

Vysoce nebezpečné nákazy jako potenciální biologické zbraně

MUDr. Eva Pernicová, MBA

Ústav veřejného zdraví LF Masarykovy univerzity, Brno

Centra očkování a cestovní medicíny Avenir, a. s.

Vysoce nebezpečné nákazy (VNN) jsou heterogenní skupinou infekčních onemocnění. Jejich společným rysem je vysoké riziko, které mohou představovat pro lidskou společnost, pokud by došlo k jejich náhodnému či úmyslnému rozšíření. Mohou mít buď závažný klinický až smrtelný průběh, nebo jejich nebezpečnost souvisí s vysokou infekčností či se snadným přenosem na vnímavé jedince. Některé VNN splňují obě kritéria.

Cílem následujícího textu je poskytnout přehled nejvýznamnějších VNN, poukázat na potenciální hrozbu použití těchto agens jako biologických zbraní a představit možnosti, jak snížit riziko či případné důsledky takového útoku.

Klíčová slova: vysoce nebezpečné nákazy, nakažlivost, biologická zbraň, úroveň biologické ochrany dle technického zabezpečení, prevence.

The significance of highly dangerous infections in the context of potential biological weapons

Highly dangerous infections (HDIs) represent a heterogeneous group of infectious diseases. The common feature is the safety hazard they pose to human society if accidentally or intentionally disseminated. Diseases classified as HDIs may either have a severe clinical course and a high mortality rate or be highly infectious and easily transmissible among susceptible individuals. Some HDIs fulfill both conditions.

The aim of the following text is to provide an overview of the most significant HDIs, highlight the potential threat as biological weapons, and present measures designed to reduce these risks or the consequences of such an attack.

Key words: highly dangerous infections, contagiousness, biological weapons, biological safety levels, prevention.

Přehled etiologických agens řazených mezi VNN

Původce VNN můžeme dělit dle různých hledisek: dle způsobu přenosu (např. přímý mezilidský kontakt, kontaminace potravy či vody, přenos ze zvířete či prostřednictvím vektoru), dle druhu infekčního materiálu (kapénky, biologická tekutina, stolice, toxin produkovaný bakterií apod.), dle závažnosti průběhu nemoci a její smrtelnosti a dle charakteru etiologického agens (primárně lidský patogen, primárně zvířecí patogen, biotoxin).

Z pohledu rizika zneužití původců infekčních onemocnění v rámci bioterorismu existují dle amerického CDC (Center of Disease Control) 3 kategorie VNN (1–3).

Kategorie A, nejrizikovější skupina, zahrnuje etiologická agens schopná vyvolat velmi závažná onemocnění s vysokou smrtností, která jsou buď velmi infekční (tj. mají nízkou infekční dávku, ale nemusejí být mezilidsky přenosná nebo jsou vysoko nakažlivá (snadno se šíří mezi lidmi). Patří sem např. původce antraxu *Bacillus anthracis*, toxin *Clostridium*

DECLARATIONS:

Declaration of originality:

The manuscript is original and has not been published or submitted elsewhere.

Ethics approval and consent to participate:

The authors attest that their study is in compliance with human studies committees and animal welfare regulations of the authors' institutions as well as with the Food and Drug Administration guidelines, including patient consent where appropriate. The authors also declare that their paper is in accordance with the World Medical Association Declaration of Helsinki on Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects adopted by the 18th WMA General Assembly in Helsinki, Finland, in June 1964, with subsequent amendments, as well as with the ICMJE Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals, updated in December 2018.

Práce byla podpořena grantovou agenturou Masarykovy univerzity MUNI/A/1366/2022.

Conflict of interest:

Not applicable.

Consent for publication:

Not applicable.

Cit. zkr: **Med. Praxi.** 2024;21(1):47-52

<https://doi.org/10.36290/med.2023.045>

Článek přijat redakcí: 10. 8. 2023

Článek přijat k tisku: 8. 10. 2023

MUDr. Eva Pernicová, MBA

eva.pernicova@avenier.cz

botulinum, *Yersinia pestis*, *Francisella tularensis*, virus pravých neštovic a viroví původci hemoragických horeček (Ebola, Lassa).

Do kategorie B se řadí snadno přenosné patogeny, které vyvolávají níže až středně závažná onemocnění, např. brucelózu, salmonelózu, břišní tyfus, Q-horečku, skvrnitý tyfus, choleru.

V kategorii C se nacházejí tzv. emerging infekce (nově se objevující infekce), tedy původci závažných onemocnění, kteří se snadno šíří mezi vnímavými jedinci a mohou přestavovat hrozbu do budoucna (hantaviry, virus Nipah).

V následujícím textu budou uvedeni pro člověka nejvýznamnější bakteriální a viroví původci VNN. Základní charakteristiky některých z nich shrnuje tabulka 1.

Nejvýznamnější bakteriální zástupci VNN

Bacillus anthracis

Původce onemocnění zvaného antrax je grampozitivní, fakultativně anaerobní sporulující tyčinka *Bacillus anthracis* (4). Primárně se jedná o zvířecí patogen ohrožující především býložravce, kteří se nakazí během pastvy in-

halací či ingescí vysoce odolných spor přítomných v půdě. Podle odhadů však antraxem onemocní každoročně až 100 000 lidí, hlavně ve Střední Asii, na Blízkém Východě, ve Střední a Jižní Americe a v Africe. Zvýšené riziko nákazy je u zemědělců, veterinářů, osob pracujících v potravinářském průmyslu, a také u zaměstnanců mikrobiologických laboratoří (1, 4).

Člověk se může antraxem nakazit přímým kontaktem s nemocným zvířetem nebo jeho produkty, buď prostřednictvím zažívacího traktu, dýchacích cest, poraněnou kůží nebo injekční formou (kontaminací jehly např. u intravenózních narkomanů). Klinické projevy

Tab. 1. Přehled vybraných bakteriálních a virových původců a toxinů řazených mezi VNN (1, 2, 4–8)

Nemoc a původce	Inkubační doba	Cesta přenosu	Interhumánní přenos	Smrtnost	Vakcína
Anthrax (<i>Bacillus anthracis</i>)	většinou 1–6 dní (inhalační forma)	kontakt se zvířaty: inhalace, přes kůži a sliznice, ingesce	minimální riziko	90 % (plicní forma se sepsi)	ano
Mor (<i>Yersinia pestis</i>)	1–7 dní	kontakt se zvířaty: inhalace, přes kůži a sliznice, ingesce; vektor (blecha)	vysoké riziko (plicní forma)	50–90 %	zatím ne
Tularemie (<i>Francisella tularensis</i>)	2–10 dní	inhalace, přes kůži a sliznice kontaktem se zvířaty, ingesce, vektor (klíště, komár, ovád)	ne	30–60 % (bez léčby)	zatím ne
Cholera (<i>Vibrio cholerae</i>)	1–5 dny	fekálně-orálně (hl. nepřímý kontaminovanou vodou); antroponóza	vysoké riziko	1 %	ano
Ebola (virus Ebola)	4–21 dní	inhalace, kontakt s tkáněmi a tělními tekutinami kaloňů a lidí	vysoké riziko	50–90 %	ano (proti subtypu Zaire)
Marburgská horečka (virus Marburg)	2–21 dní	kontakt s tkáněmi a tělními tekutinami infikovaných zvířat a lidí	vysoké riziko (kontakt s tělesnými tekutinami nemocného)	až 95 %	zatím ne
Hemoragická horečka Lassa (virus Lassa)	4–21 dní	kontakt s hlodavci, kontaminace potravy, inhalace, ingesce	možný (krev a tělní tekutiny)	5–25 %	zatím ne
Krýmsko-konžská hemoragická horečka (virus krýmsko-konžské hemoragické horečky)	většinou 1–3 dny	vektor (klíště), kontakt s tkáněmi a tělními tekutinami zvířat a lidí	možný (krev a tělní tekutiny)	10–50 %	zatím ne
Pravé neštovice (variola major virus)	7–17 dní	inhalace, přes sliznice; antroponóza	vysoké riziko	30 %	ano
Hemoragická horečka s renálním syndromem, hanvavírový plicní syndrom (hantaviry)	většinou 14 dní	kontakt s výkaly hlodavců (inhalace)	nízké riziko	až 15 %	ne
Pandemická chřipka (influenza virus)	24 hodin	inhalace, kontaminace povrchů	vysoké riziko	0,2–1,9 %	ano
Ptačí chřipka (influenza virus)	1–10 dní	inhalace (zejm. přímý kontakt s ptáky)	nízké riziko	u H5N1 55 %	ano
SARS (SARS koronavirus)	2–14 dní	přímý kontakt se zvířaty a lidmi (inhalace, fekálně orální), kontaminace předmětů	vysoké riziko	10 %	zatím ne
MERS (MERS koronavirus)	5–14 dní	přímý kontakt se zvířaty a lidmi (inhalace, tělní tekutiny)	nízké riziko (střední riziko ve zdravotnických zařízeních)	35 %	zatím ne
Otrava ricinem (toxin <i>Ricinus communis</i>)	4–24 hodin	inhalace, přes kůži a sliznice, ingesce, injekce	ne	2–6 %	ne, není antidotum
Botulismus (toxin <i>Clostridium botulinum</i>)	12 hodin – 5 dní	ingesce, přes kůži	ne	5–10 % (bez léčby až 50 %)	ano (není všeobecně dostupná)

onemocnění se odvíjejí od místa vstupu a primárního pomnožení etiologického agens (orofaryngeální forma, střevní forma, kožní antrax). Nejvyšší smrtnost (45 %) mívá nákaza inhalační cestou s rizikem rychlého rozvoje septicemie a dalších komplikací. Inkubační doba se v tomto případě pohybuje průměrně mezi 2–10 dny (1, 4).

Kromě přirozeného výskytu v přírodě je *B. anthracis* uchovávan a zkoumán v mnoha laboratořích na světě, což zvyšuje riziko jeho potenciálního zneužití pro útok vůči lidem (2).

Přestože onemocnění není mezilidsky přenosné a je léčitelné antibiotiky, může mít závažný až smrtelný průběh, neboť má-li být terapie účinná, musí být zahájena včas. Očkovací látka proti antraxu (BioThrax) je registrována v USA pro preexpozici i postexpozici profylaxi, také v některých evropských zemích je schválena pro emergentní podání. Běžně však dostupná není a většina populace je tak vůči naze vnímavá. To z antraxu činí potenciální vysoce účinnou biologickou zbraň (1, 9).

Yersinia pestis

Mor neboli „černá smrt“ je vysoce nakažlivé onemocnění, jehož dvě pandemie v 6. a 14. století n. l. podle historických pramenů vyhubily 60 % resp. 40 % evropské populace. V současné době je to infekce poměrně vzácná, stále se však endemicky vyskytuje ve více než 25 zemích světa, vč. Spojených států amerických (1, 10). Poslední velká epidemie moru byla zaznamenána v r. 2017 na Madagaskaru (1, 4).

Vyvolávajícím agens je nepohyblivá, gramnegativní aerobní tyčinka z čeledi *Enterobacteriaceae*, *Yersinia pestis*. Opět se jedná o zoonózu, rezervoárem jsou hlodavci, vektorem přenosu je blecha. K onemocnění člověka dochází poštipáním infikovanou blechou, ale i ingescí nebo inhalací bakterií při kontaktu s nakaženými zvířaty či manipulací s jejich tkáněmi a sekrety. Tři základní formy moru se označují jako bubonický, plicní a septickej mor (4).

Klinicky nejzávažnějším typem je plicní mor s inkubační dobou obvykle 2–4 dny, který je bez rychlé léčby prakticky vždy smrtelný. Na rozdíl od antraxu je plicní forma přenosná na další osoby prostřednictvím kapének z dýchacích cest. Do budoucna může být problémem i rostoucí rezistence na antibiotika, která byla

v posledních letech u *Yersinia* zachycena (1, 4). Specifická prevence onemocnění neexistuje, v případě suspektního kontaktu s původcem moru je možná postexpozici antibiotická profylaxe po dobu jednoho týdne. Nejčastěji se používá doxycyklin nebo ciprofloxacin (1).

Francisella tularensis

Francisella tularensis je gramnegativní, nepohyblivá bakterie způsobující onemocnění nazývané tularemie. Podle geografického rozšíření se původce dělí na čtyři poddruhy: *F. tularensis* spp. *tularensis* (Severní Amerika), *F. tularensis* spp. *holarctica* (Evropa, Asie), *F. tularensis* spp. *novicida* (Severní Amerika), *F. tularensis* spp. *mediasiatica* (Střední Asie). Rezervoárovými zvířaty jsou zajáci, králíci, veverky a jiní hlodavci (4, 6, 11).

Mezi VNN se toto agens řadí z více důvodů. Jedním z nich je velmi nízká infekční dávka (jen 10 až 50 bakterií), dalším je velké množství způsobů, kterými může dojít k přenosu na člověka: prostřednictvím vektoru (klíště, komár, ovád), přímým kontaktem kůže nebo sliznice se zvířaty či jejich tkáněmi, inhalačně, konzumací kontaminované vody či potravy a nedostatečně tepelně upraveným masem pocházejícím z infikovaného zvířete. S místem vstupu nákazy do organismu souvisí i různé klinické projevy tularemie a její dělení: ulceroglandulární, glandulární, okuloglandulární, plicní, orofaryngeální a tyfoidní, případně kombinovaná. Inkubační doba se pohybuje většinou mezi 3 až 6 dny (2, 4, 6, 11, 12). Nejčastější formou je ulceroglandulární tularemie, která se projevuje vznikem bolestivého vředu v místě infekce se zduřením spádových lymfatických uzlin. Plicní forma je nejzávažnější a může vyvolat život ohrožující pneumonii provázenou vykašláváním krvavého sputa (4).

Tularemie není mezilidsky přenosná a je léčitelná antibiotiky (streptomycin, gentamicin, chinolony, tetracykliny), pokud však není včas diagnostikována, může mít fatální průběh.

Z hlediska bioterorismu je kromě vysoké infekčnosti riziková také snadná dostupnost *F. tularensis* v přírodě i laboratořích a nemožnost specifické prevence (4, 6, 12).

Do skupiny VNN můžeme zahrnout i mnohé další bakterie, které splňují podmínky vyso-

ké infekčnosti, snadného mezilidského přenosu (tj. vysoké kontagiozity) či závažného klinického obrazu, který mohou vyvolat. Příkladem jsou *Salmonella* Enteritidis, *Salmonella* Typhi, *Shigella* spp., *Vibrio cholerae*, *Brucella abortus*, *Burkholderia mallei* (původce onemocnění zvaného malleus neboli vozňivka), *Chlamydia psittaci*, polyrezistentní bakterie vč. MRSA (methicillin-resistent *Staphylococcus aureus*) (2, 4, 13).

Nejvýznamnější viroví zástupci VNN

Koronavirové nákazy

Infekce SARS (Severe Acute Respiratory Syndrom) a MERS (Middle East Respiratory Syndrom) mají dva hlavní společné rysy: obě nemoci vyvolává druh koronaviru a obě jsou primárně zoonózami přenosnými na člověka.

SARS se poprvé objevil koncem r. 2002 v jižní Číně a v následujícím roce vyvolal epidemii atypických pneumonií s vysokým rizikem rozvoje syndromu akutní respirační tísně (ARDS). Primárním zdrojem etiologického agens v přírodě jsou pravděpodobně netopýři vrápenci, ale byl nalezen i u jiných zvířat. Virus se snadno šíří mezi lidmi, a to respiračními sekrety, kontaktem s kontaminovanými předměty a fekálně-orální cestou (1, 4).

Virus vyvolávající onemocnění MERS byl identifikován v r. 2012 v Saudské Arábii, rezervoárem jsou pravděpodobně velbloudi, k naze člověka dochází blízkým kontaktem se zvířetem (přes respirační sekrety a tělní tekutiny). Mezilidský přenos je možný, zejména ve zdravotnických zařízeních a v domácnostech, ale není tak pravděpodobný jako u SARS. Onemocnění MERS má vyšší letalitu, asi 35 % (1, 4, 14).

Virus Ebola

Onemocnění vyvolané virem Ebola, horečka Ebola, je způsobeno různými subtypy tohoto viru z čeledi *Filoviridae*. Nákaza byla poprvé popsána v roce 1976, kdy došlo ke dvěma epidemiím v Demokratické republice Kongo a Jižním Súdán (1, 15). Rezervoárovým zvířetem jsou pravděpodobně kaloni, kteří infikují další živočichy (primáty, antilopy). Tato zvířata pak mohou sloužit jako mezistupňový přenos viru na člověka prostřednictvím

přímého kontaktu s jejich tkáněmi. Nemoc se přenáší také interhumánně přímým kontaktem s nemocným či zemřelým (krví, slinami, močí, zvratky, pohlavními tekutinami) a prostřednictvím kontaminovaných lůžkovin a oblečení. Šíření infekce v Africe napomáhá špatně dostupná zdravotní péče, nízká úroveň hygieny, zvyklosti spojené s ošetřováním nemocných a místní pohřební rituály (1, 15). Inkubační doba se pohybuje mezi 2 až 21 dny, závisí na subtypu viru, infekční dávce a cestě přenosu (1, 6).

V roce 2014 došlo k nové, 3 roky trvající epidemii horečky Ebola v Západní Africe (Guinea, Libérie, Sierra Leone), která usmrtila více než 11 000 lidí. Znovuobjevení Eboly v letech 2018 až 2020 v Demokratické republice Kongo si vyžádalo asi 2 000 obětí (4, 5, 15, 16).

Přestože již existuje vakcína proti zairiskému subtypu viru Ebola (Ervebo) k preventivnímu i postexpozicičnímu použití (1, 4, 17), nebezpečí infekce spočívá v riziku jejího importu z endemických zemí do celého světa a ve vysoké letalitě, která se udává mezi 25 a 95 % procenty (1, 15).

VNN jako biologické riziko a nástroje bioterorismu

Jako bioteroristický útok se označuje záměrné využití patogenu nebo biotoxinu proti lidem, rostlinám nebo zvířatům. Cílem tohoto činu nemusí být jen způsobení onemocnění či smrti osob nebo zvířat, ale také vyvolání paniky, strachu či společenského kolapsu. Útok směřovaný na zemědělské plodiny nebo hospodářská zvířata může mít rozsáhlé ekonomické následky a dlouhodobě poškodit životní prostředí (2, 13, 18).

Agens vyvolávající VNN tvoří sice z biologického hlediska různorodou skupinu, mají však určité charakteristiky, které z nich činí potenciálně nebezpečné zbraně. Lze je rozdělit do dvou skupin:

- onemocnění s vysokým rizikem těžkého průběhu a s vysokou letalitou v případě nedostupnosti rychlé léčby; často se jedná o primární zoonózy s omezeným mezilidským přenosem (antrax, tularemie, ptačí chřipka),
- nemoci vysoce nakažlivé, a tedy snadno interhumánně přenosné (např. shigelóza, břišní tyfus, chřipka); jen některé z nich

Tab. 2. Některé příklady zneužití původců VNN z historie (2, 3, 16, 18)

Zneužití agens	Historické příklady
<i>Yersinia pestis</i>	Čína, druhá světová válka: japonská jednotka Unit 731 záměrně šířila mor v Mandžusku pomocí infikovaných blech.
<i>Salmonella</i> Typhimurium	USA, 1984: Teroristický útok v Oregonu; sekta Rajneeshee se podílela na kontaminaci salátů v potravinových řetězcích a místních restauracích bakteriemi salmonel, což vedlo k masovému onemocnění obyvatel města.
Toxin <i>C. botulinum</i> a <i>Bacillus anthracis</i>	Japonsko, 1990: sekta Aum Shinri Kyo, neúspěšné pokusy o útok na tokijské metro.
<i>Bacillus anthracis</i>	USA, 2001: útoky na politiky formou dopisu s písmeny obsahujícími práškový antrax, došlo k několika úmrtím.
Ricin	USA, 2013: útok na senátora USA formou dopisu obsahujícího ricin. Dopis byl zachycen při kontrole.

mají současně vysokou smrtnost (plicní forma moru, Ebola, Variola) (2, 18).

Mikroorganismy či toxiny by mohly pocházet:

- z přírodních zdrojů: může se jednat o primárně zvířecí nemoci přenosné na člověka (tularemie, antrax, mor, malleus, SARS, Ebola aj.) nebo se původce běžně vyskytuje v lidské populaci (chřipka, břišní tyfus, shigelóza, cholera) či v prostředí (*C. botulinum*),
- z laboratorí nebo vojenských objektů, které s VNN pracují či je uchovávají. Virus neštovic se v současné době oficiálně vyskytuje pouze ve dvou laboratořích na světě (Atlanta v USA a ruský Koltsov), podobně jsou viry hemoragických horeček za přísných podmínek studovány v omezeném počtu vysoce zabezpečených pracovišť. Řada jiných původců infekčních onemocnění je však široce dostupná, vč. *B. anthracis* (1, 2). V tomto ohledu představují riziko i případné synteticky vyrobené či geneticky upravené patogeny s pozměněnými vlastnostmi a vysokou rezistencí k léčivům (13, 16, 18).

U VNN se mohou uplatňovat různé způsoby přenosu. Přímý přenos charakterizuje přítomnost zdroje etiologického agens a vnímavého jedince ve stejném čase na stejném místě. Může se uskutečnit přes kůži a sliznice (dotek, poranění), vzdušnou cestou nebo přímo fekálně-orálně. U nepřímého přenosu již zdroj není přítomen, k infikování vnímavé osoby může dojít přes kontaminované povrchy nebo předměty, kontaminovanou potravou či vodou, infekčním aerosolem, biologickými tekuti-

namy a prostřednictvím vektoru (blecha, klíště apod.) (1, 6, 13).

Z hlediska potenciálního ohrožení populace je nejrizikovější šíření etiologického agens vzdušnou cestou (aerosolem), rozprášením v otevřeném prostředí či uvnitř budov např. pomocí ventilace. Jinou hrozbou je záměrná kontaminace vody nebo potravin patogeny nebo toxiny. Tato forma bioterorismu je pravděpodobnější v méně rozvinutých zemích, kde stav vodovodní sítě a zajištění bezpečnosti pitné vody a potravin dosahuje nízké úrovně. Méně pravděpodobnou formou šíření původce je využití vektoru (komáři, blechy, klíšťata) nebo cesta perkutánní (zasažení povrchu kůže či záměrné vpravení patogenu přes kůži či sliznice). Spíše teoretickou možností je šíření infekčního agens prostřednictvím lidského nosiče, infikovaných zvířat nebo produktů těchto zvířat (1, 2).

Tabulka 2 uvádí několik příkladů zneužití či pokusů o zneužití biologických agens ve válečném konfliktu nebo v rámci bioterorismu.

Biologická ochrana před původci VNN

Biologickou ochranou se rozumí soubor opatření a postupů, jejichž cílem je vyloučení rizika expozice osob a vnějšího prostředí původcům nebezpečných nákaz v laboratořích a v místech určených pro péči o nemocné (1, 18).

K zajištění bezpečnosti laboratoří manipulujících s infekčními agens se v české legislativě používá dělení dle úrovně technického zabezpečení (ÚTZ). Zahrnuje kategorie 1 až 4, s rostoucím číslem stoupají také nároky na ochranu personálu, vybavení pracovišť a stavebně technická opatření. Kategorie ÚTZ v podstatě odpovídají tzv. biological safety

level (BSL) 1 až 4, které se ke stejnému účelu používají v anglicky psané literatuře a často také v českých odborných textech a učebnicích (1, 18, 19).

Úroveň BSL-1 má nejnižší nároky na vybavení a ochranu před biologickými agens. Tyto laboratoře jsou určeny pro práci s mikroorganismy a materiály nízké rizikovými pro lidské zdraví. Dodržují se zde základní bezpečnostní opatření vč. nošení ochranných pomůcek, správná manipulace s infekčními agens a vhodná likvidace odpadů (1, 19).

BSL-2 zahrnuje laboratoře určené pro práci s mírně až středně nebezpečnými infekčními agens (*Salmonella* spp., virus chřipky a mnoho jiných), u nichž je však malé riziko šíření infekce do populace. Manipulace s těmito mikroorganismy vyžaduje dodržování přísnějších postupů a vyšší stupeň zabezpečení. Používají se dodatečná ochranná opatření, jako je nošení rukavic, laboratorního pláště a ochranných brýlí (1, 19).

Pro zacházení s vysoce nebezpečnými mikroorganismy, které mohou vyvolávat smrtelná onemocnění lidí, případně mají vysoký potenciál přenosu formou aerosolu, je nutná **úroveň BSL-3**. Pokročilé technické vybavení má minimalizovat riziko šíření těchto infekčních agens, pracovníci musejí dodržovat přísná pravidla hygieny a nosit speciální ochranné obleky a respirátory. Tato úroveň bezpečnosti je nutná pro zacházení např. s původci moru, tularemie, tuberkulózy, s hantaviry či virem SARS (1, 19).

Pracoviště s nejvyšší úrovní biologické bezpečnosti se označují jako **BSL-4**. Pouze v těchto laboratořích je možné manipulovat s extrémně nebezpečnými patogeny (virus Ebola, Marburg, Lassa aj., variola), které mohou vyvolat smrtelné onemocnění člověka a u nichž často neexistuje specifická prevence ani léčba. Zaměstnanci těchto laboratoří nosí speciální ochranné obleky, absolvují bezpečnostní školení a přísně dodržují pracovní postupy. Vstup na pracoviště se monitoruje a je

omezen na oprávněné osoby, musí zde být nezávislý ventilační systém a jsou zde nejprísnější nároky na dekontaminační a dezinfekční postupy a zacházení s odpady (1, 19).

Požadavky na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v laboratořích všech úrovní lze nalézt v příslušné evropské normě ČSN EN 12741 (831036).

Ochrana před VNN a její limity

Sledování rizik v reálném čase se založeno na krátkodobých i dlouhodobých analýzách bezpečnostní situace dané země, na jejichž podkladě je možné předvídat a komplexně hodnotit případné biologické nebezpečí. V tomto ohledu představují první linii zpravodajské služby a policie. Detekci a sledování výskytu patogenů z pohledu změn klimatu a migrace obyvatel, s čímž souvisejí změny v zastoupení mikroorganismů, mají za úkol odlišné instituce, zejm. orgány ochrany veřejného zdraví, poskytovatelé zdravotních služeb a armáda. Cílem je rychlá identifikace vysoce nebezpečných mikroorganismů vč. nových patogenů, která je podkladem včasného odhalení jejich potenciálního negativního vlivu na populaci a životní prostředí a představuje systém včasného varování. Následovat by měla primární a sekundární prevence a příslušná nouzová opatření (1, 13).

Základem prevence a kontroly infekčních nemocí je očkování. Proti řadě původců VNN ale vakcinace buď neexistuje vůbec, nebo není všeobecně dostupná, a to ani ve formě postexpozici profylaxe. Nové technologie s využitím syntetické biologie, genomiky a proteomiky jsou však příslibem pro vývoj nových vakcín a léčiv proti již známým původcům VNN, a také vůči těm nově se objevujícím (13).

Krizové postupy se v případě výskytu VNN v ČR opírají o tzv. systém připravenosti zahrnující kooperaci a komunikaci mezi zdravotníky, orgány ochrany veřejného zdraví, hasičským záchranným sborem, policií a armádou. Účelem je rychlé zhodnocení rizika, efektivní

likvidace původce a správná implementace a řízení mimořádných opatření a postupů s cílem redukovat následky této události (1).

V případě skutečného ohrožení biologickým agens však nemusejí (vzhledem k rozsahu a mimořádnosti situace) uvedená opatření efektivně fungovat. Jedním z hlavních důvodů může být nedostatek školeného personálu, ochranných pomůcek, očkovacích látek, antibiotik, antivirotik či antidot a prostor určených pro karanténu či izolaci (1–3). Dalším nepříznivým aspektem je riziko pozdního rozpoznání hrozby při omezených možnostech detekce patogenu, při neúplnosti informací o něm, na základě nesprávného zhodnocení situace a vinou nedostatečné komunikace a spolupráce mezi programy surveillance, odpovědnými úřady a zasahujícími složkami (3, 16). V neposlední řadě je nutné zmínit také komplikace způsobené případnou panikou obyvatelstva a nerespektováním bezpečnostních instrukcí, např. pokusy o opuštění oblasti, která má být izolována (1, 13).

Závěr

Vysoce nebezpečné nákazy jsou infekce, které mohou pro lidstvo představovat vážnou hrozbu vzhledem k vysoké letalitě nebo snadnému šíření v populaci. Často se jedná o onemocnění s krátkou inkubační dobou, u nichž není k dispozici specifická prevence či léčba, nebo tyto možnosti sice existují, ale nebývají v případě potřeby snadno a včas dostupné.

V minulosti již byla některá infekční agens použita jako biologická zbraň a toto riziko stále přetrvává. Epidemiologická bdělost, spolupráce všech složek zapojených do biologické ochrany země, přísný dohled nad bezpečností laboratorních provozů, systém včasného varování a vypracování nouzových postupů na lokální i globální úrovni pro případ VNN jsou jen některými z možností, jak potenciální biologický útok včas odhalit a minimalizovat jeho dopad na lidskou společnost.

LITERATURA

1. Smetana J. Vysoce nebezpečné nákazy. První vydání. Praha: Mladá fronta; 2018.
2. News and Terrorism, Communicating in a crisis [Internet]. National Academy of Sciences; 2004 [cited 2023 Jun 24]. Available from: https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/prep_biological_fact_sheet.pdf.
3. Tin D, Sabeti P, Clotone GR. Bioterrorism: An analysis of bio-

- logical agents used in terrorist events. Am J Emerg Med. 2022 Apr;54:117-121.
4. Janik E, Ceremuga M, Niemcewicz M, et al. Dangerous Pathogens as a Potential Problem for Public Health. Medicina (Mex). 2020 Nov 6;56(11):591.
5. Bezek S, Jaung M, Mackey J. Emergency Triage of Highly Infectious Diseases and Bioterrorism. In: Hidalgo J,

- Woc-Colburn L, editors. Highly Infect Dis Crit Care [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2020 [cited 2023 Jun 24]. p. 23-36. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-33803-9_3.
6. Beneš J. Infekční lékařství. Praha: Galén; 2009.
7. Centers for Disease Control and Prevention, Health Topics A.Z [Internet]. 2022 [cited 2023 Jun 27]. Available

from: <https://www.cdc.gov/health-topics.html#cdc-atozlist>.

8. Center for Disease Control and Prevention, Facts About Ricin [Internet]. 2018 [cited 2023 Jun 27]. Available from: <https://emergency.cdc.gov/agent/ricin/facts.asp>.

9. European Medicines Agency, List of Nationally Authorised Medicinal Products [Internet]. 2022 [cited 2023 Jul 20]. Available from: https://www.ema.europa.eu/en/documents/psusa/anthrax-vaccine-list-nationally-authorised-medicinal-products-psusa/00010771/202112_en.pdf.

10. Center for Disease Control and Prevention, Maps and Statistics, Plague in the United States [Internet]. 2022. [cited 2023 Jul 20]. Available from: <https://www.cdc.gov/plague/maps/index.html>.

11. Center for Disease Control and Prevention, Tularemia [Internet]. 2018 Apr 04 [cited 2023 Jul 25]. Available from: <https://emergency.cdc.gov/agent/tularemia/facts.asp>.

12. Morse S, Henkel R. *Francisella tularensis*: Understanding Reported Occupational Exposures and Laboratory

Methods Used for the Identification of *Francisella tularensis*. *Appl Biosaf*. 2018 Mar;23(1):11-18.

13. Zhou D, Song H, Wang J, et al. Biosafety and biosecurity. *J Biosaf Biosecurity*. 2019 Mar;1(1):15-18.

14. Department of Molecular Virology and Microbiology, SARS and MERS [Internet]. Baylor College of Medicine; 1998-2023 [cited 2023 Jul 28]. Available from: <https://www.bcm.edu/departments/molecular-virology-and-microbiology/emerging-infections-and-biodefense/specific-agents/sars-mers>.

15. WHO, Ebola Virus Disease [Internet]. 2023 [cited 2023 Jun 26]. Available from: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ebola-virus-disease?gclid=Cj0KCQjwqNqkBhDIARIsAFaxvwxWCFFZ-hZwn_uwd1zpMltLzrF6oT-Z7V6dvgdhKpQSFgOnpbBekaAuwpEALw_wcB.

16. Hao R, Liu Y, Shen W, et al. Surveillance of emerging infectious diseases for biosecurity. *Sci China Life Sci*. 2022 Aug;65(8):1504-1516.

17. Center of Disease Prevention and Control, Use of Ebola Vaccine: Expansion of Recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices To Include Two Additional Populations - United States, 2021 [Internet]. 2022 [cited 2023 Jun 28]. Available from: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ebola-virus-disease?gclid=Cj0KCQjwqNqkBhDIARIsAFaxvwxWCFFZ-hZwn_uwd1zpMltLzrF6oT-Z7V6dvgdhKpQSFgOnpbBekaAuwpEALw_wcB.

18. Volk KM, Gering TJ. Predicting Biosecurity Threats: Deployment and Detection of Biological Weapons. In: Trump BD, Florin MV, Perkins E, Linkov I, editors. *Emerg Threats Synth Biol Biotechnol* [Internet]. Dordrecht: Springer Netherlands; 2021 [cited 2023 Jun 18]. p. 195-207. Available from: https://link.springer.com/10.1007/978-94-024-2086-9_13.

19. Bayot ML, King KC. Biohazard Levels. *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 [cited 2023 Jun 17]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535351/> PMID: 30570972.