

VI. Évfolyam 4. szám - 2011. december

Kozma Zsolt - Huszár András

[zsoltkozma67@gmail.com](mailto:zsoltkozma67@gmail.com), [andras.huszar@aok.pte.hu](mailto:andras.huszar@aok.pte.hu)

## A KATONAI BIOGENETIKA: A BIOTECHNOLÓGIA ÉS A MOLEKULÁRIS GENETIKA EREDMÉNYEINEK KATONAI ALKALMAZÁSAI

### *Absztrakt*

*A publikáció célja a biológiai és orvostudomány hadtudományhoz való interdiszciplináris kapcsolatát elemezve felvázolni olyan katonai alkalmazásokat, ahol a biotechnológia és a genetika (továbbiakban: biogenetika) eredményeit a hadiipar már használja, vagy ahol a belátható jövőben e tudás felhasználása bizonyosan bekövetkezik. Foglalkozunk a biogenetika prediktív szerepével a hadseregben, a genetikailag módosított anyagpusztító mikroorganizmusok lehetséges szerepével a katasztrófavédelemben, és a hadiipari elektronikai logisztika biogenetikai összefüggésével. Rámutatunk a kérdéskört szabályozó nemzetközi egyezmények kettős célú értelmezhetőségére, azaz vizsgáljuk, elfogadható-e jogilag a katonai biogenetika ún. (ön)védelmi célra történő alkalmazása. Nyomatékosítjuk, hogy a katonai biogenetikai tudás a jövő eredményes hadviselésének egyik fontos záloga lehet.*

*The aim of this publication is to analyse the interdisciplinarity of the biological and medical sciences to the military ones, and outline those military applications, where the results of the biotechnology and the molecular genetics (called: biogenetics) have already been used or certainly those will have been used by military forces in the reasonable future. We investigate the predictive role of biogenetics on the military field, and the role of genetically modified anti-material microorganisms in the catastrophe protection, followed by a short summary about biogenetical context of military industrial electronic-logistics. We signal it, that the human dedicated right of dispose of genetic personal information as owner, may get injured in the moment of entering into the military service. We stress, that the military biogenetical knowledge will be one of the most important pawns of warfare in nearly future.*

**Kulcsszavak:** *katonai biogenetika, prediktív genetikai szűrés ~ military biogenetics, predictive genetic screening*

## A MOLEKULÁRIS GENETIKA KIALAKULÁSÁNAK ÉS FEJLŐDÉSÉNEK MÉRFOLDKÖVEI

A címben jelzett témakör kifejtése nem nélkülözheti a humán genetikai felfedezések rövid áttekintését, tisztelgetve sok XX. századi Nobel díjas tudós munkássága előtt.

„Az emberiség egy nagyszerű ajándékot kapott...Az emberi genomot, melyet az élet könyvének hívtak eddig, inkább kell az élet könyvtárának hívni, melyben kellő alázattal és kreativitással végzett felfedezésekkel találhatjuk meg azon könyveket, melyek segítenek bennünket Önnön magunk maghatározásában, és megtalálni pontos helyünket az Élet színes vásznán”. Ezek a felvezető szerkesztői gondolatai a Science tudományos folyóirat azon számának [1], mely az emberiség eddigi talán legnagyobb vállalkozásának, a Human Genom Projectnek (Emberi Genom Terv, HGP) sikeres befejezését közölte. Az emberi örökítőanyag négy különböző, úgy nevezett nukleotid bázisból (adenin, guanin, citozin, timin) egymásután, általában szabálytalanul, egyes helyeken szabályosan váltakozva felépülő sorrendiségét, a genom szekvenciáját sikerült feltérképezni, több mint 3,5 milliárd bázispár meghatározásával. Milyen prerrequisitumok kellettek a biológiai tudomány, és az emberiség története e csúcspontjának eléréséhez.

1859-ben Charles Darwin publikálta *A fajok eredete* [2], majd 1865-ben Gregor Mendel a *Növényhibridizációs kísérletek* című munkáját [3]. Mendel saját megfigyeléseinek fontosságát, melyek bizonyították: a jellegek öröklődéséért nem véletlenszerűen összeolvadó, hanem törvényszerűen viselkedő és diszkrét jellegű örökítő faktorok a felelősek, csak 1900-ban de Vries, H., Correns, C.E. és von Tschermak, E. fedezték ismét fel [4-6]. Sutton, W. S. a testisejtekben és az ivarsejtekben jelen levő többszörös kromoszómákként (a sejtmagok megfestésekor tapasztalt színes testecskékként) azonosította ezeket a részecskéket 1902-ben [7]. A genetika kifejezést egy brit biológus, Bateson, W. írta le először 1905-ben [8]. A genetika számítások alaptörvényét, a Hardy-Weinberg törvényt 1908-ban megalkotják [9,10]. 1910-ben a gének közvetlen kromoszómakötődését Morgan, T.H. igazolja [11]. 1913-ban Sturtevant, A. elkészíti az első kromoszómaterképet [12]. 1927-től H.J. Müller leírása után a génekben végbement fizikai változásokat mutációnak nevezzük [13]. 1928-ban Griffith F. felfedez egy molekulát, mely képes átjutni egyik baktériumból a másikba [14]. Tatum, E.L. és Beadle, G.W. kimutatják, hogy a gének fehérjéket kódolnak (ez válik 1941-ben a genetika centrális dogmájává) [15]. Avery, O.T., McLeod, C. és McCarty, M. a DNS-t, mint önálló genetikai entitást izolálják 1944-ben [16]. 1950-ben Chargaff, E. kimutatja, hogy a négy nukleotid nem állandó arányban található meg a nukleinsavakban, de az adenin mennyisége közel áll a timin mennyiségéhez [17]. Watson, J.D. és Crick, F. közlik a DNS dupla hélix szerkezetét [18]. Tjio, J.H. és Levan, A. igazolják 1956-ban, hogy a humán kromoszómaszám 46 [19]. 1961-ben bizonyítják be, hogy a genetikai kód tripletekbe rendeződik, és elkezdődik a génszótárzás [20]. 1970-ben a *Haemophilus influenzae* baktérium tanulmányozása közben felfedezik a restrikciós endonukleáz enzimeket, melyek segítségével lehetővé válik a DNS molekula mesterséges elvágása [21]. 1976-ban sikerült az első működő mesterséges gén előállítás [22]. 1977-ben Sanger, F., Gilbert, W. és Maxam, M. egymástól függetlenül DNS-t szekvenáltak [23,24]. 1983-ban Mullis, K. felfedez a molekuláris biológia csodafegyverét, a polimeráz láncreakciót, mely lehetővé teszi egy kitüntetett DNS szakasz mesterséges megsokszorosítását [25]. 1986-ban Monaco A. és munkatársai azonosítják a Duchenne izomdisztrófia gén szerkezetét a X. kromoszómában [26], 1989-ben Kerem és munkatársai a cisztikus fibrózis betegség génjét azonosítják a VII. kromoszómán [27]. 1995-ben a *Haemophilus influenzae* baktérium az első élőlény, melynek bázissorrendjét rögzítik [28]. 2001-ben a humán genom sorrendiség első eredményét párhuzamosan készíti el a HGP és a Celera Genomics [29,30], majd 2003. április 14-én a HGP sikeresen befejeződött.

A genomok „annotálása” zajlik jelenleg, vagyis funkciójukat megismerve egy adott emberi kromoszóma adott helyéhez kell rendelni azokat. E korszak három legfontosabb kutatási iránya: a „proteomika”; mely lehetővé teszi több ezer emberi fehérje genetikai sajátosságainak megismerését, a „funkcionális genomika”; mely bioinformációs eszközökkel (nevük microarrays, DNS chipek) a poligénes öröklődésű kórképek és többszörös mutációk elemzését végzi; és a „farmakogenetika”; a genetikai hibák felismerése után új genetikai alapú gyógyászati módszerek kidolgozása [31].

A biotechnológiai kutatásoknak a molekuláris genetikához hasonló, igen gyors fejlődése, egy új tudományág, a biogenetika alapjait teremtette meg a XXI. századra.

## **A BIOGENETIKA KATONAI ALKALMAZÁSA**

A biogenetikai technológiák rendelkezésre állnak a XXI. században ahhoz, hogy katonai alkalmazások céljára kinyerjünk információt a feltérképezett humán emberi, állati vagy növényi genomból, vagy vizsgálhassuk, különböző vegyi, környezeti ártalmaknak a genom integritására gyakorolt hatását, vagy éppen arra, hogy a genom előnyös vagy ártó jellegű mesterséges megváltoztatásával, egy mindenkor aktuális szándék mentén legyünk képesek mérnöki módon manipulálni a 2003-ban megtalált „életkönyvtár”. A katonai alkalmazásoknak, ma már, szinte csak a képzelet szabhat elméleti, és a nemzetközi egyezmények jogi határt.

### **A biogenetika katonai alkalmazásainak csoportosítása**

- Hadászati célú alkalmazások (1. táblázat):
  - Az alkalmazott haditechnika fejlesztése:
    - a védelmi képesség fokozása
    - a támadó képesség fokozása
- Személyazonosítás:
  - Katonai tömegsírok feltárása
  - Háborús áldozatok egyedi személyazonosítása, holttest vagy testrészek alapján
  - Katonai tömegkatasztrófák (pl.: repülőgép-szerencsétlenség) áldozatainak azonosítása
  - Harc a terrorizmus ellen (egyedi személyazonosítás, főbb használt módszerek: 1./ Genotipizálás: STR (short tandem repeat) vagy SNP (single nucleotide polimorfizmus) alkalmazása, 2./ Mitochondriális DNS alkalmazása sérült, vagy bomlott kis kópiaszámú biológiai minták esetén, 3./ DNS fenotipizálás: emberi tulajdonságok, hajlamok genetikai megközelítése, emberi külső jegyek genetikai elemzése)
- Katonai logisztika:
  - hamisítások elleni védelem
- Katasztrófavédelem:
  - A kármentesítés (bioremediáció) új dimenziói
- Prediktív katonai alkalmazások:
  - A katonák egyéni képességének legmagasabb szintű biztosítása:
    - biogenetikai szűrővizsgálatok
- az alkalmazni kívánt vegyi anyagok vizsgálati lehetőségei a carcinogenezis, a mutagenezis és teratogenezis szempontjából

Az alkalmazás	Jellemzés
<b>Elrejtőzés, álcázás</b>	"lopakodó" képességgel bíró biológiai anyagok, festékek, egyéb fedőanyagok alkalmazása
<b>Harcközbeni azonosítás</b>	biológiai jelzők, melyek segítenek az ellenséges szándékú katonák kiszűrésében
<b>Számítástechnika</b>	DNS alapú számítógépek speciális igények megoldására
<b>Adategyesítés</b>	kiegészítő biomolekuláris memóriák kialakítása, mesterséges intelligencia
<b>Funkcióval bíró ételek</b>	táplálkozás-kiegészítők, emésztés fokozók, energiaraktározást növelők, harctéri azonosítás képessége, felismerhetőség csökkentők, ehető oltóanyagok, gyorsan növekedő növények
<b>Egészség monitorizálás</b>	egészségi állapotjelző eszközök, gyógyítási rangsor felállításának képessége, külső érzékelőkkel való állandó kapcsolat a környezet biológiai vegyi és egyéb ártalmainak felismerésére
<b>Nagy kapacitású adattárolás</b>	roboosztus számítógép memóriák minden egyes katonának
<b>Nagy felbontású képalkotás</b>	alternatív biotechnológiai utak a félvezetőkön alapuló képalkotással szemben
<b>Kissúlyú fegyverzet</b>	a katonák és a fegyverzet védelmében öngyógyító biológiai rendszerek fejlesztése
<b>Új anyagok</b>	biológiailag hasznosítható fogyóeszközök, genetikailag módosított fehérjék, megújuló anyagok
<b>Teljesítményfokozás</b>	agyi implantátumok, számítógép beviteli és kijelző modulok alkalmazása, egyéni érzékelés növelése, ellenanyagok beépítése, génműködés ellenőrzése,
<b>Sugárzásbiztos elektronika</b>	fehérje alapú komponensek alkalmazása, biomolekuláris vegyes rendszerek alkalmazása, biomolekuláris diódák, biológiai FET-ek alkalmazása (FET: field effect transistors) teljesítménynövelő gyógyszerek
<b>Miniatürizálás</b>	sejtszintű folyamatok, molekuláris elektronika, biochipek, nanotechnológia
<b>Harctéri környezet letapogatása</b>	biochip laboratóriumok: harctéri kémiai-, biológiai és egyéb környezeti ártalmak azonnali, molekuláris szintű érzékelése és azonosítása
<b>Oltóanyag-fejlesztés</b>	Nem szokványos helyen történő hadviselés esetén, nem ismert kórokozók elleni oltóanyag gyors kifejlesztésének és gyártásának képessége,
<b>Sebgyógyulás</b>	Mesterséges bőr, és szervek előállítás, sebkezelésben a vérzéscsillapítás és a sebgyógyulás folyamatának gyorsítása

Az alkalmazás	Jellemzés
<b>Érzékelők hálózata</b>	harci eszközök és katonák által szállított távirányítható érzékelők harctéri alkalmazása
<b>Katonai gyógyszerek</b>	shock elleni szerek, genetikai alapú gyógykezelési módok, oltóanyagok hatékonyságának optimalizálása
<b>Hordozható erőforrások</b>	biológiai alapú "fényelőállítás", sejtalapú energiaforrások
<b>Célfelismerés képessége</b>	Fehérje alapú mintafelismerő eszközök, mesterséges intelligencia

**1. táblázat.** A biogenetikai eredmények lehetséges katonai alkalmazási területei az USA hadseregében 2001-2026

Forrás: Opportunities in biotechnology for future army application  
ISBN-10: 0-309-08678-7, 74. oldalon található 8-1 sz. táblázat alapján

Jelen publikációnkban a katonai elektronikai logisztika-, a bioremediáció biogenetikai aspektusait, és a prediktív katonai genetikai alkalmazások közül a lehetséges biogenetikai szűrővizsgálatok elemzésére vállalkozunk.

## A KATONAI ELEKTRONIKAI LOGISZTIKA BIOGENETIKAI DIMENZIÓI

A katonai hadászati technológiák nem nélkülözhetik bonyolult informatikai infrastruktúrák mindennapi alkalmazását. Különösen fontos hogy az ezekben elhelyezett elektronikai alkatrészek, áramkörök, félvezetők, chippek a gyártók specifikációinak megfelelő, és a felhasználók által elvárt, megbízható módon működjenek. Ez ellen hathat a termékek illegális másolása, majd kereskedelme. Ma már bizonyos, hogy egy új elektronikai termék megjelenésével szinte egyidőben jelennek meg a hamisítványok, sok esetben nagyobb hasznot hozva a „kalóz” gyártóknak, mint a termék jogtulajdonosának. A Nemzetközi Kereskedelmi Kamara (International Chamber of Commerce) 2011. februári jelentése arra figyelmeztet, hogy a hamisítás mértéke a világkereskedelem 5-7 %-ra is rúghat és 4 éven belül elérheti az 1,7 trillió dollárt, évente 2,500.000 legális munkahelyet veszélyeztetve a világon [32].

Az USA Tengerészeti Minisztériuma az USA Kereskedelmi Minisztériumával együtt – a világon eddig elvégzett legnagyobb volumenű ellenőrzés keretében, 2007-2010 között, megvizsgálta az USA védelmi minisztériumának elektronikai jellegű beszerzéseire és a termékek felhasználásra vonatkozó logisztikai útjait a hamisított elektronikai termékek használatának jellegére, mértékére vonatkozóan. A 2010. januári összefoglaló jelentés három legfőbb megállapítása volt [33]:

- Az USA hadseregének összes katonai logisztikai útja, mely elektronikai termékek beszerzésével és telepítésével, felhasználásával foglalkozik kivétel nélkül és közvetlenül érintett hamisított termékekkel.
- Az eddigiéknél szorosabb ellenőrzési utak és belső protokollok kialakítása indokolt ezek megszüntetésére.
- A termékek eredetiségjelölésére minden eddigi törekvésnél biztonságosabb megoldásokat kell keresni a gyártók, közvetítők, és eladók bevonása mellett.

Az egyedi termékjelöléseknek hosszú ideig, megbízható módon kell lehetővé tenni a termékek egyedi ujjlenyomathoz hasonlítható, hamisíthatatlan jelöléseit, mindezt úgy, hogy saját kémiai összetételük semmilyen hatással se lehessen a jelölni kívánt elektronikai alkatrész specifikus jellemzőire. Az egyediséget tovább erősítheti, hogy a termék bármely részösszetevője – függetlenül annak anyagától, szerkezetétől – jelölhető legyen, és a jelölés a kereskedelmi, logisztikai útvonal esetleges szélsőséges környezeti hatásaival szemben is

ellenálló legyen (pl.: szállítás közben előforduló jelentős hőmérséklet-, légnyomáskülönbségek, repülőtéri átvilágító szerkezetek röntgensugár-hatásai, tengerek sós párák környezeti hatásai, többszöri átrakodás mechanikai traumái).

Az eddig alkalmazott holografikus eredetjelölők, vagy egyéb, a külső csomagoláson alkalmazott jelölések önmagukban is könnyen hamisíthatók, a belső jelölések közül pedig az ásványi anyag molekulákkal történő jelölések, vagy a nanotechnológiában kifejlesztett ferrit ionos jelölések [34] felhasználása – a fenti elvárások figyelembevételével - limitált.

Ma már köztudomású is, és a joghatóságok által az egész világon elfogadott tézis, hogy a DNS alapú ujjlenyomat-technika egyedi személyazonosítást tesz lehetővé. A mai standardizált laboratóriumi technikákkal minden olyan biológiai anyag, melyben az egyén sejtmagja megtalálható (nyál, haj, vér, izzadság, vizelet, szövetszövetdarab) alkalmas ezen egyedi információ kinyerésére (a fals pozitív eredmény esélye 1:3 trillióhoz). Sejtmaggal azonban a növényvilág egyedei is rendelkeznek. Az ezekből nyert DNS szakaszok tekintettel a növényi egyedek sokszínűségére ugyancsak alkalmasak az egyedi jelölésekre, és megfelelő technológiákkal stabilitásuk extrém körülmények között is megteremthető.

Az Applied DNA Sciences (Stony Brook, N.Y., USA: hivatalos rövidítése: APDN) cég 2009-2010 között fejlesztette ki növényi DNS eredetű jelölő technológiáját, mely minden eddigi, az elektronikai alkatrészek eredetiségjelölésével kapcsolatban felállított, megkövetelt feltételnek megfelel [35] (2. táblázat).

Teszt	A kísérlet jellemzői	Eredmények
UV behatás	Denver várost 350 év alatt érő UV hatással azonos erősség	Stabil
Röntgen besugárzás	repülőterek röntgen szkennereihez mért 4 x-es sugárerősség	Stabil
$\gamma$ -sugárzás	30 kGy (kilo-gray) erősségű behatás sterilizáló készülékkel	Stabil
pH hatás	1 napos behatás különböző pH erősségű oldattal (pH 1- pH 14)	Stabil
Hőhatás	250 Celsius fokos maximum hatásig vizsgálták	Stabil

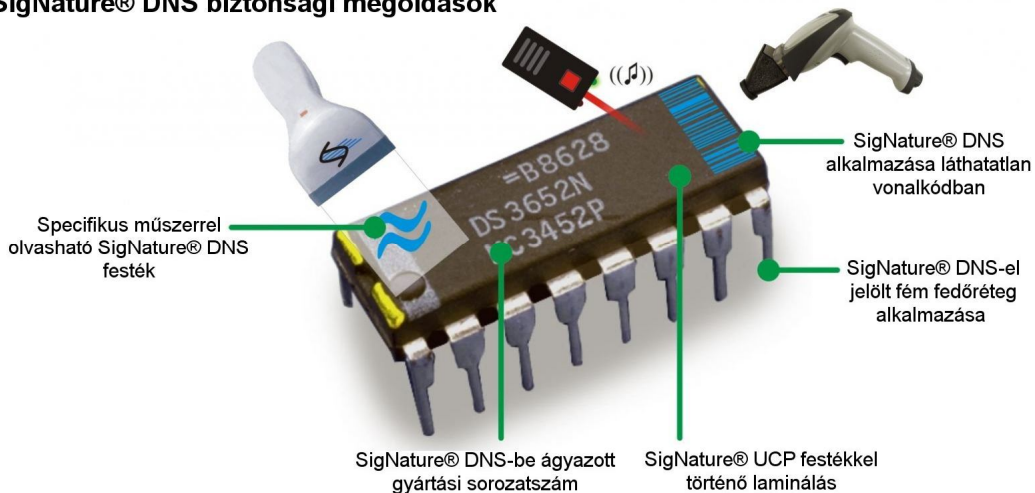
**2. táblázat.** Az APDN által alkalmazott növényi DNS alapú jelölők stabilitásvizsgálata (Applied DNA Sciences, Inc.)

Forrás:

<http://www.adnas.com/sites/default/files/files/DNA%20to%20Safeguard%20Electronics%20Against%20Counterfeiting%20June%202020%202011%281%29.pdf>, (letöltve: 2011.06.28.)

Az elhelyezett azonosító nem másolható, és biogenetikai manipulációkkal (pl.: complementer DNS szál felépítése) sem reprodukálható. A gyár legújabb szabadalma lehetővé teszi az ipari technikában mindenütt alkalmazott cián-akrilát tartalmú ragasztókba való beágyazását e növényi DNS jelölőknek, és a ragasztóból való visszanyerést is [36]. E növényi eredetű egyedi DNS szakaszok nem igénylik a gyártási folyamatok megváltoztatását, szinte bármely hordozó felületre felvihető, és jelenlétük egyszerű módon – kézi ultraibolya-sugárzást kibocsátó készülékkel – feltárható (1. ábra).

## SigNature® DNS biztonsági megoldások



1. ábra. DNS alapú jelölések lehetőségei mikrochipeken.

Forrás: <http://www.adnas.com/Blog/electronic-and-electrical-components>,  
(letöltve: 2011.06.28)

Az ily módon azonosított eszközök, alkatrészek egyedi vizsgálata a fejlesztő cég laboratóriumában lehetséges, mivel a detektálási technológiai folyamat is szabadalmi oltalom alatt áll.

Az USA Védelmi Minisztériuma javaslatára, kétéves teljeskörű megfelelőségi vizsgálatot követően a Védelmi Logisztikai Hivatal, 2011-től, 1 millió dolláros keretet nyitott meg a cég számára, melyet az USA minden kormányzati szerve elektronikai logisztikai beszerzési láncában a növényi eredetű DNS alapú (SigNature®: Applied DNA Sciences védjegye) eredetjelölés megvalósítására kell fordítani [37].

## A BIOLÓGIAI LEBONTÁS ÉS KÁRMENTESÍTÉS BIOGENETIKAI DIMENZIÓI

A hatályos nemzetközi egyezmények – különösen a Biológiai és Toxin Fegyverek Konvenciója (BTFK) [38] és a Cartagena Biobiztonsági Protokoll (CBP) [39] – egyértelműen tiltják emberek, állatok vagy növények elpusztítására alkalmas anyagok, molekulák, élőlények támadó céllal történő előállítását, tartását, kereskedését vagy ilyen célból a természetben élő biológiai élőlények módosítását. A nemzetközi egyezmények szövegének napjainkban felbukkanó szabadabb, vagy egyoldalúbb értelmezései (kettős mérce=dual purposes), azonban a XX-XXI. század egyik jelentős tudományos területévé tette a környezetünk anyagai ellen felhasználható genetikailag módosított-, vagy előállított mikroorganizmusok (baktériumok, gombák: továbbiakban mikrobák) kutatását, biogenetikai módosítását, és a hatékonyság bizonyulók gyakorlati alkalmazását.

Miben áll a dual purposes jelenség. A direkt tiltás alapján tehát nem lehetne ilyen kutatásokat végezni egyáltalán, hisz a támadó célra alkalmazhatóság elvi lehetősége igen nehezen zárható ki abból a folyamatból – különösen a teljesen befejezett tudományos projektek esetén –, amely ilyen technológiák kifejlesztésével előáll. Szólnak meggyőző érvek mellett azonban, hogy megfelelő biztonsági szintek felállítása esetén elérhető, hogy az anyagpusztító technológiákra vonatkozó, katonai célú kutatások és alkalmazások kizárólag védelmi célokat szolgáljanak, azaz felkészülést olyan esetleges támadásokra, amely ilyen támadó eszközökkel történhet olyan fél (országok, csoportok) által, ahol ezen anyagok,

támadó katonai célú fejlesztését jogszabály nem tiltja, vagy olyan országok részéről, amelyek nem aláírói a nemzetközi tiltó egyezményeknek.

A jogi szabályozás egyedi, felpuhított értelmezései azonban oda is vezethetnek, hogy ezek a folyamatok kicsúszhatnak a tudomány és a békés katonai alkalmazás berkeiből és végeredményben ezen anyagok ún. biológiai anyagpusztító fegyverek kifejlesztését szolgálhatják. Látni kell, hogy ugyanazok az új genetikai jellemzők, amelyek alkalmassá, és hatékonyá teszik a génmódosított mikroorganizmusokat a békés célú, biológiai tisztító, újrahasznosító folyamatokban való alkalmazásra, akár a katonai katasztrófavédelmi kármentesítésben, ugyanezen jellemzőik alapján válhatnak alkalmassá biológiai – közvetlenül nem halálos – fegyverként való alkalmazásra is.

Különleges katasztrófavédelmi feladat, továbbá az ezeket a genetikailag módosított élőlényeket előállító laboratóriumok, gyárak védelmi rendszerének tervezése, a biztosítás megszervezése, vagy egy katasztrófa esetén e speciális fertőzöttség felszámolásának biztosítása.

A világ szinte minden anyaga lebontható biológiai alapú folyamattal. Az épített infrastruktúra ellen ható aktív mikrobák is ismertek, erre példa a szénhidrogéneket kedvelő baktérium, amely óriási lyukakat képes emészteni az aszfaltban, hozzájárulva az útfelszínnek lebontásához [40]. Egyes mikrobák képesek elindítani a haditechnikai, vagy katasztrófavédelmi üzemanyag-ellátó rendszerek lebontását, vagy katonai repülőgépekben alkalmazott kompozit, lopakodó technológiák károsítását mediálni [41,42]. A beton szintén egy olyan anyag, amelynek károsítása, lebontása hatalmas katasztrófavédelmi problémát is jelenthet [43]. A *Thyobacillus ferrooxidans* és más mikrobák vas-réz-és cink fémionokat halmoznak fel élettani folyamataik során [44], melyek a katonai haditechnikában az elektronikai berendezések, chippek beláthatatlan következményekkel járó pusztításait eredményezhetik. Az ismert mikrobák közül számos képes viszonylag gyors és hatékony lebontásra, pl. szénhidrogének, műanyagok, néhány esetben fémek egy-két hét, vagy egy-két hónap alatti lebontására.

A lebontó mikroorganizmusokat hasznos célra is alkalmazhatja az emberiség, és a katonaság pl. szennyező anyagok lebontására, átalakítására, azaz a kármentesítésre [45]. Ezt a szakirodalom bioremediációnak (biológiai kármentesítésnek) hívja, mely folyamaton azt kell érteni, hogy bizonyos mikrobák képesek egy adott szennyező anyagot – egy összetett közegben - célzottan lebontani, olyanokat is, amelyeket más módon szinte lehetetlen.

Természetes valójukban az e célra használható mikrobák is igen lassú folyamatok során hatnak, de a biotechnológia képes olyan genetikai módosításokat létrehozni, hogy ez a funkciójuk felgyorsuljon. És itt már kézzel foghatóvá válik a „kettős mérce” veszélye. A tisztítókapacitás vagy potenciál felerősítése miatt a békés célú alkalmazások mellett megjelenik egy virtuális, eltérő alkalmazhatóság lehetősége, ezen módosított mikrobák fegyverként való alkalmazása hadászati céllal a szembenálló fél által épített vagy elfoglalt műtárgyak-, vagy egy elfoglalni kívánt terület anyagainak lebontása céljából.

A világ országainak egyező az álláspontja, hogy erősen szennyezett környezetet eredményező katasztrófa helyzetben – anyagpusztító természetű mikrobák használatával – a katonai szerepvállalásnak, akár ipari méretű folyamatok alkalmazásának is helye lehet a kellő hatékonyságú védelmi, elhárítási feladatok biztosításában. Ilyen megjelölt környezeti problémák, beleértve a sugárfertőzöttséget, szénhidrogénekkal vagy egyéb kémiai anyagokkal történő kontamináció elhárítását, lehetőséget adtak a múltban is és jelenleg is olyan kutatások végzésére, amelyek az előzőekben említett mikroorganizmusoknak a szennyezés elpusztítására való hatását, hatékonyságát vizsgálták, vagy ilyen irányú fejlesztéseket lehetővé tettek. Ilyen példaként hozható a TNT (2,4,6-trinitro-toluol) által okozott szennyezés megszüntetése fertőzött környezetben. Ilyen eset békeidőben katonai lőszergyárakat, vagy



lőszerraktárakat ért katasztrófahelyzetekben, vagy katonai gyakorlóterületeken, vagy katonai háborús helyzetben hadászati cselekményeket követően állhat elő. Ilyen TNT bekebelező mikrobák közül a tudomány már számosat izolált [46], és közülük több annyira hatékony, hogy hét nap alatt az eredeti TNT hatáserejét 50%-kal képes csökkenteni. Ez a fokú hatékonyság még a kivételek közé tartozik.

Tudományosan inkább az állítható, hogy természetben előforduló, ilyen képességekkel rendelkező mikrobák alapvetően ineffektívek biológiai kármentesítésre, azaz csak rendkívül lassan, előre nem szabályozható sebességgel és ideális környezeti körülmények esetén képesek kifejteni ilyen területen hatásukat. A biogenetika lehetősége (egyben veszélye) abban rejlik, hogy megtalálják azokat a genetikai kódokat, géneket, amelyek egy adott mikroba hatékony célmolekuláját, vagy a funkciógyorsaságát kódolják, és ezek megváltoztatásával az előbb említett célokra hatékony törzseket állítsanak elő.

Az élő organizmusok szabadalmi oltalommal való védhetőségében az Amerikai Egyesült Államok mérőföldkőnek számító alapesete egy olajbontó - genetikailag módosított - baktériumra beadott szabadalom volt (US Patent 4259444, 31.03.1980) [47]. Később a kutatások a természetben előforduló baktériumok szelekcióját, illetve a megfelelőnek talált törzsek szaporítását, nagy tömegben történő gazdaságos előállítását célozták. A legtöbb ilyen kutatás középpontjába a radioaktívan szennyezett területek megtisztításának problémája került. 1998-ban közölték a radioaktív környezetnek ellenálló baktérium, a *Deinococcus radiodurans* genomjának szerkezetét [48]. Más tudósok szén-tetraklorid és nehézfém mérgezések esetén ezen anyagok lebontásában szerepet játszó mikroorganizmusokat tenyésztettek, mások genetikailag módosított mikrobákat alkalmaztak PCB-k (poliklórozott bifenil molekulák) lebontására [49]. További kutatások pedig olyan mikroorganizmusokat is találtak, amelyek ún. inklúziós testecskéket, só, fém vagy műanyag tartalmú granulákat képesek előállítani élettani folyamataik során, amelyek az alkalmazott hadászati technika alapköveinél, az integrált áramköröknél, processzoroknál fejtik ki hatásukat, ezzel okozva közvetlen, vagy közvetett környezeti katasztrófát [50].

Az anyagpusztító természetű genetikailag módosított molekulákban rejlő gazdasági és katonai potenciál szinte beláthatatlan. Kifejleszhető a mai technológiai színvonalon olyan mikrobák amelyek minden korábbinál hatékonyabban válnak alkalmassá szénhidrogének, műanyagok, természetes vagy szintetikus gumi, a fémek és kompozit anyagok lebontására, vagy képesek lerombolni hidakat, autópályákat – legyen az betonból vagy aszfaltból – fém alkatrészeket, fedőanyagokat, gumit vagy fegyverek más alkotóelemeit, közlekedési eszközöket – beleértve repülőgépeket – és az ezeket kiszolgáló felszereléseket. Képesek tönkretenni az üzemanyag utánpótlást, magát az üzemanyagot vagy az ezt helyettesítő energiaforrásokat, vagy dugulást előidézve szűrőberendezéseket, filtereket. Mesterségesen előállított, összetett ötvözeteket, festékeket, védőrétegeket vagy akár modern műanyag alkotórészeket pusztíthatnak csendben észrevétlenül. Mindezek a kutatások elérhető közelségbe hozták nem csak a hatékony civil alkalmazásokat, hanem a kifejezett katonai alkalmazási lehetőségeket is. A katonai célú alkalmazások esetén azonban hangsúlyt kell helyezni arra, hogy ezek a kutatások védelmi célt szolgál(ja)nak és ennek minden jogi biztosítékát meg kell teremteni tekintettel arra, hogy a hatályos nemzetközi egyezmények bármilyen támadó célú alkalmazását ilyen mikroorganizmusoknak tiltják.

A kutatások még két fontos irányba mozdultak el. Az egyik a hatékony, genetikailag módosított, anyagpusztító technológiák adott alkalmazási területen történő, minél hatékonyabb szétszórását, azaz a konkrét alkalmazás megkönnyítését segítik (mikrokapszula, nanotechnika), valamint a módosított baktériumok és gombák életfunkciói megszűnésének tervezhetősége irányába. Ez utóbbi területen az áttörést a *Streptomyces avidinii* streptavidin génjének beültethetősége jelenti az élő organizmusok genomjába, mellyel az adott élőlények

gyors programozott halálát lehet előidézni, bármely olyan esetben ahol az adott mikroba nem talál saját környezetében az alapfunkciójának ellátásához szükséges molekulákat. A technológia – egy furcsa történelmi véletlen(!?) – épp azon a napon kapott szabadalmi védelmet az USA-ban, amikor az meghirdette a terrorizmus elleni harcának kezdetét, 2001. szeptember 11-én (US Patent 6287844) [51,52].

## A KATONAI PREDIKTÍV BIOGENETIKA

A „tökéletes katona mítosza” foglalkoztatja a katonai tudományos életet [53]. A biogenetikai eredmények közvetlen felhasználása a katonai szűrővizsgálatokban kézzelfogható közelségbe hozta, hogy a fantáziából valóság lehessen. Azokban az országokban azonban, ahol nem különül el az állampolgárok genetikai információival kapcsolatos önálló rendelkezési joga attól függően, hogy civil vagy katonai jellegű alkalmazásról van szó, a mítosz még sokáig mítosz marad.

Az USA 2008-ban elfogadott genetikai információs törvénye (Genetic Information Nondiscrimination Act, GINA) [54] azonban a genetikai információk korlátlan, illetve a személy beleegyezése nélküli felhasználásának tilalmát a katonai alkalmazásokra közvetlenül nem terjesztette ki. Mindez lehetővé teszi annak a múltbéli gyakorlatnak a formalizálását, hogy a katonai szolgálat létesítésének pillanatában a katonák által az USA-ban kötelező jelleggel adandó DNS minták, ne csak a mindenki számára 1991 óta ismert célból (katonai áldozatok genetikai alapú személyazonosíthatóságának megteremtése az USA Katonai DNS Adatbázisa alapján) vagy a Nemzetvédelmi Törvény 2003-as kibővítése utáni célból (bíróági jogi eljárásban, megalapozott gyanú esetén, ha más biológiai bizonyíték alapján nem lehet egy ügyet befejezni felhasználható egy személy USA katonai DNS adatbázisában raktározott mintája az adott jogi eljárásban) [55]), hanem prediktív genetikai szűrésre is felhasználhatók legyenek.

A genetikai előrejelzésnek hadászati jelentősége van, mely az alábbiakban foglalható össze:

- Minden katonai operációban a lehető legalkalmasabb (genetikai és testi értelemben a lehető legegészségesebb) katona kerüljön bevetésre.
- Egyébként kiváló katonákat ne alkalmazzunk olyan speciális környezetben, amely a meglévő genetikai adottsága alapján egy kórkép, betegség kifejlődésének nagyfokú valószínűségét rejt magában.
- Ne alkalmazzunk katonai szolgálatra egyáltalán olyan személyt, akinek genetikai adottságai alapján a szolgálat (annak alaptermészetéből adódóan) igen nagy valószínűséggel okoz maradandó egészségkárosodást.

A prediktív genetikai másoldalról segítséget jelenthet a katonai szolgálat alatt kialakult betegségek utáni, polgárjogi kártérítési igények pontosabb elemzéséhez, és egyes országokban az ilyen típusú pénzügyi kifizetések (járadékok, nem vagyoni kárigények) mértékének mérsékléséhez.

Az elérhető –elsősorban az amerikai hadsereg gyakorlatára – vonatkozó források alapján három csoportba sorolhatók a katonai alkalmazások:

- Az alábbi kórképekre genetikai szűrés történik [56a]:
  - Glükóz-6 foszfát dehidrogenáz enzimhiány és
  - Sarlósejtes vérszegénység
- Az alábbi kórképek katonai biogenetikai értékelése megtörtént adott jogesetek kapcsán, de rutinszerű előszűrések alkalmazására nincs egyértelmű adat [57a]:
  - Von Hippel-Lindau szindróma

- Gyűjtőér-rögösödés, és tüdőembólia bekövetkeztének esélyét emelő genetikai mutációk:
  - aktivált protein C (APC) rezisztenciát okozó Faktor V R506Q (FV Leiden) mutáció
  - prothrombin gén G20210A mutációja
  - a metilén-tetrahidrofolát-reduktáz (MTHFR) enzim génjének pontmutációja (C677T)
  - a cisztationin-béta-szintáz (CBS) gén mutációja
- 3. Az alábbi multigénes öröklődésű kórképek részletes vizsgálata, a genetikai és környezeti hatások arányának meghatározása céljából folyamatban van. Világszerte ezen kórképek esetén a legmagasabb a leszerelés után megítélt és fizetett járadék-, és kártérítési összeg:
  - Poszttraumás stressz betegség [58,59]
  - Csukló alagút szindróma (az alkari középideg motoros és/vagy érző funkciójának tartós károsodása) [60]

## **AZ 1. ÉS 2. CSOPORTBA SOROLT KÓRKÉPEK KATONAI BIOGENETIKAI JELENTŐSÉGÉRŐL**

### *Glükóz-6 foszfát dehidrogenáz (G6PD) enzimhiány:*

Az X kromoszómához kötötten (a gén a hosszú kar Xq28 pozíciójában található), recesszíven öröklődő betegség, mely a világon kb.400 millió embert érint. A hibás allélek előfordulási gyakorisága, melyeket intronmutációk okoznak, szoros kapcsolatot mutat a világ maláriafertőzött területeinek határával. A betegekben az oxigénszállító vörösvértestek széteséséhez társuló haemolitikus krízis következik be, sokszor halálos veseelégtelenséggel szövődve, melyhez egy sokáig tünetmentes egyénnél számos stresszorhatás vezet. Akár maláriaellenes szerek (primaquine, pamaquine, chloroquine), vagy szulfonamidok (szulfanilamid, sulfamethoxazole, mafenide), tiazó-szulfonátok, metilénkék, naftalin, számos fájdalomcsillapító (aszpirin, phenazopyridin, acetanilid), de a hennafestés alkalmazása, vagy bizonyos ételek fogyasztása (mediterrán régiókban a fava bab) is előidézheti a betegség tüneteit.

*Ismert katonai biogenetikai gyakorlat:* Az USA hadseregébe belépő személyek mindegyikét kötelezően vizsgálják G6PD hiányra. A pozitív (hibás gént hordozó) esetekben ennek tényét a katonák orvosi dokumentumában és „dog tag”-jén is rögzítik. Ilyen előzmények esetén a katonát nem küldik bevetésre malária fertőzött területekre, ahol primaquine, pamaquine, chloroquine szer adására van esély, esetleges gyógykezelésüknél az oxidatív stresszor gyógyszerek adását kerülik [56b]

### *Sarlósejtes (sickle cell) vérszegénység:*

Autoszómális recesszív módon öröklődő pontmutáció okozza a hemoglobin béta génben, a 11. kromoszóma 11p15.5 pozíciójában, mely a hemoglobin S (HbS) termelődéséhez vezet. A hemoglobin a vörösvértestek (VVT) belsejében található vastartalmú fehérje. Oxigént szállít a tüdőtől a test minden részébe, és leadja azt a szervezet szövetei és sejtjei számára. A hemoglobin gén mutációja a VVT belsejében található folyadékban kevésbé oldódó hemoglobin képződését eredményezi, amely az oxigénszállítás normális szakaszai során polimerizálódhat. A polimerek kialakulásuk után nem képesek visszaalakulni, és az oldhatatlan HbS miatt az oxigénszállítás megszűnik. A gyakori szövödmények egyike az úgynevezett „sarlósejtes krízis”, amely elsősorban a hosszú csövescsontok fájdalmával jár. Leggyakrabban a következő okok válthatják ki: az oxigén kínálat csökkenése, fertőzés,

kiszáradás, (földrajzi) magassági változás, és hőmérsékleti szélsőségek. A sarlósejtes vérszegénységben a három szövődmény, amelytől leginkább tartani kell: a stroke, a heveny mellkasi szindróma, és a fertőzések.

*Ismert katonai biogenetikai gyakorlat:* Az USA hadseregébe belépő személyek mindegyikének genomját kötelező jelleggel vizsgálják sarlósejtes vérszegénység irányába. A pozitív (hibás gént hordozó) esetekben ennek tényét a katonák orvosi dokumentumában és „dog tag”-jén is rögzítik. Ilyen előzmények esetén a katonát, az adott haderőnem követelményeire figyelemmel, vagy fel sem veszik a szolgálatba, vagy szolgálatát felfüggesztik, vagy kiképzéskor a stresszor tényezőket kiiktatják, pl.: magaslati táborokba nem küldik őket, külön figyelnek a fizikális tréningek során fellépő tüneteikre (egyes kiképzőhelyeken piros karszalagot viselhetnek, mellyel jelzik kiképzőtisztjüknek genetikai érzékenységüket stresszor hatásokra) [56c].

#### ***von Hippel-Lindau szindróma(VHL):***

Autoszóm domináns öröklődésű kórkép mely a 3. kromoszóma 3p26-p25 pozíciójában egy hírvivő RNS-t kódol, mely a sejt citoplazmájában egy fehérje meghatározásában vesz részt. Hibás allélek esetén, a normál sejtműködés több pontján, okoz e fehérjehiány zavart, de nem ez, hanem rosszindulatú daganatok kialakulásban betöltött szerepe teszi igazán veszélyessé a betegséget. Az érintett személyek 75 %-ában vesekarcinóma, 70 %-ában központi idegrendszeri eredetű daganat (haemangioblasztóma), kisebb részükben szem ideghártya vagy középfül eredetű haemangioblasztóma alakul ki.

*Ismert katonai biogenetikai eset:* A prediktív katonai genetika alapesetének számít a Jay Platt versus United States Marine Corps eset. A tengerészeti kiképzőtisztnél 15 év szolgálat után 32 évesen diagnosztizálták, 1998-ban, a VHL-t, és az akkor érvényben volt belső szabályozás szerint (US Department of Defense Instruction 1332.38/1996/E.3.P.4.5.2.2./) semmilyen további egészségügyi ellátást nem fizettek részére, szolgálatát anyagi kompenzáció nélkül megszüntették – fizikai alkalmatlanságra hivatkozva – az alapján, hogy esetében a daganatos betegség előfeltételei már 17 éves korára bizonyosan kialakultak. Platt, többszöri agy és veseműtét után, fél szemére megvakulva magaslati hegyi túrarekordokat állított fel, karját és lábát átkötve harmadikként a világon átúszta a San-Franciscói Alcatraz öbölt, de nem tudott újra szolgálatba lépni. A későbbi jogi eljárásnak két döntő következménye lett a későbbi általános gyakorlatra: 1./ Az USA Haditengerészete elfogadta azokat a tudományos érveket, hogy esetében a genetikai adottság manifesztálódásához a 15 év szolgálat alatt, a kiküldetésekhez társult többszörös vakcináció, valamint a fegyverek tisztításához használt anyagok toxikus hatása is hozzájárulhatott. 2./ 2005-ben az USA hadügyminisztériuma módosította a 1332.38 direktíváját, és 8 év minimális katonai szolgálati időhöz kötötte az anyagi kompenzáció, és orvosi ellátás fizetésének lehetőségét a genetikai alapú, de a szolgálat kezdetekor még nem manifesztálódott betegségek kialakulása esetén [56d, 57b].

#### ***Az aktivált protein C (APC) rezisztenciát okozó Faktor V R506Q (FV Leiden) mutáció:***

A mutáció miatt egy aktivált véralvadási faktor - az V. faktor - fehérjeláncát az aktivált protein C (APC) nevű enzim nem képes bontani. Az alvadást elősegítő faktorok bomlásának lassulása következtében az érintetteknek fokozottan alvadákony a vére, így trombózisra - azaz vérrögképződés okozta érelzáródásra - hajlamosak. A FV Leiden mutáció a vénás thrombosis bekövetkezésének valószínűségét heterozigóta (azaz egy mutáns és egy normál génhordozás esete) formában mintegy 7-szeresre, homozigóta formában 80-szorosra növeli.

*A prothrombin G20210A mutáció jelentősége:* A prothrombin a véralvadási kaszkádban központi szerepet betöltő, a fibrinogén-fibrin átalakulást katalizáló thrombin (II. faktor)

előalakja. A prothrombingén 3' nem transzlálódó régiójának pontmutációja következtében ugyan nem változik az átíró fehérje szerkezete, viszont a keletkező prothrombin szintje kb. 30%-kal emelkedik. Ennek következtében fokozódik a véralvadási rendszer aktivitása, és nő mind a vénás, mind az artériás thrombózisra való hajlam.

*A metiléntetrahidrofolát reduktáz (MTHFR) enzim génjének pontmutációja (C677T):* A vér homocisztein-koncentrációjának emelkedése (hyperhomocysteinaemia) független tényezőként fokozza az ischémiás szívbetegségek, az agyi érbetegségek, a perifériás arteriosclerosis, a mélyvénás thrombózis kockázatát. Az MTHFR enzim C677T-es mutációja az enzim fokozott hőlabilitását eredményezi.

*A cisztationin  $\beta$ -szintáz (CBS) enzim génjének mutációja:* A homocisztein-anyagcsere fontos enzimjének, egy gyakori, inszerciós mechanizmusú mutációja (844ins68) következtében alternatív intron-hasítási ("splice") hely keletkezik, és így a normálissal egyező méretű fehérje képződik. Az MTHFR C677T mutációjával kombinálódva fokozza a hyperhomocysteinaemia mértékét.

*Ismert katonai biogenetikai eset:* A prediktív katonai genetika egy másik alapesetének számít annak az amerikai hadseregben szolgáló helikopterpilóta nőnek az esete, akinek terhessége miatt – kímélete céljából – elrendelt irodai munkavégzése során mélyvénás alsóvégtagi rögösödése alakult ki, melynek hátterében, kivizsgálása után meglévő Leiden mutációjára derült fény. Genetikai öröksége miatt a katonaság leszerelte, további egészségügyi ellátásához nem járult hozzá, kártérítést részére nem fizetett. Bár később vizsgálóbíróság a katonaság részbeni felelősségét megállapította az egészségkárosodása, és felmentése hátterében, de a 2005 óta érvényben lévő USA Védelmi Minisztériumi Állásfoglalás alapján kártérítését megtagadták, mert az USA hadseregében csak 7 évet szolgált, szemben az utasítás által ilyen esetekben megkövetelt 8 éves minimális szolgálati jogviszony helyett (US Department of Defense Instruction 1332.38/2005 /E.3.P.4.5.2.2./ [56e, 57c].

## KÖVETKEZTETÉSEK

A biotechnológiai XXI. századi eredményei és a HGP befejeződése megteremtették az alapját egy új tudományterület elkülönülésére, mely a *katonai biogenetika*. Ez jól körülhatárolható irányok mentén magába olvasztja számos humán és nem humán alap és alkalmazott biotechnológiai és genetikai kutatási terület eredményeit, melyek közül számosról úgy gondoltuk eddig csak a civil szférában hasznosulhat.

A már elérhető, és a bizonyosan megvalósítható alkalmazások szerves részét fogják képezni katonai stratégiák tervezésének, a katonai biogenetika eredményeinek használói feltétlen előnybe kerülnek a felderítés, a harcokésztség (humán erőforrás), az önvédelem, a katasztrófavédelem, a hatékony és effektív reagálás területén, és – a nemzetközi jog kereteit figyelembe véve – a nem halálos fegyverek tárházának bővülése következtében szinte a hadviselés minden szegmensében.

A katonai biogenetika teljes potenciáljának jogi és társadalmi elfogadtatása – túl az anyagi nehézségeken – azonban kétséges. Sokan (személyek, országok) vallási, erkölcsi, vagy etikai okokból alapvetően elleneznek minden próbálkozást, amely a növények, állatok és az ember genetikai állományának bármilyen fokú megváltoztatására és vagy használatára irányul. Civil szervezetek, és jogvédők ellenérvrendszerének szilárd alapja alapvetően az országok alkotmányaiban (törvényeiben, egyéb jogszabályaiban) vagy nemzetközi egyezményekben közvetlenül, vagy közvetetten rögzített *genetikai diszkrimináció, és katonai támadó célú felhasználás tilalma*.

Ezzel szemben a biogenetikában megengedőbb jogszabályi környezettel rendelkező országok, csoportok a genetikai forradalom érájában lépéselőnyre tehetnek szert az alap biogenetikai kutatási eredmények alkalmazhatóságának, kipróbálásának engedélyezésével, mind a civil mind a katonai szférában.

A katonai típusú alkalmazások tárházának bővülése pedig azok körében, akik életpályaként választják a katonaságot, egy másik következménnyel járhat. *A jövőben az ember, saját genetikai állományában rögzített információival való rendelkezésének joga, mely alapvetően a személy önrendelkezéséhez kötött jelenleg, sérülhet a katonai szolgálatba lépés pillanatában.*

Az előzőekben felvázoltak még hangsúlyosabban utalnak a katonai bioetika és a katonai biogenetika szoros kapcsolatára, továbbá a genetikai és a bioetikai tudás minél szélesebb körű terjesztésének szükségességére, beleértve természetesen a mindenkori graduális és postgraduális képzéseket, de a politikai és katonai döntéshozatali szinteket is.

A jelen publikációban csak felvázolni sikerült a katonai biogenetika néhány érdekes up-to-date alkalmazási területét, és utaltunk a kérdéskör tágabb aspektusaira. A katonai biogenetikai tudásanyag hihetetlen gyorsütemű bővülése (és ezzel egyidejű gyors amortizációja!) miatt minden állampolgár tudásanyagának ilyen irányú bővítése szükséges, és része kell, hogy legyen a társadalmi, politikai, katonai felelős gondolkodásnak. Ez vezethet csak el ahhoz, hogy a civil, de különösen katonai területen megvalósuló bármely biotechnológiai és genetikai alkalmazás hasznosságáról, vagy elítéléséről, elvetéséről megalapozottan lehessen nyilatkozni.

A magyarországi hadtudományba megkezdődött a katonai biogenetika ismeretanyag beépülése, egyes elemei – a tömegpusztító, és a nem halálos fegyverek rendszerezésére vonatkozó fejezetekben – már megtalálhatók.

Nem ismert azonban az, hogy a hadtudomány előszobájában kopogtató biogenetikai forradalom milyen fogadó környezetet talál, milyen a katonai graduális és postgraduális képzésben résztvevők (leendő döntéshozók), oktatók, avagy a jelen katonai döntéshozóinak bioetikai-biogenetikai adaptációs ereje. Eddig, erről semmilyen felmérés sem készült. Ennek elvégzése sürgető, mert a közeljövő katonai stratégiai tervezése, vagy nemzetvédelmi koncepciók kialakítása, a kutatás-fejlesztési projektek prioritásainak kijelölése és az erre rendelkezésre álló anyagi erőforrások elosztása, ezen ismertek nélkül nem lehetséges [61,62].

A genomika /és biotechnológia/ töretlen, rapid fejlődéséből egyértelműen következik, hogy a katonai bio„genetikához való fordulás a következő leglogikusabb lépése a modern hadviselésnek” [63].

## Irodalomjegyzék

- [1] B. R. Jasny, D. Kennedy: The Human Genome. Science, 291 (2001) 1153.
- [2] C. R. Darwin: On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life. (1861) London: John Murray. 3d edition.
- [3] J. G. Mendel: Versuche über Pflanzen-Hybriden. Verhandlung des Naturforschenden Vereins in Brünn 4 (1866) 3-47.
- [4] C. Correns: G. Mendel's Regel über das Verhalten der Nachkommenschaft der Rassenbastarde. Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, 18 (1900) 158–168.
- [5] <http://www.biodiversitylibrary.org/item/43179#page/5/mode/1up> (2011.12.05)

- [6] E. Tschermak: Über Künstliche Kreuzung bei *Pisum sativum*. *Berichte der Deutsche Botanischen Gesellschaft*, 18 (1900) 232-239.
- [7] W. S. Sutton: On the morphology of the chromosome group in *Brachystola magna*. *Biological Bulletin*, 4 (1902) 24-39.
- [8] <http://www.jic.ac.uk/corporate/about/bateson.htm> (2011.12.05)
- [9] Gh. Hardy: Mendelian proportions in a mixed population. *Science* 28 (706) (1908): 49–50. doi:10.1126/science.28.706.49. ISSN 0036-8075. PMID 17779291
- [10] W. Weinberg: Über den Nachweis der Vererbung beim Menschen. *Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg*, 64 (1908) 368–382.
- [11] T. H Morgan: Chromosomes and heredity. *The American Naturalist*, 4 (1910) 449–496.
- [12] A. H. Sturtevant: The linear arrangement of six sex-linked factors in *Drosophila*, as shown by their mode of association. *Journal of Experimental Zoology*, 14 (1913) 43-59.
- [13] H. J. Müller: Artificial transmutation of the gene. *Science*, 46 (1927) 84-87.
- [14] F. Griffith: The significance of pneumococcal types. *Journal of Hygiene*, 27 (1928) 113–159.
- [15] G.W. Beadle, E.L. Tatum: The genetic control of biochemical reactions in *Neurospora*. *Proceedings of the National Academy of Science*, 27 (1941) 499-506.
- [16] O.T. Avery, C.M. MacLeod, M. McCarty: Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types: Induction of Transformation by a Desoxyribonucleic acid Fraction Isolated from *Pneumococcus* Type III. *Journal of Experimental Medicine*, 79 (1944) 137-158.
- [17] E. Chargaff: Chemical Specificity of Nucleic Acids and Mechanism of Their Enzymic Degradation. *Experientia*, 6 (1950) 201-209.
- [18] J. D. Watson, F.H. Crick: Molecular structure of nucleic acids. A structure of deoxyribose nucleic acid. *Nature*, 171 (1950) 737–738, 964–967.
- [19] J-H. Tjio, A. Levan: The chromosome number of man. *Hereditas*, 42 (1956) 1–6.
- [20] F. H. C. Crick, L. Barnett, S. Brenner, R. J. Watts-Tobin R: General nature of the genetic code for proteins. *Nature*, 192 (1961) 1227-1232.
- [21] H. O. Smith, K. W Wilcox: A restriction enzyme from *Haemophilus influenzae* I. Purification and general properties. *Journal of Molecular Biology*, 51 (1970) 379-391.
- [22] H. G. Khorana et al.: Total synthesis of the structural gene for the precursor of a tyrosine suppressor transfer RNA from *Escherichia coli*. 1. General introduction. *J. Biol. Chem.* 251 (1976) 565–570.
- [23] A. M. Maxam, W. Gilbert: A new method for sequencing DNA. *Proceedings of the National Academy of Science*, 74 (2) (1977) 560–564.
- [24] F. Sanger, S. Nicklen, A. R. Coulson: DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Science* 74 (12) (1977) 5463–5467.
- [25] K. Mullis et al.: Specific Enzymatic Amplification of DNA In Vitro: The Polymerase Chain Reaction. *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology*, 51 (1986) 263.
- [26] A. Monaco et al.: Isolation of candidate cDNAs for portions of the Duchenne muscular dystrophy gene. *Nature*, 323 (1986) 646-650.

- [27] B. S. Kerem et al.: Identification of the cystic fibrosis gene: genetic analysis. *Science*, 245 (1989) 1073-1080.
- [28] R. D. Fleischmann et al.: Whole-genome random sequencing and assembly of *Haemophilus influenzae*. *Science*, 269 (1995) 496-512.
- [29] The Genome International Sequencing Consortium: Initial sequencing and analysis of the human genome. *Nature*, 409 (2001) 860–941.
- [30] J. C. Venter et al.: The Sequence of the Human Genome. *Science*, 291 (2001) 1341–1351.
- [31] A. Serra: La rivoluzione genomica: *La Civiltà Cattolica*, 152 (2001) 439–453.
- [32] <http://www.insurancejournal.com/news/international/2011/02/03/183171.htm>, (2011.06.21.)
- [33] <http://operatingexperience.doe-hss.wikispaces.net/file/view/Department+of+Commerce+Counterfeit+Electronics+Report.pdf> (2011.06.21.)
- [34] [http://dcg.materials.drexel.edu/wp-content/publications/JApplPhys\\_Vol91\\_Num10\\_2.pdf](http://dcg.materials.drexel.edu/wp-content/publications/JApplPhys_Vol91_Num10_2.pdf), (2011.06.21.)
- [35] <http://www.adnas.com/>, (2011.06.21.)
- [36] <http://www.pr-inside.com/print1253362.htm>, (2011.06.21.)
- [37] [http://www.adnas.com/sites/default/files/apdn\\_marks\\_microchips\\_for\\_dod\\_june\\_22\\_2011.pdf](http://www.adnas.com/sites/default/files/apdn_marks_microchips_for_dod_june_22_2011.pdf), (2011.06.21.)
- [38] <http://www.opbw.org>, (2011.05.28)
- [39] <http://www.cbd.int/biosafety/>, (2011.05.28)
- [40] A. Juhaz, R. Naidu: Bioremediation of high molecular weight polycyclic aromatic hydrocarbons: a review of the microbial degradation of benzo [a]pyrene. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 45 (2000) 57-88.
- [41] A. Thomas, E. Hill: *Aspergillus fumigatus* and Supersonic Aviation. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 48 (2001) 245-251.
- [42] J. D. Gu et al.: Microbial degradation of polymeric coatings measured by electrochemical impedance spectroscopy. *Biodegradation*, 1 (1998) 39-45.
- [43] D. Nica et al.: Isolation and characterization of microorganisms involved in the biodeterioration of concrete in sewers. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 46 (2000) 61-68
- [44] G. P. Brahma Prakash et al.: Development of *Thiobacillus ferrooxidans* ATCC 19859 strains tolerant to copper and zinc. *Bulletin of Materials Science*, 10 (5) (1988) 461-465.
- [45] G. Saylor: Field applications of genetically engineered microorganisms for bioremediation processes. *Current Opinion in Biotechnology*, 11 (2000) 286-289.
- [46] T. J. Fleischmann et al.: Anaerobic transformation of 2,4,6-TNT by bovine ruminal microbes. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 314, 4 (2004) 957-963.
- [47] A.M. Chakrabarty: Microorganisms having multiple compatible degradative energy-generating plasmids and preparation thereof. United States Patent, 4259444 31.03.1980.



- [48] H. J. Agostini et al.: Identification and characterization of *uvrA*, a DNA repair gene of *Deinococcus radiodurans*. *J. Bacteriol*, 178 (1996) 6759–6765.
- [49] T. Zwillich: A tentative comeback for bioremediation. *Science*, 289, 5488 (2000) 2266-2267.
- [50] J. D. Gu et al.: Microbial degradation of materials: general processes. In: Revie, W. (ed.) *The Uhlig Corrosion Handbook* (2nd ed.), John Wiley & Sons, New York, 349 – 365. (2000)
- [51] P. Szafranski, Ch. Mello, T. Sano: Compositions and methods for controlling genetically engineered organisms. (US Patent 6287844) 09.11.2001.
- [52] J. von Aken, E. Hammond: Genetic engineering and biological weapons. *EMBO reports* (special issue), 4 (2003) 57-60.
- [53] L. Juhász., A. Huszár: Gondolatok Ken Alibek: Biohalál című könyve kapcsán [http://www.edis.hu/?pageid=tudastar\\_biohalal](http://www.edis.hu/?pageid=tudastar_biohalal), (2001). (2010-09-22)
- [54] Genetic Information Nondiscrimination Act: USA, Public Law (2008) 110-233, 122 Stat. 881 (érvényben 2008.május 21-től)
- [55] P. A. Ham: An army of suspects: The history and constitutionality of the U.S. military's DNA repository and its access for law enforcement purposes. *Army Lawyer*, 2003 July/August (2003) 1-19.
- [56] S. Baruch, K. Hudson: Civilian and military genetics: Nondiscrimination policy in a Post-GINA World. *AJHG*, 83 (2008) 435-444.
- [57] M. Nunes: Public remarks at Genetics and Public Policy Center conference Washington, DC., [http://www.dnapolicy.org/news.past.php?action=detail&past\\_event\\_id=25](http://www.dnapolicy.org/news.past.php?action=detail&past_event_id=25), (2006). (2011.07.01.)
- [58] P.B. Gold, B. Frueh, B. Christopher: Compensation-seeking and extreme exaggeration of psychopathology among combat veterans evaluated for posttraumatic stress disorder. *Journal of Nervous & Mental diseases*, 187 (11) (1999) 680-684.
- [59] Committee on Veterans Compensation for Posttraumatic Stress Disorder, Institute of Medicine and National Research Council: PTSD Compensation and Military Service. The National Academies Press, ISBN-10: 0-309-10552-8 (2007).
- [60] J.M. Wolf, S. Mountcastle, B. D. Owens: Incidence of Carpal Tunnel Syndrome in the US Military Population. *Hand*, 4,4 (2007) 289-293
- [61] A. Huszár: A bioetika katonai vonatkozásai és a nem halálos fegyverek. <http://www.zmne.hu/tanszekek/ehc/konferencia/april2001/eload2.html>, (2001). (2011.06.30.)
- [62] I. Resperger: Kockázatok, kihívások és fenyegetések a XXI. században. Az Országos Kiemelt Kutatási Tanulmányok pályázata, (2002) 24.
- [63] R. Christopher: Genesis – The apocalypte. ISBN-10: 1424160227 (In USA 09.30/2007) <http://www.prweb.com/releases/2007/12/prweb576709.htm>, (2011.06.30.)