

BAKTERIOLOGICKÉ ZBRANĚ

Ještě dávno před tzv. mikrobiologickou érou (do objevení mikroorganismů jako původců přenosných onemocnění) byly na základě zkušeností empiricky stanoveny souvislosti válek se šířením epidemických onemocnění. Celá historie válek potvrzuje, že jejich neodlučnými průvodci byly vždy rozsáhlé a těžké epidemie různých infekčních chorob, především těch nejnebezpečnějších. Nezřídka ztráty způsobené těmito epidemiemi mnohonásobně převyšovaly ztráty způsobené zbraněmi. Teprve počátek 20. století znamená obrát a ztráty způsobené zbraněmi začínají převažovat nad ztrátami, způsobenými nemocemi. Tento obrát je důsledkem prudkého rozvoje ničivých účinků zbraní, ale také změn životních podmínek (rozvoj výrobních sil, zvýšení celkové kulturní úrovně obyvatelstva) a pokroku zdravotnictví. Avšak samotná myšlenka možnosti využití choroboplodných mikroorganismů jako zbraní přetrvává a je zdůvodňována historickou zkušeností různých epidemií, které ve válkách minulosti představovaly velmi závažný problém.

Ve své „vědecké“ podobě byly otázky využití bakteriologických zbraní zpracovávány především v průběhu druhé světové války a po ní. Dnes je bakteriologické zbraně možné chápat jako prostředky hromadného poškození lidí, zvířat a rostlin, jejichž účinek je založen na vlastnostech mikroorganismů a jejich produktů. Pojem bakteriologické (biologické) zbraně zahrnuje biologické (bakteriologické) prostředky napadení, biologickou municí a prostředky jejich dopravy na cíl.

Bakteriologické prostředky mohou být zpravidla používány ve formě suchých nebo tekutých receptur, obsahujících biologická agens (původce nákazy) ve směsi

s různými stabilizujícími látkami, zvyšujícími odolnost použitých agens k působení nepříznivých faktorů zevního prostředí a napomáhajících jejich rovnoměrnému rozptýlování ve vzduchu. Od použitých biologických agens se vyžaduje vysoký stupeň nebezpečnosti (bojová efektivnost), to je schopnost vyvolat onemocnění s vysokou úmrtností nebo těžkým průběhem, vysoká infekcióznost, to je schopnost vyvolat onemocnění u vysokého procenta neimunních (k danému agens vnímavých) osob v minimální infekční dávce, a konečně značná odolnost ve vnějším prostředí. Uvádí se také požadavek vysoké kontagiozity, což je schopnost rychle se šířit od infikovaných ke zdravým, úlohu hraje i délka inkubačního období a celá řada jiných činitelů, souhrnně determinujících výslednou účinnost a efektivnost bakteriologických prostředků.

Infekčních agens, která splňují v té či oné míře požadované parametry, je dnes známa celá řada. Nejčastěji se uvádějí:

- **bakterie:** původci moru, antraxu, tularemie, brucelózy, vztekliny, melioidózy a některých jiných bakteriálních infekcí,

- **riketsie:** původci epidemického skvrnitého tyfu, horečky Skalisticých hor, Q-horečky,

- **chlamidie:** původce psitakózy (tzv. papouščí nemoc),

- **viry:** původci pravých neštovic, amerických koňských zánětů mozku, horečky Čikungua, japonského zánětu mozku, žluté zimnice, horečky dengue, bolivijské a argentinské hemoragické horečky, horečky Lassa a Ebola, tzv. marburgské nemoci, horečky údolí Rift, Kongo-Krymské hemoragické horečky,

— **plisně:** původci tzv. hlubokých mykóz (kokcidiodomykóza, histoplasmóza atd.),

— **toxiny:** botulotoxin, stafylotoxin, mykotoxiny apod.

Mezi možné bakteriologické prostředky je však třeba zahrnout i původce některých nedávno objevených onemocnění, např. tzv. legionářské nemoci, různých hemoragických horeček atd.

Uvažované způsoby šíření bakteriologických prostředků při jejich bojovém použití prodělaly rovněž různé historické proměny, zejména co do zdůraznění některého z nich. V současné době se skutečně používají tři způsoby šíření:

— **aerosol** — infikování přizemních vrstev vzduchu,

— **transmisivní** — šíření pomocí infikovaných přenašečů,

— **diverzní** — skryté infikování potravin, vody, vzduchu v místnostech a uzavřených prostorech a jiných objektů zevního prostředí.

Je uvažováno o různých technických prostředcích použití bakteriologických prostředků: **biologická munice** (rezervoár naplněný recepturou se zařízením, které zabezpečuje vznik aerosolu). Patří sem **letecké pumy, dělostřelecké náboje a miny**. Vznik aerosolu je zabezpečován výbuchem.

Na letounech, raketách, aerostatech i různých pozemních zařízeních se používají aerosolové generátory využívající k tvorbě aerosolu stlačeného vzduchu.

Byly popsány i různé kazety naplněné pumami, které po dopadu vytvářejí mnohočetné zdroje aerosolu.

V novější historii rozvoje metod použití původců infekčních onemocnění jako zbraně je možné sledovat dvě etapy:

— práce Němců a Japonců, zaměřené především na diverzní použití bakteriologických prostředků (tyto práce se vztahují k období druhé světové války),

— práce amerických, anglických a kanadských autorů, které začaly věnovat pozornost především infekčním aerosolům v druhé polovině druhé světové války a po ní.

V současné době se infekční aerosoly považují za hlavní a rozhodující způsob použití bakteriologických prostředků. Nejen těžké pochopit, proč. Ze všech možných a dříve zkoušených způsobů především infekční aerosoly nejvíce odpovídají požadavkům na zbraně hromadného ničení. Mají relativně jednoduchý mechanismus infikování, schopnost postihovat nakažou

velká území a šířit se na značné vzdálenosti, způsobilost během krátké doby vyvolat masová onemocnění. Současně ochrana proti biologickým aerosolům je značně složitá.

K pochopení vysoké bojové efektivity biologických aerosolů uvedu některé údaje. Biologická munice a technické prostředky k tvorbě aerosolů, které jsou ve výzbroji armád zemí NATO, tvoří částice o rozměru převážně od 2 do 5 μm . Tyto částice, dostanou-li se do dýchacích cest člověka, pronikají a zachycují se v nejnižších jejich oddílech — bronchiolích a alveolech, které jsou nejvíce citlivé z celého dýchacího traktu k infekci. Aerosolový oblak se šíří nad terénem po směru větru. V souvislosti s tím a v návaznosti na druh a mohutnost zdroje aerosolu může oblak procházet nad objekty po dobu několika desítek minut i více. 2–3 g tularémických mikrobů (způsobujících tzv. záječí nemoc) stačí k vytvoření bakteriálního aerosolového oblaku ve výšce 100 m na ploše 1 km^2 , který během minuty může produkovat 100 infekčních dávek (minimální množství mikrobů, způsobujících onemocnění). Při jednom z pokusů v USA, po rozprášení 600 l mikroorganismu *Bacillus globigii* byly mikrobů zjištěné ve vzdálenosti více než 30 km a infikovaný terén měl rozlohu 250 km^2 . Bylo by možné vypočítat řadu dalších údajů svědčících v souhrnu o tom, že při příznivých meteorologických podmínkách se aerosolový oblak může šířit na značné vzdálenosti. Může postihovat velké plochy, přičemž koncentrace infekčních agens v něm zůstává na úrovni a při vdechnutí může vyvolat onemocnění.

Pochopitelně toto tvrzení má svá omezení, daná především tzv. fyzikálním rozpadem (sedimentace, rozptýlení aerosolu vlivem turbulence do ovzduší, atmosférické srážky, vliv členitého a lesnatého terénu apod.) a biologickým rozpadem (postupný úhyn rozptýlených mikroorganismů způsobený vlivem sluneční radiace, nízké nebo vysoké relativní vlhkosti apod.) aerosolu. Nejde však o takové problémy, které by nebylo možné překonat.

Kromě aerosolů bakteriologických prostředků mohou být použiti i infikovaní členovci (komáři, vši, klíšťata, mouchy), kteří si dlouho uchovávají schopnost předávat původce onemocnění člověku. Délka jejich života se pohybuje — v závislosti na podmínkách od několika dní a týdnů (komáři, mouchy, vši) do roku i několika let (blechy, klíšťata). Použití nepřítelů infikovaných přenašečů cestou jejich rozptýlení na terén je nejpravděpodobnější

v teplém ročním období [kdy teplota vzduchu je $+10^{\circ}\text{C}$ a více], při relativní vlhkosti vzduchu ne menší než 50 %. Doprava infikovaných členovců na cíl se uskutečňuje pomocí leteckých pum speciální konstrukce.

Možnosti tohoto způsobu použití bakteriologických prostředků jsou však omezeny tím, že:

- je možné infikovat pouze nevelké prostory,

- existuje vysoká pravděpodobnost rychlého zjištění takového použití,

- přenašeči jsou značně citliví k podmínkám vnějšího prostředí a v neposlední řadě hraje úlohu existence efektivních insekticidních prostředků a repelentů (látek, které odpuzují hmyz).

Diverzní — skrytý způsob použití bakteriologických prostředků může být za určitých podmínek velmi efektivní (infikování míst velení, štábů, jednotlivých vojenských jednotek, zařízení, osob). Cílem může být paralyzovat práce na nejdůležitějších obranných objektech průmyslu nebo postižení obyvatelstva velkých měst. Tohoto způsobu je možné využít ještě do vyhlášení války, nebo do zahájení bojové činnosti. Nejpravděpodobněji by šlo o infikování vzduchu v uzavřených prostorech pomocí přenosných generátorů biologických aerosolů, rozšíření infikovaných členovců, infikování potravin, vody (vodo-vodní sítě), krmiva, hospodářských zvířat atd.

Veliké možnosti bakteriologických zbraní, jejich specifika, vyjádřená schopností šířit se po napadení dále, samostatně od nemocných na zdravá vojska, je dává do jedné řady s ostatními druhy zbraní hromadného ničení. Objektívě však zatím neexistují přímé doklady o využití patogenních mikroorganismů jako zbraně v minulých válkách našeho století. Nepřímých důkazů je celá řada. Např. Chabarovský proces v roce 1949 ukázal, že Japonci byli připraveni vést bakteriologickou válku. Stejně tak Norimberský proces prokázal intenzivní přípravu fašistického Německa k takové válce.

Naskytá se otázka, proč vlastně bakteriologické zbraně při jejich nesporných výhodách nebyly ještě použity, zatímco jaderné a chemické zbraně v minulých válkách použity byly. Zdá se, že odpověď může být skutečnost, že chemické a jaderné zbraně byly použity jednou z bojujících stran pouze tehdy, když bylo naprosto bezpečně známo, že druhá strana ještě podobnou zbraní nedisponuje (použití ype-

ritu v první světové válce císařským Německem nebo použití jaderné pumy USA proti Japonsku ve druhé světové válce).

Vedle toho, bakteriologické zbraně mají ve srovnání s chemickými a jadernými některé nevýhody [závislost na ekologických a meteorologických podmínkách, retroaktivní působení, inkubační doba atd.]. Avšak současná úroveň vědeckého poznání v oblasti biologie umožňuje odstranit některé z nedostatků bakteriologických zbraní. Tím lze také objasnit zvýšený zájem řady ekonomicky vyspělých kapitalistických zemí o tuto problematiku.

Jestliže jsem se v této části článku pokusil stručně charakterizovat současnou problematiku použití bakteriologických zbraní, učinil jsem tak proto, abych v druhé části mohl ukázat, jak kvalitativně odlišná je ve světle objevů současné biologie jejich budoucnost.

Zejména poslední čtyři desetiletí znamenají pro biologické a lékařské vědy, především v oblasti genetiky mikroorganismů, období zásadních a převratných objevů. Byla stanovena genetická úloha deoxyribonukleové kyseliny (DNK — genetický materiál všech buněk), odhalena diskrétní struktura genu [úsek chromozomu, který kóduje určitou funkci — vlastnost], podařilo se rozšiřovat genetický kód, byly prostudovány mechanismy replikace DNK, regulace syntézy bílkovin, objasněny zákony mutagenézy a reparace postižených částí DNK atd. Výsledky těchto objevů ve svém souhrnu položily základy nového vědeckého odvětví — **genového inženýrství**.

Není sporu o tom, že genové inženýrství [správněji genové manipulace] má zásadní význam pro budoucnost člověka. S jeho pomocí bude lidstvo řešit řadu svých současných energetických, potravinových a ekologických problémů, a to cestou továrních biotechnologií. Pomocí tzv. malých biotechnologií budou, a dokonce již dnes jsou, obohacovány možnosti a prostředky boje člověka s některými chorobami. Dlouhodobé perspektivy genového inženýrství jsou tak dalekosáhlé, že si je jen stěží dovedeme představit. Již nyní se ve většině vyspělých zemí připravuje mikrobiologický průmysl k realizaci uvedených cílů. Netušené možnosti se otevírají rovněž farmakologickému průmyslu, léčbě, prevenci a diagnostice různých nemocí. Předpokládá se, že na přelomu našeho století budou v praxi uskutečněny genové — manipulační zásahy do kódu dědičnosti užitkových zvířat a není vyloučeno, že budou moci být „opravovány“ i někte-

ré z genetických defektů krevních buněk lidí, kteří trpí krevními chorobami.

Největší novodobý objev vědy v sobě ovšem skrývá různá ekologická a populační rizika, nebo možnost jeho vojenského zneužití. Když mluvím o riziku, mám na mysli neúmyslné havárie v laboratorních nebo omyly při zásazích člověka do přírody a populace. **Úmyslné zneužití v současné době znamená především konstrukci zcela nové garnitury bakteriologických prostředků pro účely vedení globální války. Zdá se to být absurdní, ale bohužel takový je logický řetěz událostí — od válek a je doprovázejících epidemií do využití výsledků vědy k vytvoření bakteriologických zbraní.**

Základním a hlavním principem genové inženýrství je tzv. DNK — rekombinantní technologie. Její podstata spočívá v tom, že do genomových (soubor genů v sadě chromozomů) základů příjemce jsou včleňovány libovolné, to znamená jakékoli druhově cizorodé genetické sekvence nebo geny z dárcovského organismu. Použité geny nebo definované části DNK, ať přirozené, nebo i umělé, pak zabezpečují v příjemci syntézu těch látek (bílkovinných makromolekul nebo antigenních komplexů), které kódují.

Nebudu se podrobně zabývat popisem různých modifikací DNK rekombinantní technologie. Pro náš účel stačí uvést, že těchto modifikací je již v současné době celá řada a jejich počet neustále narůstá. Všechny nové postupy jsou patentovány. Je komercializována výroba všech potřebných součástí (např. různých enzymů — restrikčních endonukleáz a DNK ligáz, tj. enzymů štěpících DNK nebo naopak spojujících části DNK). Jsou plně zvládnuty izolační postupy pro nukleové kyseliny z organismu a buněk dárce či příjemce různého druhu, existují banky definovaných vektorů pro genové manipulační studium, je ovládnuto stanovení nukleotidových sekvencí v nukleových kyselinách a syntéza genů, spojování štěpů DNK atd.

Praktickým výsledkem rozsáhlého vědeckého medicinského snažení s využíváním DNK — rekombinantní technologie je použití genů, kódujících syntézu různých hormonů (inzulin, beta-globin, růstový hormon) a různých interferonů nejen do genetického aparátu bakterií, ale i do buněk vyšších organismů, hlavně buněk savců. Řada z těchto biopreparátů byla již na Západě vyrobena nebo se jejich výroba připravuje. Obecně známé je klonování genů kódujících syntézu celé řa-

dy virových antigenů, což nalézá uplatnění v přípravě nových druhů očkovacích látek a diagnostických preparátů. Nová očkovací látka proti slintavce a kulhavce se již očkuje, zavádí se tovární výroba očkovací látky proti virovému zánětu jater typu B, rozpracovávají se další očkovací látky.

Z poměrně nedávných informací z USA (S. Wright, R. L. Sinsheimer, Bulletin of the Atomic Scientists, 1983) víme, že americká armáda prosadila zadání genetického výzkumu s lidskými patogeny, údajně pro získávání vysoce protektivních antigenů k zajištění přípravy očkovacích látek proti nebezpečným nákazám (původce sněti slezinné, africké trypanozomózy, riketsií, horečky dengue a horečky údolů Rift). Dále byl zadán projekt vyklonování (izolování) genu kódujícího acetylcholinesterázu a dalšího genu nespecifikovaného mořského živočicha, který produkuje zvláštní hydrolázu pro detoxifikaci organofosfátů. Celkem 15 takovýchto projektů je iniciováno na základě finanční podpory armády USA, 10 z nich je zaměřeno na různá agens, vyvolávající infekční onemocnění.

Velice nebezpečná je uplatňovaná teze, že různé toxiny, které jsou dnes vlastně chemicky definovanými látkami, nepatří do arzenálu bakteriologických zbraní zakázaných konvencí z roku 1972, pokud budou získány genově — manipulační technologií. V souvislosti s tím je přinejmenším zvláštní, že Akademie věd USA zadala v roce 1983 — na nátlak Pentagonu — projekt studia mykotoxinů (toxinů produkovaných mikroskopickými houbami).

Každý, kdo pochopil by jen princip DNK — rekombinantní technologie, musí vědět, že chceme-li klonovat (izolovat) z genomu nebezpečných mikroorganismů geny, které kódují ochranné antigeny (látky, schopné po aplikaci obratlovcům vyvolat tvorbu protilátky), musíme nutně odlišit a poznat i ostatní sekvence včetně těch, které jsou nositeli informace pro biologické účinky, tedy pro infekčnost, patogenitu nebo toxicitu.

Můžeme tedy učinit závěr, že v prosazení genové manipulace s vysoce nebezpečnými původci (dříve v USA zakázané) je skryta tendence Pentagonu zahájit vyhledávací výzkum nové garnitury bakteriologických zbraní. Tuto tendenci odhaluje citovaná studie z roku 1983, ale i dřívější redakční článek v Nature (1982, 297, s. 615) „Spojené státy hledí k biologickým zbraním. Armáda se nově zajímá o DNK — vynálezy“.

Úroveň existujících metod genové manipulace v mikrobiologii umožňuje již nyní konstruovat zcela novou, velice rozsáhlou paletu bakteriologických prostředků. Pro zkušené molekulární genetiky nemůže být žádným problémem připravit běžné nepatogenní bakterie schopné syntetizovat všechny známé hadí a hmyzí toxiny, i bakteriální exotoxiny. Dále připravit transformované mikroby schopné syntetizovat velká množství různých jedovatých látek chemické (organické) povahy, připravit mikroorganismy se změněnou antigenní strukturou (soubor antigenů typický pro daný mikroorganismus), rezistentní k UV záření a vysoušení, s vylepšenými parametry týkajícími se snadnější produkce a skladovatelnosti. Rovněž není nijak obtížné připravit různé bakteriální patogeny i podmíněné patogeny vyznačující se polyrezistencí k antibiotikům a chemoterapeutikům. Pravděpodobně asi není nezvládnutelné zkonstruovat různé vysoce patogenní bakterie, plísňe a viry, maskované antigenní výbavou nepatogenních nebo běžných mikroorganismů. Není nemožné ani příprava změněných virů, nesoucích antigeny nebo enzymy indukující transformaci lidských či zvířecích buněk v nádorové buňky, stejně tak není vyloučena příprava zcela umělých virů.

Obecně je možné shrnout, že konstrukce nové garnitury bakteriologických prostředků má nespočetné množství alternativ. Vývoj určitého prostředku si vyžaduje sice několik let, ale nikoli zvlášť vysoké náklady. Různé rekombinantní mikrobiální kmeny mohou být snadno a dlouhodobě uchovávány, v případě potřeby rozmnoženy do velkých množství.

Pochopitelně, některé limity zůstávají (nároky na skladování hotových receptur, retroaktivní působení). Ale právě moderní metody genových manipulací umožňují tyto limity poměrně snadno překonat. Z nespočetných alternativ lze vybrat

takové a tak aplikovatelné, aby nebylo potřeby chránit se proti jejich následnému epidemickému šíření. Právě potencialita nespočetných alternativ konstrukce nových bakteriologických prostředků je vážným argumentem pro reálnou hrozbu zneužití genových manipulací k vojenským účelům.

Není mým úmyslem zabývat se v tomto článku problémy ochrany proti nové garnituře bakteriálních prostředků. Chci však zdůraznit, že počet alternativ pro agresora vhodných i k jednorázovému napadení je příliš velký, aby bylo ekonomické a vůbec možné přistupovat k problému ochrany klasickou cestou, to je vyvíjet a zabezpečovat zvláštní imunoprofylaktické a specifické diagnostické prostředky. Domnívám se, že úsilí je třeba soustředit na takové problémy, jako je hledání principiálně nových chemoterapeutických prostředků, studium antivirových látek, imunostimulátorů a imunomodulátorů (látek, které zvyšují odolnost organismu k infekci), ovládnutí a zavedení moderních technologií izolace mikrobiálních antigenních komponent jako východisko k rychle získatelným subjednotkovým vakcínám (obsahují jen imunologicky významnou část mikroorganismů) a konečně, zvládnutí nových moderních diferenciacních a typizačních metod mikrobiálních kmenů (sekvencování nukleotidová analýza a molekulární hybridizace).

K tomu ovšem je nutné radikálně zmodernizovat veškerou laboratorní činnost, ovládnout molekulárně biologickou metodologii a neustále s využitím všech informačních možností sledovat trendy rozvoje současné molekulární biologie a hodnotit je z vojenskozdravotnických aspektů.

Taková je tedy přítomnost a nedaleká budoucnost bakteriologických zbraní, takové je logické vyústění vojenského zneužití největších objevů současné vědy. Chce se však věřit, že tato logika neuspěje při konfrontaci s logikou myšlení a rozumu mírumilovného člověka.