyen a védőoltások megszervezése;

1. és 2. sorozathoz oltóanyag kiosztása; védőoltásokról szóló jelentések összesítése (2554 oltás első és második részletként megtörtént, szeptember hónapban a 3. részlet esedékes)

A Kormányzati Egészségügyi Szűrőközpont szolgáltatásai (pulmonológia, gyermekgyógyászat-pulmonológia, nőgyógyászat, sebészet, szemészet, fül-, orrgégyógyászat, laboratórium; tüdőszűrés) a 7 vörösiszap károsította település lakosai

számára hozzáférhetők. Felügyelete folyamatos.

Az egészségügyi ellátásban változás a devecseri II. sz. háziiorvosi körzet rendelőjének költözése, működtetője működési engedélyt kapott ideiglenes telephelyre, mivel a rendelő épülete is bontásra vár. Az új rendelő a lakóparkban fog megépülni.

A vörösiszap-katasztrófával kapcsolatos munka nagy szakmai kihívást jelentett, nagyfokú szervezettséget, fegyelmet, pontosságot, kitartást, együttműködőkészséget, ugyanakkor találékonyságot és rugalmasságot követelt.

Az előadást 30 saját készítésű fénykép illusztrálja.

Szerzőink figyelmébe!

Az utóbbi években Szerzőink, különböző szerkesztési elvek szerint összeállított formában küldik be közleményeiket.

Ezen belül külön problémát jelent a nem megfelelő minőségű, számítógépen elkészített ábrák és szövegek nem reprodukálható feldolgozása. Az egységes kivitelezés érdekében kérjük a közlemény összeállításakor az alábbiak figyelembe vételét:

- **Munkahely megnevezése,**
- **A dolgozat címe,**
- **Szerző(k) neve** (katonai és tudományos fokozat megjelölésével),
- **Kulcsszavak** (a közlemény lényeges fogalmait, új megállapításait tükrözze),
- **Összefoglalás** (a dolgozat érdemi részének összefoglalása – magyar és angol nyelven),
- **Közlemény,**
- **Irodalom** (számozott, külön sorokban történő felsorolás, szerző(k) ABC sorrendben a folyóirat kötetszám, oldalszám feltüntetésével, illetve könyv idézésekor – évszám és a kiadó megnevezését is kérjük).

ANYAG LEADÁSA

Formátum: DOC, XLS

- A szöveg korrektúrázott legyen
- Csak fekete szöveget tartalmazzon
- Szövegnél aláhúzást ne alkalmazzanak (helyette: dőlt, félkövér stb.)
- A képeket csak tájékoztató jelleggel helyezték be, mert nem másolhatók
(szín, minőségromlást von maga után)
- A táblázatoknál kérjük vegyék figyelembe
 - a hasáb szélessége 62 mm
 - az oldal szélessége 130 mm
 - az oldal magassága 205 mm

Formátum: JPG, TIF, EPS

- A képek ne legyenek 300 dpi felbontásnál kisebb méretűek
- Ha ábrát tartalmaz a **szöveget javítani** nem tudjuk
- A színes képek CMYK vagy RGB színrendszerben legyenek
- A képek méreténél vegyék figyelembe (nagyítás minőségromlást von maga után)
 - a hasáb szélessége 62 mm
 - az oldal szélessége 130 mm

Egyéb tudnivalók minden formátumnál:

A fájlnevek ne tartalmazzanak ékezetet, max. 12 karakteresek legyenek és utaljanak az anyag címére. A vonalak vastagsága min. 0,25 pt legyen.

A dolgozat végén kérjük feltüntetni az első szerző postai címét a különnyomat küldés megkönnyítése céljából.

E szerkesztési elvek betartása mind az átfutási időt, mind a szerkesztési munkát meggyorsítja lapunk számára.

