



# Biologické zbraně

LF MUNI, OPZ III, podzim 2021  
MUDr. Markéta Petrovová, Ph.D.

# Obsah lekce

- Historie a principy výroby **biologických zbraní (BZ)**
- Mezinárodní přístup a konvence
- Základní pojmy (biologická válka, bioterrorismus, biokriminalita)
- Specifické vlastnosti a požadavky na mikroby pro BZ
- Mikrobiologické dělení BZ, hlavní zástupci + toxiny
- Mechanismus zasažení osob
- Principy ochrany proti BZ
- Preventivní a profylaktická opatření
- Represivním opatření a léčba
- Ochrana obyvatelstva a krizové řízení

# Definice

Choroboplodné organismy schopné vyvolat masové infekční onemocnění nebo otravu lidí, popř. i zvířat nebo rostlin.

Aby byly pro člověka nebezpečné, musí být schopny proniknout do lidského organismu, tam se rozmnožit a způsobit onemocnění, případně se šířit na další osoby.

Dalšími požadovanými vlastnostmi jsou dostupnost, snadná a levná výroba, bezpečné skladování a šíření.

# Biologická agens (biologické bojové prostředky)

- Skupina živých mikroorganismů a jejich toxinových produktů, které mají negativní účinky na člověka, zvířata nebo rostliny.
- Odlišnosti od ostatních nebezpečných látek: mohou se aktivně množit v zasažených organismech, mají relativně nízkou infekční dávku.
- Značně heterogenní skupina, obtížná detekce **nejproblematictější skupina zbraní hromadného ničení**
- účinný prostředek k vyvolání paniky. Příklad: za války v Perském zálivu měla hrozba použití biologických zbraní větší psychologický účinek než hrozba použití zbraní chemických. **Hromadné použití BZ je schopno v krátké době vyčerpat zdravotní, finanční i lidský potenciál státu.**

# Výhody a nevýhody BZ

- Výhoda spočívá v levné výrobě a větším účinku z hlediska počtu zasažených osob. Malé skupiny lidí se skromnými financemi a základním vzděláním v biologii a inženýrství mohou vyvíjet účinné biologické zbraně. Návody na výrobu biologických zbraní jsou dostupné i na internetu.
- Nevýhodou BZ je nemožnost předpovídat rozsah účinků použití B-agens, hrozí zasažení i vlastní síly.

# Historie a principy výroby



# Historie užití BZ

- První použití ve starověku: Řekové trávili studny nepřátel zdechlinami nemocných zvířat, Římané vrhali do obléhaných měst pomocí praků mrtvoly lidí nakažených morem.
- Ve středověku se projevila nevybíravost biologických zbraní: Morová nákaza se z Krymu díky obchodníkům rozšířila do celé Evropy a zabila 30 milionů lidí.
- K masovému použití BZ ve 20. století nedošlo, ale mnohé státy je vyvíjely, USA a VB v obavě z Německa.
- I. Světová válka: užití antraxu – k hubení zvířat. Úspěšný útok yperitem (CHZ)
- Sekty: použití v osamocených případech: Japonsko - sarinový útok, USA , 1984, Dallas, sektou Raineeshees použita salmonela v salátových barech (750 případů, k ovlivnění výsledků místních voleb). Sekta Óm Šinrikjó (Nejvyšší pravda) - před úspěšným útokem sarinem v tokijském metru podnikla 9 neúspěšných pokusů o útok pomocí biologických zbraní.

# Historie užití BZ II

- II. Světová válka: Zájem o výrobu JZ. Rozptýl bacilů moru, použití trichothecinu (mykotoxin)-„žlutý déšť“ v jihovýchodní Asii.
- japonská Jednotka 731, v obsazeném Mandžusku zasypala několik čínských vesnic bombami s blechami nakažených morem - zemřelo nejm. 10 000 lidí. Spekulace o použití bakt. tularemie Ruskou armádou. **Vývoj pokračoval**: USA experimenty s minim 10 agens, i zájem o nemoci rostlin (obilí, rýže). SSSR: jiné skupiny nemocí. Obě velmoci mají velké zásoby antraxu.
- Studená válka - vůdčí role SSSR, vybudoval vojenský biologický průmysl Biopreparat. USA – vyspělý program, testování v Koreji. Další: VB, JAR (vývoj etnicky selektivních organismů).



# Historie užití BZ III

## 20. století

- Irák: rozvinutý biologický program v 80. letech. Oficiálně přiznal: B antracis, CI botulinum, CI perfringens, Enterovirus 17 (konjunktivitidy), rotavirus, virus neštovic velbloudů. Purifikace biotoxinů: botulotoxin, ricin, aflatoxin. Od 1989 velkovýroba antraxu – přes 8 000! Operce Pouštní bouře, embargo, ukončení výroby a výzkumu koncem 90. let.
- Antrax v listovních zásilkách v USA po 11. září 2001. 3 případy na Floridě, 1 úmrtí.

# Historie užití BZ IV

- Současnost: posledních 20 let zlepšení výrobních technik - výroba více virulentních organismů. Genetické modifikace: nepatogenní organismy získaly patogenní ráz.
- Budoucnost: Dalekosáhlé následky genetického inženýrství pro CHZ a BZ: potenciál pro zlepšení virulence začleněním genů (*specifické části DNA*) umožňujících zvýšení produkce patogenu nebo toxinu. Vrcholem by byla binární biologická zbraň (za šířením jedné nemoci je skryté šíření další, závažné nemoci). Nejistitelné viry, aktivace startérem. Modifikace zoonotických agens k humánní patogenitě. Zvýšení ATB rezist.

# Mezinárodní přístup a konvence



- 1925 Ženevský protokol
- 1946 BZ se řadí mezi zbraně hromadného ničení
- 1969 Vývoj BZ ukončen v USA
- 1972 Úmluva o zákazu vývoje, výroby a hromadění zásob bakteriologických (biologických) a toxinových zbraní a o jejich zničení, platnost od 1975. Ne všechny státy ratifikovaly.  
Pochybnosti o jejím dodržování některými státy.
- ČR (ani ČSSR) nikdy nevyráběla ani nevyvíjela biologické zbraně.
- V ČR je orgánem odpovědným za dodržování závazků z úmluvy Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB).

# Základní pojmy

- biologická válka
  - bioterrorismus
  - biokriminalita
- Mikroorganismy nejsou ideální zbraň válečná, ale teroristická



# Biologická válka

- Útok biologickými zbraněmi, který je připraven, organizován a uskutečněn **státem proti jinému státu nebo jejich skupině**.
- Tajná činnost.
- Dostatek financí, vědecká a výzkumná pracoviště s vhodným vybavením, odborníci, spolupráce s armádou. Transport biologických prostředků nad území protivníka.
- Stát může použít širšího spektrum biologických prostředků, pokud zajistí ochranu vlastního vojska a obyvatel léky a vakcínami.

# Bioterorismus

Neoprávněné použití síly nebo násilí proti osobám nebo majetku, k zastrašování nebo přinucení vlády, civilního obyvatelstva nebo jiného segmentu, k uskutečňování politických nebo sociálních cílů (náboženských nebo ideologických).

Forma psychologické války, kterou vede malá skrytá skupina popř. jednotlivec.

Příprava a použití biologických zbraní tzv. **nezávislými skupinami, které nejsou zřízeny ani řízeny státem.** Skupiny jsou organizované, mají dostatek finančních prostředků a přístup ke vzdělání. Bez výhod využití státní ochrany a utajení.

# Biokriminalita

- Použití biologických zbraní proti skupině lidí, jednotlivcům, zvířatům, rostlinám.
- Podstatně menší rozsah, nejslabší materiální i odborná vybavenost.
- Motivem může být např. pomsta nebo poškození konkurenta.
- Prostředky k zasažení osob pocházejí pravděpodobně z krádeží v laboratořích a šířeny jsou bez odborných znalostí.
- I biokriminalita může vést k velkým škodám a rozruchu mezi obyvatelstvem.

# Specifické vlastnosti a požadavky na mikroby pro BZ

- dostupnost
- většina agens je k nalezení volně v přírodě
- snadná produkce v dostatečném množství
- schopnost usmrtit či zneschopnit člověka
- vhodná velikost částic pro použití v aerosolu
- jednoduché rozšíření v obyvatelstvu
- stabilita během skladování
- odolnost vůči vlivům prostředí
- **infekční dávka – patogenita – inkubační doba**





# Dělení BZ

prostředky k zasažení osob

prostředky k zasažení zvířat

prostředky k ničení polních a lesních kultur (herbicidy, defolianty, desikanty)

Dělení podle původce onemocnění: bakterie, rickettsie, chlamydie, viry, plísňe či mikroskopické houby

# Kategorizace BZ (B agens)

CDC i ECDC rozděluje B-agens do třech kategorií (A, B a C) podle pravděpodobnosti jejich použití a nebezpečnosti. Kritéria: dostupnost, výsledná mortalita, dopad na zdraví populace, možnost rozšíření, následného přenosu, možnost paniky.

Skupina	agens
A	Bacillus anthracis, Yersinia pestis, Francisella tularensis, Variola major, Virové hemoragické horečky, Clostridium botulinum
B	Brucelosa, Vozhřivka, Ricin, Cholera, Q horečka, Žlutá zimnice, Shigela, Salmonela sp., Escherichia coli O157:H7
C	Nipah virus, Hantavirus, SARS, HIV, Virus ptačí chřipky (varianta H5N1), nebo MDR-TB

Budoucnost: nově vznikající patogeny a toxiny, geneticky upravené - možné masové rozšíření. Snadná výroba, rozšíření, potenciální schopnost vysoké mortality i morbidity.

# Přehled biologických zbraní

agens	nákaza
Bakterie	sněť slezinná (antrax), mor (dýmějový, plicní, prasečí), tularemie, žláznaté sněti (melioidóza, vozňřivka), brucelóza (maltská horečka), plynatá sněť, cholera, břišní tyfus, legionářská nemoc, TBC
Rickettsiózy	horečka Q, skvrnitý tyfus
Viry	Neštovice (pravé, kravské, opičí), krvácivé horečky (mj. Ebola, Marburg, Machupo, Junin, Kongo-Krym, Rift Valley, Lassa), chřipka, encefalitida (zejména venezuelská koňská), kulhavka, slintavka, ornitóza, psitakóza
Toxiny	bakter. (botulotoxin, enterotoxin), protoz. (saxitoxin), plísni (mykotoxiny), rostlin (aflatoxin, ricin) a živočichů (měkkýši, ryby, žáby)

# Mechanismus zasažení osob

Základní způsoby:

- vdechnutí
- požití
- přes kůži
- kontaminace povrchů (infikované prádlo, oděvy, lůžkoviny nebo nádobí)
- pomocí vehikul a vektorů

# Mechanismus zasažení osob

## Vdechnutí aerosolu

- Nejreálnější, nejpravděpodobnější, neúčinnější.
- Nejčastěji v podobě kouře, velikost částic 1-5 mikrometrů = **respirabilní frakce**. Aerosoly mikrobů, toxinů lidskými smysly nezachytíme.
- Výhody z hlediska zneužití: obtížná diagnostika, široká oblast pokrytí, vysoká závažnost a smrtnost onemocnění, zasažení velkého počtu lidí vysokou dávkou agens, dobrý průnik v různých prostředích.
- Doprava agens na místo zneužití v suché nebo vlhké formě. Lineární (letadlo) i stacionární (bodové) zdroje kontaminace.

# Mechanismus zasažení osob

## Požítí (ingesce)

- nejčastěji požitím uměle kontaminované vody, potravin nebo vodou určenou k mytí, koupání.
- Ve **vodě** některá agens přežívají i několik měsíců, velké naředění.
- Vhodné pro agens s malou infekční dávkou nebo pro šíření toxinů (účinné i při velkém naředění). Rozvinuté země mají vyvinuté systémy čištění vody, pravděpodobnější je spíše teroristický, než vojenský útok.
- **Potraviny** slouží jako pomnožovací medium pro agens. Nerovnoměrná kontaminace potravin - nemusí onemocnět všichni konzumenti.

# Průnik kůží (inokulace)

- Pomocí vektorů - komáři, mouchy, klíšťata a vši. Inokulace vpichem, kousnutím, bodnutím. Injekce toxickými náboji s biologickým agens.
- Hrozí riziko nákazy i u těch, kteří biologickou zbraň připravují.
- K pomnožení agens může docházet i v přenašeči = aktivní způsob přenosu. Mechanické šíření, například kontaminovanými končetinami hmyzu.
- Nevýhody: nákladnost, složitá produkce vektoru, omezené možnosti jeho skladování, možná interakce s přirozenými vektory, likvidace insekticidy. Závislost na klimatických podmínkách.
- Méně pravděpodobný způsob.

# Mechanismus zasažení osob

## Povrchovou kontaminací

- Dochází k infikování povrchu lidského těla a ran v širším významu. K přenosu může docházet prostřednictvím oděvů, lůžkovin, prádla či nádobí. Neporušená kůže tvoří poměrně dobrou bariéru proti vniknutí biologického agens, proto je tento způsob použití biologických agens málo pravděpodobný.



# Toxiny (biologické jedy)

- Produkty živých organismů.
- Podle západní doktríny: biologické zbraně, podle ruské: chemické látky.
- **Botulismus** 1) nákaza bakterií *Cl. botulinum*, 2) otrava botulotoxinem této bakterie.
- Zdroje toxinů: bakterie, plísně, prvoci, rostliny i živočichové.
  - Sekta Óm Šinrikjó několikrát rozptýlila botulotoxin nad japonskými městy.
  - Nedávné výzkumy dokazují, že protektora Reinharda Heydricha ve skutečnosti zabil botulotoxin z britského granátu, který byl při atentátu použit.
- **Ricin - jed získaný z rostliny skočec obecný (*Ricinus communis*), aflatoxin, enterotoxin.** KGB - vraždy oponentů režimu.



25 Zápatí prezentace <https://zoommagazin.iprima.cz/historie/spionske-otravy-jedy>

- ČR nedávno: údajný příjezd agenta, který měl ohrozit na životě české regionální politiky.

# Principy ochrany proti BZ

Soubor opatření preventivních  
a po uskutečněném útoku:

- včasné varování
- diagnostika biologických agens
- fyzická ochrana
- dekontaminace
- zdravotnicko- protibiologická opatření. Významné místo hygienické služby.
- Opatření nezabrání použití BZ, ale mohou minimalizovat dopady na obyvatelstvo.



# Opatření při biologickém napadení

Prvním signálem biologického napadení bude velký počet nemocných nebo neočekávaný průběh onemocnění.

Opatření budou podobná jako v případě přírodní epidemie:

- včasné použití ochranných prostředků jednotlivců
- zabezpečení nezávadné pitné vody a potravin
- zajištění vhodných úkrytů k ochraně osob
- zdravotní a lékařská péče (prevence i následná pomoc postiženým).

# Preventivní a profylaktická opatření

– Mechanické bariéry těla (kůže a sliznice) - primární obrana proti infekci.

– Imunitní systém – druhá linie obrany.

Očkování = aktivní imunizace. Nejdůležitější zdravotnické preventivní opatření. **Zpožděný účinek vakcíny** - vznik protilátek trvá obv. týdny. Podání injekčně, perorálně. Trvání a kvalita ochrany je různá, v závislosti na druhu vakcíny a patogenu - většinu očkování je nutno opakovat. Pro některá onemocnění vakcíny vůbec neexistují.

Postexpoziční profylaxe = pasivní imunizace. Organismu jsou dodány připravené protilátky proti agens. **Ochranný efekt je okamžitý, ale časově omezený**

# Včasné varování

Informace zpravodajských služeb. **Pozorování** průzkumných jednotek, technické metody **nespecifické detekce** v ovzduší, rychlá identifikace z různých druhů vzorků, zejména vody.

Detekce = jistota, že bylo použito biologické agens, ještě není jeho identifikace.

**Specifická detekce** z odebraného biologického materiálu (krev, moč). Test založený na principu pozitivivity a negativivity. V případě pozitivivity odběr dostatku biologického materiálu/materiálu z prostředí, jeho vhodný transport do **laboratoře k přesné identifikace patogenu**.

# Opatření v ohnisku nákazy

Vzniká **ohnisko nákazy**. Přijmout **epidemická, klinická a laboratorní kritéria** nutná pro analýzu epidemického procesu a vyslovení **pracovních hypotéz** o zdroji nákazy a způsobu přenosu.

– **Vyhodnocování základních charakteristik** - osoba, místo a čas.

– Metodou práce je **epidemiologická anamnéza**.

Zaměřena na možnost expozice osob infekčnímu agens s úvahou minimální délky inkubační doby. Důležité charakteristiky: věk, pohlaví, zaměstnání a socioekonomické podmínky. Detailní analýza specifické nákazy. Výskyt nákazy je zaznamenáván dle data, kdy se projeví první příznaky.

# Opatření v ohnisku

- Určit, zda nákaza vznikla přirozeně nebo byla vyvolána uměle. Stanovit rozsah postižení populace a možné cesty přenosu ze zaznamenaných příznaků a klinických symptomů.
  - Odběry a transport vhodného materiálu.
  - Laboratorní diagnostika infekčního agens umožní zahájit represivní opatření a léčbu.
- Epidemiologické šetření je prováděno stejným způsobem jako šetření přirozených epidemií.
- Objektivní poznatky je nutné předat krizovému štábu a mediím.

# Represivní opatření a léčba

- IZOLACE
- OBSERVACE
- ZDRAVOTNICKÝ DOHLED
- KARANTÉNA
- DEKONTAMINACE





# Opatření v ohnisku nákazy

- **Izolace a odběr vzorku od postižených/exponovaných osob.** Systematický cílený dohled nad postiženými/exponovanými osobami.
- **Observace:** omezení pohybu exponovaných osob v ohnisku nákazy a vzájemných kontaktů postižených/exponovaných osob, jejich včasná izolace. Zdravotnický dohled u izolovaných osob.
- Zajištění odběru vzorků na laboratorní vyšetření. Zajištění léčby - hospitalizace nemocných.
- Neodkladná profylaxe u postižených a exponovaných osob.
- Komplexní protiepidemický režim v ohnisku nákazy (dezinfekce, ochranné pomůcky, likvidace infekčního materiálu, manipulace s odpady atd.)

# Opatření v ohnisku nákazy

- **Zdravotnický dohled:** vyhledávání dalších nemocných na základě vyhodnocení epidemiologických souvislostí, klinických a laboratorních vyšetření. Denní sledování zdravotního stavu osob.
- **Karanténa:** Observační opatření + úplná izolace ohniska od místního obyvatelstva. Zákaz opuštění karanténního prostoru, zákaz vjezdu do ohniska nákazy. Vstup do karantény povolen pouze na určená místa nevnímavým osobám s ochrannými prostředky. Maximální omezení kontaktů v karanténě. Logistické zabezpečení jde zvláštní cestou. Kontrola plnění karanténních opatření - nutné posílení Hygienické služby.
- Ukončení karantény po uplynutí maximální ID ode dne izolace posledního nemocného po provedení konečné ohniskové DF.

# Opatření v ohnisku nákazy

- **Dekontaminace** je proces, kterým se odstraňují nebo zneškodňují škodlivé látky. Požadavky: technické provedení, účinnost a rychlost dekontaminačního procesu, ekonomická dostupnost.
- **Desinfekci šatstva, osob, zařízení a budov.**
- **Mechanická dekontaminace** je opatření vedoucí k odstranění biologické látky. Metody fyzikální, termochemické.  
**Dekontaminace musí být prováděna co nejdříve po zamoření, mimo zamořený prostor.**
- **1. je dekontaminace osob, pak techniky a materiálu.**

# Ochrana obyvatelstva

Základní pravidla chování obyvatel při podezření na zásah biologickými agens:

- Nepoužívat **vodu** z neznámých a nezjištěných zdrojů a umět si připravit vodu pomocí chemických dezinfekčních prostředků nebo převařením.
- Vyhýbat se **potravinám** neprověřeným nebo nechráněným pevnými obaly.
- Nedotýkat se a neprohližet podezřelé **předměty**.
- Udržovat **čistotu** těla i za nepříznivých podmínek.
- Při známkách onemocnění ihned **vyhledat zdravotnickou pomoc**.

# Krizové řízení

Souhrn řídicích činností věcně příslušných orgánů k analýze a vyhodnocení bezpečnostních rizik, plánování, organizování, realizaci a kontrole činností při řešení krizové situace.

## Orgány krizového řízení:

- vláda ČR
- ministerstva a jiné správní úřady
- kraje, orgány s územní působností, obce. V krajích a obcích **bezpečnostní rady** jako koordinální orgány pro přípravu na krizové situace a **krizové štáby** jako poradní pracovní orgány pro řešení krizových situací.



# Krizové řízení

Vláda: zřizuje **Ústřední krizový štáb** - pracovní orgán při přípravě na krizové situace a k jejich řešení.

**Ministerstvo zdravotnictví - kompetence:**

- vyhlásit na území, kde je vyhlášen krizový stav, opatření proti šíření přenosných nemocí
- oprávnění stanovit opatření k ochraně veřejného zdraví a koordinovat činnost OOVZ (Krajské hygienické stanice, Zdravotní ústavy).
- zajistit nákup a distribuci potřebných pomůcek a imunobiologických přípravků
- zajistit mn. spolupráci k ochraně veřejného zdraví
- koordinovat činnost zdravotnických složek.

**Ministerstvo vnitra - koordinace** přípravy na krizové stavy a jejich

řešení.

# Výroba BZ

- Primární ochrana personálu a interního laboratorního prostředí: zajištěna ochrannými obleky a dalším bezpečnostním vybavením.
- Sekundární ochrana externího prostředí: zajištěna konstrukcí laboratoří a dodržováním postupů a pravidel.

Pro účely práce s biologicky nebezpečnými látkami definovány 4 úrovně zabezpečení:

- **BL-1 – Biosafety level 1 – bezpečností úroveň 1**

- Vhodná pro práci s dobře známými látkami a agenty, kde nehrozí žádné či malé nebezpečí pro personál a prostředí. Laboratoř nemusí být nutně oddělena od ostatních frekventovaných částí budovy. Práce se realizuje na otevřených stolech při standardních mikrobiologických postupech. Zvláštní ochranná místnost není vyžadována. Takovéto laboratoře najdeme v městských laboratořích pro testování vody, na středních a některých vysokých školách.

# Výroba BZ II

- **BL-2 – Biosafety level 2 – bezpečností úroveň 2**

Práce s agens či středně nebezpečnými látkami. Patří sem agens způsobující nemoci po vdechnutí, vstříknutí jehlou, požití, vstřebání, ale které jsou bezpečné při použití dobrých laboratorních technik. U této úrovně se doporučuje zvláštní ochranná místnost.

- **BL-3 – Biosafety level 3 – bezpečností úroveň 3**

Klinické, diagnostické, vzdělávací a výzkumné instituce, výrobní závody. Agens, které mohou způsobit vážné či smrtelné choroby jako následek vdechnutí. Manipulace s materiálem v bezpečnostních schránkách či místnostech nebo personálem v bezpečnostních oblecích a s vybavením. Laboratoř musí speciálně vybudována a vybavena. Účinný větrací systém s filtry. Žene „čistý“ vzduch proti „kontaminované“ oblasti. Zvláště citlivé částicové filtry dokáží zachytit až 99,97% částic o velikosti 0,3 mikronu a více, což znamená, že všechny mikrobiologické agenty zůstanou zachyceny v tomto filtru. Pro práci s většinou biologických zbraní.



# Výroba BZ III

- **BL-4 – Biosafety level 4 – bezpečností úroveň 4**

Pro práci s vysoce nebezpečnými agens. V USA: laboratoře používané americkou armádou, a to Fort Detrick v Marylandu a CDC v Atlantě. Samostatná budova, nebo uvnitř ochranné zóny. Kompletně oddělena. Stěny, podlahy a stropy laboratoře tvoří vnitřní kryt, který obsahuje dezinfekci a je hmyzutěsný. Větrací systém je na bázi necirkulujícího vzduchu, vzduch cirkuluje z méně ohrožené části místnosti do více ohrožené. Veškeré úkony jako u BL-2/BL-3, personál oblečen v ochranných oblecích zajišťujících základní podmínky k životu. Vstupem, šatna, dekontaminační místnost, obleky z laboratoře zůstávají uvnitř. Vzduch filtrován dvojitými filtry, všechno vybavení je dodáváno pomocí přetlakových a dekontaminačních komor. Ke zkoumání: hemorrag. horečky, Ebola, Junin, Kumlinge, Lassa, Machupo, Marburg, Omsk, FSME, TBE.