Baština Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

Biosigurnost i biozaštita u školama: Priručnik

Mirsada Hukić i saradnici

2024-07-16

https://bastina.anubih.ba/handle/123456789/790

Preuzeto s Baštine Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

https://bastina.anubih.ba/



BIOSIGURNOST I BIOZAŠTITA U OSNOVNIM I SREDNJIM ŠKOLAMA

Biosigurnost i biozaštita u osnovnim i srednjim školama

Urednica
Mirsada Hukić

Sarajevo, 2024.

Biosigurnost i biozaštita u osnovnim i srednjim školama

Izdavač
Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

Za izdavača
Muris Čičić

Urednica
Mirsada Hukić

Tehnička urednica
Selma Uzunović

Naslovna strana
Senka Hukić
Alisa Matar Šućurović

Recenzenti
Fatima Numanović
Zoran Keković
Ljiljana Žmak

Lektura
Zenaida Karavdić

Štampa
Dobra knjiga Sarajevo

DTP
TDP Sarajevo

Sarajevo, 2024.

ISBN 978-9926-410-96-4

CIP zapis dostupan u COBISS sistemu Nacionalne i univerzitetske biblioteke BiH pod ID brojem 60322054

Priručnik je štampan zahvaljujući finansijskoj podršci
Bošnjačkog instituta Fondacija Adila Zulfikarpašića

AUTORI

Prof. dr. sc. Jurica Arapović, dr. med.

Centar za kontrolu bolesti i geozdravstvene studije, ANUBiH, Sarajevo
Medicinski fakultet Sveučilišta u Mostaru, Mostar
Klinika za infektivne bolesti, Sveučilišna klinička bolnica Mostar, Mostar, Bosna i Hercegovina

Izv. prof. dr. sc. Maja Arapović, dr. med. vet.

Medicinski fakultet Sveučilišta u Mostaru, Mostar,
Zavod za javno zdravstvo Federacije Bosne i Hercegovine, Mostar, Bosna i Hercegovina

Prof. dr. sc. Monia Avdić

Centar za kontrolu bolesti i geozdravstvene studije, ANUBiH, Sarajevo
The Faculty of Engineering, Natural and Medical Sciences, International Burch University, Sarajevo

Mr. sc. Dženisa Buljugić, MA, prof., dipl. ing. biologije

Druga gimnazija Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Prof. dr. sc. Teufik Goletić, dr. med. vet.

Univerzitet u Sarajevu – Veterinarski fakultet, Sarajevo, Bosna i Hercegovina
Centar za kontrolu bolesti i geozdravstvene studije, ANUBiH, Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Izv. prof. dr. sc. Aida Hadžić-Selmanagić

Katedra za morfologiju zuba, dentalnu antropologiju i forenziku, Stomatološki fakultet sa kliničkim centrom u Sarajevu, Univerzitet u Sarajevu, Bosna i Hercegovina

Mr. sc. Dolores Hadžić, MA, prof. bachelor biohemije i fiziologije

Druga gimnazija Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Mr. sc. Almedina Hadžihasanović Moro, dr. med.

Klinička mikrobiologija, Klinički centar Univerziteta u Sarajevu

Prof. dr. sc. Jasminka Hasić Telović

Univerzitet Sarajevska škola za nauku i tehnologiju, Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Prof. dr. sc. Mirsada Hukić, dr. med.

Centar za kontrolu bolesti i geozdravstvene studije, ANUBiH, Sarajevo, Bosna i Hercegovina
PZU Zavod za biomedicinsku dijagnostiku i ispitivanje "Nalaz", Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Senka Hukić Glamočak, akademska grafičarka

JUMS Građevinsko-geodetska škola, Tuzla, Bosna i Hercegovina

Enes Hukić, softver inžinjer

Itilla d.o.o. Tuzla
PZU Zavod za biomedicinsku dijagnostiku i ispitivanje "Nalaz" Tuzla, Bosna i Hercegovina

Prof. dr. sc. Almir Karabegović

Centar za kontrolu bolesti i geozdravstvene studije, ANUBiH
Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Bosna i Hercegovina

Dr. sc. Mersad Omanović, dipl. ing. hort.

KJKP "Park" d.o.o. Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Dr. sc. Maja Ostojić, dr. med.

Centar za kontrolu bolesti i geozdravstvene studije, ANUBiH, Sarajevo
Zavod za javno zdravstvo Federacije Bosne i Hercegovine, Mostar

Prof. dr. sc. Aida Pilav, dr. med.

Zavod za javno zdravstvo Sarajevo
Fakultet zdravstvenih studija, Univerzitet u Sarajevu, Bosna i Hercegovina

Prof. dr. Mirza Ponjavić, dipl. ing. geod.

Centar za kontrolu bolesti i geozdravstvene studije, ANUBiH
Odsjek za građevinarstvo, International Burch University, Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Mr. sc. Mirza Rastoder

Univerzitet Sarajevska škola za nauku i tehnologiju, Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Dr. sc. Adis Softić, stručni savjetnik

Katedra za animalnu proizvodnju i biotehnologiju, Univerzitet u Sarajevu – Veterinarski fakultet

Dr. sc. Enes Šačić, dr. med., prim.

Javna ustanova Dom zdravlja Kantona Sarajevo, Sarajevo

Prof. dr. sc. Selma Uzunović, dr. med.

Centar za kontrolu bolesti i geozdravstvene studije, ANUBiH, Sarajevo
Medicinski fakultet, Univerzitet u Zenici, Bosna i Hercegovina

SADRŽAJ

PREDGOVOR 9

Mirsada Hukić
BIOSIGURNOST 11

Selma Uzunović
MIKROSVIJET 16

Maja Ostojić
MIKROORGANIZMI KOJI SU MIJENJALI SVIJET 26

Mirsada Hukić
IMUNOST NA INFEKCIJU 42

Enes Šačić
IMUNIZACIJA 46

Monia Avdić i Mirsada Hukić
ANTIMIKROBNA SREDSTVA 63

Jurica Arapović, Maja Arapović
ZARAZNE BOLESTI I PREVENCIJA 70

Teufik Goletić, Adis Softić
ZOONOZE I BIOTERORIZAM 89

Aida Hadžić-Selmanagić
DENTALNA MEDICINA U ŠKOLAMA: ZNAČAJ ORALNOG ZDRAVLJA, PREVENCIJA I BIOSIGURNOST 112

Almedina Hadžihasanović Moro
LIČNA I OKOLIŠNA BIOZAŠTITA 119

Mirsada Hukić, Monia Avdić
REAKCIJA NA BIOSIGURNOSNE IZAZOVE U LABORATORIJI 140

Aida Pilav
STVARANJE HIGIJENSKI ZDRAVOGA OKRUŽENJA U ŠKOLAMA 145

SADRŽAJ

Mersad Omanović
EKOLOŠKA INTELIGENCIJA U SLUŽBI BIOZAŠTITE I BIOSIGURNOSTI 155

Mirza Ponjavić
GEOINFORMACIJE U EPIDEMIOLOŠKOM ISTRAŽIVANJU 159

Almir Karabegović
INFORMATIČKA PISMENOST I DIGITALNE KOMPETENCIJE NASTAVNIKA I UČENIKA U KONTEKSTU BIOSIGURNOSTI 171

Jasminka Hasić Telalović, Mirza Rastoder
ŠTA NAM DONOSE NOVE TEHNOLOGIJE? 177

Enes Hukić
SAJBERBIOSIGURNOST I SAJBERSIGURNOST 188

Senka Hukić Glamočak
UMJETNOST U SLUŽBI BIOSIGURNOSTI I BIOZAŠTITE 194

Buljugić Dženisa, Dolores Hadžić
PREDSTAVLJANJE TEMATSKIH CJELINA I KURIKULUMA U PODRUČJU BIOSIGURNOSTI I BIOZAŠTITE U OSNOVNIM I SREDNJIM ŠKOLAMA BOSNE I HERCEGOVINE 210

PREDGOVOR

Početak 21. vijeka obilježile su prirodne katastrofe poput zemljotresa, poplava, suša i olujnih vjetrova, kao i veliki ratovi, migracije ljudi, epidemije i pandemije. Istovremeno, događa se i četvrta industrijska revolucija s brzim razvojem i uvođenjem novih tehnologija. Ozbiljne katastrofe, krize i industrijska transformacija omogućile su uočavanje slabosti zajednica, društava i država u rješavanju i otklanjanju problema i posljedica manje ili više nepredviđenih situacija.

Posljednja pandemija COVID-19 naglasila je brojne slabosti globalnog društva, uključujući nedostatak strateških kapaciteta, ekonomsku ranjivost, političku nestabilnost te važnost međunarodne saradnje, solidarnosti i tačnog izvještavanja. Kao posebno značajan faktor u suzbijanju epidemije istaknuta je važnost obrazovanja te multidisciplinarni i transdisciplinarni pristup u naučnim istraživanjima.

U današnjem modernom društvu, gdje su izazovi bioloških prijetnji brojni, postavlja se ključno pitanje kako oblikovati obrazovanje za sadašnje i buduće generacije. U središtu ovog pitanja stoji ne samo otkrivanje tajni mikrosvijeta, prirodnih zakonitosti i novih tehnologija već i usvajanje visokih standarda biosigurnosti i biozaštite stanovništva. Za postizanje tog cilja ključno je započeti s edukacijom već u školskoj dobi. Ideja je da kroz obrazovni sistem učenici osnovnih i srednjih škola uče o pravilnom postupanju s biološkim materijalima, genetskim istraživanjima i etičkim aspektima rada sa živim organizmima.

Važnosti promocije vrijednosti čuvanja ljudskog zdravlja, prevencije zaraznih bolesti i zaštita okoliša bile su glavni motiv za pokretanje projekta "Biosigurnost i biozaštita u osnovnim i srednjim školama u Bosni i Hercegovini". Ovaj projekt predstavlja izuzetno važan korak u edukaciji i osposobljavanju učenika za prepoznavanje, razumijevanje i reagovanje na biološke prijetnje u njihovom okruženju. Cilj projekta je osposobiti učenike da aktivno doprinose očuvanju zdravlja ljudi i zaštiti okoliša putem usvajanja osnovnih principa biosigurnosti i biozaštite. Kroz obrazovni sistem, učenici će imati priliku upoznati se s opasnostima bolesti i načinima njihovog

širenja, razviti svijest o prisutnosti mikrosvijeta te naučiti kako primijeniti principe biosigurnosti u svakodnevnom životu. Također, bit će upoznati s važnošću stručnog, naučnog i globalnog pristupa u prevenciji širenja zaraznih bolesti. Projekt treba potaknuti razvoj digitalnih kompetencija učenika kroz izradu digitalnih materijala te razvoj komunikacijskih i prezentacijskih vještina. Sudjelovanje u istraživačkom radu potaknut će popularizaciju nauke i istraživanja među učenicima, promovirajući saradnički odnos između učenika i mentora. Kontinuirano stručno usavršavanje učenika, nastavnika i drugih stručnih saradnika bit će ključno za uspješnu implementaciju ovog projekta.

Ovaj projekt ima potencijal da doprinese stvaranju svijesti o važnosti prevencije zaraznih bolesti i zaštite okoliša među mladima i širom zajednicom. Široka saradnja u oblasti biosigurnosti stručnjaka iz različitih područja, učitelja, pedagoga, zdravstvenih profesionalaca, eksperta iz oblasti novih tehnologija i umjetnika čini projekt zanimljivim, modernim i privlačnim za učenike. Integracija principa biosigurnosti i biozaštite u obrazovni sistem osigurat će da buduće generacije postanu odgovorni građani i lideri u borbi protiv bioloških prijetnji i očuvanju planetarnog zdravlja.

Centar za kontrolu bolesti i geozdravstvene studije Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine (Centar) prepoznao je značaj Projekta "Biosigurnost i biozaštita u osnovnim i srednjim školama", koji je pokrenut 2020. godine u Hrvatskoj u okviru Hrvatskog društva za biosigurnost i biozaštitu. U dogovoru s kolegama iz Hrvatske pokrenut je sličan projekt u Bosni i Hercegovini. Mnoge osnovne i srednje škole, univerziteti, zavodi za javno zdravstvo, kliničke i mikrobiološke laboratorije, udruženja i pojedinci iz Bosne i Hercegovine pridružili su se Projektu i aktivno uključili u rad s učenicima. Uspostavljena je bliska saradnja Centra s Udruženjem za biosigurnost i biozaštitu Republike Hrvatske, te se uskoro očekuje potpisivanje ugovora o saradnji kako bi projekt zvanično postao međunarodni.

Poziv za saradnju je trajno otvoren za sve zainteresirane institucije, udruženja i škole u zemlji i inostranstvu.

Mirsada Hukić

BIOSIGURNOST

Mirsada Hukić

Biosigurnost je disciplina koja se bavi uspostavljanjem, primjenom i održavanjem sigurnosnih mjera i protokola kako bi se spriječilo nenamjerno ili namjerno oslobađanje bioloških agenasa, mikroorganizama, toksina ili drugih bioloških materijala, koji mogu predstavljati prijetnju za zdravlje ljudi, životinja, biljaka i sigurnost ekosistema.

Istraživačke, dijagnostičke i obrazovne laboratorije zahtijevaju odgovarajuće mjere biosigurnosti u zavisnosti od procjene biološkog rizika, kako bi se osigurala sigurnost ljudi i radnog okruženja od mogućnosti direktnog ili indirektnog kontakta s opasnim materijalima ili organizmima. U cilju otklanjanja ili smanjenja bioloških prijetnji u laboratorijama primjenjuje se širok spektar mjera. Među njima su stalna edukacija i obuka za izvođenje eksperimenata, pravilno rukovanje biološkim materijalima i kontrola pristupa biološkim agensima. Od ključne važnosti je da svi sudionici u laboratorijskom radu budu upoznati s potencijalnim rizicima te da usvoje i dosljedno prate radne i biosigurnosne protokole. Osim toga, za biosigurnost u laboratorijama potrebno je obezbijediti zadovoljavajući prostor, zaštitne barijere, ventilaciju i opremu. Poduzimanje ovih mjera pruža laboratorijsku sigurnost i minimalizira rizik od nesreća, infekcija, ozljeda ili zloupotrebe, uključujući bioterorizam.

Biosigurnost uključuje i sve mjere zaštite od bioloških prijetnji kritične infrastrukture javnog zdravstva, vodosnabdijevanja, farmaceutske industrije, prehrambene industrije itd. Za njihovu zaštitu neophodni su precizni protokoli rada i biosigurnosti, strogi nadzor postrojenja, sprječavanje neovlaštenog pristupa proizvodnim programima i sistemima za kontrolu kvaliteta.

U cilju prevencije izbijanja epidemija ili pandemija, vrlo važan biosigurnosni zadatak je sprječavanje unošenja patogenih mikroorganizama na nova područja i njihovo širenje na lokalnom i globalnom nivou. Epidemije na lokalnom i državnom nivou mogu se uspješno prevenirati ili kontrolirati nizom higijensko-epidemioloških protokola kao što su edukacija o uzročnicima

bolesti, putevima prijenosa infekcije, zaštitnim mjerama, važnosti higijene ruku, držanja odstojanja, izolacije i sticanja specifičnog imuniteta putem vakcinacije itd.

Za očuvanje globalnog zdravlja neophodno je jačanje međunarodne saradnje, solidarnosti, transparentnosti i brze reakcije na izbijanje bioloških prijetnji. Upravljanje pandemijom zahtijeva tijesnu saradnju između država ne samo u oblasti zdravstva nego i u oblastima ekonomije, proizvodnje lijekova i vakcina, trgovine, transporta ljudi i roba, obrazovanja, podizanje svijesti o važnosti dijeljenja informacija i resursa te zajedničko djelovanje u suzbijanju širenja bolesti. Kontinuirano usklađivanje protuepidemijskih, dijagnostičkih i terapijskih protokola, brza razmjena informacija između zemalja te zajednički istraživački napori predstavljaju temelje uspješnog suočavanja s pandemijskim izazovima. Međunarodne organizacije, poput Svjetske zdravstvene organizacije, igraju važnu ulogu u koordinaciji globalnih napora za očuvanje biosigurnosti. U konačnici, pouke proizašle iz pandemije COVID-19 jasno ukazuju na potrebu jačanja globalne saradnje u oblasti biosigurnosti kako bismo zajednički odgovorili na buduće biološke prijetnje i stvorili otporniji svjetski zdravstveni sistem.

Biosigurnost i biozaštita u osnovnim i srednjim školama

U današnjem svijetu opterećenom brojnim biološkim izazovima, ukazala se potreba za obrazovanjem učenika o biološkim prijetnjama, biosigurnosti i biozaštiti. Kroz obrazovanje učenika, učitelja, nastavnika i stručnih saradnika te primjenu odgovarajućih sigurnosnih mjera, škole postaju sigurnije okruženje za učenje, sposobne da se aktivno suprotstavljaju biološkim prijetnjama. Za dugoročno osiguravanje biosigurnosti učenika i zajednice neophodno je težiti integraciji obrazovanja o biosigurnosti u redovni nastavni plan. Educirani mladi i nakon završetka školovanja ostaju zaštitnici biosigurnosti u svojim zajednicama.

Biološke prijetnje u školama

Učenici i nastavnici suočavaju se s različitim biološkim prijetnjama u školskom okruženju. Identifikacija svake postojeće i potencijalne prijetnje izuzetno je važna radi sprječavanja neželjenih posljedica. Ove prijetnje povezuju se s nastavnim procesom, eksperimentima u laboratorijama, bliskim kontaktima učenika, kontaminacijom hrane i vode, alergijskim reakcijama,

unosom insekata i životinja u školu te opasnostima prilikom rukovanja i eksperimentiranja s biološkim materijalom.

- Sticanje laboratorijskih znanja i vještina mora biti pažljivo isplanirano i kontrolirano, kako bi se identificirale potencijalne opasnosti. Ipak, u školskim laboratorijama ponekad dolazi do neočekivanih incidenata i biosigurnosnog rizika. Učenici mogu biti izloženi različitim biološkim prijetnjama, uključujući povrede, opekotine, ubodne rane, infekcije, kontaminaciju laboratorije i okoliša te psihičke traume. Ovi rizici proizilaze iz nedovoljnog poznavanja protokola i potencijalnih opasnosti, nepravilnog rukovanja biološkim materijalom, eksperimentalnim životinjama, hemikalijama i opremom.
- Najčešće biološke prijetnje u školama koje nisu u direktnoj vezi s radom u mikrobiološkim laboratorijama su zarazne bolesti. Vodeće među njima su infekcije koje se prenose vazduhom, kapljicama i kontaktom, poput gripe, streptokoknih infekcija, šarlaha, infektivne mononukleoze i drugih. U posljednje vrijeme među školskom djecom javljaju se i dječije zarazne bolesti koje se mogu prevenirati vakcinacijom, poput morbila, velikog kašlja i zaušnjaka. Premda je vakcinisanje djece predškolske i školske dobi zakonski obavezno, sve je veći broj roditelja koji to odbijaju iz straha od komplikacija, a pod uticajem antivakcinalnih pokreta. Zadatak javnog zdravstva i škola je podizanje svijesti roditelja o značaju prevencije bolesti putem vakcinisanja i o dosljednoj primjeni zakona.
- Jedna od bioloških prijetnji za učenike je konzumiranje kontaminirane hrane i vode, osobito u školama koje nemaju vlastitu kuhinju i gdje se učenici snabdijevaju u okolnim kioscima brze hrane. Kontaminacija hrane i vode bakterijama, virusima i parazitima može dovesti do infekcija i trovanja, uzrokujući proljev i povraćanje. Preporučuje se da svaka škola ima vlastitu kuhinju pod strogim sanitarnim nadzorom, kako bi se smanjila mogućnost kontaminacije hrane i zaštitilo zdravlje učenika.
- Alergijske reakcije kod osjetljivih učenika na alergene prisutne u školskim prostorijama i okolišu mogu biti dramatične i opasne po život te zahtijevaju hitnu ljekarsku pomoć. Važno je na početku svake školske godine evidentirati učenike s dijagnosticiranim alergijama i paziti da ne dolaze u kontakt s alergenima. Ako to nije izvodivo, treba ih zaštititi odgovarajućom terapijom po preporuci ljekara. Najčešći alergeni u školama su plijesni, polen, hemikalije, određeni sastojci hrane (jaja, kikiriki, mlijeko), ubod insekata i slično.

- Okoliš škole može utjecati na biosigurnost učenika. Blizina industrijskih postrojenja može predstavljati rizik od zagađenja zraka ili vode, izlažući učenike opasnostima od oštećenja dišnih puteva i trovanja. Prisustvo divljih životinja, osobito glodara, povećava rizik od prenosa bolesti kao što je mišija groznica, leptospiroza, salmoneloza i druge. Insekti, poput komaraca, pješčanih mušica i krpelja, također su prenosioci različitih bolesti, uključujući malariju, papatači groznicu, lajmsku bolest i druge. Zbog toga, školska dvorišta moraju biti dobro održavana, čista, bez organskog otpada koji privlači glodare te bez čvrstog otpada koji zadržava vodu i stvara legla za komarce, krpelje i druge člankonošce. Održavanje okoline škole nije samo obaveza škole nego i lokalne zajednice koja treba da brine za sigurnost i dobrobit učenika.

Mjere biosigurnosti i biozaštite

Zdravlje, dobrobit i biosigurnost učenika u školama je po značaju na prvom mjestu svakoj porodici, školi i zajednici te kao takva nema alternative. Biosigurnost u školama postiže se nizom mjera i praksi usmjerenih na očuvanje bezbjednosti u školskim prostorijama (učionicama, laboratorijama, hodnicima, toaletima) i školskom dvorištu.

- Školska zgrada i njena okolina trebaju biti dizajnirane i građene u skladu sa zakonskim propisima te zadovoljavati standarde prostora i opreme. Higijena prostora i radnih površina treba se održavati prema standardnim protokolima uz korištenje propisanih sredstava za čišćenje i dezinfekciju i o tome se vodi evidencija na dnevnom nivou. Dezinsekcija i deratizacija škola radi se prema utvrđenim planovima, izvode je isključivo registrirane i ovlaštene ustanove.
- Prije početka nastave, škole trebaju obezbijediti smjernice i protokole koji se odnose na sigurnost u laboratoriji. Za biosigurnost učenika važno je da budu upoznati s biološkim prijetnjama i načinima zaštite. Odgovornost učenika u očuvanju biosigurnosti i biozaštite u školskim laboratorijama je pravilna upotreba ličnih zaštitnih sredstava, dobro poznavanje i striktno pridržavanje protokola. Odgovorno ponašanje pri radu, pravilno rukovanje materijalima, priborom i opremom te pravilno razvrstavanje i odlaganje komunalnog i opasnog otpada obaveza je u svim laboratorijama.

Implementacija biosigurnosnih praksi ključna je u sprječavanju i kontroliranju bioloških prijetnji.

Promocija zdravlja

Promocija zdravlja i dobrobiti u školama ključna je za poticanje zdravih životnih stilova i prevencije bolesti. Promocija zdravlja uključuje različite pristupe i metode kao što su mjere zdravstvenog odgoja i obrazovanja, koje doprinose prevenciji nastanka bolesti, unapređenju zdravlja i osiguravanju kvalitete života. Cilj promocije zdravlja je omogućiti učenicima i školskim zajednicama da imaju povećanu kontrolu nad faktorima koji utiču na zdravlje.

Važan faktor u smanjenju bioloških rizika i prevenciji bolesti u školama je podizanje svijesti o prednostima zdrave ishrane, fizičke aktivnosti, izbjegavanju nasilnih ponašanja, upotrebe droga te značaju lične i okolišne higijene. Kroz promociju zdravlja i zdravstveni odgoj učenici postaju aktivni partneri svojim učiteljima u osiguranju uslova za zdrav život, učenje i prosperitet u školi.

Literatura

1. Carlberg D, Yeaman M. Biosafety in the Teaching Laboratory. 2006;531-49.
2. Coelho A, Díez J. Biological Risks and Laboratory-Acquired Infections: a reality that cannot be ignored in health biotechnology. Front Bioeng Biotehnology 2015;3:56.
3. Emmert E. Biosafety Guidelines for Handling Microorganisms in the Teaching Laboratory: Development and Rationale. J Microbiol Biol Educ 2013;14(1):78-83.
4. Evans NG, Lipsitch M, Levinson M. The ethics of biosafety considerations in gain-of-function research resulting in the creation of potential pandemic pathogens. J Med Ethics 2015;41(11):901-8.
5. Gupta V, Sengupta M, Prakash J, Tripathy BC. Biosafety and bioethics. Basic and Applied Aspects of Biotehnology 2016;503-20.
6. Hukić M, Nurkić M, Kandić Z, Numanović F, Ćemerlić-Zvizdić A, Dedeić-Ljubović A, Šiširak Š, Begić B. Bakteriologija. Sarajevo: Jež d.o.o. Sarajevo, 2005.
7. Hukić M, Dedeić-Ljubović A, Numanović F, Ostojić M, Tihić N, Petković M, Čustović A, Gavrankapetanović F, Koluder N, Čamdžić A, Švrakić S. Prevencija i kontrola infekcija u zdravstvenim ustanovama. Sarajevo: TDP, 2010.
8. Ionescu G, Neguţ M, Combiescu A. Biosafety and biosecurity in the medical laboratory. Update and trends. Bacteriol Virusol Parazitol Epidemiol 2007;52(3–4):91-9.
9. Miller J, Astles R, Baszler T, Chapin K, Carey R, Garcia L, Gray L, Larone D, Pentella M, Pollock A, Shapiro D, Weirich E, Wiedbrauk D, Panel B. Guidelines for safe work practices in human and animal medical diagnostic laboratories. Recommendations of a CDC-convened, Biosafety Blue Ribbon Panel. MMWR Suppl 2012;61(1):1-102.
10. Peng H, Bilal M, Iqbal HMN. Improved biosafety and biosecurity measures and/or strategies to tackle laboratory-acquired infections and related risks. Int J Environ Res Public Health 2018;15(12):2697.

MIKROSVIJET

Selma Uzunović

Pojam zaraze i primjena principa higijene bili su poznati i u najstarijim vremenima ljudskog postojanja. U drugom stoljeću prije nove ere rimski pisac Marcus Terentius Varro, kao i tadašnji grčki, latinski i arapski pisci, uveli su pojam zaraze "nevidljivim bićima". Ali tek u 13. stoljeću engleski filozof Roger Bacon i 1546. godine Girolamo Fracastoro pisali su o prijenosu *seminaria morbi* (živi oblici) s osobe na osobu, direktnim kontaktom, ili preko neživih predmeta ili zraka. Zahvaljujući radovima Antona van Leeuwenhoeka (1632–1723) koji je izumio prvi primitivni mikroskop, bilo je omogućeno promatranje i opis bakterija. Dokaz uzročne povezanosti zaraznih bolesti s mikroorganizmima ustanovljen je tek krajem 19. stoljeća na osnovi istraživanja bolesti svilenih buba, kao i kožnih promjena uzrokovanih gljivama.

Sredinom 19. stoljeća opisan je je prijenos puerperalne groznice među porodiljama. Primjenjujući aseptičnu tehniku, Ignaz Semmelweis uspio je smanjiti smrtnost novorođenčadi. Na važnost primjene antiseptika u smanjenju pojave zaraznih bolesti ukazao je Joseph Lister. Veoma su značajna istraživanja Pasteura, koji je ustanovio da je alkoholna fermentacija grožđa, voća i žitarica uzrokovana mikroorganizmima. Nakon opisa štapićastih bakterije u krvi životinja uginulih od antraksa, i nakon toga eksperimentalnim dokazom antraksa kao prenosive bolesti, ustanovljena je povezanost bakterija sa pojavom bolesti.

Nakon što je Robert Koch razvio način uzgoja bakterija u laboratoriji, postavio je kriterije za dokaz bakterija kao uzročnika bolesti. Zahvaljujući otkriću uzgoja bakterija, do 1900. godine opisani su uzročnici mnogih bolesti

Otkriće elektronskog mikroskopa i staničnih (tkivnih) kultura omogućilo je istraživanja virusa, budući da virusi ne rastu na vještačkim podlogama, nego samo u živoj stanici.

Mikrobiologija kao naučna disciplina

Mikrobiologija kao naučna disciplina proučava organizme koji nisu vidljivi golim okom, a to su bakterije, gljive, paraziti i virusi. Stoga mikrobiologiju možemo podijeliti na bakteriologiju, mikologiju, parazitologiju i virologiju. Svaka od ovih disciplina se dalje može baviti izučavanjem morfologije (oblik i građa stanica mikroorganizama ili njihovih kolonija, supcelularni i molekularni sastav pojedinih staničnih kompleksa), ekologije (međusoban odnos mikroorganizama u njihovoj sredini), fiziologije (metabolizam, kretanje, rast i reprodukcija mikroorganizama), genetike (nasljedna obilježja mikroorganizama i mehanizmi njihovog prijenosa na potomstvo), evolucije (nastanak i filogenetski razvoj) i klasifikacije (sistematsko raspoređivanje mikroorganizama u pregledni sistem).

Svi mikroorganizmi se mogu podijeliti na dvije velike grupe: prokarioti i eukarioti. Prokarioti, u koje spadaju sve bakterije, *Rickettsiae*, *Chlamydiae* i *Mycoplasmae*, mikroorganizmi su s jednostavnom staničnom strukturom, budući da genetski materijal (hromosom) nije organiziran unutar nukleusne membrane, nego se sastoji od dvolančane DNK koja se nalazi raspršena u citoplazmi. Eukarioti, u koje spadaju protozoe i gljive, mikroorganizmi su s kompleksnom staničnom strukturom i genetski materijal im je diferenciran u hromosome koji su nuklearnom membranom odijeljeni od citoplazme.

Taksonomija mikroorganizama

Taksonomija (prema grčkom, zakonski propisan raspored) mikroorganizama i parazita bavi se klasificiranjem (razvrstavanjem) tih organizama na osnovu njihovih morfoloških, biohemijskih, fenotipskih i genotipskih obilježja. Osim ovoga, taksonomija se bavi i filogenezom, historijskim razvojnim pravcima mikroorganizama, odnosno njihovom evolucijom, nomenklaturom (nazivima) i identifikacijom mikroorganizama i parazita.

Klasifikacija

Klasifikacija ili (prema latinskom jeziku) razvrstavanje mikroorganizama i parazita, zasniva se na srodnosti, odnosno istovjetnosti ili sličnosti nekih njihovih obilježja unutar pojedinih taksonomskih skupina, te u skladu s tim razlikujemo fenotipsku, analitičku i genetičku klasifikaciju.

Tako je fenotipska klasifikacija zasnovana na sličnosti ili razlikama morfoloških (oblik stanice i kolonija), uzgojnih (potrebe za kisikom, određenom

temperaturom, hranidbenim potrebama) ili biohemijskih (sposobnost fermentacije ugljikohidrata) osobina mikroorganizama i najčešće se primjenjivala, a i danas se primjenjuje kod klasifikacije bakterija.

Analitička klasifikacija se temelji na analizi staničnih sastavnih dijelova pojedinih organizama.

Genetička klasifikacija, tj. analiza genetskog materijala, predstavlja najmoćniju metodu razvrstavanja mikroorganizama.

Prema najnovijoj klasifikaciji, prokariotski patogeni organizmi, odnosno bakterije uzročnici zaraznih bolesti, svrstani su u najvišu taksonomsku skupinu, koja se naziva **domena** *Bacteria*, a dalje u niže taksonomske skupine (nazivi su određeni prema latinskom jeziku): odjeljak ili koljeno (*phylum*), razred (*classis*), red (*ordo*), porodica (*familia*), rod (*genus*) i vrsta (*species*).

Taksonomske skupine gljiva jednake su onima u bakterija, samo što je za njih najviša taksonomska skupina carstvo. Gljive su organizmi s eukariotskom organizacijom stanice, koji su svrstani u carstvo Fungi (lat. *fungus*). Razvrstavaju se temeljem morfoloških osobina, razmnožavanja i strukture DNK.

Položaj virusa u biološkom svijetu i razvrstavanje u prihvatljiv sistem je zahtjevan posao, budući da virusi nisu eukarioti, niti su prokarioti. Oni su razvrstani na osnovu njihovih bitnih i ustaljenih obilježja, kao što su vrste nukleinske kiseline (DNK ili RNK), broj lanaca nukleinske kiseline (jednolančana ili dvolančana), molekularne mase nukleinske kiseline, oblik i veličina virusne čestice, posjedovanje ili neposjedovanje ovojnice, prijemljivost domaćina i prenositelja (vektora) virusa. Virusi su svrstani u **redove** koji su označeni nastavkom -*virales*, a zatim se dijele u porodice i potporodice, koje su označene nastavcima -*viridae*, odnosno -*virinae*. Unutar porodice virusi se dijele na rodove čiji naziv završava nastavkom -*virus*. Rodovi sadrže tipove, odnosno vrste virusa koji kod ljudi uzrokuju pojedine bolesti. Porodica, potporodica i rod virusa pišu se *kurzivom*.

Medicinska parazitologija proučava pražive koje pripadaju carstvu *Protista* i parazitske životinje koje pripadaju carstvu *Animalia*. Niže taksonomske skupine od carstava su odjeljak, razred, red, porodica, rod i vrsta. U carstvo *Protista* (prema grčkom jeziku, prvi, najraniji) pripadaju bičaši, korjenonošci, trepetljikaši i truskovci. Njima je svojstvena eukariotska organizacija stanice. Carstvu *Animalia* (latinski naziv za životinju) pripadaju koljena *Platodes* (plošnjaci), *Nemathelminthes* (oblenjaci) i *Arthropoda* (grčki naziv za člankonošce). Pripadnici carstava *Protista* i *Animalia* razvrstavaju se uglavnom na osnovu bioloških i morfoloških obilježja.

Nomenklatura

Klasifikacija eukariota i prokariota u taksonomske skupine (taxa), jednako kao i njihovi znanstveni nazivi ili nomenklatura, zasnivaju se na klasičnoj binominalnoj shemi koju je uveo švedski liječnik i prirodoslovac Carl von Linné (1707–1778). Prema ovoj nomenklaturi, svaki organizam se definira i označava dvostrukim imenom roda i vrste. U oba slučaja, osnovna specifična jedinica (taxon) jest vrsta ili species. Znanstvena nomenklatura (naziv) vrste je uvijek binominalna, grčko-latinska, i sastoji se od prve riječi koja označava pripadnost određenom rodu (npr. *Legionella*, *Streptococcus*, *Candida*, *Trichomonas*) i druge koja pobliže karakterizira vrstu (*Legionella pneumophila*, *Streptococcus pneumoniae*, *Candida albicans*, *Trichomonas vaginalis*). Naziv vrste se piše *kurzivom* (kosim slovima, *italic*), velikim početnim slovom i ne podliježe nikakvoj izmjeni, neovisno o tome u kojem se kontekstu pojavljuje u rečenici.

Identifikacija

Pod pojmom identifikacija (prepoznavanje) razumijevaju se postupci kojima se utvrđuje pripadnost izdvojenog bakterijskog soja ili soja gljive nekoj poznatoj taksonomskoj skupini, obično vrsti ili podvrsti.

Utjecaj mikrobiologije na razvoj molekularne biologije

Istraživanja stanične fiziologije, biohemije i genetike mikroorganizama, a kasnije i istraživanja strukture i funkcije nukleinskih kiselina i proteina, dovela su do razvoja molekularne biologije. Tako je Frederick Griffith 1920-ih godina dokazao glavnu ulogu dezoksiribonukleinske kiseline (DNK) kao izvora genetskih informacija. Trideset godina poslije, istraživanjima na virusima dokazano je da nukleinska kiselina sadrži sve informacije neophodne za razmnožavanje. Za otkriće procesa replikacije gena na osnovi izrade preciznog modela DNK kao dvostruke savijene spirale, James Dewey Watson i Francis Harry Compton Crick primili su Nobelovu nagradu 1962. godine.

Nakon ovih otkrića koja su bila vezana za mikroorganizme, započela su i istraživanja na stanicama sisara. Otkriće tehnike kulture tkiva ne samo da je dovelo do razvoja lijekova protiv virusnih bolesti nego je postalo i osnova za buduća istraživanja na području kanceroznih bolesti.

Bakterije

Bakterijska vrsta, kao osnovna i najvažnija taksonomska skupina, jeste ona skupina (populacija) bakterijskih stanica koje imaju mnogo zajedničkih osobina, a na osnovu nekih bitnih fenotipskih obilježja (oblik i veličina stanice, oblik kolonija, mogućnost tvorbe spora, pokretljivost i vrsta organela za pokretanje, reakcija na anilinske boje, odnos prema atmosferskom kisiku, biohemijske osobine, stvaranje otrova ili bakteriocina, antigenska građa i patogenost). Prema ovim obilježjima bakterijska se vrsta može razlikovati od više ili manje srodnih skupina bakterija. Filogenetski, bakterijska se vrsta definira kao skup jedinki koje imaju srodnost svojih DNK veću od 70%, a unutar roda srodnost DNK je oko 30–55%.

Stanice su osnovne jedinice svih živih organizama, od najmanjih bakterija do velikih biljaka i životinja. Bakterije, kao najmanje stanice, vidljive su jedino uz pomoć mikroskopa. Veličina bakterija se mjeri mikrometrima (1 μm = 0,003 mm), a veličina pojedinih dijelova bakterijske stanice se mjeri u nanometrima (1 nm = 0,000001 mm). Najmanje bakterije (*Chlamydia* i *Rickettsia*) imaju prečnik od samo 0,1 μm do 0,2 μm, dok veće bakterije mogu imati dužinu od nekoliko mikrona. Većina bakterijskih vrsta ima prečnik 1 μm i vide se samo uz pomoć mikroskopa uz rezoluciju od 0,2 μm. Životinjske i biljne stanice su mnogo veće, od 7 μm u prečniku (krvne stanice) do nekoliko stopa (feet = 30,48 cm) (neke nervne stanice).

Svaka stanica sadrži genetsku osnovu za svoju reprodukciju koja je sadržana u genomu njezine dezoksiribonukleinske kiseline (DNK) (engl. *deoxyribonucleic acid*, DNA), biohemijske mehanizme za prepisivanje genskih informacija u glasničku ili informacijsku ribonukleinsku kiselinu (engl. *messenger ribonucleic acid*, mRNA) i prevođenje mRNA u proteine, te mehanizme za proizvodnju energije i biosintezu, a sve ovo je zatvoreno jedinstvenom membranom. Svaka se stanica umnožava (replicira) staničnom diobom. Mehanizmi i sve što je potrebno za kompletiranje ovih funkcija u osnovi su slični, ali mogu biti i specifični za bakterije i za više organizme. Na ove razlike utječe struktura stanice, okoliš u kojem stanica živi, izvor i način kojim stanica proizvodi energiju, priroda i zahtjevi stanične interakcije (ili njen nedostatak).

Gljive

Osobine (morfologiju, metabolizam i razmnožavanje) i klasifikaciju gljiva značajnih u humanoj medicini proučava opća medicinska mikologija, a njen naziv potječe od grčkih riječi *mykes* (gljiva) i *logos* (nauka). U prirodi je poznato oko stotinu hiljada vrsta gljiva, a nešto manje od 400 vrsta dokazani su uzročnici bolesti ljudi.

Prvi opisi kliničkih manifestacija potkožnih mikoza stopala nađeni su još u starim indijskim spisima, nastalim oko 2000 godina prije nove ere.

Sve su gljive eukariotski organizmi i imaju određene osobine koje ih razlikuju od svih ostalih živih organizama. Uključuju jednostanične (kvasce) i višestanične organizme (plijesni i više, šumske gljive). Gljive značajne u humanoj medicini čine raznorodnu skupinu kvasaca i plijesni.

Gljive su značajne za život u prirodi, ne samo zbog sposobnosti razgradnje neživog organskog supstrata nego i radi oslobađanja nutrijenata, CO_2, N_2 i minerala nazad u biosferu. Gljive su i vrlo stari organizmi za koje je, prema pronađenim fosilima, ustanovljeno da su naseljavali našu planetu još prije 400 miliona godina, u vrijeme nastanka prvih kopnenih biljaka. Osim što uzrokuju bolesti ljudi i životinja, gljive uzrokuju i bolesti biljaka (fitopatogene gljive). Gljive mogu biti i korisne za ljude. Mnoge vrste koriste se u tehnološkim procesima, kao npr. u proizvodnji kruha, organskih kiselina, steroida, produkata fermentacije (alkohola i sojinog umaka), ketona, aldehida, organskih kiselina i sireva. Osim toga, gljive su i odličan znanstveni model za proučavanje genetike, biohemijskih produkata i odnosa između parazita i ljudi.

Gljive su uglavnom slobodno živući organizmi i gusto naseljavaju prirodu. Samo neke vrste žive kao fiziološka flora ljudi. Za razliku od virusa, protista i nekih bakterijskih vrsta, gljivama nije neophodno kolonizirati ili inficirati tkiva ljudi i životinja radi preživljavanja ili održavanja vrste. Jedine dvije iznimke su neke vrste rodova *Candida* i *Malassezia*. Sve ostale gljivične vrste, uzročnici bolesti ljudi, izvana ulaze inhalacijom ili traumatskom implantacijom konidija.

Infekcije gljivama (mikoze) kod zdravih ljudi nastaju slučajnim unosom konidija gljiva preko oštećene kože ili sluznice. Kod osoba s oslabljenim imunitetom može doći do nekontroliranog razmnožavanja unutar organizma. Prema izvoru gljivičnih uzročnika mikoze mogu biti egzogene i endogene. Način infekcije egzogenim gljivama može biti inhalacija konidija iz zraka u dišni sistem, ili traumatska inokulacija konidija u kožu ili potkožno tkivo. Endogene mikoze uzrokuju gljive koje čine fiziološku floru i koloniziraju

sluznice probavnog trakta, ili do infekcije dolazi reaktivacijom latentne (prethodne) infekcije.

Virusi

Virusi (lat. otrov) najmanji su infekciozni agensi koji se mogu vidjeti samo pomoću elektronskog mikroskopa (EM). To su mikroorganizmi čija se veličina nalazi u granicama od 20 do 300 nanometara (nm), što im omogućava prolaz kroz bakteriološke filtere te su i nazvani "filtrabilnim agensima". Najveći virus, virus *vacciniae* (300 nm), odgovara po veličini najmanjim bakterijama.

Virusi su obligatni unutarstanični mikroorganizmi, jer se mogu razmnožavati samo u osjetljivoj (ne bilo kojoj) živoj stanici. U cjelokupnom danas poznatom svijetu živih organizama, jedino virusi imaju samo jednu nukleinsku kiselinu. Nukleinska kiselina virusa može biti u obliku DNK, ali i RNK, tako da je na primjeru RNK-virusa očito da genetski materijal živih organizama može predstavljati i RNK.

Virusi mogu inficirati sve oblike života: ljude, životinje, biljke, pa i bakterije.

Porijeklo virusa još uvijek je nepoznato, a do danas postoje sljedeće pretpostavke: virusi su fragmenti jezgrenog materijala drugih živih organizama koji su stekli sposobnost autoreplikacije i od samog nastanka su se specijalizirali za parazitski način života; virusi su u procesu retrogradne evolucije nastali od bakterija; virusi su primarno nastali kao acelularni agensi i razvili su parazitizam u ranom stadiju evolucije staničnih organizama.

Ostaje otvoreno pitanje jesu li "stariji" virusi ili bakterije (tragovi bakterija se mogu naći još u periodu fosila, znači prije 3 do 5 biliona godina).

Pripadnost virusa svijetu živih organizama bila je dugo osporavana, prije svega zbog osobine virusa da se izvan žive stanice ponašaju kao kristali (neki su i dobijeni u kristalnom obliku), da bi konačno ipak bili svrstani među žive agense, jer pod određenim uslovima (u osjetljivoj živoj stanici) mogu stvarati sebi jednako potomstvo.

Patogeneza virusne infekcije podrazumijeva vezanje virusa za osjetljive stanice domaćina na mjestu ulaska virusa, lokalno razmnožavanje, širenje virusa po organizmu do ciljnih tkiva i organa i izlučivanje virusa u spoljnu sredinu.

Kod infekcija s prisutnim kliničkim manifestacijama mjesto ulaska može utjecati na pojavu simptoma bolesti. Virusi mogu dospjeti u organizam domaćina kroz konjunktivu očiju, sluznicu usta, oštećenu kožu, ubodom vektora, respiratornim, probavnim, urogenitalnim traktom, kroz anus.

Zahvaljujući odbrambenim mehanizmima, ne završava se svaka izloženost patogenim organizmima razvojem bolesti, niti svaka infektivna bolest fatalnim završetkom. U svim infekcijama, pa i u virusnim, odbrambeni mehanizmi mogu biti nespecifični ili specifični.

Brojni mehanizmi su uključeni u odbranu od virusne infekcije. Međutim, ponekad sam imunosni odgovor na infekciju direktno uzrokuje oštećenje tkiva.

Prioni

Prioni su agensi koji uzrokuju hronične degenerativne bolesti središnjeg živčanog sistema (SŽS) koje se nazivaju transmisivne spongiformne encefalopatije. Zbog duge inkubacije bolesti izučavanje ovih agensa je otežano.

Česticu priona sačinjavaju proteini, a nukleinska kiselina nije prisutna. Ove infekciozne čestice su sitnije od viroida i virusoida. Prioni nemaju strukturu viriona, niti genom, ne izazivaju imunološki odgovor i ekstremno su rezistentni na inaktivaciju.

Bolesti koje uzrokuju prvo su opisane samo kod životinja – scrapie kao bolesti ovaca i koza, goveđa spongiformna encefalopatija (BSE, "bolest ludih krava") kod krava, a poslije i kod ljudi (kuru, Creutzfeldt-Jakobova bolest, Gerstmann-Strausslerova bolest i fatalna familijarna nesanica).

Godinama se mislilo da je uzročnik scrapie (hronična smrtonosna bolest ovaca koja se manifestuje znacima oboljenja SŽS) novi, polagano rastući (engl. *slow virus*) transmisivni agens koji ne sadrži nukleinsku kiselinu, rezistentniji od svih dotad poznatih infektivnih agensa na radijaciju, hemijske agense i povišenu temperaturu. Godine 1960. I. H. Patison je zaključio da je agens u osnovi protein, dok je J. S. Grifit 1967. ukazao na određene mehanizme njegovog djelovanja. Prirodu infekciozne partikule otkrio je S. Prusiner. Infekciozni agens je dobio naziv prion, prema kombinaciji riječi protein i infekciozan (engl. *proteinaceous infectious particles*).

Paraziti

Medicinska parazitologija bavi se izučavanjem beskičmenjaka sposobnih da uzrokuju bolesti kod čovjeka i životinja. Naime, uobičajeno je mišljenje mladih liječnika opće prakse da je pojava parazitarnih bolesti gotovo isključivo vezana za područja tropske klime (nerazvijene zemlje) te da je njihova pojava i značaj u zemljama umjerenog klimatskog pojasa (razvijene zemlje) gotovo zanemariva. Međutim, razvojem društva u cjelini, a posebno zahvaljujući

putovanjima brzim aviosaobraćajem, sva područja svijeta postala su dostupna, pa se čini da je cijeli svijet postao "global village". Takav suvremeni način života omogućava, između ostalog, i brz prijenos mnogih "tropskih" parazitarnih bolesti u druge dijelove svijeta. Osim toga, povećan broj izbjeglica i emigranata u različite dijelove svijeta, iz područja ugroženih ratom ili elementarnim nepogodama, kao i povećan broj imunokompromitiranih bolesnika (transplantacija organa, oboljeli od HIV-a), dodatno povećavaju rizik nastanka infekcija uzrokovanih određenim vrstama parazita. Stoga je općeniti značaj parazitarnih bolesti danas dobio novu dimenziju.

Parazitizam (grč. *parasitos* – koji jede na tuđi račun) pojam je koji označava odnos dva živa bića, u kojem jedno od njih uvijek ima koristi, a drugo može imati manju ili veću štetu. Pojam "parazit" ima najprije ekološko značenje, odnosno odraz je šireg shvaćanja međusobnih odnosa živih bića, te je u praksi uobičajeno da jednostavne i složenije organizme, koje proučava medicinska parazitologija, nazivamo parazitima. Paraziti ili nametnici u čovjeku jesu neki protisti, tj. praživi (bičaši, trepetljikaši), kao i neke životinje (plošnjaci, oblenjaci, člankonošci).

U svom nosiocu paraziti remete fiziološke procese, što znači da dovode do patofizioloških procesa, odnosno uzrokuju bolest – parazitozu. Tokom filogenetskog razvoja paraziti su se postepeno razvijali od slobodno živućih organizama do vrsta prilagođenih parazitskom načinu života. Tokom ove prilagodbe, parazit je morao promijeniti neka svoja fiziološka i morfološka svojstva, odnosno neki su mu organi zakržljali, a neki su se razvili do savršenstva. Tokom evolucije postajali su sve više ovisni o svom domaćinu, tako da bez njega više ne mogu opstati, stalno ili povremeno.

Literatura

1. Agolli B. Klasifikacija i nomenklatura bakterija. U: Kalenić S, Mlinarić Missoni E, i sur. Medicinska bakteriologija i mikologija. Zagreb: Prehrambeno tehnološki inženjering, 1995:161-170.
2. Andreis I, Batinić D, Čulo F, Grčević D, Marušić M, Taradi M, Višnjić D. Imunologija (6. izd.). Zagreb: Medicinska naklada, 2004.
3. Baron S. Brief history of microbiology. U: Medical microbiology. 4. izd. Galvestone: The University of Texas, Medical Branch Galvestone, 1996. [http://www.slic2.wsu.edu:82/hurlbert/micro101/pages/Chap1.html]
4. Brooks GF, Butel JS, Ornston LN, Jawetz E, Melnick JL, Adelberg EA. Džavec, Melnik i Adelberg Medicinska mikrobiologija (V. Busarčević, ur. prijevoda). Beograd: Savremena administracija, 1998:314-36. (Naslov originala: Brooks GF, Butel JS, Ornston LN, Jawetz

E, Melnick JL, Adelberg EA. Jawetz, Melnick and Adelberg's Medical microbiology. (20. izd.). New York: Appleton & Lange, Simon & Schuster Co, 1995).
5. Brooks GF, Butel JS, Ornston LN, Jawetz E, Melnick JL, Adelberg EA. Džavec, Melnik i Adelberg Medicinska mikrobiologija (V. Busarčević, ur. prijevoda). Beograd: Savremena administracija, 1998:337-55. (Naslov originala: Brooks GF, Butel JS, Ornston LN, Jawetz E, Melnick JL, Adelberg EA. Jawetz, Melnick and Adelberg 's Medical microbiology. 20. izd. New York: Appleton & Lange, Simon & Schuster Co, 1995).
6. de Hoog GS, Gene J, Figueras MJ. Atlas of Clinical Fungi. Utrecht: Centraalbureau voor Schimmelcultures, 2004.
7. Joklik WK, Willet HP, Amos DB. Zinsser microbiology. 18th ed. Norwalk (Connecticut): Appleton Century Crofts, 1984:3-7.
8. Krstić Lj. Medicinska virusologija. Beograd: Čigoja, 2000.
9. Larone DH. Medically important fungi (3. izd.). Washington D.C.: American Society for Microbiology, 2002:1-35.
10. Lehmann PF. Fungal structure and morphology. U: Collier L, Balows A, Sussman M. Topley & Wilson's Microbiology and Microbial infections: Medical Mycology (vol 4. Ajello L, Hay RJ. ur.) (9. izd.). London: Arnold, 1998:57-66.
11. Mims C, Dockrell HM, Goering RV, Roitt I, Wakelin D, Zuckerman M. Medical Microbiology. (3. izd.). Edinburgh: Mosby, Elsevier Limited, 2004.
12. Kalenić S, Mlinarić-Missoni E. Medicinska bakteriologija i mikologija. Zagreb: Merkur A.B.D., 2001:403-69.
13. Murray PR, Rosenthal KS, Kobayashi GS, Pfaller MA. Medical microbiology. (4. izd.). St Louis: Mosby, 2005:67-76.
14. Murray PR, Rosenthal KS, Pfaller KS. Medical microbiology (5. izd.). Philadelphia (Pe): Elsevier Mosby, 2005.
15. Parham P. The Immune System. (2. izd.). New York: Garland Science, 2005.
16. Presečki V, Mlinarić Galinović G, Punda-Polić V, Lukić A. Virologija. Zagreb: Medicinska naklada, 2002.
17. Uzunović-Kamberović S. Medicinska mikrobiologija. Fojnica: Štamparija Fojnica, 2009.

MIKROORGANIZMI KOJI SU MIJENJALI SVIJET

Maja Ostojić

Zarazne bolesti i dalje predstavljaju značajan izazov za globalno zdravlje, često zauzimajući vrh liste uzroka smrtnosti. Svake godine oko 15 milijuna ljudi gubi život zbog zaraznih bolesti. Dok su neke tradicionalne zarazne bolesti uspješno suzbijene u razvijenim zemljama, pojavom novih patogena nastaju nove bolesti s jedinstvenim kliničkim karakteristikama i izazovima za javno zdravstvo.

Povijest je obilježena mnogim epidemijama koje su uzrokovale patnju i smrt diljem svijeta. Osim velikih pandemija poput španjolske gripe, postojale su i manje poznate bolesti koje su imale značajan utjecaj na razvoj ljudskog društva. Važno je prepoznati kako su i male opasnosti, poput mikroorganizama, sposobne prouzročiti značajnu ekonomsku, političku i društvenu štetu.

Ovdje su opisane povijesne zarazne bolesti, njihov utjecaj na čovječanstvo te važnost njihovog proučavanja za suvremeno razumijevanje javnog zdravlja i prevenciju budućih pandemija.

Tijekom povijesti, zarazne su bolesti ostavile dubok trag na ljudsku populaciju. Primjerice, dokazi o boginjama pronađeni su na egipatskim mumijama, a Ebersovi papirusi u Egiptu sadrže opise i recepte za liječenje raznih zaraznih bolesti. Hipokrat je povezao klimatske uvjete, prehranu i životne okolnosti s pojavom zaraznih bolesti, opisujući njihovo širenje putem zraka i vode.

U XVI. stoljeću Girolamo Fracastoro prvi je ukazao na mikroskopske uzročnike bolesti, nazivajući ih "klicama", te je prepoznao mogućnost širenja bolesti putem kontakta i zrakom, odbacujući stara vjerovanja o "okultnim silama".

Razvoj mikroskopa u XVII. stoljeću omogućio je detaljnije proučavanje mikroorganizama. Krajem XIX. stoljeća identificirani su uzročnici brojnih bakterijskih bolesti, što je omogućilo razvoj cjepiva i primjenu različitih metoda kontrole i prevencije.

Tijekom XX. stoljeća, pronalazak kemoterapije i antibiotika doveo je do značajnih pomaka u suzbijanju zaraznih bolesti. U tom vremenu činilo se da su riješeni mnogi praktični izazovi povezani s kontrolom zaraznih bolesti.

Najistaknutije bolesti koje su bile prisutne do kraja XIX. i na početku XX. stoljeća

Velike boginje

Velike boginje su od davnina bile jedna od najtežih ljudskih bolesti, uzrokovane virusom variole. Samo tijekom XX. stoljeća, epidemije boginja su odnijele živote između 300 i 500 milijuna ljudi. Virus variole pripada porodici *Poxviridae*, koja obuhvaća neke od najvećih poznatih virusa, a prva uspješna vakcina u povijesti razvijena je upravo protiv njega. Još u X. stoljeću u Kini je bila poznata metoda zaštite od boginja putem udisanja praha sasušenih krasti skinutih s bolesnika (metoda variolizacije). Kasnije je Edward Jenner 1796. godine prvi put primijenio cijepljenje virusom kravljih boginja, što se smatra početkom globalnog korištenja cijepljenja. Ovaj revolucionarni postupak pridonio je zaštiti čovječanstva od boginja i potaknuo značajan demografski rast.

Svjetska zdravstvena organizacija (SZO) pokrenula je Program za suzbijanje velikih boginja 1967. godine. Zahvaljujući cijepljenju, posljednji slučaj velikih boginja zabilježen je 1977. godine u Somaliji. Godine 1980. SZO je proglasila svijet slobodnim od velikih boginja. Važno je napomenuti da je u Socijalističkoj Federativnoj Republici Jugoslaviji (SFRJ, bivša Jugoslavija) 1972. godine došlo do epidemije velikih boginja, pri čemu je od februara do aprila te godine oboljelo 175 osoba, od kojih je 35 (20%) umrlo. Većina oboljelih bila je iz Srbije (174) i jedan iz Crne Gore. Tada je organizirano masovno cijepljenje, pri čemu je upotrijebljeno 18 milijuna doza cjepiva. Velike boginje su prva bolest na svijetu koju su ljudi uspjeli iskorijeniti cijepljenjem i drugim javnozdravstvenim mjerama. Ova bolest odnijela je više života nego svi ratovi tijekom povijesti.

Uzorci virusa velikih boginja još uvijek se čuvaju u laboratorijima u Sjedinjenim Američkim Državama (CDC u Atlanti) i u Rusiji (Vector u Novosibirsku). Upotreba virusa velikih boginja kao biološkog oružja mogla bi imati kobne posljedice, jer već gotovo četiri desetljeća nitko nije cijepljen protiv te bolesti.

Osim variola virusa, uzročnika velikih boginja, u porodicu *Poxviridae* spadaju i još neki virusi, uzročnici zoonoza, bolesti zajedničkih ljudima i

životinjama. Svjedoci smo da su se od maja 2022. godine majmunske boginje počele češće javljati izvan svojih endemskih (bolesti koje su trajno prisutne na nekom području) staništa (Demokratska Republika Kongo i Nigerija), i to kod osoba koje nisu putovale u navedena područja. Stoga je SZO proglasila epidemiju majmunskih boginja javnozdravstvenom prijetnjom od međunarodnog značaja.

Gripa (influenca)

Naziv influenca (ital. *influenza* – "utjecaj") potječe iz srednjeg vijeka, kada se smatralo da bolest nastaje pod utjecajem zvijezda ili hladne vode. Uzročnik je virus influence, pripadnik porodice *Orthomyxoviridae.*

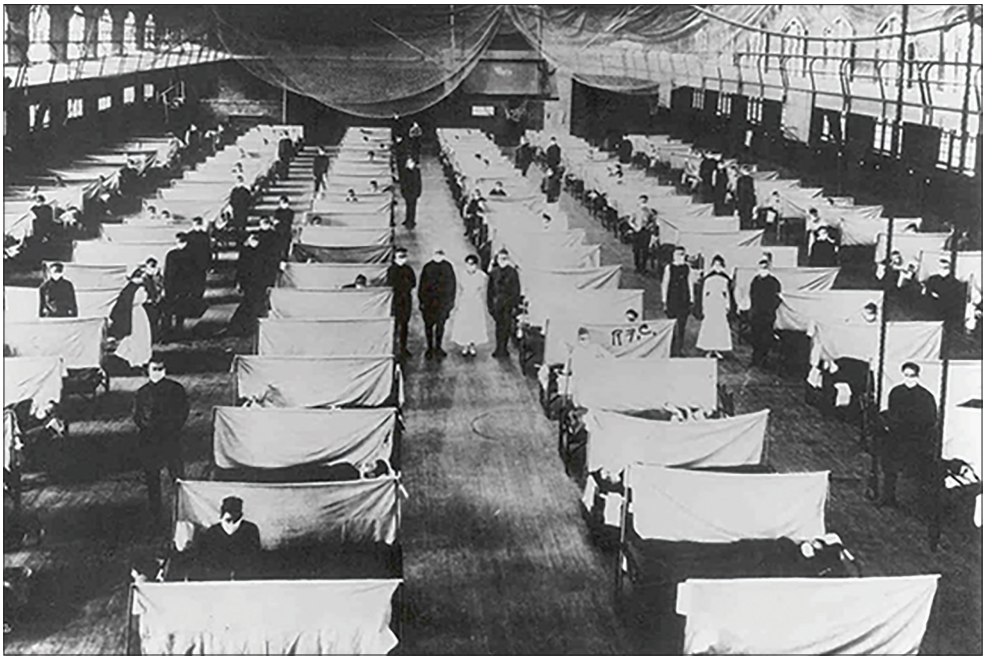
Pandemija gripe iz 1918. godine ostaje jedna od najupečatljivijih "noćnih mora" kada se spominju smrtonosne zarazne bolesti. Španjolska gripa, kako se često naziva, smatra se jednom od najvećih katastrofa u povijesti čovječanstva (Slika 1). Kako se bolest pojavila u vrijeme Prvog svjetskog rata, zbog ratnih okolnosti i medijskih cenzura dobila je ime španjolska gripa, jer je Španjolska bila neutralna tijekom Prvog svjetskog rata, pa se u toj zemlji o bolesti slobodno pisalo u novinama.

Početkom XX. stoljeća smatralo se da je od posljedica španjolske gripe umrlo 21,5 milijun ljudi. Međutim, novije procjene sugeriraju da je taj broj znatno veći, krećući se od 50 pa čak do 100 milijuna umrlih. Procjenjuje se da je trećina svjetske populacije, odnosno oko 500 milijuna ljudi, bila zaražena i imala kliničke znakove bolesti.

Pandemija španjolske gripe iz 1918. godine predstavljala je najveći globalni demografski šok koji je svijet dotad doživio. Iako je Prvi svjetski rat odnio znatno manje ljudskih života (oko 8 do 10 milijuna), španjolska gripa je privukla veću pažnju. Trajala je dulje i izazivala značajan medijski interes. Javnost je gripu doživljavala kao nastavak ratnih stradanja, dijelom zbog toga što su pojedini valovi španjolske gripe trajali relativno kratko, nakon čega bi bolest privremeno nestala na nekoliko mjeseci.

Širenju pandemije nesumnjivo je doprinijelo i to što se desila u vrijeme Prvog svjetskog rata, kada je mobilizacija vojnika dovela mnoge ljude u bliski kontakt, a životni su prostori bili pretrpani, što je omogućilo nesmetano širenje virusa gripe. Osim toga, zbog ratnih zbivanja i zdravstvene su usluge bile ograničene.

Razlikujemo 3 tipa virusa: A (izaziva pandemije, inficira ljude, druge sisavce i ptice), B (izaziva ograničene epidemije, inficira samo ljude) i C



Slika 1. Španjolska gripa 1918. godine (Izvor: CDC Public Health Matters Blog [https://blogs.cdc.gov/publichealthmatters/2018/05/1918-flu/])

(izaziva lokalne epidemije, a inficira ljude i svinje). Virus gripe A dalje se raščlanjuje na podtipove. Virus gripe prenosi se aerosolom (kašljanjem, kihanjem, govorom), a epidemije nastaju nakon antigenih promjena, koje se dešavaju na glikoproteinskim nastavcima (hemaglutininu – HA i neuraminidazi – NA) te su tako podtipovi gripe i označavani. Postoje dvije vrste antigenskih promjena: shiftovi (dolazi do velikih promjena), koji se dešavaju svakih 10–11 godina, i driftovi (male promjene), koje se dešavaju svake godine. Epidemije ili pandemije se događaju kada se virus promijeni toliko da imunost većine ljudi više nije dostatna. Gripa se javlja uglavnom u zimskim mjesecima, a najbolja prevencija je cijepljenje svake godine.

Osim pandemije španjolske gripe zabilježene su i azijska gripa uzrokovana virusom H2N2 1957. godine, hongkonška gripa uzrokovana virusom H3N2 1968. godine, ruska gripa, 1977. godine, uzrokovana ponovo s H1N1, ali je ovaj put bila oboljela mlađa populacija koja nije bila imuna na taj podtip. Nova pandemija 2009. godine, tzv. svinjska gripa, uzrokovana je podtipom H1N1 i pogrešno nazvana svinjska gripa, jer je utvrđeno da je taj tip kasnije pronađen kod svinja, na koje je prešao s ljudi.

Malarija

Vektori poput komaraca, krpelja, muha, buha i ušiju nositelji su različitih uzročnika zaraznih bolesti, koje prenose s jedne zaražene osobe na drugu ili sa zaražene životinje na čovjeka. Jedna od najvažnijih vektorskih bolesti, a prenose ju komarci, jest malarija (nazvana prema talijanskom *male aria*, što znači "loš zrak"), naziv koji je nastao u doba kada se vjerovalo da loš zrak iz močvarnih područja uzrokuje bolest. Međutim, uzročnik malarije su protozoe (praživotinje, najsitniji oblici u cijelom životinjskom svijetu) iz roda *Plasmodium*, koje na čovjeka prenose ženke komarca iz roda *Anopheles*.

Malarija je u prošlosti bila poznata kao "kraljica bolesti", a neki smatraju da je znatno doprinijela propasti Rimskog Carstva. Samo tijekom XX. stoljeća, malarija je odnijela između 150 i 300 milijuna života. Krajem XIX. stoljeća, tijekom gradnje Panamskog kanala, jednog od najvećih i najvažnijih inženjerskih poduhvata u modernoj povijesti, više od 27.000 ljudi umrlo je od malarije. To je bila ilustracija kako bolest može značajno usporiti ljudski napredak.

Rasprostranjenost malarije ovisi o prisutnosti njenih prenositelja, posebice komaraca iz roda *Anopheles*. Iako je prošlo više od stoljeća od identifikacije parazita koji uzrokuju malariju i više od 50 godina od pronalaska efikasnih lijekova i insekticida protiv komaraca, stotine milijuna ljudi još uvijek oboli od malarije, a stotine tisuća ih umre, posebno u najsiromašnijim dijelovima svijeta. Prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije, gotovo 390.000 ljudi umrlo je od malarije u Africi samo u 2019. godini. Malarija je i dalje peti najčešći uzrok smrti u svijetu.

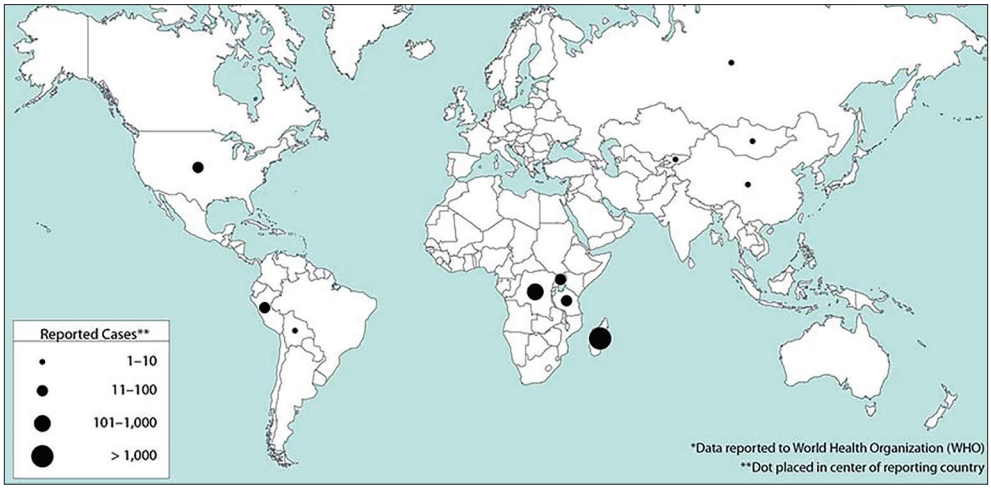


Slika 2. Komarac *Anopheles* prenositelj malarije (Izvor: CDC [https://www.cdc.gov/mosquitoes/about/life-cycles/anopheles.html])

Rod *Plasmodium* je uzročnik malarije, a postoje četiri vrste plazmodija: *P. vivax*, *P. ovale*, *P. malariae* i *P. falciparum*. Vektor i konačni nositelj plazmodija je ženka komarca iz roda *Anopheles* (Slika 2). Malarija se najčešće prenosi ubodom komarca, ali se može prenijeti i preko posteljice s majke na dijete, transfuzijom krvi i zaraženim iglama kod intravenskih narkomana. Bolest je endemska u stotinu zemalja, posebno u tropskim i suptropskim područjima. U Bosni i Hercegovini je sredinom prošlog stoljeća bila zastupljena u dolini rijeke Neretve, ali su isušivanjem delte Neretve uništena staništa komarca *Anophelesa* te je bolest iskorijenjena. Prevencija malarije primjenjuje se kao kemoprofilaksa kod osoba koje putuju u krajeve gdje je bolest endemska. Također se savjetuje korištenje repelenata, mreža protiv komaraca i nošenje zaštitne odjeće. U novije je vrijeme razvijena i vakcina koju se preporučuje davati djeci u endemskim zemljama radi sprječavanja širenja malarije među djecom.

Kuga

Kuga je akutna zarazna bolest koju uzrokuje bakterija *Yersinia pestis*. Ova zoonoza najčešće pogađa glodavce, posebno štakore, a čovjek se može zaraziti ili ugrizom štakora ili buhe koja je prethodno bila na zaraženom štakoru. Za liječenje kuge koristimo antibiotike, dok prevencija uključuje dezinsekciju, deratizaciju i druge higijensko-epidemiološke mjere. Iako je kuga danas rijetka bolest, koja se uspješno liječi antibioticima, i dalje je jedna od najtežih i moguće smrtonosnih zaraznih bolesti u svijetu.



Slika 3. Rasprostranjenost kuge u svijetu 2013. – 2018. godine
(Izvor: World Health Organiztion [https://www.cdc.gov/plague/maps/index.html])

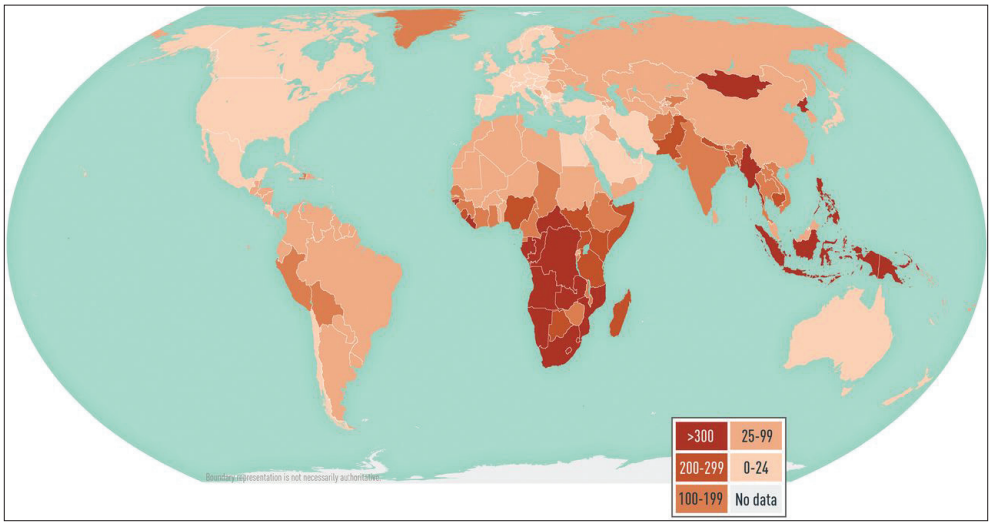
Poznate su smrtonosne pandemije kuge koje su detaljno opisane u povijesti. Pandemija koja je trajala od 542. do 767. godine proširila se iz Centralne Azije na Sredozemlje i uzrokovala smrt 40 milijuna ljudi. Druga velika pandemija također je počela u Centralnoj Aziji, a 1347. godine prenesena je brodom iz Carigrada u Siciliju, nakon čega je harala Europom sljedeća četiri stoljeća. Na svom vrhuncu je kuga, poznata kao "crna smrt", usmrtila četvrtinu tadašnjeg stanovništva Europe.

U našim krajevima, epidemija kuge dogodila se u Dubrovniku, koji je živio od pomorske trgovine. Zbog toga su vlasti 1377. godine uvele prvu karantenu u svijetu. Posade svih brodova koji su dolazili iz ugroženih područja morale su provesti mjesec dana na okolnim otocima prije nego što su mogle pristati u Dubrovnik.

Danas se *Yersinia pestis* sporadično pojavljuje u dijelovima Azije, Afrike i Amerike. Na čovjeka se prenosi različitim buhama, najčešće štakorskom buhom. Bakteriju *Yersiniu pestis* nemoguće je iskorijeniti zbog njene rasprostranjenosti u prirodnim rezervoarima. U mnogim slučajevima, kuga se ponovno pojavljuje nakon mnogo godina te i dalje predstavlja prijetnju javnom zdravlju u mnogim zemljama.

Tuberkuloza i lepra

Tuberkuloza i lepra su dvije važne bolesti, prisutne uz ljudski rod od prapovijesti do danas, a uzrokovane bakterijama iz roda *Mycobacterium*.



Slika 4. Procjena rasprostranjenosti tuberkuloze u svijetu 2024. godine (Izvor: CDC Yellow Book 2024 [https://wwwnc.cdc.gov/travel/yellowbook/2024/infections-diseases/tuberculosis])

Tuberkuloza je zarazna bolest od koje obolijevaju sisavci i ptice, kod kojih može zahvatiti bilo koji organ, ali najčešće su to pluća. U ljudi bolest uzrokuje bakterija *Mycobacterium tuberculosis*, koju je 1882. otkrio njemački bakteriolog Robert Koch te se i danas često koristi naziv Kochov bacil. U prošlosti je pogađala veliki broj ljudi, najčešće djecu i mlade ljude, što je imalo široki društveni utjecaj. U XIX. stoljeću se činilo kao da svi umiru od tuberkuloze. Brojne životne sudbine bile su povezane s tuberkulozom, posvećena su joj mnoga djela kroz opise likova ili kroz bolest samog umjetnika. Tuberkuloza i danas izaziva velik pobol i smrtnost. Prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije za 2022. godinu, u svijetu je od tuberkuloze umrlo oko 1,5 milijun ljudi, a oboljelo ih je oko 7,5 milijuna (Slika 4).

Mycobacterium tuberculosis prenosi se s jedne osobe na drugu kapljičnim putem, udisanjem aerosola. Jedna čestica aerosola može sadržavati 2–3 bacila i može ostati u zraku u zatvorenom prostoru satima, dok na tamnim mjestima u osušenim tjelesnim izlučevinama bacili ostaju infektivni do 10 mjeseci. Izloženi sunčevoj svjetlosti, ugibaju za nekoliko sati do nekoliko dana. U organizam čovjeka najčešće ulazi kroz respiratorni sustav, pa je plućna tuberkuloza najčešći oblik bolesti, iako postoje i drugi načini ulaska u tijelo.

Liječenje tuberkuloze provodi se kombinacijom antituberkulotika tijekom nekoliko mjeseci, dok je prevencija cijepljenje BCG (*Bacillus Calmette-Guérin*) cjepivom, koje se daje bebama 2–3 dana nakon rođenja, što smanjuje incidenciju tuberkuloze u dječjoj dobi.

Lepra ili guba je kronična zarazna bolest, izazvana bakterijom *Mycobacterium leprae*. U prošlosti je bila vrlo raširena i smatrana je jednom od najstrašnijih bolesti. Poznavali su ju stari Egipćani, pa se već u Ebersovu papirusu (oko 1550. pr. Kr.) opisuju njezina dva oblika (čvorasti i osakaćujući). Babilonci su uočili njezinu zaraznost, pa su provodili izolaciju gubavaca, što je bio temelj svih kasnijih postupaka sprječavanja gube. Usprkos mogućnosti liječenja, guba je i dalje endemska bolest u nekim zemljama. Prema podacima SZO u 2015. godini guba je prijavljena u 136 zemalja svijeta, a na svijetu ima oko četiri milijuna ljudi s invaliditetom prouzročenim leprom. Bolest se javlja isključivo kod ljudi, inkubacija joj je jako duga, i po više desetaka godina, a zahvaća ekonomski najniže slojeve stanovništva. Razvija se polako i obično napada kožu, posebno lice, šake i stopala. *M. leprae* se ne može uzgojiti u laboratorijskim uvjetima. Liječenje je dugotrajno i provodi se kombinacijama antibiotika.

Sifilis

Sifilis je bolest poznata više od 400 godina. Neki izvori tvrde da su ga u Europu donijeli Kolumbovi mornari iz Amerike, dok neki kažu da je sifilis bio prisutan u Europi još i prije XV. stoljeća. To je zarazna, najčešće spolno prenosiva bolest, koju uzrokuje bakterija *Treponema pallidum*.

Ova stara prijetnja čovječanstvu, za koju se nakon otkrića penicilina vjerovalo da je skoro iskorijenjena, ponovno iznenađuje svojim povratkom i privlači pažnju javnosti. U posljednjih 30 godina, zbog promjena u seksualnom ponašanju, zlouporabe droga i širenja infekcije virusom humane imunodeficijencije (HIV), broj oboljelih ponovno raste, što predstavlja ozbiljan problem za javno zdravstvo.

Uzročnik sifilisa je spiralna bakterija *Treponema pallidum*, koja je otkrivena 1905. godine, što je bio vrlo važan korak u razvoju dijagnostičkih i terapijskih postupaka u sljedećim godinama. *T. pallidum* je patogena za čovjeka i majmuna. Bolest se na čovjeka uglavnom prenosi spolnim putem, ali je moguć prijenos bakterije i s majke na dijete preko posteljice, što dovodi do kongenitalnog sifilisa. Važno je spomenuti i endemski sifilis, koji je postojao u Europi od XVI. stoljeća. Glavna obilježja te bolesti su dugotrajna prisutnost na određenom području i prijenos bez obzira na dob i spol, uglavnom nespolnim putem u nehigijenskim životnim uvjetima. Sifilis se liječi antibioticima, najčešće penicilinom. Prevencija uključuje suzdržavanje od rizičnih spolnih odnosa te korištenje kondoma, što je korisno i kod ostalih spolno prenosivih bolesti.

Kolera

Kolera je akutna crijevna zarazna bolest uzrokovana bakterijom *Vibrio cholerae*. Smatra se da kolera potječe iz područja delte rijeke Ganges. Od 1817. godine zabilježeno je sedam velikih pandemija. Prva pandemija započela je 1961. godine u Indoneziji, proširila se po Aziji, a potom zahvatila i dijelove Europe, gdje je brzo suzbijena primjenom javnozdravstvenih mjera. Tijekom 1970-ih godina kolera se proširila na Afriku, a u 1990-ima na Južnu i Srednju Ameriku. Sporadični slučajevi kolere zabilježeni su i u SAD-u.

Vibrio cholerae, najvažnija vrsta bakterija iz roda *Vibrio*, uzrokuje koleru isključivo kod čovjeka. Bakteriju je 1883. godine otkrio Robert Koch tijekom epidemije u Egiptu. Kolera je praćena izrazitim proljevom (dijarejom), koji može dovesti do smrti unutar nekoliko sati od početka bolesti zbog prevelikog gubitka tekućine i elektrolita. Bolest izaziva epidemije i pandemije, a najčešće se prenosi putem zagađene vode. Liječi se antibioticima te

simptomatski nadoknadom tekućine i elektrolita. Prevencija uključuje kontrolu vodoopskrbe, kloriranje pitke vode, sigurnu dispoziciju otpadnih voda te kontrolu putnika koji dolaze iz endemijskih krajeva.

Emergentne i reemergentne bolesti – nova prijetnja svijetu

Vidljivo je da su zarazne bolesti imale značajan utjecaj na povijest i razvoj čovječanstva. U prošlosti su epidemije često bile odgovorne za velike gubitke ljudskih života i promjene u društvu. Zahvaljujući napretku u medicini, javnom zdravstvu i tehnologiji, mnoge zarazne bolesti sada su pod kontrolom u razvijenim zemljama. No, u nerazvijenim dijelovima svijeta, te bolesti i dalje uzimaju veliki danak. Nerazvijene zemlje često se suočavaju s izazovima kao što su nedostatak pristupa zdravstvenoj skrbi, loši sanitarni uvjeti, neadekvatna prehrana i nedostatak resursa potrebnih za kontrolu i liječenje zaraznih bolesti. To dovodi do toga da mnoge zarazne bolesti i dalje haraju tim područjima i uzrokuju oboljenja i smrti milijuna ljudi svake godine. Krajem XX. stoljeća, gotovo svi su bili uvjereni da će liječenjem i/ili cijepljenjem uskoro moći iskorijeniti većinu zaraznih bolesti. Međutim, uspješno su iskorijenjene velike boginje, a u borbi protiv malarije ili tuberkuloze rezultati su razočaravajući te ove bolesti i dalje predstavljaju problem. Zbog toga koristimo pojam "nadziranje" endemskih bolesti, umjesto "iskorjenjivanje".

Emergentne zarazne bolesti su one koje se pojavljuju prvi put u nekoj populaciji, dok su reemergentne one koje se nakon određenog razdoblja ponovno pojavljuju na područjima gdje su ranije bile pod kontrolom ili čak eradicirane. Postoji nekoliko faktora koji mogu objasniti pojavu ovih bolesti:

1. Ljudska demografija i ponašanje, tj. promjene u gustoći stanovništva, urbanizacija, migracije i promjene u ponašanju pojedinaca mogu utjecati na širenje bolesti.
2. Tehnologija i industrija, tj. razvoj tehnologije i industrije može dovesti do ekoloških promjena koje pogoduju širenju zaraznih bolesti.
3. Gospodarski razvoj i korištenje zemljišta, kao što su promjene u gospodarstvu i korištenje zemljišta, poput uništavanja šuma, mogu potaknuti kontakt između ljudi, životinja i patogena.
4. Međunarodna putovanja i trgovina, tj. povećanje međunarodnih putovanja i trgovine može olakšati širenje bolesti između različitih dijelova svijeta.
5. Adaptacija i promjena mikroorganizama, jer se mikroorganizmi mogu prilagoditi novim uvjetima i postati otporniji na lijekove.
6. Kršenje mjera javnog zdravstva (Slika 5).



Slika 5. Faktori koji ubrzavaju pojavu i prijenos emergentnih i reemergentnih bolesti (Izvor: Microorganisms [https://www.mdpi.com/2076-2607/10/1/98])

Emergentne zarazne bolesti predstavljaju značajan teret za globalno gospodarstvo i javno zdravstvo. Između 1940. i 2004. godine zabilježene su 334 emergentne zarazne bolesti širom svijeta. Najviša incidencija bila je 1980-ih godina, istodobno s pojavom pandemije sindroma stečenog nedostatka imunosti (engl. *acquired immunodeficiency syndrome* – AIDS), izazvanog virusom humane imunodeficijencije (HIV). Osim toga, među emergentnim bolestima dominiraju zoonoze (bolesti zajedničke ljudima i životinjama) te bolesti koje se prenose vektorima, koji su prenositelji različitih uzročnika bolesti, a ti prenositelji mogu biti komarci, krpelji, muhe, buhe, uši.

Nakon virusa španjolske gripe (uzročnik je virus *influenzae*) koji je vladao svijetom prije nešto više od 100 godina, pojavili su se vrlo slični, ali promijenjeni virusi (tipovi), kao što su virus ptičje gripe (H5N1), virus pandemijske (nove) gripe A (H1N1). Ovi virusi i danas unose strah, nemir i smrt u pojedinim dijelovima svijeta.

Ovaj trend ukazuje na potrebu za nastavkom istraživanja, praćenja i poduzimanja mjera prevencije radi suzbijanja ovih bolesti i zaštite javnog zdravlja.

Virus humane imunodeficijencije (HIV)

Godine 1977. Svjetska zdravstvena organizacija (SZO) objavila je pobjedu nad velikim boginjama, virusnom bolešću koja je tijekom povijesti uzrokovala velik broj smrtnih slučajeva. No, samo nekoliko godina kasnije, tijekom 1980-ih, svijet se suočio s pojavom novog virusa – virusa humane imunodeficijencije (HIV), uzročnika sindroma stečenog nedostatka imunosti (AIDS). Pojava HIV-a i AIDS-a izazvala je novu globalnu krizu u javnom zdravstvu.

AIDS dovodi do ozbiljnog slabljenja imunološkog sustava, što rezultira pojavom različitih bolesti koje se obično ne bi pojavile u zdravih osoba. Prema podacima SZO iz 2016. godine, širom svijeta je živjelo 36,7 milijuna ljudi s AIDS-om, a bilo je 1,8 milijuna novih slučajeva otkrivenih iste godine. Nažalost, te je godine milijun ljudi umrlo od posljedica ove bolesti.

Virus zapadnog Nila

Virus zapadnog Nila poznat je od 1937. godine, kada je izoliran iz krvi oboljele žene u području zapadnog Nila u Ugandi. Prvi slučajevi infekcije u Europi zabilježeni su 1996. godine, dok su se u SAD-u počeli evidentirati od 1999. godine. Infekcija virusom zapadnog Nila tipičan je primjer zoonotske bolesti koju prenose vektori.

Većina infekcija (oko 80%) prolazi asimptomatski, što znači da zaražene osobe ne pokazuju simptome. Otprilike 20% zaraženih može razviti nespecifičnu febrilnu bolest. Međutim, u manje od 1% slučajeva može doći do razvoja neuroinvazivne bolesti, koja se očituje meningitisom i encefalitisom, ozbiljnim upalnim bolestima mozga i njegovih ovojnica.

Različite vrste ptica služe kao primarni domaćini i rezervoari virusa zapadnog Nila, dok su glavni vektori za prijenos virusa na ljude komarci. Zbog toga je ova bolest podložna sezonskim i geografskim varijacijama, ovisno o prisutnosti i aktivnosti komaraca.

Teški akutni respiratorni sindrom

Godine 2003. u Kini je izbila bolest karakterizirana teškim akutnim respiratornim sindromom (SARS), s mortalitetom do 15% oboljelih.

U Saudijskoj Arabiji 2012. godine pojavila se nova globalna prijetnja – bolest nazvana MERS (*Middle East respiratory syndrome*), koja također uzrokuje teške respiratorne probleme. Iako je većina pacijenata bila geografski povezana s Arapskim poluotokom, MERS se pojavio i u drugim dijelovima svijeta. Domaćini virusa su deve, a dokazan je i prijenos virusa s čovjeka na čovjeka. Na Srednjem Istoku, smrtnost od MERS-a 2015. godine iznosila je čak 25,9%, dok je iste godine u Južnoj Koreji, gdje je bolest donio turist koji se vratio iz Saudijske Arabije, smrtnost bila 20,4%. Prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije, od 2012. godine do danas, bolest je zabilježena u 27 zemalja svijeta.

Ebola

Tijekom 2013. godine svijet je uzbunila pojava strašne virusne bolesti uzrokovane virusom ebola koja se pojavila u zapadnoj Africi. Ugroženi su bili milijuni ljudi, a oboljelo ih je više tisuća. Bolest je zoonoza, a virus je dokazan u gorila, čimpanzi, voćnih šišmiša i antilopa.

COVID-19

Godine 2020. započela je globalna pandemija uzrokovana novim virusom SARS-CoV-2, uzročnikom bolesti COVID-19, popularno nazvane "korona". Ova bolest, koja je potekla iz Kine krajem 2019. godine, u sljedeće tri godine proširila se diljem svijeta. Prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije, do kraja 2023. godine više od 770 milijuna ljudi oboljelo je od COVID-19,

a gotovo 7 milijuna je preminulo. U Bosni i Hercegovini, od početka pandemije, oboljelo je više od 403.000 ljudi, a preminulo je 16.400 osoba. Iako je SZO proglasila kraj pandemije u junu 2023., bolest nije nestala.

Virus SARS-CoV-2 pripada porodici *Coronaviridae*, koji obično cirkuliraju među životinjama, ali mogu prijeći i na ljude te se širiti među ljudima. Prirodni rezervoar koronavirusa su šišmiši, iako se smatra da ih mogu prenositi i druge životinje poput mačaka, cibetki i deva.

Virus SARS-CoV-2 prenosi se putem aerosola (kašljanjem, kihanjem, govorom), a moguć je i prijenos preko zagađenih površina i predmeta. Bolest može biti asimptomatska, ali se može manifestirati različitim kliničkim simptomima, od blage prehlade do teških oblika bolesti koji mogu imati i smrtni ishod. Pod većim rizikom od razvoja težih oblika bolesti su osobe starije životne dobi te osobe s kroničnim bolestima poput dijabetesa, povišenog krvnog tlaka i malignih bolesti.

Većina ljudi se od bolesti COVID-19 oporavi bez liječenja ili samo sa simptomatskom terapijom, dok su težim slučajevima potrebni antivirusni lijekovi. Prevencija bolesti, osim poštivanja higijensko-epidemioloških mjera, uključuje i cijepljenje. Cjepiva protiv COVID-19 su razvijena i zaštitila su milijune ljudi od težih oblika bolesti, hospitalizacije i smrti. Međutim, i cijepljene osobe mogu oboljeti od COVID-19, ali u blažem obliku.

Nakon svega što smo preživjeli u posljednje četiri godine, saznali smo karakteristike pandemije, te i ako se SARS-CoV-2 potpuno iskorijeni, znanstvenici predviđaju mogućnost pojave nove pandemije u budućnosti. Do tada živimo u postpandemijskom dobu. Ako usporedimo proteklu pandemiju s pandemijom kuge koja je svijet poharala u srednjem vijeku, možemo povući paralelu. Iako pandemija COVID-19 nije odnijela ni približan broj života u usporedbi s kugom, nakon kuge, Europa se izvukla iz srednjovjekovne "bolesti", pokrenuvši renesansu, reformaciju i prosvjetiteljstvo. Možda će i pandemija COVID-19 potaknuti duh društvene introspekcije.

Literatura

1. Anušić N. U sjeni velikog rata. Pandemija španjolske gripe 1918.–1919. u sjevernoj Hrvatskoj. Zagreb: Srednja Europa, 2015.
2. Behbehani AM. The smallpox story: life and death of an old diseases. Microbiol Rev 1983;47:455-509.
3. Brachman PS. Infectious diseases – past, present and future. Int J Epidemiol 2003;32:684-6.
4. Carter J, Saunders WA. Hendra virus, Nipah virus. U: Virology. Chuchester, West Susex, England: John Wiley & sons, Ltd., 2017:275.

5. Carter R, Mendis KN. Evolutionary and historical aspects of the burden of malaria. Clin Microbiol Rev 2002;15:564-94.
6. Center for Disease Control and Prevention. Middle East Respiratory Syndrome (MERS). https://www.cdc.gov/coronavirus/mers/about/index.html (datum posljednjeg pristupa: 23. 1. 2024.)
7. Cvetnić Ž i sar. Bolesti koje su mijenjale svijet. Veterinarski žurnal Republike Srpske (Banja Luka) 2019;19(2):206-16.
8. Cvetnić Ž. Bolesti koje su mijenjale svijet. Zagreb: Medicinska naklada, 2018.
9. Dodig S. Biblijska medicina – O zdravlju, bolesti i smrti u Bibliji. Zagreb: Medicinska naklada, 2016.
10. Dogra S, Narang B, Kumar B. Leprosy – evoluation of the part to eradication. Indian J Med Res 2013;137:15-35.
11. Erkoteka A. Origins of the Spanish influenza pandemic (1918–1920) and its relation to the First World War. J Mol Genet Med 2009;3:190-4.
12. Glesinger L. Povijest medicine. Zagreb: Školska knjiga, 1978.
13. Jemeršić L. Ebola – zoonoza čija nam pojava stalno prijeti. Vet Stn 2014;45:297-305.
14. Kohl PK, Winzer I. The 100 years since discovery of *Spirochaeta pallida*. Hautarzt 2005;56:112-5.
15. Kolata G. Flu – The story of the great influenza pandemic of 1918 and the search for the virus that caused it. New York: Touchstone Edition, 2001.
16. Koneman EW, Allen SD, Jonda WM, Schreckenberger PC, Winn WC. Diagnostic Microbiology. Part 2: The families *Vibrionaceae* and *Aeromonadaceae*, pp. 339-48. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000.
17. Krajinović V, Baršić B. Teški akutni respiratorni sindrom (SARS). Medix 2003;51:35-7.
18. Marinović B, Lipozenčić J. Where does syphilis stand in Croatia? Clin Dermatol 2002;20:141-6.
19. Meyer KF. Plague. U: Hull TG. Diseases transmitted from animals to man. Springfield, Illinois (USA), 1961:467-508.
20. Mlinarić-Galinović G. Ortomiksovirus. U: Kalenić S. i sur. Medicinska mikrobiologija. Medicinska naklada, 2013:414-21.
21. Morse SS. Emerging infections: Condemned to repeat? Washington, DC: National Academies Press, 2009.
22. Park JE, Jung S, Kim A, Park JE. MERS transmision and risk factors: a systematic review. BMC Public Health 2018;18:574.
23. Schelnukov SN. An increasing danger of zoonosis Ortopoxvirus infection. Plos Patholog. 9(12):e1009756.
24. Siddique AK, Cash R. Cholera outbreaks in classical biotype era. Curr Top Microbiol Immunol 2014;379:1-16.
25. Sinka ME, Bangs MJ, Manguin S, Rubio-Palis Y, Chareonviriyaphap T, Coetzee M, Mbogo CM, Hemingway J, Patil AP, Temperley WH, Gething PW, Kabaria CW, Burkot TR, Harbach RE, Hay SI. A global map if dominant malaria vectors. Parasit Vectors 2012;5:69.
26. Tauberger JK, Morens DM. 1918 influenza: mother of all pandemics. Emerg Infect Dis 2006;12:15-22.
27. Thevez C, Biagini P, Crubezy E. The rediscovery of smallpox. Clin Microbiol Infect 2014;20:210-8.
28. Trilla A, Trilla G, Daer C. The 1918 "Spanish flu" in Spain. Clin Infect Dis 2008;47:668-73.

29. Walker A. 10 of history's deadliest construction projects – Panama canal, 1880–1914. 2014. https://gizmodo.com/10-of-historys-deadliest-construction-projects-1588099877 (datum posljednjeg pristupa: 23. 1. 2024.)
30. World Health Organization. WHO COVID-19 dashboard. https://data.who.int/dashboards/covid19/deaths?n=c (datum posljednjeg pristupa: 23. 1. 2024.)
31. World Health Organization. WHO recommends R21/Matrix-M vaccine for malaria prevention in updated advice immunization. https://www.who.int/news/item/02-10-2023-who-recommends-r21-matrix-m-vaccine-for-malaria-prevention-in-updated-advice-on-immunization (datum posljednjeg pristupa: 23. 1. 2024.)
32. Zakaria F. Ten lessons for a post-pandemic world. London: Penguin-Allan, 2020.
33. ZZJZFBIH. Svjetski dan AIDS-a 2017. https://www.zzjzfbih.ba/svjetski-dan-borbe-protiv-hivaids-a-2017 (datum posljednjeg pristupa: 23. 1. 2024.)

IMUNOST NA INFEKCIJU

Mirsada Hukić

Na planeti Zemlji najstariji i najbrojniji stanovnici su mikroorganizmi. Oni čine više od 50% mase biosfere. Tokom čitavog svog života čovjek se neminovno nalazi u tijesnom kontaktu s brojnim mikroorganizmima: virusima, bakterijama, gljivama, protozoama i višećelijskim parazitima. Veliki broj mikroorganizama prilagodio se na život na pojedinim dijelovima ljudskog tijela, formirajući različite asocijacije sa svojim domaćinom, ali i s drugim mikroorganizmima koji naseljavaju isto područje. U najvećem broju, mikroorganizmi se nalaze kao simbionti, komenzali ili inkvilini na koži i sluzokožama čovjeka, ne nanoseći mu nikakvu štetu, a nerijetko imaju i korisne učinke. Samo mali broj mikroorganizama su paraziti, trajno ili povremeno nastanjeni na ili u čovjeku, iskorištavajući njegovu životnu energiju i remeteći njegove fiziološke procese.

Kada patogeni mikroorganizam prodre u svoga domaćina, počinje se razmnožavati, oštećujući tkiva svojim prisustvom i/ili produktima metabolizma, te uvjetuje nastanak infekcija. Tok i ishod infekcije su rezultat složenih interakcija između izazivača bolesti i imunološkog sistema domaćina.

Svaki mikroorganizam koji može dovesti do infekcije, odnosno biti uzrokom bolesti, naziva se patogen. Stupanj patogenosti mikroorganizma naziva se virulencija. Patogeni koriste različite mehanizme da bi izbjegli imuni odgovor domaćina. Neki od njih luče različite enzime i toksine koji imobiliziraju ili uništavaju neke od ključnih odbrambenih mehanizama domaćina. Mnogi patogeni posjeduju mehanizme kojima se brane od djelovanja imunog sistema, kako bi ostali neprepoznati od imunog sistema. To postižu na nekoliko načina:

a) rastu unutar ćelija domaćina;
b) obavijaju se molekulama koje se nalaze na ćelijskim membranama domaćina (molekularno maskiranje);
c) sintetiziraju na svojoj površini molekule slične onima kod domaćina i

d) kontinuirano ispoljavaju varijacije u svojim površinskim strukturama.

U nekim slučajevima patogeni su sposobni da selektivno suprimiraju imuni odgovor ili da vrše regulaciju imunog odgovora, dovodeći do aktivacije mehanizama koji su neefikasni u toj infekciji.

Imuni odgovor se zasniva na sposobnostima imunog sistema da prvo prepozna strane površinske strukture na mikroorganizmima, a zatim da pokrene odgovarajuće fiziološke mehanizme koji će te mikroorganizme uništiti i eliminisati. Efektorski (izvršni) mehanizmi čovjeka u imunološkoj reakciji zasnivaju se na stvaranju topljivih specifičnih reaktivnih glikoproteina (antitijela) i na djelovanju imunoloških **ćelija**.

Imuni sistem nije lokaliziran, nego se sastoji od limforetikularnih organa i tkiva difuzno raštrkanih u tijelu. Organi imunog sistema su prema svojoj funkciji podijeljeni u primarne (timus, koštana srž) u kojima nastaju i sazrijevaju ćelije imunog sistema (T i B limfociti) i sekundarne (slezena, limfni čvorovi, limforetikularno tkivo respiratornog, probavnog i genitourinarnog sistema) gdje se patogeni koji su ušli u ljudski organizam susreću sa stanicama imunog sistema.

Odbrana organizma od infekcije vrlo je složena i postiže se na dva načina: nespecifičnom i specifičnom imunošću. Ova dva oblika imunosti su tijesno međusobno povezana. Povremeno nespecifični imuni odgovor zahtijeva pomoć u obliku specifičnog odgovora. S druge strane, specifični imuni odgovor, uz vlastite, koristi i efektorske mehanizme nespecifične imunosti.

Nespecifična ili prirođena imunost

Prirođena imunost obuhvata obrambene mehanizme za koje nije potreban podražaj antigenom i usmjerena je protiv bilo kojeg mikroorganizma koji ulazi u organizam. Efektorski mehanizmi uključeni u nespecifičnu imunost su prirođeni životinjskim vrstama i ne pokazuju nikakvu specifičnost te reagiraju isto prema svakom štetnom agensu. Ovaj sistem je veoma efikasan, djeluje odmah i najčešće je sposoban da spriječi invaziju ili da uništi većinu mikroorganizama s kojima je u dodiru. To je složen zaštitni sistem sastavljen od: anatomskih prepreka (koža i sluzokože), fizioloških prepreka (tjelesna temperatura, pH tjelesnih tekućina i sekreta i hemijskih sistema kao što su komplement, interferoni, lizozimi, C reaktivni protein), ćelijskih prepreka (makrofagi koji učestvuju u fagocitozi, eozinofili koji učestvuju u alergijskim reakcijama i uništavanju parazita, ćelije prirodne ubice koje ubijaju ćelije inficirane virusima) i upalne reakcije.

Kada neki patogen savlada vanjske odbrambene mehanizme i prodre u tijelo, različite stanice koje sudjeluju u imunoj reakciji migriraju na mjesto prodora. Uloga ovih stanica u toku infekcije je da lokalizuju i razore uljeza prije nego što se proširi u druge dijelove tijela. Akciju različitih ćelija povezuju, usmjeravaju i kontrolišu topljive aktivne tvari kao što su: interferoni, interleukini, komplement i druge. Na mjestu prodora patogena kao rezultat djelovanja navedenih ćelija nastaje upalna reakcija.

Specifična (stečena ili adaptivna) imunost

Ako mikroorganizmi savladaju nespecifičnu odbranu organizma, razvija se specifična (stečena ili adaptivna) imunost po sljedećem obrascu: prepoznavanje nečega stranog, specifičnost i memorija. Specifični imuni odgovor javlja se nakon razdoblja latencije u kojem dolazi do ekspanzije i proliferacije specifičnog klona limfocita. U okviru specifične imunosti razvijeni su efektorski mehanizmi koji specifično prepoznaju i eliminiraju uzročnike infekcije.

Prema nastalim izvršnim mehanizmima postoje dva oblika odbrambenih reakcija: humoralna imunost posredovana antitijelima i celularna imunost posredovana stanicama. Pravac u kojem će se razvijati specifični imuni odgovor određuju brojni činioci, među kojima su najznačajniji: osobine izazivača (vrsta, hemijska građa, produkti koje luči u okolinu itd.), mjesto parazitiranja (na površini tijela, u tjelesnim šupljinama, u tkivima, intracelularno ili ekstracelularno) i od osobina pokrenutog nespecifičnog imunog odgovora.

Humoralni imuni odgovor vezan je prvenstveno za ekstracelularne parazite, dok stanicama posredovana imunost reagira prvenstveno na intracelularne patogene. U toku rane faze infekcije, u zavisnosti od patogena, nespecifični imuni odgovor će uključiti različite stanice i citokine, što će uticati na diferencijaciju specifičnog imunog odgovora u pravcu razvoja ćelijama posredovane imunosti, ili u pravcu razvoja humoralne imunosti.

Specifična imunost se može steći aktivno ili pasivno. Aktivno stečena specifična imunost vrlo je efikasna u odbrani od specifičnog agensa, bez obzira na to je li nastala nakon prirodne infekcije ili imunizacije (vakcinacije). Ovakva imunost je dugotrajna, ponekada i doživotna.

Pasivna imunost se javlja kada osoba primi antitijela, umjesto da ih sama proizvodi. U prirodi se to događa kada novorođenče primi majčina antitijela kroz placentu ili majčino mlijeko.

Pasivna imunizacija se primjenjuje u terapijske svrhe, kako bi se spriječila infekcija ili trovanje. Proizvedena antitijela se najčešće daju u profilaksi tetanusa, bjesnila i trovanja nakon zmijskog ujeda. Pasivni imunitet pruža trenutnu zaštitu, ali traje samo nekoliko sedmica ili mjeseci.

Imunost učenika

Nespecifična i specifična imunost učenika imaju ključnu ulogu u sprečavanju širenja bolesti u školama. Zbog bliskog kontakta između učenika, boravka u zajedničkom prostoru te dijeljenja različitih predmeta, u školskim ustanovama mogu se lako prenositi mnoge bolesti. Među njima su najčešće prehlada, gripa, upala grla, kožne infekcije, vodene kozice, vašljivost itd.

Nespecifična imunost učenika je od velike važnosti za odbranu od infekcije. Zdrav način života, uključujući pravilnu ishranu, dovoljno sna i fizičke aktivnosti poboljšava nespecifičnu imunost učenika.

Specifična imunost razvija se nakon preležane bolesti ili nakon imunizacije. Redovna imunizacija predškolske i školske djece ključna je u sprečavanju brojnih bolesti.

Literatura

1. Ajello L, Hay RJ. Medical Mycology. U: Collier L, Balows A, Sussman M. Mycrobiology and Microbial Infections. 9th ed. London: Arnold; 1999.
2. Boyd RF. Immunology. U: Boyd RF. Basic Medical Microbiology. 5th ed. New York: Little, Brown; 1995:127-201.
3. Andreis I, Čulo F, Marušić M, Tarandi M. Imunologija. 5. izdanje. Zagreb: Medicinska naklada, 1998.
4. Bonilla FA, Oettgen HC. Adaptive immunity. J Allergy Clin Immunol 2010;125(2 Suppl 2):S33-40.
5. Roitt I, Brostoff J, Male D. Immunology. 5th ed. London: Mosby; 1988.

IMUNIZACIJA

Enes Šačić

Zarazne (infektivne) bolesti spadaju u grupu bolesti koje uzrokuju patogeni mikroorganizmi ili njihovi toksini, a koje se prenose od bolesnog na zdravog čovjeka. Zarazne bolesti nastaju kao posljedica ulaska i razmnožavanja patogenih mikroorganizama i njihovog štetnog djelovanja na organizam čovjeka ili životinje. Zarazne bolesti ostaju jedan od glavnih uzroka smrti i onesposobljenosti (invaliditeta) te su odgovorne za pogoršanje životnih uslova miliona ljudi širom svijeta.

One imaju najveći doprinos za razvoj moderne medicine animirajući znanstvenu zajednicu na razvoj epidemiologije, prevencije i antimikrobne terapije. S naučnog aspekta se pretpostavlja da će s porastom broja stanovnika biti sve češći kontakt između ljudi i životinja, te da iz pandemija i epidemija koje su se desile u prošlosti treba učiti načine sprečavanja njihovog uticaja na zdravlje ljudi.

Imunizacija kao mjera prevencije zaraznih bolesti imala je najveći uticaj na smanjenje broja novih bolesti i smrtnih slučajeva tih bolesti.

Pored imunizacije, samo je obezbjeđenje sigurne vode za piće imalo tako veliki uticaj na porast populacije i pad mortaliteta.

Od zaraznih bolesti tokom historije čovječanstva više je ljudi stradalo u odnosu na sve ljudske nedaće koje su ih snašle, poput hladnoće, gladi, zemljotresa, oružanih sukoba itd.

Na svakih deset registrovanih smrti, osam je bilo uzrokovano zaraznim bolestima protiv kojih se danas vakcinišemo (cijepimo).

Na osnovu svjetskih naučnih rezultata, za osobe koje su rođene u periodu između 2000. i 2030. godine, njihovom imunizacijom protiv deset zaraznih bolesti spriječit će se 120 miliona smrtnih slučajeva, a 96 miliona smrtnih slučajeva će biti spriječeno zahvaljujući vakcinama protiv morbila i hepatitisa.

Imunizacija (vakcinacija, cijepljenje)

Imunizacija može biti:
- aktivna imunizacija i
- pasivna imunizacija.

U aktivnoj imunizaciji vakcine (cjepiva) se koriste za stimuliranje prirodnih odbrambenih mehanizama tijela (imunološki sistem). U aktivnoj imunizaciji u organizam domaćina unose se antigeni da bi se podstaklo stvaranje antitijela i tako stvorio imunitet protiv određene bolesti.

Antigeni u vakcini su živi ili mrtvi uzročnici bolesti, proizvodi uzročnika (toksin) ili čisti antigen dobiven putem genetskog inžinjerstva.

Antitijela su proteini proizvodi limfocita (B limfocita), tj. odbrambenih stanica organizma koje ciljano uništavaju mikroorganizme. Na osnovu specifičnosti u strukturi molekule protein antitijela "prepoznaje" uzročnika i stimuliše imunološki sistem da uništi uzročnika.

Vakcine (cjepiva) stimulišu organizam čovjeka da proizvodi antitijela na određene mikroorganizme ili njihove toksine i tako se stvara imunitet protiv određene bolesti vještačkim putem.

U pasivnoj imunizaciji osobi se daju gotova antitijela da bi se imunološki sistem stimulisao protiv određenog infektivnog organizma i na taj način se sprečava infekcija.

Pasivnom imunizacijom zaštita kratko traje, samo par sedmica.

Razvoj programa imunizacije do kraja 2030.

Svjetska zdravstvena organizacija (SZO), uz pomoć zemalja i partnera, podržala je novu globalnu viziju i strategiju pod nazivom Agenda imunizacije 2030 (IA 2030), kako bi se suočila s izazovima i do kraja ovog desetljeća spasila više od 50 miliona života, omogućivši vakcine svima i svugdje.

Imunizacijska agenda 2030 objavljena je 2021. i ona zamišlja "svijet u kojem svi, svuda, u svakom uzrastu, u potpunosti imaju koristi od vakcina za poboljšanje zdravlja i blagostanja, s ciljem održanja teško stečenih uspjeha u imunizaciji, za oporavak od poremećaja koje je izazvao COVID-19 i postizanju još boljih rezultata, tako što neće izostaviti nikoga, ni u kojoj situaciji ili fazi života".

Ciljevi programa imunizacije u evropskom regionu (SZO)

Osnovno kod svakog nacionalnog programa imunizacije, a time i svih zemalja evropskog regiona, jest dostizanje i održavanje visokog obuhvata imunizacijom odgovarajućim brojem doza djece određenog uzrasta, posebno one koje pripadaju osjetljivim grupama. Ciljevi su:

- bezbjedna imunizacija;
- održavanje statusa "zemlja bez poliomijelitisa";
- eliminacija morbila i rubeole;
- prevencija kongenitalnog rubeola sindroma;
- uvođenje novih vakcina.

Koristi imunizacije

Javnozdravstveni značaj vakcinacije se mjeri kroz zdravstvene i društvene koristi.

Zdravstvene koristi podrazumijevaju drastično smanjenje stope širenja i stope smrtnosti (mortalitet) za mnoge zarazne bolesti (procjenjuje se da se svake godine sprječava smrt 6 miliona djece mlađe od pet godina). Smanjena stopa širenja zaraznih bolesti (morbiditet) dovodi do toga da se širenje bolesti usporava, smanjuje rizik od izbijanja epidemija, smanjuju troškovi zdravstvene zaštite, smanjuje potreba za liječenjem bolesti, nepotrebne hospitalizacije i dr. Posredna zdravstvena korist je smanjenje širenja bolesti među onima koji nisu vakcinisani jer, kada postoji visok procenat vakcinisanih osoba, povećava se kolektivni imunitet u njihovoj okolini, a time se smanjuje rizik od izloženosti bolestima (veliki obuhvat imunizacije štiti one koji ne mogu da prime vakcine, kao što su osobe s poremećajem imunog sistema).

Društvene koristi podrazumijevaju produžen životni vijek, manje odsustvovanje s posla (smanjenje broja dana bolovanja) i bolja produktivnost radne snage, bezbjednija putovanja i pokretljivost stanovništva, rast i promovisanje ravnopravnosti sprječavajući nacionalne, rasne, vjerske i društvene nejednakosti u pristupu zdravstvenim uslugama.

Uprkos svim nabrojanim prednostima, stopa imunizacije pada. Sve više djece iz nemedicinskih i neopravdanih razloga se ne vakcinišu u Bosni i Hercegovini, kao i u cijelom svijetu. Zato su, nažalost, pojave epidemija zaraznih bolesti poput morbila i velikog kašlja i danas prisutne u Bosni i Hercegovini. Tokom 2014. i 2015. godine u našoj zemlji od morbila je oboljelo oko 5.000 osoba, a u 2019. godini od ove bolesti je registrovano više od 1.300 oboljelih, i to većinom u Sarajevskom kantonu. Samo u posljednjih 20 godina

imali smo četiri epidemije malih boginja u našoj zemlji, a u Sarajevskom kantonu trenutno su na snazi epidemija morbila i epidemija velikog kašlja.

Tipovi vakcina

Vakcine se na osnovu tipu antigena koji se nalazi u njima (cijeli, mrtvi ili dio mikroorganizama, njihovi toksini, odnosno tehnologije proizvodnje), dijele na: žive atenuirane (oslabljene) vakcine, inaktivirane (mrtve) vakcine, frakcionirane vakcine, polisaharidne vakcine i rekombinantne vakcine.

Žive atenuirane (oslabljene) vakcine

Žive atenuirane (oslabljene) vakcine napravljene su smanjenjem virulentnosti patogena, tako da patogen ostane živ. Oslabljene bakterije ili virusi su patogeni koji daju imunološki odgovor sličan pravoj prirodnoj infekciji. Imunokompromitirajućim osobama ne smiju se davati žive atenuirane (oslabljene) vakcine.

Žive atenuirane bakterijske vakcine: vakcina protiv tuberkuloze (BCG vakcina)

Žive atenuirane virusne vakcine: vakcina protiv ospica (krzamak, morbili), rubeole i zaušnjaka (MRP vakcina), oralna vakcina protiv dječije paralize (OPV), vakcina protiv vodenih kozica (varičela), influence, rotavirusa, žute groznice itd.

U kalendaru obavezne imunizacije u našoj zemlji od atenuiranih živih vakcina primjenjuju se: BCG vakcina i MRP vakcina.

Inaktivirane (mrtve) vakcine

Mrtve vakcine se dobivaju od bakterija ili virusa uzgojenih na kulturi, a poslije inaktiviranih uz pomoć toplote ili formaldehida. Imuni odgovor se proizvodi na osnovu cijelog (cjelostanične vakcine) uzročnika ili samo dijela uzročnika (frakcionirane vakcine).

Cjelostanične vakcine: vakcina protiv velikog kašlja (wP), dječije paralize (IPV vakcina), hepatitisa A, rabijesa (bjesnila), kolere, influence.

Frakcionirane vakcine

Podjedinične vakcine: Acelularna vakcina protiv velikog kašlja (aP), influence.

Toksoidne vakcine (sadrže toksoide ili anatoksine): vakcina protiv difterije i tetanusa (Di-Te).

Prema kalendaru obavezne vakcinacije u našoj zemlji koriste se sljedeće inaktivirane vakcine: IPV vakcina, acelularna protiv velikog kašlja (aP) i protiv difterije i tetanusa (Di-Te).

Polisaharidne vakcine

Polisaharidne vakcine spadaju u inaktivirane podjedinične vakcine koje kao glavne antigene sadrže polisaharide (obično iz kapsule bakterija). Najnovije polisaharidne vakcine koje su konjugirane s proteinskim molekulama daju znatno bolji imunološki odgovor u odnosu na prve polisaharidne vakcine, npr. protiv pneumokokne bolesti, meningokokne bolesti, *Hemofilus influenze* tipa b (Hib vakcina), *Salmonele tifi* (trbušnog tifusa) itd.

Rekombinantne vakcine

Napretkom u molekularnoj biologiji i genetičkom inžinjerstvu, tj. tehnologiji rekombinantne DNK koristi se samo dio uzročnika, tj. antigen koji je najviše imunogeničan. Jedna od prvih vakcina koja je dobivena ovom tehnologijom je vakcina protiv virusnog hepatitisa B. Za proizvodnju ovih vakcina koristi se površinski antigen koji je protein omotača virusa hepatitisa B.

Nove vrste tehnologije uspjele su proizvesti vakcine zasnovane na informacionoj RNK (iRNK ili mRNK). Ove vakcine su se pokazale kao izuzetno efikasne i postale su jako popularne u pandemiji COVID-19. To su Modernine i Pfizer vakcine. RNK (iRNK ili mRNK) sadrže RNK sekvencu virusa koja je instrukcija za stvaranje antigena (to je mali komad proteina koji se nalazi na vanjskoj membrani virusa). Imunološki sistem prepoznaje protein (antigen) kao strani i proizvodi antitijela. Jednom proizvedena antitijela ostaju u tijelu, čak i kad se tijelo riješi patogena, tako da imunološki sistem može brzo odgovoriti ako se ponovo izloži.

Vakcine mogu biti monovalentne, npr. vakcina protiv tuberkuloze ili hepatitisa B, kao i kombinirane vakcine, odnosno vakcine za više bolesti, npr. tetraksim (četverovalentna), kao što je DTaP-IPV ili pentaksim (petovalentna), DTaP-IPV-Hib.

U našoj zemlji prema programu imunizacije zastupljeno je 10 antigena uzročnika zaraznih bolesti, a vakcine su sljedeće: protiv tuberkuloze (BCG), zarazne žutice tipa B (HBV vakcina), DTaP-IPV-Hib vakcina, morbila, zaušnjaka, rubeole (MRP vakcina).

Aplikacijom kombinirane smanjuje se broj posjeta ljekaru, a samim tim i rizik nuspojava u odnosu na monovalentne vakcine. Smanjena je trauma za dijete smanjenjem injekcionih uboda, a time se povećava komoditet djeteta. Zahvaljujući njima procenat vakcinacije je veći, a samim tim se stvaraju uslovi za ekonomičniji rad zdravstvene službe.

Kvalitet vakcina na području Bosne i Hercegovine

Zahvaljujući Agenciji za lijekove i medicinska sredstva Bosne i Hercegovine, Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji, kao i zemljama proizvođačima lijekova, provode se stroge kontrole kvalitete vakcina koje se koriste u našim zdravstvenim ustanovama. Dozvolu za korištenje izdaje Agencija za lijekove i medicinska sredstva u BiH.

Proizvodnja vakcina je višegodišnji proces u kojem se 70% vremena provede u kontroli svake doze vakcine. Proizvođači vakcina garantuju za propisane standarde, koji su mnogo veći za vakcine u odnosu na većinu lijekova.

Nabavka vakcina

Vakcine koje se koriste u Bosni i Hercegovini nabavljene su od proizvođača koje je odobrila Svjetska zdravstvena organizacija (Tabela 1). Većinom su to proizvođači iz država Evropske unije, razvijenih država kao što je Južna Koreja ili iz regije, kao što je slučaj s vakcinom protiv tuberkuloze koja se koristi još od prije sedamdeset godina.

Tabela 1. Države proizvođači vakcina koje se koriste u Bosni i Hercegovini

Vrsta vakcine	Naziv vakcine	Proizvođač
BCG	BCG vakcina	BB NCIPD, Bugarska
DTaP + IPV	Tetraxim	Sanofi Pasteur S.A., Francuska
DTaP + IPV + Hib	Pentaxim	Sanofi Pasteur S.A., Francuska
Hep B	Euvax B	LG Life Sciences, Južna Koreja. Inostrani isporučitelj Sanofi Pasteur
	Engerix B	GlaxoSmithKline Biologicals, Begija
dT(za odrasle)	Imovax DT adult	Sanofi Pasteur S.A., Francuska
DT (za djecu)	Imovax DT pediatric za djecu	Sanofi Pasteur S.A., Francuska
IPV	Imovax polio	Sanofi Pasteur S.A., Francuska
MRP	M-M-RVAXPRO	Merck Sharp & Dohme, Holandija

Na roditeljima je velika odgovornost ako se odgodi ili odbije primanje nekih vakcina. Ako se dijete razboli, roditelji su obavezni reći zdravstvenim radnicima da njihovo dijete nije potpuno vakcinisano. Roditelji u svim situacijama posjete ljekaru moraju imati vakcinalni karton djeteta u koji su upisane sve vakcine koje je dijete primilo.

Kalendar vakcinacije

Na osnovu Naredbi o imunizaciji u 2024. godini u FBiH provodi se program obavezne imunizacije stanovništva protiv zaraznih bolesti (Tabela 2). Vakcinacija novorođene djece obavlja se u porodilištu istovremeno vakcinom protiv tuberkuloze (BCG vakcina) i hepatitisa B (HBV vakcina) unutar 12–24 sata. BCG vakcina daje se intradermalno u deltoidni mišić nadlaktice, a HBV vakcina intramuskularno u srednju trećinu prednjeg bočnog dijela natkoljenice.

Tabela 2. Kalendar obavezne vakcinacije u Bosni i Hercegovini (FBiH) 2024. godine

Dob	Vrsta vakacine	Napomena
Po rođenju	Hep B prva doza + BCG	Hep B odmah po rođenju, najbolje u roku od 12–24 sata
1 mjesec	Hep B druga doza	
2 mjesec	DTaP-IPV-Hib prva doza	
4 mjeseca	DTaP-IPV-Hib druga doza	
6 mjeseci	DTaP-IPV-Hib treća doza + Hep B treća doza	
12 mjeseci	MRP prva doza	
2. godina	DTaP-IPV-Hib	Prva revakcinacija
5–7 godina	DTaP-IPV	Druga revakcinacija
6. godina	MRP druga doza	
Do završnog razreda osnovne škole	Hep B (po šemi 0,1,6 mjesec)	Samo za djecu koja su propustila vakcinaciju protiv hepatitisa B
Završni razred osnovne škole	dT	Svi učenici u završnom razredu o. š. bez obzira na dob
Završni razred srednje škole (trogodišnje ili četverogodišnje SŠ)	dT	Vakcinišu se samo mladi koji su propustili revakcinaciju dT vakcinom u završnom razredu o. š.

BCG – vakcina protiv tuberkuloze; Hep B – vakcina protiv hepatitisa B; DTP-IPV-Hib – kombinovana vakcina protiv difterije, tetanusa, pertusisa (acelularno), poliomijelitisa (inaktivno) i hemofilus influence tipa b; MRP – vakcina protiv morbila i rubeole i zaušnjaka; DTP-IPV – kombinovana vakcina protiv difterije, tetanusa, pertusisa (acelularno), poliomijelitisa (inaktivno); dT – vakcina protiv difterije i tetanusa (pro adultis)

Ako djeca prethodno nisu primila vakcinu protiv tuberkuloze, trebaju tu vakcinu primiti do pete godine života. Ukoliko novorođenče ne dobije istovremeno vakcinu protiv tuberkuloze s vakcinom protiv hepatitisa B, treba je dati što prije, bez obzira na vremenski razmak.

Druga doza HBV vakcine daje se s navršenim jednim mjesecom života intramuskularno u prednji bočni dio mišića natkoljenice.

Prva doza kombinirane vakcine (DTaP-IPV-Hib) daje se s navršena dva mjeseca života intramuskularno u prednji bočni dio mišića natkoljenice, kao i druga doza vakcine protiv hepatitisa B.

Druga doza pentaxim vakcine daje se dojenčadi u četvrtom mjesecu života intramuskularno u prednji bočni dio mišića natkoljenice.

Treća doza pentaxim vakcine daje se dojenčadi s navršenih šest mjeseci života istovremeno s trećom dozom HBV vakcine.

Prva doza MRP daje se u 13. mjesecu života i ovom vakcinom djeca se mogu vakcinisati do navršene četrnaeste godine.

Prva revakcinacija kombinirane DTaP-Hib vakcine daje se u drugoj godini ako je od treće doze DTaP-IPV-Hib vakcine prošlo najmanje šest mjeseci.

Druga revakcinacija DTaP-IPV-tetraxim obuhvata djecu od navršenih pet do navršenih sedam godina. Potreban je razmak od najmanje četiri godine između dvije revakcinacije. DTaP-IPV vakcina daje se intramuskularno u deltoidni mišić nadlaktice.

Vakcinacija kombiniranom DTaP-IPV vakcinom može se obaviti do trinaeste godine života.

U šestoj godini života djeca primaju MRP revakcinu. Do navršenih četrnaest godina djeca trebaju primiti dvije doze MRP vakcine. Razmak između dvije doze MRP vakcine mora biti minimalno 30 dana. Vakcinacija MRP vakcinom vrši se davanjem intramuskularno ili supkutano u deltoidnu regiju.

U slučaju pojave morbila, uz saglasnost Stručnog savjetodavnog tijela za imunizaciju FBiH, mogu se protiv morbila vakcinisati i djeca starija od šest mjeseci života, s tim da se ta djeca moraju ponovo vakcinisati u periodu od 15. do 24. mjeseca života.

U završnom razredu osnovne škole daje se dT revakcinacija intramuskularno u deltoidni mišić nadlaktice ako su djeca kompletno vakcinisana i revakcinisana protiv difterije i tetanusa.

Ako djeca nisu vakcinisana do petnaeste godine života s tri doze vakcine protiv hepatitisa B po šemi 0, 1, 6 mjeseci, vakcinacija se nastavlja dok se ne prime sve tri doze.

Ako djeca do navršene 18. godine života nisu primila dT revakcinu, provodi se dT revakcinacija.

Nadoknada propuštene vakcinacije

Ako djeca nisu pravovremeno vakcinisana iz bilo kojih razloga, stručne smjernice su:

- u skladu s nacionalnim kalendarom vakcinacije, ukoliko je potrebno dati više doza, neovisno o tome koliki je vremenski interval od prethodne doze vakcine, nema potrebe ponavljati vakcinaciju ispočetka, već je potrebno nadoknaditi doze vakcina koje nedostaju;
- razmak između davanja dvije doze iste vakcine ne treba biti kraći od četiri sedmice;
- razmak između davanje dvije različite žive, atenuirane vakcine ne treba biti kraći od četiri sedmice;
- razmak između davanja dvije različite inaktivirane ili jedne žive atenuirane i jedne inaktivirane vakcine može biti i kraći od četiri sedmice.

Ukoliko je vakcinacija obustavljena iz bilo kojeg razloga, treba nastaviti s vakcinacijom da se nadoknade propuštene vakcine. Vakcine štite od vrlo teških zaraznih bolesti tako da je cilj nadoknaditi propuštene vakcine bez obzira na uzrast.

Vakcinalni status djece se provjerava prilikom svake posjete djeteta ljekaru, prilikom polaska djece u obdanište ili školu ili sistematskih pregleda s ciljem da djeca budu u potpunosti vakcinisana i revakcinisana prema kalendaru obavezne imunizacije u našoj zemlji.

Kontraindikacije

Svako dijete prije vakcinacije, uz adekvatnu medicinsku dokumentaciju, mora biti pregledano, kako bi se utvrdilo postoje li medicinski opravdane kontraindikacije za vakcinaciju.

Kontraindikacije za vakcinaciju mogu biti opće i posebne.

Opće kontraindikacije, koje se odnose na sve vakcine, su:

- akutne bolesti,
- febrilna stanja,
- preosjetljivost na sastojke vakcine,
- anafilaktična reakcija na prethodnu dozu vakcine,
- za žive atenuirane virusne vakcine još i stanje oslabljenog imuniteta i graviditet.

Posebne kontraindikacije:

- za vakcinu protiv tuberkuloze oštećenje staničnog imuniteta zbog HIV infekcije,
- za vakcinu protiv velikog kašlja: progresivne bolesti centralnog nervnog sistema (nekontrolisana epilepsija, infantilni spazmi i progresivna encefalopatija),
- za vakcinu protiv hepatitisa B: vitalna ugroženost novorođenčeta i Apgar <7.

Kontraindikacije za imunizaciju protiv određene bolesti određuje doktor medicine koji vrši imunizaciju. Kontraindikacije za imunizaciju pojedinih osoba protiv određene zarazne bolesti mogu biti privremene ili trajne.

Neželjeni efekti vakcinacije

Vakcinacija veoma rijetko može imati neželjene efekte koji se dijele na blage, srednje i teške. Otok, crvenilo i bol su blagi neželjeni efekti. Oni su najčešći i uglavnom se javljaju na mjestu primjene vakcine. Prolaze brzo, otprilike za par dana. Mnogo rjeđe se može pojaviti povećana tjelesna temperatura, osip i modrice na mjestu primjene, kao i vrtoglavice. Neželjeni efekti javljaju se veoma rijetko, i to su uglavnom neurološke komplikacije.

Imunitet

Imunitet dijelimo na **individualni** i **kolektivni**.

Individualni imunitet je imunitet koji dobivamo vakcinacijom.

Kolektivni imunitet je indirektni oblik zaštite koji se dobije kada je veliki dio populacije vakcinisan protiv neke zarazne bolesti. Vakcinisanjem se pruža zaštita svima koji se iz brojnih razloga ne vakcinišu ili nemaju imunitet. Kolektivnim imunitetom štitimo sebe, ljude oko nas, novorođenčad i dojenčad, stariju populaciju koja nije primila vakcinu, teško bolesne i osobe koje uzimaju lijekove koji smanjuju njihovu otpornost i slabe imuni sistem te ljude koji su stariji pa nisu mogli primiti odgovarajuću vakcinu jer u njihovo vrijeme vakcine za neke bolesti nisu bile razvijene.

Procenat kolektivnog imuniteta je specifičan za svaku bolest. Za male boginje (ospice) to je 95%, za dječiju paralizu 80%, veliki kašalj 92–94%, difteriju 83–86%, rubeolu 83–86%, zauške 80% itd. Kada u jednoj populaciji opadne procenat kolektivnog imuniteta, moguća je pojava epidemija te bolesti. To se kod nas stalno dešava jer se kod nas ljudi ne vakcinišu masovno,

zbog čega je opao kolektivni imunitet tako da i danas imamo epidemiju morbila (ospica) i velikog kašlja. Kada je stopa imunizacije visoka, zaštićena je šira zajednica, tako da je značaj kolektivnog imuniteta dobro prikazan na Slici 1.



Slika 1. Kolektivni imunitet
(Izvor: ZZJZ FBiH. Imunizacija. https://www.zzjzfbih.ba/imunizacija/)

Hladni lanac

Hladni lanac predstavlja sistem rashladne opreme i osoblje koje se brine za temperaturu na kojoj se vakcine transportuju i čuvaju. Sistemom hladnog lanca omogućava se čuvanje imunološke vrijednosti vakcina, njihova distribucija i profesionalna aplikacija prema krajnjim korisnicima. Sastoji se od niza veza u planiranju mjesečnih potreba, skladištenja i transporta.

Sistem hladnog lanca potreban je da obezbijedi kvalitet, ali i spriječi škodljivost vakcina, koja nastaje ako se vakcina čuva na višoj ili nižoj (smrzavanje pojedinih vakcina nije dozvoljeno) temperaturi od propisane, tj. služi za zaštitu imunoloških svojstava vakcina.

Vakcine se trebaju čuvati na određenoj temperaturi, i to:

- kada se transportuju,
- kada se čuvaju u rashladnim uređajima, rashladnim komorama ili frižiderima, što zavisi od samog oblika vakcina, te
- kada se koriste kod vakcinisanja.

Frižideri

U namjenskim frižiderima za čuvanje vakcina neophodno je održavati temperaturu 2–8°C, bili oni puni ili prazni. Kutije vakcina osjetljive na smrzavanje

treba čuvati dalje od dijela za zamrzavanje, dakle strana i donjih dijelova frižidera. Frižideri ili škrinje mogu održavati odgovarajuću temperaturu 16 sati bez struje ako imaju kontinuirano dnevno snabdijevanje strujom najmanje osam sati.

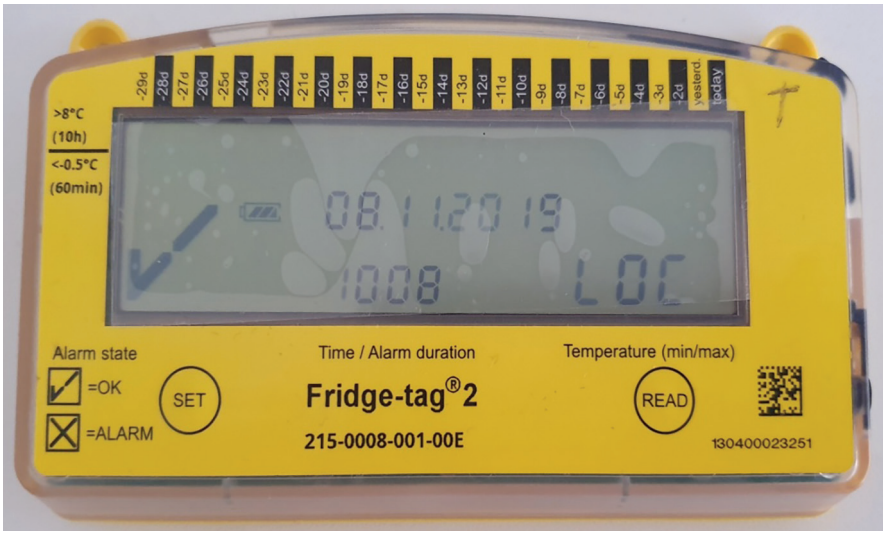
Frižideri trebaju imati dovoljno unutrašnjeg prostora da bi mogli čuvati količinu vakcina i rastvarača vakcina potrebnih za jedan mjesec ili zalihu vakcina i rastvarača za 1–2 sedmice (rezerva od 20–50% količine potrebne za jedan mjesec). Smrznuti ulošci stoje u dijelu za zamrzavanje, a polovina ukupnog frižiderskog prostora bi trebala ostati prazna da omogući cirkuliranje zraka oko vakcina i rastvarača i da ih održava hladnim.

Napajanje električnom energijom frižidera mora biti direktno iz utičnice, nikako preko produžnog kabla. Frižideri moraju biti odmaknuti od zida i drugih predmeta najmanje 20 cm, po mogućstvu da su smješteni na unutrašnji zid prostorije i da nisu izloženi direktnoj sunčevoj svjetlosti.

Oprema za praćenje hladnog lanca

Prema Naredbi o imunizaciji iz 2024. godine, frižideri moraju biti opremljeni uređajima (mjernim instrumentima) za kontinuirano mjerenje temperature uz ispis i alarmima osjetljivim na promjenu temperature.

Fridge tag (Slika 2) mjerni je instrument, tj. uređaj za kontinuirano mjerenje temperature s mogućnošću memorijskog zapisa i ispisa te s alarmima



Slika 2. Fridge tag (Izvor: ZZJZ FBiH i UNICEF. Hladni lanac i sigurno injektiranje. https://www.zzjzfbih.ba/ Hladni lanac i sigurno injektiranje/)

osjetljivim na promjenu temperature. Osoblje zaduženo za sistem hladnog lanca dužno je temperature frižidera redovno kontrolisati i evidentirati dva puta dnevno.

Vakcine treba skladištiti u frižider s fridge tagom, a drugi frižider koristiti u svrhu dnevnog frižidera. Obavezno je upisati datum i vrijeme aktivacije na poleđini fridge taga. Rok upotrebe je oko 2–5 godina od datuma aktivacije.

Temperaturne liste

Temperaturna lista je sudskomedicinski dokument (obavezno upisati broj frižidera i serijski broj fridge taga na listu). Osoblje zaduženo za sistem hladnog lanca dužno je u temperaturne liste hladnog lanca evidentirati očitanje temperature dva puta dnevno, tj. ujutro i naveče. Vikendom i praznicima neophodna je kontrola hladnog lanca i dokumentovanje u temperaturne liste.

Čuvanje vakcina

Osoblje službe koja provodi vakcinaciju odgovorno je za očuvanje imunološke vrijednosti vakcina sve dok se vakcina ne aplicira djetetu. Prilikom postavljanja vakcina u frižider mora se voditi računa da ne budu uz dijelove koji zamrzavaju, posebno one vakcine koje su osjetljive na smrzavanje (vakcina protiv hepatitisa B, dT, četverovalentna i petovalentna vakcina) (Tabela 3 i Tabela 4). Kutije vakcina osjetljivih na smrzavanje treba čuvati dalje od dijela za zamrzavanje, strana frižidera i donjih dijelova frižidera, gdje se može desiti smrzavanje (Slika 3). Kutije s vakcinama moraju se posložiti tako da se zrak može kretati između njih (Slika 4).

Tabela 3. Vakcine osjetljive na smrzavanje

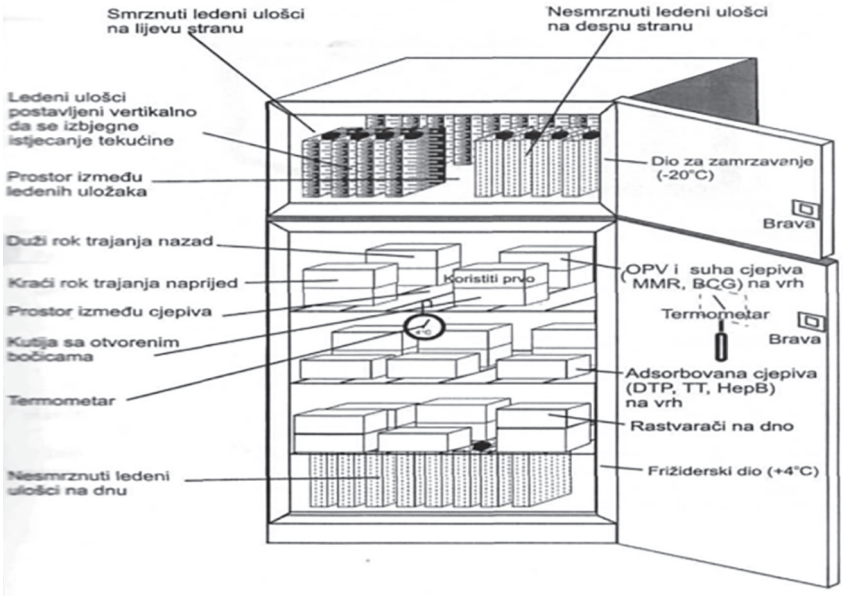
Rang	Vakcina
Više osjetljivo	Hep B
	Hib (tekući)
	DTP-IPV, DTP-IPV-Hib
	DT
	dT
Manje osjetljivo	TT, Hib suhi

Hep B – vakcina protiv hepatitisa B; Hib – vakcina protiv hemofilusa influence tipa b; DTaP-IPV – kombinovana vakcina protiv difterije, tetanusa, pertusisa (acelularno), poliomijelitisa (inaktivno); DTP-IPV-Hib – kombinovana vakcina protiv difterije, tetanusa, pertusisa (acelularno), poliomijelitisa (inaktivno) i hemofilus influence tipa b; DT – vakcina protiv difterije i tetanusa; dT – vakcina protiv difterije i tetanusa (pro adultis); TT – vakcina protiv tetanusa

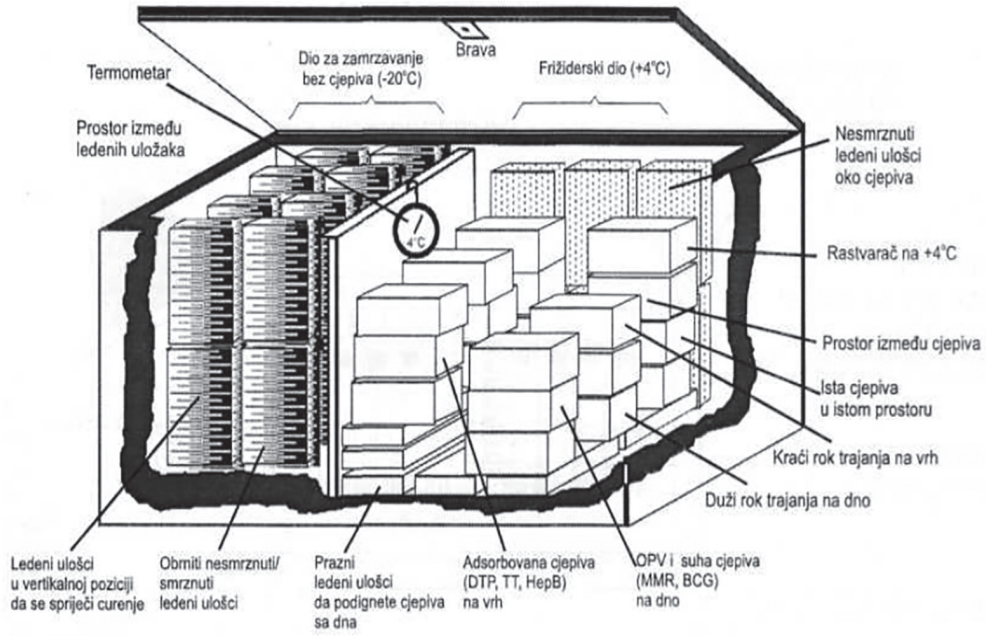
Tabela 4. Vakcine osjetljive na toplotu

Rang	Vakcina
Više osjetljivo	M, MR, MRP
	DTP-IPV, DTP-IPV-Hib
	BCG
	Hib, DT
Manje osjetljivo	dT, TT, Hep B

M – vakcina protiv morbila; MR – vakcina protiv morbila i rubeole; MRP – vakcina protiv morbila i rubeole i zaušnjaka; DTP-IPV – kombinovana vakcina protiv difterije, tetanusa, pertusisa (acelularno), poliomijelitisa (inaktivno); DTP-IPV-Hib – kombinovana vakcina protiv difterije, tetanusa, pertusisa (acelularno), poliomijelitisa (inaktivno) i hemofilus influence tipa b; BCG – vakcina protiv tuberkuloze; Hib – vakcina protiv hemofilusa influence tipa b; DT – vakcina protiv difterije i tetanusa; dT – vakcina protiv difterije i tetanusa (pro adultis); TT – vakcina protiv tetanusa; Hep B – vakcina protiv hepatitisa B



Slika 3. Vertikalni frižideri (Izvor: ZZJZ FBiH i UNICEF. Hladni lanac i sigurno injektiranje. https://www.zzjzfbih.ba/ Hladni lanac i sigurno injektiranje/)



Slika 4. Horizontalni frižideri (Izvor: ZZJZ FBiH i UNICEF. Hladni lanac i sigurno injektiranje. https://www.zzjzfbih.ba/ Hladni lanac i sigurno injektiranje/)

Osjetljivost na svjetlost

Neke vakcine su jako osjetljive na jaku svjetlost i gube na snazi izlaganjem ultravioletnim zracima. Zato one uvijek moraju biti zaštićene od sunčeve svjetlosti ili fluorescentnog (neonskog) svjetla. BCG, M, MR, MRP i rubeola vakcine su jednako osjetljive na svjetlost kao i na toplotu. Mora se dobro paziti da budu pokrivene i zaštićene od jake svjetlosti u svako doba.

Transport vakcina

Transport vakcina treba se obavljati pod odgovarajućim režimom "hladnog lanca", tj. u vozilu s rashladnim prostorom ili hladnim kutijama na adekvatnoj temperaturi. Ukoliko se vakcina prevozi u vozilu s rashladnim prostorom, vakcine se pakiraju u transportne kutije s priloženim temperaturnim indikatorima, koji se navode u nalogu.

Transportno vozilo s rashladnim transportnim prostorom ili rashladnom kutijom mora posjedovati elektronski termometar za mjerenje i snimanje temperature s mogućnošću ispisa i temperaturnu listu transporta. Prije polaska za preuzimanje vakcina treba zabilježiti temperaturu u hladnoj kutiji i

evidentirati je na temperaturnu listu za transport vakcina, kao i temperaturu nakon dolaska u dispanzer.

Potrebno je obezbijediti siguran transport u cilju očuvanja kvaliteta vakcine u što kraćem vremenskom periodu od mjesta skladištenja do vakcinacionog punkta.

Prekid hladnog lanca

U slučaju "prekida hladnog lanca", tj. incidentne situacije u zdravstvenoj ustanovi, koja može nastati iz više razloga (npr. u slučaju nestanka električne energije, kvara opreme, neadekvatno obučenog osoblja i dr.) odgovorna osoba dužna je napraviti zapisnik o incidentu/događaju, evidentirati sve vakcine izložene tom incidentu/događaju (vrsta, količina, serijski broj, rok upotrebe), vakcine označiti i prebaciti u ispravan rashladni uređaj / frižider i ne upotrebljavati dok se ne dobije saglasnost Zavoda za javno zdravstvo kojem pripada zdravstvena ustanova.

Vakcine se ne smiju baciti, niti koristiti bez pismene povratne informacije Zavoda za javno zdravstvo entiteta (kantona), po kojoj treba postupiti.

Prekid hladnog lanca je hitna incidentna situacija i sve osoblje koje radi u procesu funkcionisanja i očuvanja stabilnosti hladnog lanca dužno je reagovati po ovim smjernicama.

Antivakcinalni pokret

S proizvodnjom prvih vakcina počelo se govoriti o mogućnosti njihove veze s različitim bolestima. Među brojnim protivnicima vakcinacije je i engleski ljekar Endrju Vejkfild. On je 1998. godine objavio izvještaj koji lažno povezuje autizam s MRP vakcinom. Ovaj izvještaj je imao uzorak od 12 pacijenata. Velika većina roditelja djece koja su bili predmet ovog izvještaja negirala je vezu između primljene MRP vakcine i autizma.

Do sada je ispitano oko 15 miliona djece i pokazalo se i dokazalo da ta veza ne postoji (SZO). Vejkfild je izgubio licencu da kao ljekar dalje radi, ali nažalost i dalje opada procenat vakcinisane djece širom svijeta. Stope imunizacije opadaju (u BiH i KS posebno) i dešava se nezamislivo: djeca umiru od malih boginja i velikog kašlja.

Normalnim ljudima je skoro neshvatljivo da postoji organizovan otpor vakcinama.

"Posebno mjesto u paklu treba da bude namijenjeno ljudima koji žele da ubiju ili osakate djecu time što ih sprječavaju da budu vakcinisana." (J. McFadden, profesor molekularne genetike, *Guardian*).

Zahvaljujući internetu i društvenim mrežama šire se neprovjerene informacije koje nemaju nikakvo naučno utemeljenje o štetnosti različitih vrsta vakcina. Tome doprinose i mnoge javne ličnosti koje šire lažne informacije o vakcinama.

Literatura

1. Babuš V, Bokan S, Borčić B. Epidemiologija. Zagreb, 1997: 69-71.
2. CDC. Vaccines and Immunizations, CDC, 2023. https://www.cdc.gov/vaccines/index.html (datum posljednjeg pristupa: 9. 3. 2024)
3. Kaić B, Višekruna-Vučina V. Protokol nadoknadnog cijepljenja. U: Bralić I, ur. Cijepljenje i cjepiva. Zagreb: Medicinska naklada; 2017: 268-80.
4. Puvačić Z, Arnautović A. Opšta i specijalna epidemiologija. Sarajevo: Gradski zavod za zdravstvenu zaštitu Sarajevo, 1997.
5. Federalno ministarstvo zdravstva. Pravilnik o načinu provođenja obavezne imunizacije, imunoprofilakse i hemoprofilakse protiv zaraznih bolesti te o osobama koje se podvrgavaju toj obavezi. Službene novine Federacije BiH. Br. 22. April 2019.
6. Federalno ministarstvo zdravstva. Naredba o Programu obaveznih imunizacija stanovništva protiv zaraznih bolesti. Službene novine Federacije BiH. Br. 8. Januar 2024.
7. Thomas J. Paranoia strikes deep: MMR vaccine and autism. Psychiatric Times 2010;27(3):1-9.
8. WHO. Infection prevention and control GLOBAL. https://www.who.int/health-topics/infection-prevention-and-control (datum posljednjeg pristupa: 9. 3. 2024)
9. ZZJZ FBiH. Imunizacija. https://www.zzjzfbih.ba/imunizacija/ (datum posljednjeg pristupa: 9. 3. 2024)
10. ZZJZ FBiH i UNICEF. Hladni lanac i sigurno injektiranje. https://www.zzjzfbih.ba/imunizacija/ (datum posljednjeg pristupa: 9. 3. 2024)

ANTIMIKROBNA SREDSTVA

Monia Avdić i Mirsada Hukić

Antimikrobna sredstva su lijekovi čija je glavna karakteristika selektivna toksičnost, što znači da su toksični za mikroorganizme, a nisu toksični ili su minimalno toksični za organizam čovjeka. U ovu grupu lijekova svrstavaju se antibakterijska, antivirusna, antifungalna i antiparazitarna sredstva. Antimikrobna sredstva se koriste za prevenciju i liječenje infekcija u humanoj i veterinarskoj medicini. Njihovim otkrićem značajno se smanjila prevalencija obolijevanja i smrtnosti od infektivnih bolesti.

Antibiotik je najvažnija vrsta antimikrobne supstance koja djeluje protiv bakterija, za borbu protiv bakterijskih infekcija. Antibiotici su prirodni produkti nekih bakterija i gljiva, a njihova uloga u prirodi je da obezbijede siguran okoliš za mikroorganizme koji ih produkuju. Kako bi se pojačalo djelovanje antibiotika i izbjegla antimikrobna otpornost (rezistencija) bakterija, prirodni antibiotici se dorađuju i/ili modificiraju različitim postupcima u laboratoriji. Na taj način je dobijena velika skupina semisintetskih (polusintetskih) antibiotika. Neki antibakterijski lijekovi se u potpunosti sintetiziraju u laboratorijama. Opći naziv za ovu skupinu antibakterijskih lijekova je "antibakterijski hemoterapeutici", a u svakodnevnom govoru se nazivaju "antibiotici".

Jedinstven zahtjev koji se postavlja pred antibiotike je da su što više toksični za bakterije, a da pri tome nisu štetni za tkiva domaćina. Antibiotici djeluju na bakterije tako što ih ubijaju (baktericidno) ili zaustavljaju njihovo razmnožavanje (bakteriostatski). Odnos između bakterija i antibiotika je veoma dinamičan. Bakterije, kao veoma prilagodljiva živa bića, s kratkim vremenom generacije (vrijeme od nastanka ćelije do njene diobe) – u prosjeku 20 minuta, sa sposobnošću razmjene gena, s mogućnošću stvaranja bakterijskih zajednica (biofilmova) u kojim su zaštićene polisaharidnim matriksom i produktima svoga metabolizma, vrlo brzo stvaraju rezistenciju na svaki novi antibiotik. Kako sve veći broj bakterija postaje otporan na antibiotike koji se trenutno proizvode, potreba za pronalaženjem novih lijekova

je sve hitnija, kao i usvajanje nacionalne i strategije za kontrolu rezistencije bakterija na antibiotike usklađene sa Strategijom i Strateškim akcionim planom Svjetske zdravstvene organizacije (SZO).

Treba naglasiti da antibiotici nisu efikasni protiv virusa. Antibiotike ne treba koristiti za liječenje prehlade, gripe, zaušnjaka i drugih virusnih oboljenja, jer se na taj način ne ubija uzročnik bolesti, ali se ubijaju korisne bakterije koje naseljavaju tjelesne šupljine, kožu i sluznice čovjeka. Posljedice tog djelovanja su brojne, a jedna od najozbiljnijih je selekcija bakterija otpornih na antibiotike (engl. *antimicrobial resistance* – AMR). Također, antibiotici ne djeluju na gljive. Štaviše, posljedica agresivne antibiotske terapije često je bujanje gljiva. Ograničeni broj antibiotika posjeduje aktivnost protiv određenih grupa parazita (protozoa).

Neodgovarajuća upotreba antibiotika u humanoj i veterinarskoj medicini vrlo je rasprostranjena i važan je pokretač brzog razvoja antimikrobne rezistencije. Svjetska zdravstvena organizacija i Organizacija za hranu i poljoprivredu (engl. *Food and Agriculture Organization* – FAO) Ujedinjenih naroda su objavile: "Antimikrobna rezistencija je glavna globalna prijetnja za ljude, životinje, biljke i okoliš. Smanjenje potrebe za antimikrobnim sredstvima i ograničavanje pojavljivanja otpornih patogena ključno je za održavanje sposobnosti svijeta za liječenje ljudskih, životinjskih i biljnih bolesti, smanjenje rizika za sigurnost hrane i sigurnost i zaštitu okoliša."

Otkriće antibiotika

Otkriće antibiotika može se smatrati jednim od najvećih postignuća u medicini s aspekta tretiranja bakterijskih infekcija. Samo otkriće se desilo sasvim slučajno u laboratoriji Alexandera Fleminga i tako je slučajno otkriven prvi antibiotik koji je nazvan penicilin, jer ga je proizvela gljiva *Penicillium notatum*. Čistu formu penicilina uspjeli su izolovati Florey i Chain tek 1939. godine. Široka dostupnost penicilina tokom 1940-ih godina nudila je nadu da je moderna medicina "pobijedila" mnoge ljudske patogene. Međutim, već 1960-ih, oko polovina izolovanih sojeva bila je rezistentna na antibiotike. Srećom, novi antibiotik meticilin bio je dostupan za terapiju, međutim, rezistentnost na meticilin razvila se već 1996. godine, kada je oko trećine izolovanih sojeva *S. aureus* bilo rezistentno na ovaj antibiotik. Ovo je dovelo do široke primjene antibiotika vankomicina u tretiranju infekcija. Godine 2002. otkriveni su prvi sojevi potpuno rezistentni na vankomicin. Nekoliko novih klasa antibiotika je tada odobreno za tretiranje multirezistentnih bakterija (otporne na više

antibiotika). Međutim, smatra se da je samo pitanje vremena prije nego što se razvije značajna rezistentnost i na novootkrivene antibiotike. Rezistentnost na antibiotike postiže se raznim mehanizmima koji uključuju mutaciju, rekombinaciju i horizontalni genski prenos.

Klasifikacija i djelovanje antibiotika

Postoji nekoliko klasifikacija antibiotika, ali osnovna i najčešće korištena je zasnovana na njihovoj hemijskoj strukturi. Na ovaj način antibiotici su klasificirani u devet grupa, a predstavnici svake grupe imaju strukturnu komponentu koja ih definiše. Grupe antibiotika su:

1. beta-laktamski antibiotici
2. makrolidi
3. linkozamidi
4. aminoglikozidi
5. tetraciklini
6. polipeptidi
7. sulfonamidi
8. fluorokinolini
9. mješovito

Svaka od ovih grupa antibiotika ciljano djeluje na neku od struktura bakterijske ćelije. Savršeni su antibiotici oni koji djeluju na strukture u bakterijskim (prokariotskim) ćelijama, a koje nisu zastupljene u ćelijama sisara (eukariotskim). Zbog strukturnih i funkcionalnih homologija prokariotskih i eukariotskih ćelija efekti antibiotika na sisare sastavni su dio njihovih ukupnih mehanizama djelovanja.

Jedna od podjela antibiotika zasnovana je na mehanizmu njihovog djelovanja na bakterije, a ti mehanizmi uključuju:

1. inhibiciju sinteze ćelijskog zida. Bakterije posjeduju ćelijski zid koji ih štiti od osmotskog pritiska i daje im oblik (izuzetak su npr. *Mycoplasma*). Ćelijski zid gram-pozitivnih i gram-negativnih bakterija razlikuje se u tome što gram-pozitivne bakterije imaju debeli peptidoglikanski sloj, dok gram-negativne bakterije pored peptidoglikanskog sloja imaju i lipopolisaharidni sloj. Beta-laktamski antibiotici, kao što su penicilini i cefalosporini, ciljaju enzime uključene u sintezu peptidoglikana, čime ometaju izgradnju vitalnih komponenti ćelijskog zida. Kao rezultat, bakterije postaju osjetljive na osmotski pritisak iz okoline, što dovodi do njihove lize i smrti;

2. inhibiciju proteinske sinteze. Bakterije imaju ribozome (70S) koji se razlikuju od ribozoma kod eukariota (80s) te je ovo jedna od izuzetnih "meta" za postizanje selektivne toksičnosti. Neki antibiotici, poput tetraciklina, aminoglikozida i makrolida, selektivno se vežu za bakterijske ribosome, mjesto sinteze proteina, onemogućavajući tako proizvodnju esencijalnih proteina;
3. inhibiciju sinteze nukleinskih kiselina. Određeni antibiotici djeluju na enzime odgovorne za replikaciju DNA i transkripciju RNA, vitalne procese za bakterijsku reprodukciju i funkciju. Primjeri uključuju kinolone, koji inhibiraju DNA girazu, i rifampicin, koji cilja RNA polimerazu;
4. ometanje metabolizma folne kiseline. Bakterije moraju sintetizirati folnu kiselinu za proizvodnju DNA, RNA i određenih aminokiselina. Sulfonamidi i trimetoprim djeluju kao antagonisti, inhibirajući enzime uključene u sintezu folne kiseline;
5. narušavanje integriteta bakterijske membrane. Neki antibiotici, kao što su polimiksin B i daptomicin, ciljaju bakterijsku membranu, mijenjajući njenu propusnost. To uzrokuje gubitak vitalnih molekula iz unutrašnjosti ćelije i dovodi do smrti bakterija.

Razumijevanje ovih mehanizama ključno je za razvoj novih antibiotika i borbu protiv rezistencije na antibiotike, sveprisutnog izazova koji prijeti vratiti nas u doba prije otkrića antibiotika.

Mehanizmi rezistencije bakterija na antibiotike

Kada antibiotik ne djeluje na bakterije u koncentraciji koja se može postići u ljudskom organizmu bez štetnih posljedica po zdravlje, govorimo o rezistenciji bakterija na antibiotike. Rezistencija predstavlja složen fenomen koji proizlazi iz interakcije gena, proteinskih puteva i evolucijskih pritisaka. Genetska varijacija je jedan od ključnih mehanizama rezistencije bakterija, omogućavajući bakterijama brzo prilagođavanje novim uslovima sredine, uključujući prisutnost antibiotika. Za genetsku varijabilnost zaslužni su različitih mehanizmi, kao što su mutacije, horizontalni transfer gena, plazmida i transpozona. Horizontalni transfer gena predstavlja izuzetno važan mehanizam brzog širenja rezistencije između istih i različitih bakterijskih vrsta.

Primarna rezistencija nastaje kao posljedica nepostojanja ciljnog mjesta za antibiotik u bakteriji. Često navođen primjer su bakterije koje nemaju ćelijski zid i koje su primarno otporne na sve beta-laktamske antibiotike, čije je mjesto djelovanja ćelijski zid. Na osnovu primarne rezistencije određuje se

spektar djelovanja antibiotika na skupine bakterija na koje neki antibiotik djeluje. Postoje antibiotici uskog i širokog spektra djelovanja. Tako, na primjer, uskog spektra su aminoglikozidi na koje je osjetljiv samo mali broj bakterijskih vrsta. S druge strane, karbapenemi imaju širok spektar djelovanja i djeluju gotovo na sve bakterije.

Sekundarna ili stečena otpornost na antibiotike nastaje kao proces prirodnih mutacija bakterijskog genoma ili horizontalnim širenjem gena rezistencije određenim mehanizmima (transformacijom, transdukcijom i konjugacijom). Stečeni geni rezistencije bakterijsku ćeliju čine otpornom na djelovanje određenog antibiotika ili grupe antibiotika ili istovremeno različite grupe antibiotika. Upotrebom antibiotika dolazi do selekcije rezistentnih bakterija, koje opstaju i postaju dominantne u toj bakterijskoj populaciji. Ako se taj antibiotik ne upotrebljava, tada rezistentne jedinke ostaju rijetke unutar osjetljive populacije bakterija.

Sekundarna rezistencija bakterija na antibiotike proizlazi iz nekoliko mehanizama djelovanja kao što su modifikacija antibiotika djelovanjem enzima, promjena u molekularnoj strukturi ciljnog mjesta za antibiotik, promjena propusnosti bakterijske ovojnice i ubrzano izbacivanje antibiotika iz ćelije.

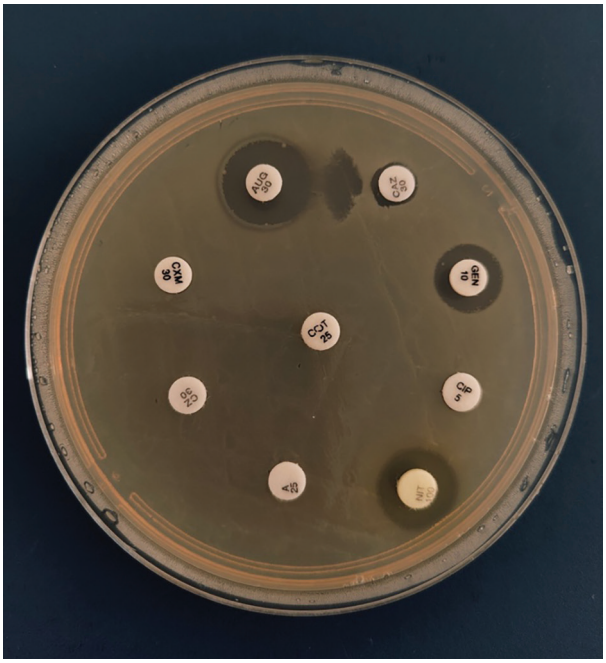
Pomoću svojih enzima, bakterije mogu modificirati antibiotike i onemogućiti njihovo djelovanje, čime postaju otporne na antibiotike na koje su prethodno bile osjetljive. Na primjer, enzim penicilinaza razgrađuje penicilin, čime potiskuje iz upotrebe jedan od najboljih antimikrobnih lijekova. Promjena propusnosti bakterijskih membrana sprečava ulazak antibiotika u bakteriju, a time i njegovo djelovanje. Osim toga, promjene u karakteristikama proteina koji se vezuju za penicilin, koji su ciljni molekuli za penicilin, rezultiraju smanjenom osjetljivošću bakterija na ovaj antibiotik, čime se smanjuje njegova djelotvornost. Bakterije imaju razne mehanizme brzog izbacivanja antibiotika iz svojih ćelija. Jedan od njih je aktivni transport, koji omogućuje izbacivanje antibiotika iz ćelije pomoću specifičnih proteinskih pumpi. Ove pumpe pumpaju antibiotik iz ćelije u okolinu, smanjujući koncentraciju antibiotika unutar bakterije i smanjujući njegovo djelovanje.

Razumijevanje i borba protiv ovih mehanizama otpornosti ključni su za razvoj novih, efikasnih strategija u liječenju bakterijskih infekcija. Raznolikost i složenost mehanizama rezistencije naglašavaju važnost kontinuiranog istraživanja i razvoja novih antimikrobnih sredstava koja mogu prevladati ove prepreke.

Klinička upotreba antibiotika

Efikasnost antibiotske terapije ovisna je o brojnim faktorima, poput osjetljivosti bakterije na antibiotike, mjesta infekcije, propisane doze i načina unosa lijeka.

Prije početka terapije treba izolirati uzročnika infekcije i ispitati osjetljivost bakterija na antibiotike nekom od prihvaćenih mikrobioloških metoda (disk difuziona, diluciona metoda). Treba imati na umu da se osjetljivost bakterija razlikuje u laboratorijskim uslovima i u živom organizmu jer, pored osobina antibiotika, bakterije i sredine, značajan uticaj ima i domaćin. U svakom slučaju za terapiju treba odabrati antibiotik na koji je bakterija osjetljiva (Slika 1).



Slika 1. Antibiogram ESBL *Escherichia coli*, bakterije višestruko otporne na antibiotike

Od presudne važnosti za djelovanje antibiotika je mogućnost kontakta antibiotika i bakterija. Ako nema direktnog kontakta između bakterije i antibiotika, nema ni antimikrobnog djelovanja. Osim toga, za efikasno djelovanje važno je da antibiotik bude u odgovarajućoj koncentraciji i da se dovoljno dugo zadrži u kontaktu s bakterijama. Zbog toga je neophodno dobro poznavati način nastanka bolesti i lokaciju bakterija, kao i osobine antibiotika, njegovu distribuciju u organizmu, vrijeme razgradnje i put izlučivanja.

Poznato je da bakterije imaju svoje mehanizme izbjegavanja susreta s antibioticima, kao što su skrivanje u ćelije, nekrotično i fibrozno tkivo, dok se neki od antibiotika dugo zadržavaju u krvi, koncentriraju u bubrezima ili jetri itd. Uvijek treba birati antibiotike koji će najmanje oštetiti ekosistem crijeva i drugih tjelesnih šupljina.

Upotreba antibiotika je vrlo ozbiljan, zahtjevan i odgovoran način liječenja te se nikako ne smije prepustiti laicima. Posljedice mogu biti kobne za bolesnika, ali i po cjelokupnu zajednicu u kojoj se "udomaće" višestruko rezistentni sojevi bakterija.

Literatura

1. Food and Agriculture. ONE Health. https://www.fao.org/one-health/overview/antimicrobial-resistance/en (datum posljednjeg pristupa: 19. 3. 2024)
2. Laxminarayan R, Duse A, Wattal C, Zaidi AK, Wertheim HF, Sumpradit N, Vlieghe E, Hara GL, Gould IM, Goossens H, Greko C, So AD, Bigdeli M, Tomson G, Woodhouse W, Ombaka E, Peralta AQ, Qamar FN, Mir F, Kariuki S, Bhutta ZA, Coates A, Bergstrom R, Wright GD, Brown ED, Cars O. Antibiotic resistance – the need for global solutions. Lancet Infect Dis. 2013 Dec;13(12):1057-98.
3. Laxminarayan R. The overlooked pandemic of antimicrobial resistance. https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(22)00087-3/fulltext (posljednji pristup: 19. 3. 2024)
4. Lewis JS, Bush K. Antibacterial agents. U: Manual of clinical microbiology, 11. izd. Jorgensen J, Pfaller MA, Carrol KC, Funke G, Landru ML, Richter SS, Warnock DW. ASM Press, Washington DC. 2015:1171-211.
5. Numanović F, Hukić M, Aščerić M, Delibegović Z, Nurkić J. Medicinska mikrobiologija sa imunologijom i parazitologijom. Tuzla: Off-set, 2013.

ZARAZNE BOLESTI I PREVENCIJA

Jurica Arapović, Maja Arapović

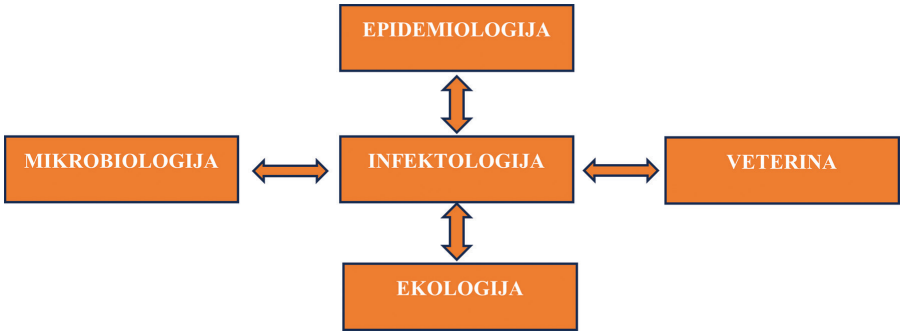
Unatoč dramatičnom napretku u liječenju i prevenciji posljednjih desetljeća, zarazne (infektivne) bolesti ostaju glavni uzrok smrti i onesposobljenosti (invaliditeta) te su odgovorne za pogoršanje životnih uvjeta milijuna ljudi diljem svijeta. Tome valja pridodati i činjenicu kako suvremeno društvo i različiti stilovi života kontinuirano predstavljaju izazove za civilizaciju, pa tako i za dijagnostiku i liječenje novih zaraznih bolesti. U većem broju zaraza ne dolazi do manifestne (vidljive) tzv. simptomatske bolesti. Ukoliko da, takvu bolest nazivamo infektivna i/ili zarazna bolest.

Osobitosti infektologije

Infektologija (izvedeno iz "infekcija") proučava sveukupno područje infekcija i zaraznih bolesti te predstavlja interdisciplinarnu granu znanosti u području medicine i biologije, koja istražuje infekcije i zarazne bolesti. Zadaća infektologije je bolje razumijevanje uzročnika infekcija, njihovih načina prijenosa, kliničkih manifestacija, dijagnostičkih metoda te načina liječenja i prevencije. Infektolozi ili specijalisti infektologije su liječnici specijalizirani u ovoj grani medicine, koji imaju ključnu ulogu u dijagnostici i liječenju zaraznih bolesti te pružanju savjeta o preventivnim mjerama kako bi se smanjio rizik od infekcija. Oni rade u bolnicama, klinikama, laboratorijima i javnim zdravstvenim ustanovama te surađuju sa stručnjacima drugih medicinskih i javnozdravstvenih disciplina, kako bi zajedno suzbijali i sprječavali širenje infekcija te poboljšali zdravlje populacije.

Infektologija interdisciplinarno surađuje s brojnim granama medicine što se najbolje očituje u kontekstu "Jednog zdravlja" (engl. *One-health*), gdje se osim infektologije ističu i druge grane medicine poput epidemiologije (istražuje distribuciju i uzroke zarazne bolesti u populacijama) i mikrobiologije (istražuje mikroorganizme koji uzrokuju zaraznu bolest) te veterinarske

medicine (bavi se zdravljem i bolestima životinja) i ekologije, koja se bavi interakcijama između različitih organizama i njihovog okoliša (Slika 1). Drugim riječima, pristup "Jedno zdravlje" je pojam koji podrazumijeva zajedničku multidisciplinarnu suradnju na lokalnoj, nacionalnoj i globalnoj razini kako bi se postigli najbolji rezultati u prevenciji zdravlja ljudi i životinja te očuvanju okoliša. Ako uzmemo u obzir činjenicu da se infekcije na čovjeka najčešće prenose u kontaktu sa sredinom u kojoj živi, sve ovo zajedno možemo sažeti u jednoj sintagmi "bez zdravlja okruženja u kojem žive ljudi nema zdravlja zajednice".



Slika 1. Međuodnos infektologije s drugim znanstvenim i medicinskim disciplinama

Infekcije se mogu prenositi s osobe na osobu putem zraka, vode, hrane, kontakta ili "prljavih" ruku, vektora, spolnim putem ili krvlju. Iz ovoga je vidljivo da infektologija obuhvaća širok spektar bolesti, uključujući prehladu, gripu, tuberkulozu, HIV/AIDS, hepatitis, malariju, pneumoniju, meningitis i mnoge druge. Nadalje, infekcije mogu zahvatiti različite dijelove tijela, uključujući srce, pluća, jetru, bubrege, želudac, crijeva, mozak te druge organe i tkiva. Zaključno, infekcije se pojavljuju kod ljudi svih dobnih skupina, od novorođenčadi do starijih osoba, što podrazumijeva važnost prilagodbe dijagnoze, liječenja i prevencije infekcija prema dobi bolesnika.

Zarazne bolesti

Osobitost infektologije je i u tome što svaka infekcija ne znači nužno i bolest, jer susret mikroorganizama i makroorganizama ne završava uvijek bolešću. Ako se pojave simptomi poput upale, to znači da je došlo do oštećenja tkiva i u tom slučaju nastaje bolest koju nazivamo zarazna i/ili infektivna bolest. Brojni su načini na koje razni mikroorganizmi oštećuju strukturu i

funkciju stanica i tkiva višestaničnog domaćina. Tako bolest može biti posljedica izravnoga djelovanja uzročnika, kao što je najčešće slučaj u nekih virusa i bakterija. Nadalje, izravno djelovanje na stanice i tkiva domaćina može biti i posljedica učinka toksina koje izlučuju mikroorganizmi, što je osobit način djelovanja niza bakterijskih uzročnika, izazivajući bolest poput tetanusa, botulizma, ili pak trovanja hranom. Smrt stanice ili njezino oštećenje mogu nastati i neizravnim djelovanjem mikroba, pri čemu je onda bolest posljedica upalne reakcije u tkivu, ili je pak mikroorganizam pokretač imunopatoloških reakcija. Niz bolesti i stanja u čovjeka povezujemo sa živim uzročnicima, pri čemu je dokaz uzročno-posljedične veze više ili manje očit, a dokazuje se raznim mikrobiološkim direktnim ili indirektnim metodama dokazivanja.

Izraz "zarazna i/ili infektivna bolest" koristi se kao sinonim za bolest koja se prenosi s jedne osobe na drugu i uzrokuje infekciju. Ovaj izraz kombinira oba pojma "zarazna" i "infektivna" kako bi istaknuo prijenosnu prirodu bolesti i njen potencijal da uzrokuje infekciju. Kao što je već spomenuto, zarazne bolesti mogu biti uzrokovane različitim uzročnicima poput bakterija, virusa, gljiva ili parazita te se najčešće prenose s osobe na osobu ili putem kontaminiranih objekata, hrane, vode ili zraka. Također se mogu prenijeti s drugog makroorganizma, najčešće životinja, što znakovito čini svojevrsnu simbiozu živog svijeta u cjelini dajući na važnosti suvremenom pristupu "Jednog zdravlja". U nastavku ovog poglavlja koristit će se termin "zarazne bolesti" radi pojednostavljenja terminologije i izbjegavanja bilo kakve zabune.

Uzročnici zaraznih bolesti

Zarazne bolesti su uzrokovane mikroorganizmima poput bakterija, virusa, gljiva ili parazita, koje nastaju u uvjetima kada takvi mikroorganizmi dospiju u makroorganizam (osobu).

Pojam infekcija opisuje rast i umnožavanje mikroorganizma unutar višestaničnog organizma. Infekcija može biti ograničena, tj. lokalizirana, ali se isto tako može proširiti unutar domaćina i postati sustavna (proširena u cijelom organizmu). Bolest nastaje kao posljedica infekcije u kojoj patogeni mikroorganizam direktnim ili indirektnim djelovanjem dovodi do promjena u domaćinu nakon čega se izražavaju simptomi bolesti.

Pojava simptoma infekcije može biti općenita ili specifična, ovisno o vrsti infekcije i zahvaćenom dijelu tijela ili organu. Opći (nespecifični) simptomi nisu obilježje određene infekcije i mogu se pojaviti u mnogim različitim stanjima. Ali većina simptomatskih infekcija upravo započinje općim simptomima

koji se izražavaju promjenama u cijelom organizmu. Primjeri općih simptoma uključuju vrućicu, umor, slabost, gubitak apetita, glavobolju te bolove u mišićima i zglobovima, što zovemo općim infektivnim sindromom. S druge strane, specifični (specijalni) simptomi su svojstveni za određenu vrstu zarazne bolesti ili zahvaćeno određeno područje tijela. Primjeri specifičnih simptoma uključuju kašalj i otežano disanje kod infekcija dišnih putova, osip kod kožnih infekcija, ili probavne smetnje u vidu povraćanja i proljeva kod crijevnih infekcija, otežanije i učestalo mokrenje kod mokraćnih infekcija i dr. Specifični simptomi mogu pomoći u postavljanju dijagnoze i određivanju uzročnika infekcije. Razumijevanje razlike između općih i specifičnih simptoma može pomoći liječnicima u postavljanju točne dijagnoze i odgovarajućem liječenju bolesnika.

Kao što je vidljivo iz definicija, infekcija ili zaraza je znatno širi pojam od infektivne ili zarazne bolesti. Bez obzira na to radi li se o asimptomatskoj (bez prisustva simptoma) ili pak simptomatskoj infekciji, mikroorganizmi prolaze kroz pet "obaveznih" faza u odnosu s domaćinom:

1. prianjanje za tijelo domaćina (kolonizacija),
2. invazija i širenje po tijelu (lokalizirano i diseminacija),
3. umnožavanje,
4. izbjegavanje obrambenih mehanizama domaćina i
5. izlučivanje (izlazak) iz makroorganizma.

Prema djelovanju na organizam mikroorganizmi mogu biti:

1. patogeni mikroorganizmi, koji su uzročnici različitih zaraznih bolesti kod ljudi. Primjeri patogenih mikroorganizama uključuju bakterije poput pneumokoka, virusa poput HIV-a ili parazita poput uzročnika malarije (plazmodij);
2. nepatogeni mikroorganizmi (saprofiti) obično su bezopasni za ljude i ne uzrokuju bolesti te mogu biti vrlo korisni za ljudsko zdravlje, poput probiotičkih bakterija koje održavaju zdravu probavu;
3. uvjetno patogeni mikroorganizmi, koji su obično dio ljudske mikrobiote i mogu se normalno nalaziti u određenim dijelovima tijela bez uzrokovanja problema. Međutim, ako se uvjetno patogeni mikroorganizmi nađu na nekom drugom mjestu u tijelu, ili ako imunološki sustav oslabi, mogu uzrokovati bolesti koje su opasne po život domaćina. Primjer uvjetno patogenih mikroorganizama je stafilokok, koji može biti normalno prisutan na koži, ali može uzrokovati po život opasne infekcije, ako uđe u krvotok ili druge organe.

Važno je istaknuti da je većina mikroorganizama s kojima se čovjek svakodnevno susreće zapravo bezopasna ili korisna za zdravlje. Međutim, neki od njih mogu uzrokovati bolesti ako se pojave u određenim uvjetima ili ako je imunološki sustav domaćina oslabljen.

Patogeni mikroorganizmi posjeduju sposobnost izazivanja oštećenja stanica i tkiva, tj. nastanak zarazne bolesti. Neki mikroorganizmi završavaju svoj patogenetski put u kraćem vremenskom roku i tada govorimo o akutnoj infekciji. Ako opisana zbivanja traju dulje vrijeme, nastaje kronična infekcija. Infekcija uobičajeno završava eliminacijom mikroorganizma, no ponekada može nastati i trajna (perzistentna) infekcija. Trajna infekcija pak omogućuje mikroorganizmu svojevrsni prirodni rezervoar, koji se može nalaziti ili izvan živih organizama ili pak u drugim makroorganizmima iste ili druge vrste. Stoga rezervoar infekcije postoji za sve patogene mikroorganizme koji na takav način održavaju svoj životni ciklus. Kada se rezervoar mikroorganizama nalazi u domaćinu u kojem može izazvati bolest, takva zarazna bolest je endogena, a ukoliko se patogeni mikroorganizmi unose iz okoliša, drugog makroorganizma iste vrste ili domaćina druge vrste, tada izaziva egzogenu zaraznu bolest. "Klasična infektologija" obuhvaća uglavnom egzogene zarazne bolesti, dok u "suvremenoj infektologiji" dominiraju endogene infektivne bolesti, a među takvim infekcijama jesu bolničke infekcije koje u posljednje vrijeme čine značajan porast oboljenja i smrtnosti u zajednici.

Trajna ili perzistentna infekcija može biti u obliku mirovanja ili latencije, kada se patogeni uzročnik ne nalazi u zaraznom obliku u tjelesnim tekućinama, ili u obliku infekcije, koja omogućuje trajno izlučivanje zaraznih mikroorganizama, čije se prisustvo može dokazati raznim mikrobiološkim dijagnostičkim metodama. Primjer za uspostavljanje latentne infekcije jeste zaraza herpes virusima (varičele, uzročnici infektivne mononukleoze i sl.), dok perzistentna infekcija može biti izazvana kod HIV-bolesti, sifilisa, hepatitisa B i C itd. Pravi razlog za perzistentne infekcije još je uvijek poprilično nejasan, no na osnovu dosadašnjih spoznaja smatra se kako je izostanak stanične imunosti posredovane limfocitima T zapravo najodgovorniji za nastanak takvih infekcija.

Koncept 3K

Tri su ključna koncepta vezana uz susret mikro i makroorganizama.

Kliconoštvo je pojam koji se odnosi na prisutnost patogenih uzročnika u tijelu ili na površini tijela bez pojave simptoma bolesti. Osobitost kliconoštva

je da se mikroorganizam lako može kultivirati iz biološkog uzorka. Također, može se dogoditi nakon što je osoba preboljela infekciju ili ako je infekcija prisutna u supkliničkom obliku, što znači da nema vidljive simptome, ali se može dogoditi i kao neovisan događaj. Kliconoštvo mikroorganizmima vrlo je kompleksan pojam i nije inačica kronične infekcije bez znakova bolesti. Kliconoštvo je najčešće posljedica preboljenja zarazne bolesti, ali spontano nestaje nakon određenoga trajanja. Takvo se kliconoštvo obično naziva "rekonvalescentno kliconoštvo" i često je nakon bakterijskih i virusnih upala crijeva (salmoneloza, kampilobakterioza, rotavirusne infekcije), ali i nakon infekcija dišnog epitela (streptokok).

Kolonizacija je pojam koji opisuje proces naseljavanja kože i sluznica mikroorganizmima, što je predstadij zarazne bolesti. Mikroorganizmi koji uzrokuju bolest mogu se privremeno naseliti na tijelu bez simptoma bolesti te čekaju povoljan trenutak za ulazak u primarno sterilno područje tjelesnih tekućina kako bi se proširili i uzrokovali bolest. Stoga kolonizacija može biti korak prema razvoju aktivne infekcije.

Kontaminacija je pojam koji se odnosi na onečišćenje uzoraka bolesnika mikroorganizmima, što može dovesti do pogrešnih rezultata i tumačenja testova ili dijagnoze. Kontaminacija može proizaći iz vanjskog onečišćenja uzorka ili nepravilne manipulacije uzorkom tijekom prikupljanja ili obrade uzoraka.

Ova tri koncepta zovemo koncept 3K i važni su za razumijevanje različitih aspekata zaraznih bolesti, uključujući razlikovanje između asimptomatske infekcije, kolonizacije i kontaminacije te njihovu ulogu u dijagnostici i širenju bolesti.

Trajanje kliconoštva varira. Postoje tri različite vrste kliconoštva: privremeno (prolazno) povremeno i trajno (perzistentno).

Tako je primjerice rekonvalescentno kliconoštvo u pravilu prolaznoga tipa, dok je kliconoštvo virusa hepatitisa B perzistentno. Postoje, međutim, i mikroorganizmi (npr. meningokok), čije kliconoštvo može poprimiti sva tri oblika trajanja.

Socio-medicinski značaj zaraznih bolesti

Socio-medicinsko značenje zaraznih bolesti ima različite dimenzije, kako u prošlosti, tako i u sadašnjosti, kako u ratu, tako i u miru.

Ukoliko se pojavljuju u zajednici, mogu uzrokovati masovno oboljenje (morbiditet) te visoku stopu smrtnosti (mortalitet). Ukoliko se u određenoj

populaciji zarazna bolest pojavljuje s većim brojem slučajeva, tada govorimo o epidemiji, a ukoliko se zaraza širi kontinentima predstavljajući globalnu prijetnju, tada govorimo o pandemiji. I epidemijsko i pandemijsko pojavljivanje zaraznih bolesti ima veliki značaj za zajednicu zbog njihovih ozbiljnih socio-ekonomskih i zdravstvenih posljedica, poput gubitka života, nedostatka radne snage, kolapsa gospodarstva itd.

Vodeći se činjenicom masovnog pojavljivanja nekih zaraznih bolesti, one se danas mogu podijeliti na klasične epidemije, zoonotske epidemije i "nove" epidemije.

Klasične epidemije zaraznih bolesti često su povezane sa siromaštvom i niskim higijenskim standardima u zajednici. Uobičajeno su prisutne u područjima s ograničenim pristupom zdravstvenoj skrbi i osnovnim higijenskim uvjetima. U takvim situacijama, bolesti poput kolere, tifusa ili tuberkuloze mogu se brzo proširiti u populaciji zbog nedostatka sanitarnih uvjeta i ograničenog pristupa zdravstvenoj skrbi.

Zoonotske epidemije nastaju kada se bolesti prenose sa životinja na ljude. Povezane su s bliskim kontaktom između ljudi i životinja te su često prisutne u ruralnim područjima gdje je češći kontakt ljudi s domaćim i divljim životinjama. Primjeri uključuju ptičju gripu, ebolu i brucelozu, koji su potencijalno zoonotski patogeni.

"Nove" epidemije obično su povezane s modernim načinom života i promjenama u navikama ljudi. To može uključivati epidemije povezane s putovanjima, urbanizacijom, globalnom trgovinom i klimatskim promjenama. Ovi patogeni mogu biti izazov za javno zdravstvo zbog njihove brze pojave i širenja. Primjeri uključuju epidemije gripe, HIV-a i bolesti poput SARS-a i COVID-19.

Pojam bolničke infekcije podrazumijeva epidemije koje se događaju unutar zdravstvenih ustanova i predstavljaju ozbiljan problem moderne medicine, jer se javljaju kao rezultat zdravstvene njege ili boravka u zdravstvenim ustanovama s produženim boravkom u bolnici i invazivnim medicinskim postupcima. Često su uzrokovane bakterijama otpornim na antibiotike, poput meticilin rezistentnog stafilokoka (engl. *methicillin resistant* Staphylococcus aureus – MRSA) ili gram-negativnih bakterija otpornih na mnoge antibiotike (engl. *multi drug resistant* – MDR), a često su rezultat nedostatka higijenskih praksi i nadzora infekcija u bolnicama.

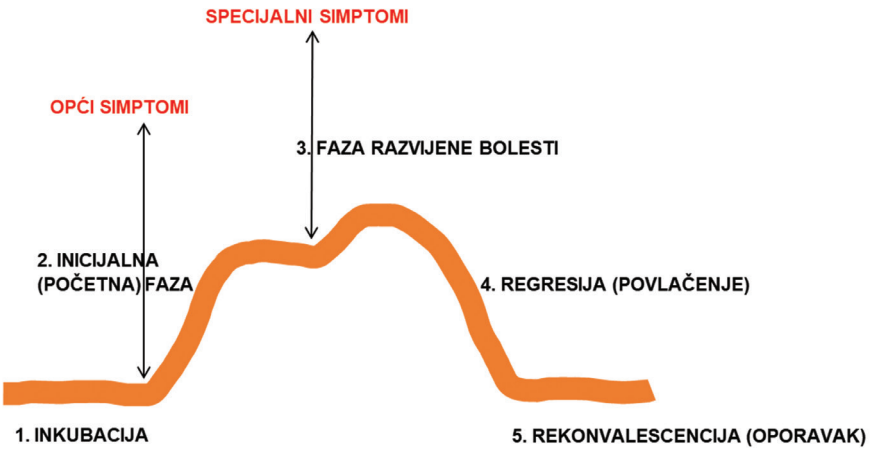
Pojam biološko oružje podrazumijeva korištenje mikroorganizama ili njihovih toksina kao oblika oružja te može uzrokovati namjerne epidemije. Biološki agensi poput antraksa, botulizma ili tularemije mogu se koristiti

kako bi se nanijela šteta po zdravlje populacije ili vojnih snaga. Zlouporaba biološkog oružja predstavlja ozbiljnu prijetnju nacionalnoj sigurnosti i zahtijeva stalnu pripravnost i suradnju međunarodnih zajednica na sprečavanju i odgovoru na takve prijetnje.

Svi ovi aspekti ukazuju na kompleksnost i široki spektar utjecaja zaraznih bolesti na društvo i zdravstvene sustave, ali i potrebu za učinkovitim javnozdravstvenim mjerama za njihovu prevenciju i kontrolu.

Razvoj i tijek zaraznih bolesti

Razvoj zarazne bolesti podrazumijeva nekoliko faza, od ulaska patogena u tijelo do pojave simptoma i potencijalnog oporavka ili komplikacija, koje nerijetko mogu biti i sa smrtnim ishodom. Ovaj proces uključuje interakciju između samog patogenog mikroorganizma i imunološkog sustava domaćina te može varirati ovisno o vrsti patogena i samih čimbenika domaćina. Razvoj zarazne bolesti može uključivati pet faza (Slika 2).



Slika 2. Kliničke faze zarazne bolesti

Faza inkubacije traje od ulaska mikroorganizama i/ili njihovih toksina u makroorganizam do pojave prvih simptoma bolesti. Tijekom ove faze, mikroorganizmi ili njihovi toksini razvijaju se u tijelu, ali simptomi još nisu prisutni.

Inicijalna (početna) faza traje od pojave općih simptoma do pojave specifičnih simptoma bolesti. Početak simptoma bolesti obično je u obliku općih

simptoma kao što su groznica, umor, bolovi u tijelu ili drugi nespecifični znakovi infekcije. U ovoj fazi bolesti, opći simptomi infekcije su zajednički za sve zarazne bolesti te još nema razvoja specijalnih simptoma bolesti, tako da je dijagnoza zarazne bolesti u ovoj fazi vrlo teška i najčešće je zasnovana na epidemiološkim podacima, a često i nemoguća. Posebnost inicijalne faze je u tome što se mogu naći uzročnici u krvi (bakteriemija, viremija), a to se klinički često očituje sindromom toksemije i otokom slezene.

Faza razvijene bolesti traje od pojave specifičnih simptoma do početka njihova povlačenja. Ova faza može varirati u trajanju i ozbiljnosti ovisno o vrsti uzročnika i individualnim značajkama bolesnika. U ovoj se fazi na temelju anamneze, specijalnih simptoma i osnovnih nalaza postavlja radna dijagnoza (ponekad i konačna dijagnoza) zarazne bolesti.

Faza regresije (povlačenja) bolesti započinje povlačenjem specijalnih simptoma i traje do nestanka specijalnih i općih simptoma bolesti ili zaostajanja posljedica zarazne bolesti. Traje od početka povlačenja specifičnih simptoma do potpunog nestanka svih simptoma bolesti ili do pojave trajnih posljedica (invaliditet). U ovoj fazi bolest se povlači postupno – litički ili naglo – kritički. Ako se opći i specijalni simptomi bolesti u fazi regresije pogoršaju, tada govorimo o rekrudescenciji bolesti.

Faza rekonvalescencije (oporavka) traje od nestanka općih i specijalnih simptoma do povratka organizma u ono stanje u kojem je bio prije izbijanja zarazne bolesti, što nazivamo potpunim oporavkom (lat. *restitutio ad integrum*). Ako zbog nastajanja posljedica zarazne bolesti to nije moguće, tada je trajanje ove faze sve do nastanka trajnih posljedica. Ponovno javljanje simptoma iste bolesti u fazi rekonvalescencije nazivamo recidiv ili relaps. Recidivi ili relapsi češće se javljaju kod nekih bolesti kao što su trbušni tifus, malarija ili bruceloza.

Komplikacije zaraznih bolesti

Ukoliko se dogode nepredviđena i neuobičajena patološka zbivanja u tijeku zarazne bolesti, koja su izravno ili neizravno uvjetovana samom infekcijom, tada govorimo o komplikacijama zaraznih bolesti koje prema nastanku mogu biti uzrokovane samim uzročnikom ili nastati djelovanjem drugih čimbenika.

Komplikacije uzrokovane samim uzročnikom nastaju bilo da se razvije sepsa ili da zbog nepredvidljivog širenja bude zahvaćen određeni organ poput mozga, srca, mišićno-zglobnog aparata itd. Također, ovaj tip komplikacija može biti uvjetovan toksinima mikroorganizma, pa su česta oštećenja jetre

prilikom infekcije uzročnikom šarlaha (streptokok), ili mogu biti uvjetovane imunološkom reakcijom, poput upale srčanog mišića (miokarditis) ili upale bubrega (glomerulonefritis).

Od komplikacija koje su nastale djelovanjem drugih čimbenika možemo spomenuti posljedice izostanka adekvatne njege bolesnika kao što su dekubitusi, bolničke infekcije koje mogu pratiti bolesnike tijekom njihovog oporavka ili pak alergijske reakcije na lijekove.

Treba istaknuti kako u većini slučajeva nakon zaraznih bolesti uslijedi povoljni ishod praćen potpunim ozdravljenjem, nakon uništenja mikroorganizama koji su izazvali bolest.

S druge strane, ukoliko ne nastupi uništenje mikroorganizama koji su izazvali bolest, može nastati oboljenje nekih organa, trajno kliconoštvo, kronični oblik, trajne posljedice ili smrtni ishod.

Načini prijenosa zaraznih bolesti

Kao dio patogenog procesa, većina se mikroorganizama izlučuje iz domaćina. Međutim, stopa prenosivosti ne mora nužno biti visoka, čak i ako je kod zaražene osobe bolest teška, budući da prenosivost i zaraznost nisu povezane značajke. Većina patogena izlazi iz organizma istim putem kojim su i ušli: patogeni dišnih putova prenose se kapljicama (aerosolom) uslijed kihanja ili kašljanja ili putem sline, patogeni probavnog sustava prenose se fekalno-oralnim putem, spolno prenosive bolesti spolnim putem, vektorima prenosivi patogeni (razni insekti) putem kontakta s krvlju domaćina ili izravnim kontaktom s organizmima iz okoliša. Izlučivanje patogena putem dišnog sustava olakšano je prekomjernom proizvodnjom sluznog sekreta, s posljedičnim pojačanim kihanjem i kašljanjem. Uzročnici proljeva, među kojima su razni virusi i bakterije, olakšano se mogu širiti fekalno-oralno (prljavim rukama i ustima), a širenje ovih patogena je povećano uslijed velikih količina proljevne tekućine proizvedene tijekom infekcije. Sposobnost određenih patogena, koji se odupiru nepovoljnim uvjetima okoliša (npr. visokootporne ciste određenih parazitskih mikroorganizama), može olakšati prijenos i preživljavanje izvan domaćina. Primjer takvog uzročnika je parazit entameba, dok krvni paraziti kao što su uzročnici malarije (plazmodij) mijenjaju svoj fenotip nakon što ih komarci progutaju, što je i preduvjet za nastavak prijenosa ovog uzročnika na domaćina. Uzročnici koji se prenose spolnim putem mogu biti podvrgnuti fenotipskim varijacijama zbog proizvodnje specifičnih čimbenika koji

olakšavaju prijenos, ali širenje ovih patogena u okoliš ne rezultira stvaranjem zaraznih žarišta (Tablica 1).

Tablica 1. Načini prijenosa uzročnika zaraznih bolesti

Putovi prijenosa	Opis	Bolest	Patogeni mikroorganizmi
Kapljicama	Patogen ulazi u dišni sustav kroz nos ili usta inhaliranjem čestica prašine ili kapljica. Primjerice, uzročnici prehlade, gripe, vodenih kozica i tuberkuloze prenose se na ovaj način.	Gripa COVID-19 Upala pluća Upala krajnika Infektivna mononukleoza	Influenca SARS-CoV-2 Pneumokok Streptokok A Ebstein-Barr virus Citomegalovirus
Feko-oralno (gutanjem)	Patogen ulazi u probavni sustav gutanjem zaražene hrane ili vode. Na ovaj način, najčešće "prljavim rukama" ili "zaraženom vodom" u nehigijenskim prilikama, prenose se mikroorganizmi.	Zarazni proljev Ehinokokoza Toksoplazmoza	Rotavirus, Salmonela Ehinokok Toksoplazma
Inokulacijom (usađivanjem)	Patogen izravno ulazi u organizam kroz oštećenu kožu kao što su opekline, posjekotine, ogrebotine, ugrizi, ubodi insekta ili ubodi injekcijom.	Bjesnoća Malarija Tetanus Antraks (crni prišt) Hepatitis B	Rabies Plazmodij Klostridij Bacilus Virus hepatitisa B
Spolno	Patogen ulazi u organizam preko sluznice spolnog sustava tijekom spolnog odnosa.	Gonoreja (kapavac) Sifilis AIDS (engl. *Acquired immunodeficiency syndrome*) Rak grlića maternice	Gonokok Treponema HIV (engl. *human immunodeficiency virus*) HPV (*Humani papilomavirus*)
Kontakt s površinama	Prijenos putem dodira sa zaraženim površinama, predmetima ili rukama zaražene osobe. Ovaj put može uzrokovati razne infekcije, uključujući infekcije kože i očiju.	Stafilodermija ("slatke kraste")	Stafikolok
		Dermatitis	Gljivice Mikrosporum
		Konjunktivitis	Adenovirus

Svaka faza zarazne bolesti uključuje različite čimbenike, bilo mikroba ili domaćina, koji međusobno djeluju na način koji može rezultirati bolešću. No, posebnost tog procesa je nadasve složen kada se organizmi presele iz svog prirodnog okoliša u domaćina sisavca, što karakterizira složenu prirodu interakcije domaćin-mikroorganizam. Srećom, potreba za različitim čimbenicima za razvoj infekcije i bolesti omogućuje razvoj različitih strategija liječenja kako bi se omogućio prekid zaraze.

Uvjeti nastanka zarazne bolesti

Uvjeti nastanka zarazne bolesti mogu se opisati kroz pet ključnih karika, koje je prvi put definirao i objasnio ruski epidemiolog i infektolog Gabriel Frantsevich Vogralik, koji je živio i djelovao početkom 20. stoljeća u sovjetskoj Rusiji. G. F. Vogralik je u suradnji sa svojim kolegama epidemiolozima razvio nekoliko teorija i dva zakona koji su i dan-danas okosnica epidemiologije. Prema njegovom prvom zakonu, izvor zaraze može biti zaražena osoba ili životinja. Prema drugom zakonu, postoji odnos između mikroorganizma i makroorganizma (domaćina) te mehanizmi prijenosa infekcije.

Ovi zakoni se danas primjenjuju u obliku Vogralikovog lanca, koji se sastoji od pet karika koje prate tijek prijenosa zaraznih bolesti (Slika 3).



Slika 3. Vogralikov lanac nastanka i prijenosa zarazne bolesti (preoblikovano prema ref. 6)

Za nastanak zaraze mora postojati izvor zaraze, a to je mjesto ili objekt koji sadrži uzročnike infekcije. Izvor može biti čovjek, životinja, tlo, hrana, voda ili drugi kontaminirani materijal. Kako bi se patogeni uzročnici održali u prirodi ili širili među populacijom, moraju se steći uvjeti putova prijenosa, što predstavlja drugu kariku Vogralikovog lanca. Svaki put prijenosa definiran je ulaznim vratima u domaćina (dišni sustav, probavni sustav, koža, krv ili spolne tekućine), dok putevi njihova prijenosa uključuju udisanje, gutanje, usađivanje (inokulaciju) putem oštećene kože ili sluznice te prijenos putem krvi, insekata ili spolnog kontakta. Ne uzrokuje svaka zaraza zaraznu bolest. Naprotiv, vrlo mali postotak zaraza odlikuje se simptomima zarazne bolesti. Ovo prvenstveno ovisi o dva temeljna čimbenika. Prvi čimbenik je definiran

količinom patogenog uzročnika i virulencijom (sposobnosti mikroorganizama da izazove zaraznu bolest) uzročnika koji se prenose na domaćina, što je najčešće povezano i s ozbiljnošću i širenjem zaraze koje uzrokuju. Drugi temeljni čimbenik je osjetljivost domaćina, ili bolje rečeno razina aktivacije imunološkog (obrambenog) sustava koji štiti domaćina od stranih uzročnika. U ovoj karici nastanka i prijenosa zaraze neizostavni su dodatni čimbenici koji mogu organizam učiniti osjetljivijim na zarazu, a to su: dob, imunološki status, postojeće zdravstveno stanje i genetska predispozicija.

Djelovanjem na bilo koju od karika Vogralikovog lanca nastanak i prijenos zaraze se može prekinuti, što znači da mjere prevencije, nadzora i liječenja mogu biti usmjerene na različite aspekte procesa zaraze kako bi se spriječilo njeno daljnje širenje.

Epidemiološke mjere u zaštiti stanovništva od zaraznih bolesti

Mjere suzbijanja i sprječavanja (prevencije) zaraze obuhvaćaju niz praksi i postupaka koji su osmišljeni kako bi se spriječilo širenje zaraznih bolesti. Još od doba Vogralika, mjere suzbijanja, sprječavanja i nadzora zaraznih bolesti nisu se puno mijenjale, ali su se svakako unaprijedile razvojem medicine i mikrobiologije. Širenje zaraze se može prekinuti djelovanjem na bilo koju kariku u ovom lancu, a najzorniji primjeri protuepidemijskog suzbijanja i sprječavanja zaraznih bolesti jesu mjere za prevenciju sezonske gripe ili COVID-19 (Slika 5). Uz to, suzbijanje i sprječavanje brojnih drugih zaraznih bolesti najčešće obuhvaća higijenske mjere, pravilno rukovanje hranom te cijepljenje.

S obzirom na to da se radi o možebitnoj ugrozi zdravlja stanovnika u državi ili na određenom teritoriju, ovakve mjere se reguliraju zakonskim procedurama, koje najčešće propisuje nadležno Ministarstvo zdravstva.

Zakonom o zaštiti stanovništva od zaraznih bolesti propisane su mjere za sprječavanje i suzbijanje zaraznih bolesti koje mogu biti opće i posebne, kao i dodatne.

Opće mjere za sprječavanje i suzbijanje zaraznih bolesti obuhvaćaju sanitarni nadzor nad higijenom i ispravnosti vode za piće i vodoopskrbom, nad prehrambenim proizvodima, održavanje higijenskog minimuma u otpadnim vodama, nadzor glodavaca i insekata na određenom prostoru, sanitarni nadzor u javnim prostorima, zgradama i sl.

Posebne mjere za sprječavanje i suzbijanje zaraznih bolesti uključuju edukaciju i zdravstveno obrazovanje o prevenciji zaraznih bolesti, kako bi se

javnost informirala o važnosti poduzimanja svih javnozdravstvenih mjera. Nadalje, predmet posebnih mjera je otkrivanje izvora zaraze i načina prijenosa infekcije, kako bi se identificirali potencijalni slučajevi i spriječilo daljnje širenje bolesti. Ove mjere uključuju laboratorijsku dijagnostiku zarazne bolesti, njeno dokazivanje te izolaciju i/ili hospitalizaciju zaraženih osoba kako bi se zaraza mogla što bolje liječiti i kako bi se zaustavilo njeno širenje među populacijom. Posebne mjere uključuju i prijavljivanje slučajeva zaraznih bolesti nadležnim zdravstvenim vlastima radi praćenja i nadzora epidemija. Jedna od ključnih posebnih mjera suzbijanja zaraze je uklanjanje mikroorganizama (dezinfekcija), insekata (dezinsekcija) i glodavaca (deratizacija) s površina i prostora kako bi se eliminirali potencijalni izvori zaraze i vektori bolesti te smanjila virulentnost. Također, ovdje se ističe zdravstveni nadzor nad klikonošama, poglavito onima koji su zaposleni u prehrambenim i zdravstvenim ustanovama. U slučaju da se radi o osobama koje su bile izložene zarazi, radi sprječavanja daljnjeg širenja infekcije i praćenja mogućih simptoma kontakta ili sumnje, provodi se karantena, kućna izolacija ili samoizolacija i zdravstveni nadzor. U posebne mjere suzbijanja i sprječavanja zaraze spada cijepljenje, imunoprofilaksa i kemoprofilaksa kako bi se osigurala kolektivna zaštita populacije od određenih zaraznih bolesti, o čemu će biti riječi u drugom dijelu ovog poglavlja.

Ostale mjere uključuju brojne druge načine sprječavanja i nadzora nad zaraznim bolestima kroz aktivnosti Vlade i nadležnih Ministarstava zdravstva, sigurnosti, vanjskih poslova i unutarnjih poslova (od carinske te inspekcijske kontrole kretanja i ulaska potencijalno zaraženih osoba u državu, preko osiguranja izvora infekcije, uvođenja obveze za zdravstvene radnike, do kaznenih odredbi za nepoštivanje mjera i proglašenja izvanrednih okolnosti).

Sprječavanje zarazne bolesti cijepljenjem

Specifične mjere poticanja imunološkog odgovora pojedinca koje uključuju dio posebnih mjera o suzbijanju i sprječavanju zaraznih bolesti uključuju cijepljenje (vakcinaciju), primjenu seruma u tzv. seroprofilaksi i primjenu lijekova u tzv. kemoprofilaksi.

Primjenom cjepiva potiče se imunološki sustav na proizvodnju specifičnih protutijela ili imunih stanica protiv određenih mikroorganizama. Primjena specifičnih protutijela ili seruma (seroprofilaksa) koristi se kako bi se pružila privremena imunizacija i zaštita od određene zaraze ili toksina. Na kraju, primjena lijekova (kemoprofilaksa) koristi određene lijekove kao mjeru

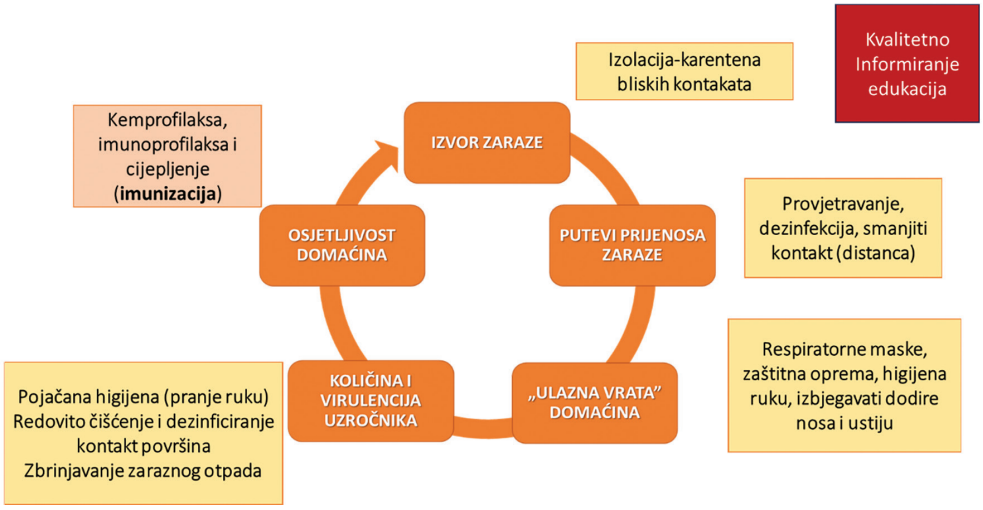
sprječavanja infekcija, uključujući antibiotike za sprječavanje bakterijskih infekcija, antiparazitike za parazitarne bolesti ili antivirotike za sprječavanje virusnih infekcija.

Cjepiva (vakcine) djeluju stimulirajući imunološki sustav kako bi stvorila imunološki odgovor na određene mikroorganizme ili njihove toksine. Vidljivo je iz svega kako cjepiva djeluju na petu kariku Vogralikovoga lanca, čineći osjetljiv makroorganizam (domaćina) otpornim na zarazu (Slika 3 i 5). Cjepivo sadrži oslabljene ili inaktivirane oblike mikroorganizama poput virusa ili bakterija ili njihove dijelove, poput proteina ili toksina. Nakon primjene cjepiva, imunološki sustav domaćina počinje proizvoditi obrambene komponente organizma koje zovemo protutijela, koja su sada usmjerena protiv tvari (antigena) iz cjepiva. Osim što proizvodi protutijela, imunološki sustav stvara i "imunološko pamćenje". To znači da tijelo pamti specifične antigene i brže reagira na njih ukoliko se ponovno susretne s njima u nekoj od budućih zaraza. To se manifestira, prije svega, kada se osoba ponovno izloži stvarnim zaraznim mikroorganizmima, da njezin imunološki sustav brže i učinkovitije reagira, koristeći stvorena protutijela kako bi eliminirao mikroorganizme prije nego što oni uzrokuju bolest. Na taj način cjepiva, osim u stvaranju imuniteta, pomažu i u sprječavanju ozbiljnih bolesti i neželjenih smrtnih ishoda te nadzoru širenja zaraznih patogena u populaciji. Ako se to prenese na zajednicu, onda se cijepljenjem stvara tzv. "kolektivni imunitet", čija je svrha zaštititi najugroženiju populaciju necijepljene djece ili odraslih osoba koje iz određenih razloga nisu imune, bilo da su se cijepili pa nisu stvorili imunitet ili se ne mogu cijepiti zbog svojih drugih oboljenja. Smatra se da 2–5% cijepljene populacije usprkos cijepljenju ne stvori imunitet te da 2–3% populacije ne može niti biti cijepljeno zbog prisustva određenih stanja ili postojećih bolesti kod pojedinaca. Tako sustavnim cijepljenjem iznad 95% populacije možemo potaknuti kolektivni imunitet iznad 90%, što odgovara sigurnosti za sprječavanje zaraznih bolesti. Drugim riječima, kada je dovoljno osoba u zajednici zaštićeno cijepljenjem, oni mogu zaštiti one koji nisu ili nisu još cijepljeni od onih koji su zarazni (Slika 4).

S druge strane, ako je broj necijepljenih osoba u porastu i nalaze se u međusobnoj blizini čineći grupu ili džep necijepljenih, kolektivni imunitet neće djelovati i zarazna bolest će se širiti među necijepljenom populacijom.



Slika 4. Kolektivni imunitet ili imunitet krda štiti i najosjetljivije pojedince (preoblikovano prema ref. 12)



Slika 5. Prijedlog mjera u suzbijanju i sprječavanju zarazne bolesti koja se prenosi kapljicama (preoblikovano prema ref. 6 i 11)

Dobrobiti cijepljenja

Javnozdravstveni značaj cijepljenja mjeri se kroz zdravstvene i društvene dobrobiti. Zdravstvene dobrobiti cijepljenja protiv zaraznih bolesti su višestruke. Najvažnija dobrobit cijepljenja jeste da se u nepunih 100 godina provedbe programa cijepljenja na svjetskoj razini smanjila stopa širenja zaraznih bolesti (morbiditet) i stopa smrtnosti od zaraznih bolesti (mortalitet). Nadalje, cijepljenje kontinuirano doprinosi smanjenju smrtnosti djece od bolesti, poput ospica, dječje paralize, meningitisa, rotavirusa i drugih. Sustavnom primjenom cjepiva smanjuje se i potreba za liječenjem bolesti, nepotrebnim

hospitalizacijama i dugotrajnom bolničkom skrbi, što rezultira smanjenjem troškova zdravstvene zaštite za pojedince, obitelji i društvo u cjelini. Kada je visok postotak populacije cijepljen, širenje bolesti se usporava, smanjujući rizik od izbijanja epidemija i zaštitu onih koji nisu cijepljeni. Također, primjena cijepljenja sprječava i teške komplikacije brojnih zaraznih bolesti, poput trajnih invaliditeta uzrokovanih polio virusom, meningitisom ili zaraznim hepatitisom. Osobe s poremećajem imunološkog sustava ili drugim medicinskim kontraindikacijama za cijepljenje mogu biti zaštićene samo kada postoji visok postotak cijepljenih osoba (kolektivni imunitet) u njihovoj okolini, što smanjuje njihov rizik od izloženosti bolestima.

Osim zdravstvene dobrobiti, valja spomenuti nepobitne činjenice koje su opća društvena dobrobit cijepljenja za zajednicu. U prvom redu, zahvaljujući sustavnoj primjeni cjepiva, životni vijek je u stalnom porastu. Također, sprječavanje zaraznih bolesti cijepljenjem smanjuje broj bolovanja i odsutnosti s posla, što doprinosi većoj produktivnosti radne snage. Zahvaljujući cijepljenju omogućena su sigurnija putovanja i mobilnost ljudi. Sve u svemu, manji troškovi liječenja, zdravija radna snaga i manja odsutnost s posla potiču gospodarsku aktivnost. Svjetski javnozdravstveni autoriteti poput Svjetske zdravstvene organizacije cijepljenjem omogućuju dostupnost zdravstvene zaštite cijeloj zajednici sprječavajući nacionalne, rasne, vjerske i društvene nejednakosti u pristupu zdravstvenim uslugama. Svi pojedinci, bez obzira na socioekonomski status ili mjesto stanovanja, mogu imati koristi od ovakvih preventivnih mjera cijepljenja.

Cijepljenje spasi 2–3 miliona života svake godine, i to upravo zahvaljujući činjenici da današnja cjepiva štite više djece nego ikada prije. Nažalost, niži nivo cijepljenja među siromašnom djecom koja žive u nerazvijenim zemljama svijeta ugrožava napredak zaštite zdravlja majki i djece. Prema podatcima kojim raspolažemo, ulaganje u programe cijepljenja spasilo bi dodatno 500.000 do 1.000.000 ljudskih života. Jedan od ključnih dokaza koliko su cjepiva korisna jesu, nažalost, pojave epidemija zaraznih bolesti poput hripavca ili ospica, zbog izostanka provedbe cijepnoga programa bilo u pojedinim regijama ili državama. Taj lošiji trend se prenosi i na našu zemlju. Tako u posljednje vrijeme sve više djece iz nemedicinskih i neopravdanih razloga bivaju necijepljena u Bosni i Hercegovini. Kao rezultat toga, BiH se u 2014. godini suočila s ozbiljnom epidemijom ospica u Srednjobosanskom kantonu, kada je registrirano preko 5.000 osoba oboljelih od ove bolesti, te 2019. godine, kada je registrirano nešto više od 1.300 oboljelih od ospica većinom u Sarajevskom kantonu. Upravo ovi primjeri su ključni dokaz koristi cijepljenja.

Izrada i vrste cjepiva

Osmišljavanje, provjera i proizvodnja cjepiva je proces koji traje godinama, kako bi bila što kvalitetnija, djelotvornija i sigurnija. Svaka doza cjepiva testira se nekoliko desetaka puta, a proizvođač garantira kvalitetu i sigurnost, koja je mnogostruko veća od bilo kojih drugih lijekova u općoj primjeni. Ipak, treba naglasiti da danas ne postoji apsolutno djelotvoran i neškodljiv lijek, pa tako niti cjepivo. U nekim slučajevima kod primjene cjepiva postoje određeni rizici od pojave neželjenih reakcija koje su najčešće blage prirode, a i ako se pojave, takvi rizici su daleko manji u odnosu na njihovu korist.

Dva su osnovna tipa cjepiva koja se duže vrijeme koriste u cjepnom programu: živa oslabljena ili atenuirana cjepiva (cjepivo protiv tuberkuloze – BCG, cjepivo protiv ospica ili morbila, rubeole ili crljenica te zaušnjaka ili parotitisa – MRP) i inaktivirana ili mrtva cjepiva. Inaktivirana cjepiva mogu sadržavati cijele viruse ili bakterije (cjepivo protiv poliomijelitisa) ili njihov dio, bilo da su bazirana na proteinu (cjepivo protiv hepatitisa B ili humanog papilomavirusa, cjepivo protiv hripavca, cjepiva protiv difterije i tetanusa), bilo da su bazirana na polisaharidu (cjepivo protiv pneumokoka, meningokoka ili hemofilusa influence tip b).

Kontrola, transport i čuvanje cjepiva u tzv. "hladnom lancu" podrazumijeva da se cjepiva cijelo vrijeme moraju čuvati u jednakom i nepromjenjivom temperaturnom režimu kako bi se očuvala njihova kvaliteta i u krajnjem slučaju djelotvornost i neškodljivost.

Osim sprječavanja zaraznih bolesti, koje su obuhvaćene obveznim programom cijepljenja, u Bosni i Hercegovini je moguće obaviti cijepljenje i protiv nekih drugih zaraznih bolesti. Naime, putna i tropska medicina kao medicinska disciplina sve se više bavi sprječavanjem zaraznih bolesti prije putovanja u egzotične krajeve svijeta. Tako se za odlazak u pojedine neeuropske države (Afrika ili Južna Amerika) od putnika traži obvezno cijepljenje protiv tifusa, hepatitisa A, žute groznice ili nekih drugih zaraznih bolesti. Bilo da se radi o neobveznom ili obveznom programu cijepljenja, svaka dana doza upisuje se u cjepnu iskaznicu iz koje je evidentno o kojem se cjepivu radi, kada je dano i koliko doza je primljeno, na osnovu čega se može spoznati je li cijepljenje dosljedno provedeno.

Na kraju treba reći kako je cijepljenje cjeloživotna preventivna aktivnost te dobni uzrast nije ograničavajući čimbenik da se cjepni program nadoknadi propuštenim cjepivima, s ciljem da se cijela populacija zaštitili od ozbiljnih zaraznih bolesti. Tijekom upisa djeteta u vrtić ili školu, cjepni status se

provjerava s ciljem da djeca budu u potpunosti cijepljena i docijepljena prema Kalendaru obaveznog cijepljenja BiH. Ako djeca nisu cijepljena ili su nepotpuno cijepljena, trebaju se u što kraćem roku cijepiti ili docijepiti kako bi osigurali valjanu zaštitu djece od zaraznih bolesti u kolektivnim smještajima kao što su škole i vrtići (Vidi poglavlje Imunizacija).

Literatura

1. Barbić L, Vilibić-Čavlek T, Stevanović V, Savić V, Klobučar A, Pem Novosel I, Santini M, Pandak N, Hađina S, Tabain I, Kučinar J, Petrović G, Madić J. Pristup 'Jedno zdravlje' – primjer pojave, praćenja i nadzora emergentnih i re-emergentnih arbovirusa u Republici Hrvatskoj. Infektološki glasnik 2015;35:53-60.
2. Begovac J, Baršić B, Kuzman I, Tešović G, Vince A. Klinička infektologija. Zagreb: Medicinska naklada, 2019.
3. Centers for Disease Control and Prevention. Vaccines and Immunizations. https://www.cdc.gov/vaccines/index.html (datum posljednjeg pristupa: 9. 3. 2024.)
4. Hrvatski zavod za javno zdravstvo. Pravilno pranje ruku. https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/pravilno-pranje-ruku (datum posljednjeg pristupa: 9. 3. 2024.)
5. Hrvatski zavod za javno zdravstvo. Zaštita prilikom rada i provedbe aktivnosti s obzirom na epidemiju COVID-19. https://www.hzjz.hr/sluzba-epidemiologija-zarazne-bolesti/zastita-prilikom-rada-i-provedbe-aktivnosti-s-obzirom-na-epidemiju-covid-19 (datum posljednjeg pristupa: 9. 3. 2024.)
6. Kasper D, Fauci A, ur. Harrison's Infectious Diseases. 3rd edition. New York: McGraw Hill / Medical; 2016.
7. Matijašec F. Ruski infektolog i epidemiolog Gabriel Frantsevich Vogralik / Russian virologist and epidemiologist Gabriel Frantsevich Vogralik. Sestrinski glasnik 2016;21:71-2.
8. Restović I, Perić A. Usvojenost higijenskih navika učenika 4. razreda osnovne škole. Školski vjesnik 2018;67:155-77.
9. The United Nations Children's Fund. COVID-19 vaccination in Sudan. https://www.unicef.org/sudan/stories/covid-19-vaccination-sudan (datum posljednjeg pristupa: 9. 3. 2024.)
10. Uzunović S, ur. Medicinska mikrobiologija. Fojnica: Štamparija Fojnica dd, 2009.
11. World Health Organization. Infection prevention and control GLOBAL. https://www.who.int/health-topics/infection-prevention-and-control (datum posljednjeg pristupa: 9. 3. 2024.)
12. Zavod za javno zdravstvo Federacije Bosne i Hercegovine. Imunizacija. https://www.zzjzfbih.ba/imunizacija (datum posljednjeg pristupa: 9. 3. 2024.)

ZOONOZE I BIOTERORIZAM

Teufik Goletić, Adis Softić

Definicije i terminologija zoonoza

Termin "zoonoze" u nauku je uveo Rudolf Virchow 1885. godine, prilikom proučavanja trihineloze. Zoonoze intrigiraju naučnike i istraživače stoljećima jer naglašavaju zamršen odnos (interakciju) između životinja i ljudi, ali i ambijenta u kojemu se ta interakcija odvija. Od početne definicije zoonoza kao bolesti prenosivih sa životinja na ljude, zahvaljujući novijim naučnim spoznajama, danas zoonoze, odnosno zoonotske bolesti, definiramo kao bolesti koje se prirodno prenose između životinja kičmenjaka i ljudi. Zoonotske bolesti najčešće uzrokuju različiti mikroorganizmi (bakterije, virusi, paraziti, gljive) ili pak prioni (proteini koji potiču konformacijske promjene normalnih ćelijskih proteina, što u konačnici može dovesti do smrti ćelije). Prijenos zoonoza odvija se različitim putevima, uključujući: direktan kontakt sa zaraženim životinjama, konzumaciju kontaminirane hrane ili vode, udisanje aerosola koji sadrži infektivne čestice ili putem kompetentnih vektora, poput komaraca ili krpelja. Slučajevi direktne infekcije zoonotičnim uzročnicima, u zemljama s visokim dohotkom *per capita*, rijetki su, a većina u literaturi opisanih infekcija prenesena je indirektno, bilo putem kompetentnih vektora ili, češće, putem sistema lanca ishrane (hrana i voda). Danas zoonotske bolesti predstavljaju ozbiljan izazov za javno zdravlje zbog različitog toka i stepena prijenosa, odnosno svog pojavljivanja kao lokalnog žarišta ili kao epidemije. Razumijevanje ekologije, dinamike prijenosa i faktora rizika povezanih sa zoonotskim bolestima presudno je za efikasnu prevenciju, otkrivanje i kontrolu bolesti.

Neki zoonotski patogeni potječu od divljih životinja (na primjer od slijepih miševa, cibetki, ptica i dr.), dok znatno veći broj potječe od domaćih životinja ili pak od životinja koje žive u neposrednoj blizini ljudi (u nastambama – glodari, blizu ljudskih naselja – lisice i drugi mezokarnivori). Gotovo je

50%, od oko 1.000 vrsta patogena zabilježenih kod stoke i kućnih ljubimaca, zoonotično. Veoma je važno istaći i činjenicu da domaće životinje često služe kao "epidemiološki most", odnosno spona između infekcija divljih životinja i ljudi. To je osobito slučaj kod intenzivno držane stoke (na farmama) koju odlikuju bolje proizvodne performanse, ali često i slabija otpornost na bolesti, što se dodatno komplicira gubitkom biodiverziteta nastalog upravo radi selekcije i držanja genetski sličnih jedinki unutar krda ili stada, na manjem ili većem području. Primjer domaćih životinja koje imaju ulogu epidemiološkog mosta (tzv. *bridge species*) jest domaća perad. Virusi niskopatogene i visokopatogene avijarne influence (ptičije gripe) često cirkuliraju među divljim pticama, posebno među tzv. vodenim vrstama ptica, odnosno pticama močvaricama, s kliničkim manifestacijama (simptomima bolesti) ili bez njih. Međutim, transmisijom ovih virusa u populaciju domaće peradi, do tada niskopatogeni virusi avijarne influence (pogotovo podtipa H5 i H7), često i relativno brzo mutiraju u visokopatogene, koji povremeno inficiraju i ljude s potencijalno katastrofalnim posljedicama po zdravlje i život inficiranih osoba. Tako, na primjer, prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije (SZO), stopa smrtnosti (letalitet) visokopatogene avijarne influence podtipa H5N1 iznosi približno 51%. Upravo stoga je Svjetska zdravstvena organizacija predložila da se kao službeni termin za bolesti prenosive između životinja kičmenjaka i ljudi koristi termin "zoonoze". Prema stručnoj Komisiji SZO/FAO (engl. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*) definicija zoonoza glasi: "Zoonoze su bolesti i infekcije koje se prirodno prenose između kičmenjaka i čovjeka." Ovu definiciju potvrdio je i treći i četvrti izvještaj stručne Komisije. Definicija isključuje toksine koje prenose kičmenjaci te bolesti koje se prenose eksperimentalno; bolesti koje uzrokuju ljudski patogeni, a koje se samo mehanički prenose životinjama ili hranom; bolesti koje se prenose samo s čovjeka na čovjeka putem vektora (na primjer malarija preko komaraca iz roda *Anopheles*). Također, spomenutom definicijom nisu obuhvaćene ni neke bolesti zajedničke životinjama i ljudima (na primjer bakterijske klostridijalne infekcije).

Učestalost zoonoza

Zoonoze su mnogo češće nego što je to uobičajena percepcija ljudi. Procjenjuje se da je oko 60% infekcija ljudi životinjskog porijekla, a od svih emergentnih infektivnih uzročnika bolesti ljudi, oko 75% je iz skupine tzv. *spill-over* vrsta, odnosno vrsta koje su "preskočile" vrsnu barijeru (sa životinja na ljude).

Općenito, zoonoze se rijetko prenose kontaktom s oboljelog na druge ljude, iako postoje značajne iznimke poput hemoragičnih groznica (primjeri lassa, machupo, ebola, marburg te krimsko-kongoanska hemoragijska groznica) ili COVID-19 oboljenja, kuge itd. Interesantna je spoznaja da se u prosjeku svaka četiri mjeseca kod ljudi pojavi jedna nova infektivna bolest.

Nekoliko recentnijih zoonoza izaziva posebnu pažnju javnosti i naučne zajednice budući da su izazvale ili su pak prijetile izazivanjem velikih epidemija, pa i pandemija. Neke od takvih zoonoza su ebola, bliskoistočni respiratorni sindrom (engl. *Middle East Respiratory Syndrome* – MERS, poznat i kao kamilja gripa), groznica doline Rift, teški akutni respiratorni sindrom (engl. *Severe Acute Respiratory Syndrome* – SARS), groznica Zapadnog Nila i zika virusna bolest, te po svemu sudeći i aktuelni COVID-19. Rezervoari, prijelazni ili konačni domaćini patogena koji uzrokuju ove bolesti najčešće su divlje životinje. Osim nenadoknadivih gubitaka života, ekonomski teret uzrokovan pojavom nekih emergentnih i reemergentnih bolesti je enorman. Tako je u posljednja dva desetljeća pojava novih bolesti rezultirala direktnim troškovima od više od 100 milijardi američkih dolara, ne uključujući u tu kalkulaciju troškove pandemije COVID-19. U slučaju da je pojava takvih bolesti imala pandemijski karakter u populacijama ljudi, procijenjeni ekonomski gubici bi iznosili nekoliko triliona američkih dolara. Tako je, prema podacima objavljenim u maju 2023. godine, pandemija COVID-19 samo u Sjedinjenim Američkim Državama rezultirala gubitkom od 14 triliona dolara.

Broj poznatih zoonoza u stalnom je porastu, a trenutno ih je više od 250. Približno 80 zoonoza se smatra uobičajenim, odnosno njihova pojavnost je vrlo česta. U periodu od 1980. godine do danas otkriveno je više od 90 novih zoonoza i/ili emergentnih infektivnih bolesti prenosivih vektorima. Eklatantni primjeri zoonoza otkrivenih posljednjih desetljeća su lajmska bolest / borelioza, anaplazmoza, hemoragijska groznica s bubrežnim sindromom i druge hemoragijske groznice (lassa, marburg i ebola, hantavirusni plućni sindrom, SARS ili pak nipah groznica). Međutim, ograničen broj zoonoza može imati opsežna žarišta poput salmoneloze, q groznice, žuta groznice, japanskog encefalitisa, groznice Zapadnog Nila, chikungunya bolesti te groznice doline Rift.

Historijski kontekst zoonoza

Historijski kontekst zoonoza bogat je i raznolik te obuhvata milenijske interakcije između ljudi i životinja. Počevši od promjene nomadskog načina života lovaca i sakupljača ka formiranju naseljenih poljoprivrednih zajednica,

ljudi su dolazili u bliži kontakt s pripitomljenim životinjama. Ovako blizak i frekventan kontakt omogućio je transmisiju bolesti između životinja i ljudi, što je dovelo do pojave zoonoza. Historijski zapisi iz drevnih civilizacija poput Mesopotamije, Egipta i Kine ukazuju na prisutnost bolesti zoonotskog porijekla. Na primjer, Hamurabijev zakonik, koji datira iz 18. stoljeća prije nove ere, spominje propise koji se odnose na bolesti koje pogađaju i ljude i životinje.

Širenje trgovačkih puteva i istraživanje novih teritorija od strane drevnih civilizacija poput Grka, Rimljana i Vikinga pridonijeli su širenju zoonotskih bolesti. Bolesti, poput bubonske kuge (tzv. crna smrt, engl. *Black Death*), koju su prenosile štakorske buhe, prenosile su se trgovačkim putevima, uzrokujući razorne pandemije kroz historiju. Pojava i razvoj poljoprivrede, a posebno uzgoj životinja, intenzivirali su interakcije između ljudi i životinja, pružajući dodatne mogućnosti za transmisiju zoonotskih patogena. Bliski kontakt sa stokom i konzumacija kontaminiranih životinjskih proizvoda postali su uobičajena praksa, što je dovelo do pojave vrlo opasnih bolesti poput bruceloze i antraksa (tzv. crni prišt).

Nadalje, industrijska revolucija donijela je značajne promjene u ljudskom društvu, uključujući urbanizaciju i dalje intenziviranje poljoprivredne proizvodnje. Ove su promjene stvorile nova okruženja za širenje zoonoza, budući da su pretrpani urbani centri i farme s intenzivnim uzgojem životinja pružali idealne uslove za razvoj patogena i njihov prijenos između životinja i ljudi.

Rapidna globalizacija u 20. i 21. stoljeću karakterizirana je povećanom frekvencijom putovanja, intenziviranjem trgovine i boljom povezanošću između različitih dijelova svijeta. Ovakva povezanost omogućila je brzo širenje zoonotskih bolesti. Posebno upečatljivi primjeri u ovome kontekstu su pandemija gripe iz 1918. (tzv. španska gripa) te recentna pandemija COVID-19.

Razumijevanje historijskog konteksta zoonoza ključno je za rješavanje sadašnjih i budućih izazova koje donose ove bolesti. Učenjem iz prošlih iskustava i usvajanjem mjera kao što su poboljšane higijenske prakse, nadzor i vakcinacija moguće je lakše sprječavanje (preventiva) i kontroliranje (nefarmaceutsko i farmaceutsko) širenja zoonotskih patogena.

Epidemiologija zoonoza

Posmatrano s epidemiološkog aspekta, zoonoze su složeni fenomeni na koje utječu različiti faktori, koji se odnose na životinjske rezervoare, uslove okoline/ambijenta i ponašanje ljudi.

Zoonoze se mogu prenijeti sa životinja na ljude ili obratno različitim načinima ili putevima, a na njihovu transmisiju utječu brojni faktori poput osobina uzročnika (patogena), ponašanja životinja te ponašanja i aktivnosti ljudi. Kao što je prethodno navedeno, glavni putevi prijenosa zoonoza su: direktan kontakt životinja i ljudi, prijenos putem kompetentnih vektora te transmisija putem kontaminirane hrane ili vode.

Prijenos zoonoza direktnim kontaktom životinja i ljudi događa se u slučajevima kada zoonotičnim patogenom zaražena životinja dođe u blizak (fizički) kontakt s čovjekom. Ovakav kontakt podrazumijeva dodirivanje ili maženje životinje, rukovanje predmetima s kojima su životinje prethodno bile u kontaktu (igračke, sedla i dr.), ili pak izlaganje životinjskim tjelesnim tečnostima i izlučevinama (krv, slina, urin ili izmet). Primjeri zoonotskih oboljenja koje se prenose direktnim kontaktom uključuju bjesnilo (prenosi se ugrizom zaražene životinje) i kutana (kožna) forma antraksa koja se prenosi kontaktom ljudi sa zaraženom životinjskom kožom ili vunom, ali i prerađevinama od kože zaražene životinje poput tepiha ili prostirki.

Prijenos zoonoza putem kompetentnih vektora podrazumijeva prijenos zoonotičnog uzročnika (patogena) sa zaraženih životinja na ljude ili obrnuto, indirektno putem insekata i/ili člankonožaca kao što su komarci, krpelji, buhe, muhe i dr. Infekcija kompetentnih vektora zoonotičnim patogenom dešava se kada vektor obitava na zaraženoj životinji i/ili se hrani krvlju/izlučevinama zaraženih životinja. Potom, inficirani kompetentni vektori dospijevaju na ljude (ponovo radi hranjenja krvlju ili izlučevinama) te na taj način prenose uzročnika dalje na ljude (obično putem ugriza/uboda). Primjeri zoonotičnih bolesti koje se prenose vektorima su lajmska bolest koju prenose krpelji inficirani bakterijom *Borrelia burgdorferi* te malarija koju prenose malarični komarci koji su prethodno inficirani praživotinjicom (protozoom) iz roda *Plasmodium*.

Prijenos zoonotičnih oboljenja konzumacijom kontaminirane hrane ili vode može se dogoditi u različitim fazama njihove proizvodnje, prerade, distribucije ili pripreme. Veliki broj uzročnika hranom ili vodom prenosivih zoonoza uobičajeno se nalazi u crijevima zdravih životinja, ali zbog loše higijenske prakse dospijevaju u proizvodni ciklus hrane ili vode, a samim tim i do krajnjeg konzumenta – čovjeka. Zoonotični patogeni u organizam domaćina ulaze putem ingestije (gutanja) te dalje migriraju kroz različite dijelove gastrointestinalnog trakta, gdje se vrlo često javljaju i prvi simptomi oboljenja. Primjeri zoonotičnih bolesti koje se prenose putem hrane ili vode uključuju salmonelozu koju uzrokuje bakterije iz roda *Salmonella* i toksoplazmozu

koju uzrokuje protozoon *Toxoplasma gondii* koja se obično nalazi u sirovom ili nedovoljno termički obrađenom mesu.

Od ostalih načina prijenosa zoonoza poznat je prijenos zrakom, pri čemu se uzročnici šire respiratornim kapljicama ili aerosolom, te indirektan kontaktni prijenos, pri čemu ljudi dolaze u kontakt s kontaminiranim površinama iz okoline. Razumijevanje različitih načina prijenosa ključno je za provedbu učinkovite prevencije i mjera kontrole u cilju smanjenja rizika od transmisije zoonoza.

Životinje kao rezervoari zoonotičnih patogena

Divlje i domaće životinje te kućni ljubimci imaju ključnu ulogu rezervoara velikog broja zoonotičnih patogena, služeći kao vrlo čest izvor infekcije za ljude.

Gotovo sve vrste divljih životinja kičmenjaka, uključujući sisare, ptice, gmizavce i vodozemce, mogu biti prijenosnici ili učestvovati u prijenosu zoonotičnih patogena na ljude. Eklatantan primjer su šišmiši koji predstavljaju rezervoare za nekoliko zoonotičnih vrsta virusa, uključujući ebolu, nipah virus i koronaviruse (naročito betakoronaviruse) poput SARS-CoV i SARS-CoV-2. Divlji glodari poput štakora i miševa mogu biti rezervoari bakterija kao što je *Leptospira* spp., ali i virusa poput hantavirusa, koji uzrokuju hantavirusnu hemoragijsku groznicu, odnosno hantavirusni plućni sindrom u ljudi. Prethodno je već opisana uloga divljih ptica kao rezervoara i/ili prijenosnika virusa influence A (ptičije gripe). I različite aktivnosti humane populacije mogu predstavljati faktore rizika koji pogoduju nastanku i razvoju zoonoza. Te aktivnosti, koje po svojoj prirodi mogu biti namjerne ili nenamjerne, dovode do promjene staništa divljih životinja, trgovine (ilegalne) divljim životinjama ili pak konzumacije mesa porijeklom od divljih životinja iz nepoznatog izvora.

Vrlo popularni i najčešće omiljeni kućni ljubimci, psi, mačke i ukrasne vrste ptica, relativno često predstavljaju rezervoare za razne uzročnike zoonotičnih oboljenja, što potencijalno predstavlja ozbiljan zdravstveni rizik za ljude.

Tako je, na primjer, dokumentirana uloga pasa u transmisiji nekoliko zoonotskih oboljenja na ljude, direktnim putem (ugrizom, ogrebotinama) ili indirektno, putem njihovih tjelesnih izlučevina (slina, krv ili izmet). Pored leptospiroze i bjesnila, psi također imaju značajnu epidemiološku ulogu u transmisiji drugih zoonotičnih patogena. Neki od njih ispoljavaju izražen tropizam

prema gastrointestinalnom sistemu ljudi, poput bakterija iz rodova *Salmonella* i *Campylobacter* (također se prenose putem kontaminirane hrane).

Kao i psi, mačke imaju određenu epidemiološku ulogu u transmisiji nekoliko zoonotičnih patogena na ljude, a najčešći put prijenosa jeste izlaganje ljudi njihovom izmetu ili izmetom kontaminiranom tlu. Toksoplazmoza je vrlo često (prevalentno) zoonotsko oboljenje povezano s mačkama, a uzrokuje je protozoa *Toxoplasma gondii*. Transmisija ovog protozoarnog parazita s mačaka na ljude odvija se konzumiranjem kontaminirane hrane, ali i direktnim kontaktnom s mačijim izmetom ili kontaminiranim tlom. Također, mačke učestvuju u prijenosu *Bartonella henselae*, bakterije koja uzrokuje oboljenje nazvano bartoneloza ili bolest mačijeg ogreba.

Ukrasne vrste ptica, poput papige, golubova ili tigrica, mogu biti rezervoari zoonotičnih patogena koji predstavljaju rizik po zdravlje ljudi, a koji se mogu prenijeti prvenstveno udisanjem ptičijim fecesom kontaminiranih čestica prašine. Tako je, na primjer, psitakoza (ornitoza) zoonotsko oboljenje koje uzrokuje bakterija *Chlamydia psittaci*. Ukrasne ptice inficirane ovom bakterijom izvor su infekcije za ljude, najčešće vlasnike ili držaoce ovih ptica. Ljudi se obično inficiraju putem kontaminiranog zraka, odnosno udisanjem čestica prašine koje su kontaminirane ovim uzročnikom. S obzirom na to da se simptomi ovog oboljenja u ljudi najčešće manifestuju kao nespecifična respiratorna infekcija, te u uznapredovalim slučajevima i kao pneumonija (upala pluća), psitakoza vrlo često ostaje nedijagnosticirana (zanemarena) zoonoza u javnozdravstvenim sistemima širom svijeta.

Stoga je veoma važno educirati i podizati svijest vlasnika kućnih ljubimaca, ali i njihovih ukućana, uključujući školsku djecu, o potencijalnim zdravstvenim rizicima koje nose zoonotska oboljenja čiji izvori mogu biti upravo kućni ljubimci. Na taj način vlasnici imaju priliku za poduzimanje odgovarajućih preventivnih mjera kojima bi mogućnost prijenosa zoonotskih oboljenja sa svojih kućnih ljubimaca sveli na minimum. Temeljna edukacija i razvoj svijesti o zoonozama, odgovorno držanje kućnih ljubimaca, provođenje rutinske vakcinacije, kontrola parazita i pravilno zbrinjavanje animalnog otpada, ključne su aktivnosti vlasnika u cilju smanjenja rizika prijenosa zoonoza s kućnih ljubimaca na ljude.

Domaće životinje, uključujući perad, goveda, svinje i ovce, predstavljaju vrlo česte rezervoare zoonotičnih patogena zbog njihove neposredne blizine ljudima na poljoprivrednim dobrima. Faktori rizika koji doprinose transmisiji patogena među životinjama, ali i s domaćih životinja na ljude, jesu intenzivna poljoprivredna proizvodnja, prenaseljenost u štalskim objektima te loši

zoohigijenski i biosigurnosni uslovi na farmama. Neka vrlo česta (prevalentna) zoonotična oboljenja, u čijem prijenosu direktno ili indirektno učestvuju domaće životinje, jesu bruceloza (uzrokovana bakterijama iz roda *Brucella*), q groznica (uzrokovana bakterijom *Coxiella burnetii*) i kampilobakterioza (uzrokovana bakterijama iz roda *Campylobacter*). Sistematičan nadzor zoonotskih oboljenja, ispravne i pravovremene mjere biološke sigurnosti i programi vakcinacije populacija domaćih životinja, u kombinaciji s dobrim menadžmentom, ključni su faktori koji doprinose sprječavanju i kontroli prijenosa zoonotskih patogena s domaćih životinja na ljude. Osim toga, poznavanje pristupa i poštivanje uzusa jedinstvenog zdravlja (*One Health*), koji ukazuje na tijesnu povezanost zdravlja ljudi, životinja i okoline/ambijenta u kojemu oni borave, ključno je za ublažavanje rizika od zoonoze.

Faktori koji doprinose nastanku zoonoza

"Prelijevanje" (engl. *spill-over*) uzročnika zoonoza (patogena) sa životinja na ljude ili obrnuto pod uticajem je složenog međudjelovanja ekoloških, ambijentalnih i bihejvioralnih faktora kao što su: uništavanje i fragmentacija staništa, klimatske promjene, biološka raznolikost (biodiverzitet) te društveno-ekonomski i socijalni faktori.

Evidentno uništavanje i fragmentacija staništa životinja, kao što su nerezonska i neplanska sječa šuma te urbanizacija i poljoprivredna ekspanzija, neminovno vodi ka poremećajima u funkcionisanju prirodnih ekosistema, odnosno povećava mogućnost frekventnijeg bliskog kontakta ljudi s divljim životinjama. Ljudske aktivnosti koje mijenjaju krajolik, kao što je prenamjena zemljišta i fragmentacija staništa, povećavaju vjerovatnoću interakcije između životinja i ljudi, a time i mogućnost prijenosa bolesti. Ljudsko djelovanje nastavlja mijenjati postojeće krajolike u "staništa nalik na otoke" koja se karakteriziraju smanjenom površinom, povećanom izolacijom i povećanim omjerom rubnog staništa prema ukupnoj površini. Također, naučne studije pokazuju da je krčenje šuma (deforestacija) koje rezultira uzgojem monokultura posebno problematična aktivnost ljudi koja dovodi do nesumnjivo povećanog rizika od infekcije kod prijemčivih populacija ljudi. Čak su i bolesti koje prenose šišmiši, koji se smatraju izvorom na primjer virusa SARS-CoV-2 (uzročnik oboljenja COVID-19), povezane s povećanim gubitkom staništa (deforestacija) i češćim interakcijama šišmiša i ljudi.

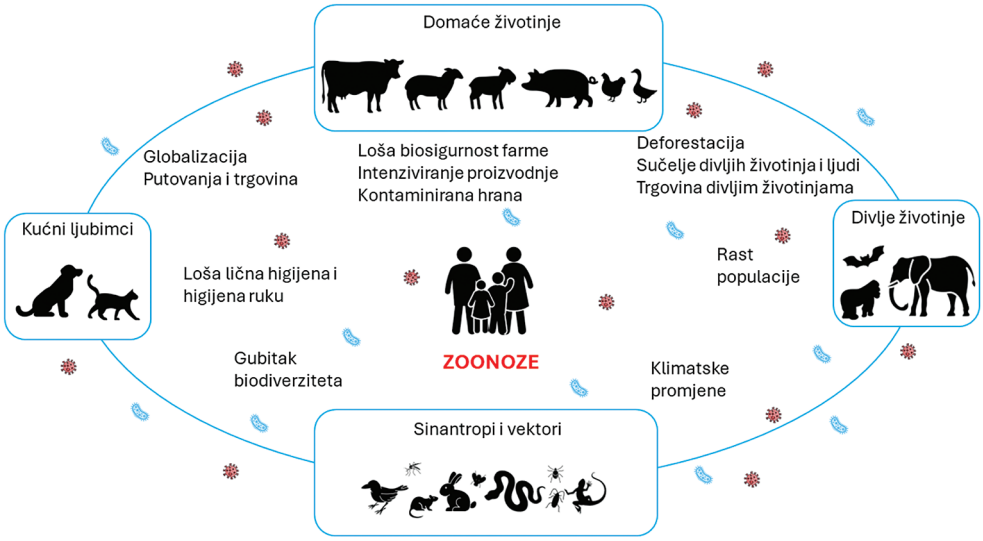
Slično, sve evidentnije klimatske promjene dovode kako do promjena u distribuciji i brojnosti vrsta divljih životinja tako i do promjena njihovih

obrazaca ponašanja i interakcija s ljudima. Krajnja konsekvenca je češća pojava fenomena "prelijevanja" patogena s divljih životinja na ljude, odnosno pojava novih zoonoza. Eklatantan primjer je izbijanje bolesti kod ljudi i domaćih svinja zbog infekcije nipah virusom u Maleziji 1998. godine. Naime, te je godine ljudima prethodno nepoznati patogen izazvao bolest u velikim stadima domaćih svinja. Virus se s inficiranih svinja prenio ("prelio") na ljude koji su bili u kontaktu sa svinjama. Ova epidemija trajala je samo nekoliko mjeseci, ali je rezultirala zarazom 265 ljudi i smrću kod 105 ljudi (stopa smrtnosti od 39%), uništenjem oko jednog miliona svinja u svrhu kontrole i suzbijanja bolesti i gubitkom 36.000 radnih mjesta te 120 miliona američkih dolara dobiti od izvoza. Epidemiološko istraživanje provedeno u svrhu otkrivanja izvora nipah virusa dovelo je do otkrića uloge voćnih šišmiša (*Pteropus* spp.) u transmisiji ovoga virusa. Istim istraživanjem utvrđene su i promjene u okolini koje su favorizirale pojavu, odnosno izbijanje epidemije. Naime, ustanovljeno je da je iznimno intenzivan klimatski događaj nazvan ENSO (engl. *El Nino Southern Oscillation*) uzrokovao sušu i opsežne šumske požare u regiji, uništavajući stanište voćnih šišmiša. Osim toga, prethodna desetljeća eskalacije sječe šuma, pretvaranja šuma u plantaže i intenziviranje poljoprivredne proizvodnje također su rezultirala smanjenjem prirodnih staništa voćnih šišmiša. Detaljna analiza ovih faktora dovela je do spoznaje da je izgradnja velikih farmi svinja i podizanje voćnjaka u njihovoj neposrednoj blizini imala ključan utjecaj na pojavu epidemije kod svinja i ljudi uzrokovane nipah virusom.

Jedan od okolišnih faktora koji mogu uticati na pojavu bolesti je i biološka raznolikost (biodiverzitet), odnosno broj različitih vrsta životinja koje žive zajedno u istom okolišu. U nekim je sredinama upravo gubitak biodiverziteta povećao rizik infekcije ljudi patogenima divljih životinja. Kao primjer mogu poslužiti oboljenja ljudi uzrokovana različitim hantavirusima i arenavirusima u Sjedinjenim Američkim Državama. Gubitak biodiverziteta se ogleda osiromašenim okolišem, s vrlo malo vrsta biljaka i životinja preostalih u njemu. Povećan rizik od izbijanja bolesti u tako osiromašenom okolišu povezan je s najmanje dva različita mehanizma: jedan je veliki porast populacije rezervoara nekih patogena (na primjer glodara), koji su u tako narušenoj okolini bez konkurencije drugih sličnih vrsta, dok se drugi mehanizam ogleda u gubitku tzv. "dilucionog učinka". Naime, u složenom prirodnom okruženju postoji mnogo različitih vrsta malih glodara koji se bore za hranu i životni prostor, a koji se često inficiraju samo za tu vrstu specifičnim virusom. Kada postoji mnogo različitih vrsta u okolišu, onda su vrste glodara koje su rezervoari

specifičnih patogena manje brojne te je i učestalost prijenosa virusa među njima rjeđa. Posljedično, pojavnost (prevalenca) infekcije u takvim populacijama je niska. U tom smislu, druge vrste glodara "razrjeđuju", odnosno smanjuju koncentraciju rezervoarskih vrsta smanjujući tako prevalencu infekcije zoonotskim hantavirusima i arenavirusima unutar rezervoarskih vrsta.

Rješavanje složenih "okidača" pojave zoonoza, bez implementacije pristupa jedinstvenog zdravlja (engl. *One Health*), koje integrira specifične aktivnosti usmjerene na zaštitu zdravlja ljudi, životinja i okoline, u modernom svijetu praktično je nemoguće. Strategije kao što su očuvanje staništa, prakse racionalnog i održivog korištenja zemljišta, poboljšane biosigurnosne mjere u poljoprivredi i trgovini divljim životinjama te pojačan nadzor i praćenje zoonotičnih patogena ključni su za ublažavanje rizika koje predstavljaju nove zarazne bolesti (Slika 1).



Slika 1. Shematski prikaz ključnih faktora koji doprinose pojavi zoonoza (Prilagođeno iz: Bedi JS, Vijay D, Dhaka P, ur. Textbook of Zoonoses. 1st ed. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons Ltd, 2022)

Bilo zbog svoje profesionalne izloženosti ili načina života, različite populacije ljudi izložene su povećanom riziku od zoonotskih infekcija: radnici u poljoprivredi, veterinari i veterinarsko osoblje, biolozi i ekolozi, čuvari zooloških vrtova i njegovatelji životinja, vlasnici kućnih ljubimaca i drugi ljubitelji životinja.

Vlasnici poljoprivrednih dobara i radnici u poljoprivredi su, zbog svojih svakodnevnih radnih aktivnosti, u vrlo frekventnom kontaktu s domaćim životinjama (stoka, perad i dr.). Direktan kontakt sa životinjama, rukovanje potencijalno kontaminiranim (zaraznim) životinjskim otpadom i izloženost kontaminiranoj okolini u kojoj inficirane životinje borave, povećavaju rizik prijenosa zoonotičnih patogena na radnike. Neki primjeri zoonotskih infekcija koje se obično povezuju s poljoprivrednim okruženjima i čija je pojavnost mnogo češća u radnika u poljoprivredi uključuju brucelozu, q groznicu, leptospirozu i antraks.

Veterinari, veterinarski tehničari i ostalo osoblje koje radi u veterinarskim ustanovama po prirodi svog posla imaju bliske i česte kontakte s različitim vrstama životinja. Njihove profesionalne aktivnosti poput kliničkog pregleda životinja, hirurških operacija i rukovanja biološkim uzorcima povećavaju rizik od izloženosti zoonotičnim patogenima. Česte zoonoze u veterinarskim ustanovama uključuju gljivična oboljenja (lišajeve, dermatofitozu, mikrosporozu), leptospirozu, kampilobakteriozu te groznicu mačijeg ogreba (bartoneloza).

Biolozi, ekolozi i ljudi koji ulažu napore u očuvanje ugroženih vrsta životinja često su u bliskom kontaktu s velikim brojem vrsta divljih životinja u njihovim prirodnim staništima. Rad na terenu koji uključuje hvatanje, rukovanje i uzorkovanje divljih životinja povećava rizik od izloženosti zoonotičnim patogenima koje prenose divlje životinje. Zoonoze koje su relativno česte u ovim populacijama ljudi uključuju hantavirusni plućni sindrom (mišija groznica) te lajmsku bolest.

Čuvari zooloških vrtova, njegovatelji životinja i osoblje koje radi u rezervatima za divlje životinje ili centrima za rehabilitaciju imaju svakodnevan direktan kontakt s velikim brojem različitih vrsta egzotičnih i divljih životinja. Rutinski zadaci u uzgoju životinja, kao što su hranjenje, čišćenje ograđenih prostora i terapiranje, također povećavaju rizik od prijenosa zoonoza. Zoonoze koje se obično povezuju sa zoološkim vrtovima i parkovima divljih životinja uključuju tuberkulozu (TB), herpes B virusne infekcije i psitakozu.

Vlasnici kućnih ljubimaca, hobisti i pojedinci koji su u bliskom kontaktu s kućnim ljubimcima, ili egzotičnim kućnim ljubimcima, također su u opasnosti od zoonotičnih infekcija. Aktivnosti kao što su držanje kućnih ljubimaca, čišćenje kutija za otpatke i njegovanje životinja mogu dovesti do izlaganja zoonotičnim patogenima. Zoonoze koje se obično prenose s kućnih ljubimaca na ljude uključuju salmonelozu, toksoplazmozu i dermatofitozu (lišajeve).

Ublažavanje rizika od prijenosa zoonoza u navedenim populacijama ljudi, kao što je i naprijed navedeno, uključuju edukaciju, specifične obuke i osiguravanje odgovarajuće lične zaštitne opreme (LZO) kako bi se smanjio rizik od prijenosa zoonoza. Redovita veterinarska zaštita te vakcinacija i pridržavanje biosigurnosnih mjera također su važni za sprječavanje zoonotskih infekcija kod životinja i ljudi.

Društveno-ekonomski faktori, uključujući siromaštvo i neadekvatnu zdravstvenu infrastrukturu, imaju veoma značajnu ulogu u širenju zoonoza. Siromašne zajednice ljudi imaju vrlo ograničen pristup zdravstvenim uslugama, uključujući prvenstveno preventivne mjere za sprječavanje bolesti poput vakcinacije te dijagnostiku i liječenje. Osim toga, u ovakvim zajednicama čest je problem i neadekvatna zdravstvena infrastruktura (obučeno medicinsko osoblje, adekvatni objekti), ali i nedostatak zdravstveno ispravne pitke vode, sanitarnih objekata te odgovarajućih sistema uklanjanja otpada. Neadekvatne sanitarne i loše higijenske prakse povećavaju rizik od prijenosa zoonoza putem kontaminirane vode, hrane i površina. Nadalje, siromašne zajednice su vrlo često prenaseljene, a veliki broj ljudi živi u neposrednoj blizini ili pak dijeli životnu sredinu sa životinjama, što olakšava širenje zoonotičnih patogena unutar takvih zajednica.

Nedostatak svijesti o zoonotskim bolestima, njihovim putevima prijenosa i preventivnim mjerama može spriječiti napore za kontrolu izbijanja i ublažavanje rizika. Obrazovni programi i angažman društvenih zajednica ključni su za podizanje svijesti, poticanje promjene rizičnih obrazaca ponašanja i ohrabrivanje pojedinaca da usvoje sigurnije postupke za očuvanje zdravlja. Rješavanje socio-ekonomskih faktora koji doprinose pojavi zoonoza zahtijeva multisektorski pristup koji integrira javnozdravstvene intervencije sa strategijama za smanjenje siromaštva, obrazovnim inicijativama i ulaganjima u naučnu infrastrukturu. Ublažavanjem ili pak potpunim odstranjivanjem faktora rizika koji doprinose pojavi i širenju zoonoza u društvenim zajednicama, moguće je smanjiti teret zoonoza i poboljšati zdravlje i dobrobit marginaliziranih zajednica.

Prevencija zoonoza

One Health pristup

Pristup jedinstvenog zdravlja (*One Health*) holistički je okvir koji prepoznaje međupovezanost zdravlja ljudi, zdravlja životinja i zdravlja okoline. Ovaj pristup naglašava saradnju i integraciju među disciplinama u rješavanju složenih

zdravstvenih izazova, posebno onih povezanih sa zoonozama. Objedinjujući različite ekspertize i perspektive, One Health pristup olakšava cjelovitije razumijevanje složenih interakcija između ljudi, životinja i okoline koje doprinose pojavi i prijenosu zoonoza.

Pravovremeno prepoznavanje novih prijetnji zoonozama omogućuje koordinirano djelovanje za kontrolu izbijanja, sprječavanje daljnjeg prijenosa i ublažavanje utjecaja na javno zdravlje, dobrobit životinja i zdravlje ekosistema. One Health pristup se fokusira na preventivne mjere koje se bave temeljnim uzrocima pojave zoonoza, uključujući uništavanje staništa, trgovinu divljim životinjama i poljoprivrednu praksu. One Health potiče globalnu saradnju i napore za rješavanje prijetnji zoonozama na različitim nivoima (lokalni, nacionalni i međunarodni). Organizacije i inicijative kao što su Svjetska zdravstvena organizacija (WHO), Globalna mreža za obavještenje i odgovor na žarišta (GOARN) i Svjetska organizacija za zdravlje životinja (WOAH) doprinose globalnoj saradnji u nadzoru, istraživanju i izgradnji kapaciteta za borbu protiv zoonoza.

Praćenje i nadzor zoonoza

Nadzor zoonoza obuhvata niz strategija usmjerenih na rano otkrivanje, praćenje životinjskih rezervoara i procjenu rizika za prepoznavanje i ublažavanje opasnosti od zoonotskih bolesti. Sindromski nadzor uključuje praćenje obrazaca bolesti kod ljudi i životinja kako bi se otkrili neobični ili neočekivani događaji koji mogu značiti pojavu nove ili ponovnu pojavu postojeće bolesti. Sistemi sindromskog nadzora kod ljudi prate simptome ili kliničke sindrome (npr. bolest nalik gripi) prijavljene od strane zdravstvenih ustanova, hitnih službi ili drugih izvora, dok sistem sindromskog nadzora životinja prati znakove ili sindrome bolesti (npr. respiratorne bolesti, gastrointestinalne simptome) kod domaćih i divljih životinja.

Laboratorijski nadzor zoonoza uključuje testiranje ljudskih i životinjskih uzoraka na zoonotične patogene kako bi se dijagnosticirale i identificirale nove prijetnje. Izolacija, karakterizacija i genotipizacija patogena omogućuju praćenje zoonotičnih patogena i identifikaciju novonastalih sojeva s pandemijskim potencijalom.

Praćenje životinjskih rezervoara uključuje nadzor divljih i domaćih životinja kako bi se identificirale vrste rezervoara, procijenila prevalenca ustanovljene bolesti i pratilo eventualno "prelijevanje" na druge vrste životinja ili ljude.

Nadzor okoline/ambijenta uključuje praćenje okolišnih rezervoara (npr. izvori vode, tlo, zrak) na prisutnost uzročnika zoonoza ili pokazatelja prijenosa ovih bolesti. Uzorkovanje i testiranje ekoloških matrica može pružiti uvid u distribuciju, postojanost i dinamiku prijenosa uzročnika zoonoza. Nadzor okoline posebno je važan za zoonoze koje se prenose vodom ili putem vektora, kao što su leptospiroza i groznica Zapadnog Nila.

Procjena rizika uključuje procjenu faktora koji doprinose pojavi, prijenosu i širenju zoonotičnih bolesti kako bi se dao prioritet nadzoru te preventivnim i interventnim aktivnostima. Epidemiološke studije, ekološko modeliranje i tehnike prostorne analize koriste se za identifikaciju visokorizičnih područja, prijemčivih populacija i potencijalnih puteva prijenosa bolesti. Procjene rizika informiraju ciljane aktivnosti nadzora, raspodjelu resursa i donošenje odluka za sprječavanje i kontrolu izbijanja zoonoza.

Provođenjem spomenutih strategija, agencije za javno zdravstvo, veterinarske organizacije i istraživači mogu poboljšati napore u nadzoru zoonoza kako bi otkrili prijetnje u nastajanju, nadzirali životinjske rezervoare i procijenili rizik od prijenosa zoonoza, što u konačnici doprinosi poboljšanim mjerama prevencije i kontrole.

Vakcinacija, kontrola vektora i edukacija

Vakcinacija, kontrola vektora i edukacija su neizostavne komponente sveobuhvatnih preventivnih i strategija ublažavanja posljedica zoonoza. Vakcinacija ima vitalnu ulogu u prevenciji zoonoza stimulirajući imunološki sistem da proizvodi zaštitna antitijela protiv specifičnih patogena. Danas su dostupne vakcine protiv velikog broja zoonoza. Vakcinacija životinja, posebno kućnih ljubimaca i domaćih životinja, vodi ograničavanju širenja zoonotičnih patogena unutar životinjske populacije te smanjenju rizika od prijenosa zoonotičnih patogena na ljude.

Strategije za kontrolu vektora uključuju modifikaciju staništa, primjenu insekticida i korištenje repelenata. Napori u kontroli vektora mogu pomoći u smanjenju učestalosti vektorskih zoonoza, kao što su malarija, denga groznica, lajmska bolest i infekcija virusom Zapadnog Nila.

Edukacija ima ključnu ulogu u podizanju svijesti o zoonozama, njihovim putevima prijenosa i preventivnim mjerama. Obrazovne kampanje mogu pomoći pojedincima da usvoje obrasce ponašanja koja smanjuju rizik prijenosa zoonoza, kao što je pravilna higijena ruku, sigurno rukovanje hranom i izbjegavanje kontakta s divljim životinjama i životinjama lutalicama.

Ciljani obrazovni napori mogu se također baviti pogrešnim percepcijama i kulturnim praksama koje mogu povećati rizik prijenosa zoonoza, kao što je konzumacija sirovih ili nedovoljno kuhanih životinjskih proizvoda. Integriranjem cijepljenja, kontrole vektora i obrazovanja u programe prevencije i kontrole zoonoza, nadležna tijela za javno zdravstvo mogu smanjiti učestalost zoonotičnih infekcija, zaštititi prijemčivu populaciju i povećati ukupnu otpornost zajednice na prijetnje zoonoza.

Bioterorizam

Bioterorizam predstavlja prijetnju javnom zdravlju i nacionalnoj sigurnosti, a karakterizira se izazivanjem sveopće panike, poremećajem društvenih funkcija i uzrokovanjem često značajnih ljudskih žrtava. Za razliku od korištenja bioloških agensa kao oružja u ratovima, bioterorizam označava upotrebu bioloških agensa od strane pojedinaca ili grupa motiviranih političkim, religioznim ili nekim drugim ideološkim razlogom, s namjerom da se zastraši javnost, odnosno izazovu ljudske žrtve ili proizvede ekonomska šteta. Pod biološkim agensima podrazumijevamo različite mikroorganizme, njihove toksine, ćelijske kulture i ljudske endoparazite koji mogu uzrokovati zarazu, alergiju ili trovanje. Za razliku od konvencionalnih oblika terorizma, bioterorizam podrazumijeva zloupotrebu isključivo bioloških agensa.

Namjerna disperzija bioloških agenasa, bilo putem kontaminacije hrane ili zaliha vode, širenjem u javnim prostorima ili ciljanim napadima na određene populacije ljudi, može imati razorne posljedice. Osim neposrednih posljedica (smrti ili ekonomskog kolapsa), veoma značajan aspekt predstavlja i psihološki učinak bioterorizma, koji uglavnom donosi često ozbiljne i dugotrajnije posljedice po individue ili društvo u cjelini.

Biološko oružje

Biološko oružje predstavlja sjecište nauke, politike i ratovanja, osmišljeno da nanese štetu, najčešće korištenjem patogenih mikroorganizama ili toksina. Za razliku od konvencionalnog oružja, koje uzrokuje fizičku štetu (udar, detonacija, eksplozija), biološko oružje koristi "snagu" živih mikroorganizama ili njihovih nusproizvoda za postizanje destruktivnih ciljeva onih koji ga koriste. U svrhu biološkog oružja koriste se najčešće mikroorganizmi poput virusa, bakterija, endoparazita i gljivica, ili pak toksične (otrovne) materije proizvedene od živih organizama koji se namjerno puštaju (oslobađaju)

kako bi uzrokovale bolest i smrt kod ljudi, životinja ili biljaka. Ovo oružje predstavlja podskupinu veće klase oružja koja se naziva nekonvencionalnim oružjem ili oružjem za masovno uništenje, a koje, pored biološkog, uključuje i hemijsko, nuklearno i radiološko oružje.

Da bi biološko oružje ispunilo svoju destruktivnu svrhu, visoka infektivnost, odnosno visoka toksičnost bioloških ili hemijskih agensa koji su osnovne gradivne tvari tog oružja nije dovoljna *per se*. Biološki ili hemijski agens – kandidat za biološko oružje posjeduje određene karakteristike kojima je sposoban kompenzirati tehnička ograničenja biološkog oružja. Preciznije, agens mora biti dovoljno stabilan u vanjskoj sredini, odnosno otporan na degradaciju prilikom rukovanja i skladištenja te tokom procesa prijenosa energije kojim se diseminira (potisni gas u spremniku, detonacija). Nakon diseminacije, neophodna osobina biološkog/hemijskog agensa je sposobnost uspostavljanja terenske doze (infektivne ili toksične) na određenom području. Nadalje, još jedna važna karakteristika biološkog/hemijskog agensa je mogućnost proizvodnje iz dostupnih prekursorskih spojeva ili iz prirodnih ili genetski modificiranih mikroorganizama. "Idealno" biološko oružje karakteriziraju visok morbiditet i mortalitet, sposobnost transmisije s osobe na osobu, niska infektivna/toksična doza te mogućnost širenja zrakom. Biološko oružje čiji je agens novi patogen može imati izrazito destruktivan utjecaj prije svega zbog nedostatka odgovarajućih dijagnostičkih metoda i kapaciteta, nemogućnosti imunoprofilakse (nepostojanje vakcina).

Kategorizacija bioloških agensa

Veliki je broj bioloških ili hemijskih agensa, uključujući bakterije, viruse i toksine, koji imaju izražen bioteroristički potencijal, odnosno mogućnost izazivanja bolesti i smrti napadnutih populacija ljudi. Biološki/hemijski agensi se kategoriziraju na osnovu njihove razorne i destruktivne moći (potencijala za uništenje), lakoće širenja i težine posljedica koje nastaju nakon njihovog korištenja. Tri su osnovne kategorije bioloških/bioterorističkih agensa – A, B i C, od kojih svaka kategorija predstavlja različite nivoe prijetnje i rizika.

Agense iz kategorije A predstavljaju oni agensi za koje se smatra da predstavljaju najveći rizik za nacionalnu sigurnost i javno zdravlje, a karakteriziraju ih izražen potencijal za brzo širenje, visoka stopa smrtnosti i sposobnost izazivanja panike i društvenih poremećaja. Bioteroristički agensi iz kategorije A zahtijevaju posebne biosigurnosne mjere i pripravnost javnozdravstvenih institucija. Ovoj kategoriji pripadaju uzročnici antraksa (*Bacillus anthracis*),

kuge (*Yersinia pestis*), botulizma (*Clostridium botulinum* toksin), tularemije (*Francisella tularensis*), velikih boginja (pox virus), arenavirusa (lassa, machupo) te virusnih hemoragičnih groznica uzrokovanih filovirusima (ebola, marburg).

Antraks je bakterijska infekcija koja može uzrokovati bolest s izraženom kliničkom slikom (simptomima) i rezultirati i smrću inficiranih ljudi i životinja. Uzročnik antraksa, bakterija *B. anthracis*, prenosi se inhalacijom (udisanjem), ingestijom (gutanjem) spora ili preko kože (kutanim putem). U zavisnosti od načina prijenosa, razlikuju se tri tipa antraksa: plućni (pulmonarni, inhalacijski), crijevni (gastrointestinalni) i kožni (kutani) tip. Spore bakterije *B. anthracis* su vegetativni oblik patogena, a kao takve su vrlo stabilne u vanjskoj sredini, što ih čini prikladnim za upotrebu kao biološko oružje.

Yersinia pestis je bakterija koja uzrokuje bubonsku kugu, bolest koja je predstavljala jednu od najvećih pošasti za čovječanstvo. Ovo je vektorska bolest, odnosno prenose je štakorske buhe. Drugi način transmisije je kapljična infekcija, odnosno infekcija putem zraka. Mikrobiološki uslovi za uzgoj ove bakterije su uobičajeni, odnosno ne postoje nikakvi specifični uslovi rasta, što ovu bakteriju čini vrlo podložnom za uzgoj i manipulaciju unutar laboratorija različitog nivoa biosigurnosti. Namjerna manipulacija i puštanje ove bakterije u vanjsku sredinu mogli bi rezultirati izbijanjem epidemija praćenih visokim stopama smrtnosti, kakve su bile zabilježene kroz historiju.

Variola vera (male boginje) su vrlo kontagiozna virusna bolest koju karakteriziraju groznica, osip i teška sistemska bolest. Bolest je zvanično iskorijenjena 1980. godine nakon intenzivnih globalnih programa masovne vakcinacije, ali i dalje postoji zabrinutost oko potencijalne upotrebe uzročnika (Poxvirus) u bioterorističkim napadima. S obzirom na to da je program vakcinacije prestao nakon eradikacije bolesti, eventualna upotreba ovog uzročnika kao bioterorističkog agensa posebno je zabrinjavajuća zbog nedostatka kolektivnog imuniteta stanovništva.

Botulinum toksin je jedan od najjačih poznatih neurotoksina, a proizvod je metabolizma bakterije *Clostridium botulinum*. Konzumiranje hrane kontaminirane ovom bakterijom, odnosno botulinum toksinom, vodi razvoju teške paralitične bolesti poznate kao botulizam. S obzirom na to da je botulinum toksin kontaminant hrane i vode, kao takav ima izrazit potencijal za brzo širenje, što ga čini potencijalno vrlo potentnim bioterorističkim agensom.

Biološke agense iz kategorije B karakterizira umjereno lako širenje u populaciji, odnosno prenošenje s osobe na osobu. Infekcije ovim patogenima rezultiraju umjerenim morbiditetom (pobolom) i niskim mortalitetom

(letalitetom – stopom smrtnosti). Ipak, s obzirom na njihovu stabilnost u vanjskoj sredini, poput bioterorističkih uzročnika kategorije A, i ovi uzročnici zahtijevaju poseban oprez i stalna unapređenja dijagnostičkih kapaciteta te pojačan nadzor. Kategoriji B bioterorističkih agenasa pripadaju uzročnici bruceloze (bakterije iz roda *Brucella*), sakagije (*Burkholderia mallei*), melioidoze (*Burkholderia pseudomallei*), psitakoze (*Chlamydia psittaci*), ali i toksini poput epsilon toksina porijeklom iz bakterije *Clostridium perfringens*, enterotoksina porijeklom iz bakterije *Staphylococcus* spp. ili ricina porijeklom iz biljke ricinus (*Ricinus communis*). Osim spomenutih, ovoj kategoriji pripadaju i uzročnici q groznice (*Coxiella burnetii*), tifusne groznice (*Rickettsia prowazekii*), virusnih encefalitisa, te uzročnici bolesti prenosivih hranom (*Salmonella* spp., *E. coli* O:157 H:7, *Shigella* spp.) i vodom (*Vibrio cholerae*, *Cryptosporidium parvum*).

Bioteroristički agensi kategorije C karakteriziraju se dostupnošću te lakoćom njihove proizvodnje i diseminacije. Manipulacija nekim od agenasa iz ove kategorije mogla bi dovesti do pojave bolesti s velikim morbiditetom i mortalitetom. Kategorija C sastoji se od patogena kao što su nipah virus i hantavirus.

Nove emergentne infektivne bolesti s bioterorističkim potencijalom

Emergentna infektivna oboljenja su bolesti čija incidenca, geografski ili raspon vrsta domaćina raste ili je pak njihov utjecaj u porastu (npr. zbog stjecanja otpornosti na antimikrobne lijekove ili pak stjecanja novih faktora virulencije). Ova definicija uključuje i novoprepoznate (emergentne) patogene, ali i poznate patogene koji se "ponovno pojavljuju" (tzv. reemergentni patogeni).

Pojava novih koronavirusa, poput SARS-CoV-2 i MERS-CoV (uzročnik bliskoistočnog respiratornog sindroma), ukazuje na potencijal prirodnih patogena da uzrokuju vrlo ozbiljne prijetnje po javno zdravlje te da paraliziraju gotovo čitav svijet. Veoma visoka transmisibilnost (prenosivost) i ozbiljan uticaj na javno zdravlje ovih virusa izaziva zabrinutost zbog mogućnosti njihove namjerne zloupotrebe kao biološkog oružja. Napredak u genetičkom inženjerstvu i sintetičkoj biologiji omogućio je manipulaciju patogenima u smislu povećanja njihove virulencije, promjene raspona prijemčivih domaćina (životinja ili ljudi) ili otpornosti (rezistencije) na postojeće tretmane. Tako konstruirani patogeni s povećanom virulencijom/patogenošću ili promijenjenim karakteristikama mogu se koristiti kao biološko oružje za ciljanje određenih populacija ljudi ili izbjegavanje detekcije i liječenja.

Napredak u biotehnologiji i sintetskoj biologiji

Razvoj tehnologije za uređivanje gena CRISPR-Cas9 revolucionarizirao je genetski inženjering, omogućujući preciznu manipulaciju sekvencama DNK u širokom rasponu organizama. Potencijalno, ova bi se tehnologija mogla iskoristiti za stvaranje novog biološkog oružja modificiranjem postojećih patogena kako bi se povećala njihova virulentnost ili izbjegao imunološki odgovor organizma. S druge strane, tehnike sintetičke biologije omogućuju *de novo* sintezu cijelih genoma ili specifičnih genetskih sekvenci. Ova mogućnost izaziva zabrinutost zbog mogućeg stvaranja sintetskih patogena s potpuno novim karakteristikama, uključujući povećanu prenosivost, izmijenjeni raspon domaćina ili otpornost na postojeće preventivne i zaštitne mjere.

Biosigurnost, nadzor i strategije odgovora na bioterorističke prijetnje

Razvoj bioterorističkih prijetnji zahtijeva kontinuirano praćenje novih zaraznih bolesti i njihovih osobina koje ih čine potencijalnim biološkim oružjem. Sistemi nadzora moraju biti sposobni brzo otkriti i karakterizirati nove patogene kako bi se olakšao rani odgovor i pokušaji njihovog suzbijanja. Snažne biosigurnosne mjere neophodne su za sprječavanje neovlaštenog pristupa opasnim patogenima i tehnologijama. Potrebni su strogi propisi, sigurnosni protokoli i mehanizmi nadzora kako bi se zaštitilo od zloupotrebe biotehnologije i spriječilo slučajno ili namjerno ispuštanje biološkog oružja.

Učinkovite strategije odgovora zahtijevaju koordinaciju između agencija za javno zdravstvo, organa za provođenje zakona, obavještajnih službi i naučne zajednice. Protokoli brzog odgovora i napori u pripravnosti javnog zdravstva ključni su za ublažavanje utjecaja bioterorističkih incidenata i izbijanja prirodnih bolesti.

Dvostruka namjena bioloških agenasa

Priroda dvostruke namjene mnogih bioloških agenasa predstavlja njihov potencijal za istraživanje i, posljedično, kreiranje pravih preventivnih mjera i tretmana (korisna svrha), ali i izrazit potencijal izazivanja vrlo ozbiljnih prijetnji po javno zdravlje stanovništva. Mnogi biološki agensi, uključujući bakterije, viruse i toksine, imaju legitimnu istraživačku i medicinsku primjenu. Na primjer, istraživanje bakterija antraksa doprinijelo je razvoju učinkovitih

vakcina i tretmana. Slično tome, virusi poput velikih boginja opsežno su istraživani u svrhu razvoja odgovarajućih vakcina i pokušaja iskorjenjivanja, što je naposlijetku i dovelo do uspješnog iskorjenjivanja ove bolesti. Toksini poput botulinum toksina imaju medicinsku primjenu u liječenju određenih medicinskih stanja, kao što su grčevi mišića i migrene.

Ipak, uprkos njihovim medicinskim i istraživačkim koristima, biološki agensi također se mogu koristiti kao biološko oružje. Istim patogenima i toksinima koji imaju legitimnu upotrebu može se manipulirati ili ih namjerno koristiti za izazivanje straha te nanošenje štete. Na primjer, spore antraksa su korištene kao biološko oružje u napadima u SAD 2001. godine.

Priroda dvostruke namjene bioloških agenasa postavlja izazove u razlikovanju prirodnih izbijanja bolesti od namjernog bioterorističkog čina. Prirodna i namjerna izbijanja mogu imati slične kliničke manifestacije i epidemiološke obrasce. Namjerno puštanje biološkog agensa može oponašati širenje prirodnih zaraznih bolesti, što može dovesti do kašnjenja u odgovoru. Istraživanje i pripisivanje uzroka izbijanja zahtijevaju temeljita epidemiološka, mikrobiološka i forenzička istraživanja kako bi se utvrdilo je li otkriveno žarište bolesti bila posljedica prirodnih ili namjernih uzroka.

Rješavanje ovih izazova zahtijeva višestruki pristup koji uravnotežuje prednosti istraživanja i medicinske primjene s potrebom za strogim biosigurnosnim mjerama i poboljšanim mogućnostima nadzora za otkrivanje i odgovor na potencijalne bioterorističke prijetnje. Napori za jačanje međunarodne suradnje, transparentnosti i poboljšanje biosigurnosti mogu pomoći u ublažavanju rizika povezanih s dvostrukom namjenom bioloških agenasa.

Pripravnost i odgovor na bioterorizam

Sprječavanje bioterorizma zahtijeva sveobuhvatan pristup koji se bavi uzrocima i motivima koji stoje iza namjernog puštanja bioloških agenasa. Primarna aktivnost u osiguranju pripravnosti i pravovremenog odgovora na bioterorizam jeste jačanje biosigurnosnih mjera i sprječavanje neovlaštenog pristupa opasnim patogenima, toksinima i tehnologijama dvostruke namjene. Osim toga, ključno je i uvođenje strogih propisa, nadzornih mehanizama i sigurnosnih protokola za laboratorije, istraživačke objekte i biotehnološke kompanije. Poticanje saradnje i razmjene informacija među državama jača globalnu biosigurnost i sprječava širenje biološkog oružja. Konvencija o biološkom oružju (BWC) značajan je međunarodni ugovor čiji je cilj zabrana razvoja, proizvodnje i skladištenja biološkog oružja. Usvojena 1972. godine, BWC

predstavlja ključnu obavezu međunarodne zajednice da spriječi korištenje bioloških agenasa u neprijateljske svrhe. Ova konvencija služi kao kamen temeljac globalnih napora za poboljšanje biosigurnosti, promicanje mira i očuvanje javnog zdravlja. Ona obuhvata nekoliko ključnih odredbi za postizanje svojih ciljeva, odnosno države potpisnice obavezuju se suzdržati se od aktivnosti koje bi mogle olakšati upotrebu bioloških agenasa kao oružja za rat ili terorizam. Također su dužni uništiti postojeće zalihe biološkog oružja i povezana postrojenja pod međunarodnim nadzorom. Osim toga, BWC nalaže mjere transparentnosti i izgradnje povjerenja među državama potpisnicama kroz redovne sastanke, čime se olakšava dijalog, razmjena informacija i osiguravaju kolektivne aktivnosti za rješavanje biosigurnosnih izazova i osiguranje usklađenosti s ugovornim obavezama. Unatoč svojim postignućima, BWC se suočava s izazovima, uključujući evoluirajuću prirodu bioloških prijetnji, tehnološki napredak i praćenje usklađenosti. Provođenje aktivnosti predviđenih ovom konvencijom ostaje ključno za učinkovito rješavanje rizika koje predstavlja biološko oružje i unapređenje globalne sigurnosti i stabilnosti.

Isprepletena područja zoonoza i bioterorizma predstavljaju složene izazove koji zahtijevaju sveobuhvatne i koordinirane pristupe za prevenciju, rano otkrivanje i adekvatan odgovor. Zoonotske bolesti, koje proizlaze iz prijenosa patogena između životinja i ljudi, naglašavaju važnost inicijativa jedinstvenog zdravlja koje integriraju zdravlje ljudi, životinja i okoliša. Robusni sistemi nadzora, programi cijepljenja i mjere kontrole vektora ključni su za rano otkrivanje i sprječavanje izbijanja zoonoza. Bioterorizam predstavlja jedinstvenu prijetnju javnom zdravlju i nacionalnoj sigurnosti, s mogućnošću širenja panike, društvenih poremećaja i uzrokovanja velikih ljudskih žrtava. Sprječavanje bioterorizma zahtijeva ulaganje u biosigurnosne mjere, međunarodnu suradnju i izgradnju kapaciteta javnog zdravstva. Sistemi nadzora, laboratorijske mogućnosti i protokoli za hitne slučajeve igraju ključnu ulogu u otkrivanju i ublažavanju bioterorističkih događaja. Interdisciplinarna saradnja, globalna saradnja i intervencije temeljene na dokazima esencijalne su za zaštitu javnog zdravlja, osiguranje sigurnosti hrane i promociju mira i stabilnosti. Rješavanjem ovih izazova društva mogu izgraditi otpornost na nove prijetnje i zaštititi zdravlje i dobrobit stanovništva diljem svijeta.

Literatura

1. Alders R, Awuni J, Bagnol B, Farrell P, de Haan N. Impact of Avian Influenza on village poultry production globally. EcoHealth 2014;11:63-72.

2. Alexander K, Sanderson CE, Marathe M, Lewis BL, Rivers CM, Shaman J, Drake JM, Lofgren E, Dato VM, Eisenberg MC, Eubank S. What factors might have led to the emergence of Ebola in West Africa? PLoS Neglect Trop Dis 2015;9:e0003652.
3. Bacterial and viral zoonoses. Report of a WHO Expert Committee with the participation of FAO. World Health Organ Tech Rep Ser 1982;682:1-146.
4. Bedi JS, Vijay D, Dhaka P, ur. Textbook of Zoonoses. 1st ed. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons Ltd, 2022.
5. Beeler E, May M. The link between animal feces and zoonotic disease. LA County Department of Public Health 2011;4-5. http://publichealth.lacounty.gov/vet/docs/Educ/AnimalFecesandDisease.pdf (datum posljednjeg pristupa: 2. 3. 2024)
6. Brown, C. Virchow revisited: Emerging zoonoses. ASM News 2003;69:493-7.
7. Cheng VC, Chan JF, To KK, Yuen KY. Clinical management and infection control of SARS: lessons learned. Antiviral Res 2013;100:407-19.
8. Degeling C, Johnson J, Kerridge I, Wilson A, Ward M, Stewart C, Gilbert G. Implementing a One Health approach to emerging infectious disease: reflections on the socio-political, ethical and legal dimensions. BMC Public Health 2015;15:1307.
9. Food and Agricultural Organization. Transboundary animal diseases. https://www.fao.org/ag/againfo/programmes/en/empres/diseases.asp (datum posljednjeg pristupa: 3. 3. 2024)
10. Fooks AR, Banyard AC, Horton DL, Johnson N, McElhinney LM, Jackson, AC. Current status of rabies and prospects for elimination. Lancet 2014;384:1389-99.
11. Grace D, Mutua F, Ochungo P, Kruska R, Jones K, Brierley L, Lapar L, Said M, Herrero M, Pham DP, Nguyen BT, Akuku I, Ogutu F. Mapping of poverty and likely zoonoses hotspots. Zoonoses Project 4. Report to the UK Department for International Development. Nairobi, Kenya: ILRI 2012. https://hdl.handle.net/10568/21161 (datum posljednjeg pristupa: 2. 3. 2024)
12. Havelaar AH, Kirk MD, Torgerson PR, Gibb HJ, Hald T, Lake RJ, Praet NP, Bellinger DC, de Silva NR, Gargouri N, Speybroeck N, Cawthorne A, Mathers C, Stein C, Angulo FJ, Devleesschauwer, B. World Health Organization global estimates and regional comparisons of the burden of foodborne disease in 2010. PLoS Med 2015;12;e1001923.
13. Hubálek Z. Emerging human infectious diseases: anthroponoses, zoonoses, and sapronoses. Emerg Infect Dis 2003;9:403.
14. International Development Research Centre – IDRC. Helping communities control leishmaniasis in rural Tunisia. http://www.idrc.ca/EN/Documents/Ecohealth-Tunisia-ENG.pdf (datum posljednjeg pristupa: 5. 3. 2024)
15. Joint FAO-WHO Expert Committee on Zoonoses. Third report. World Health Organ Tech Rep Ser 1967;378:1-127.
16. Joint WHO/FAO Expert Committee on Zoonoses. World Health Organ Tech Rep Ser 1959;58(169):1-84.
17. Jones BA, Grace D, Kock R, Alonso S, Rushton J, Said MY, McKeever D, Mutua F, Young J, McDermott J, Pfeiffer DU. Zoonosis emergence linked to agricultural intensification and environmental change. Proc Natl Acad Sci 2013;110:8399-404.
18. Jones KE, Patel NG, Levy MA, Storeygard A, Balk D, Gittleman JL, Daszak P. Global trends in emerging infectious diseases. Nature 2008;451:990-4.
19. Mableson HE, Okello A, Picozzi K, Welburn SC. Neglected zoonotic diseases – the long and winding road to advocacy. PLoS Neglect Trop Dis 2014;8:e2800.
20. McCauley DJ, Salkeld DJ, Young HS, Makundi R, Dirzo R, Eckerlin RP, Lambin EF, Gaffikin L, Barry M, Helgen KM. Effects of Land Use on Plague (*Yersinia pestis*) Activity in Rodents in Tanzania. Am J Trop Med Hyg 2015;92:776-83.

21. McDermott J, Grace, D. Agriculture-associated diseases: Adapting agriculture to improve human health. U: Fan, S. and Pandya-Lorch, R. Reshaping agriculture for nutrition and health. Washington, D.C.: IFPRI, 2012:103-11.
22. McFarlane RA, Sleigh AC, McMichael AJ. Land-Use Change and Emerging Infectious Disease on an Island Continent. IJERPH 2013;10:2699-19.
23. Morens DM, Fauci AS. Emerging Pandemic Diseases: How We Got to COVID-19. Cell 2020;182:1077-92.
24. Morse SS. Factors in the emergence of infectious diseases. U: Plagues and Politics (ur. F. Mullan), London: Palgrave Macmillan, 2001:8-26.
25. National Institutes of Health (US). Understanding emerging and re-emerging infectious diseases. National Institutes of Health, Biological Sciences Curriculum Study. Bethesda (MD). https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK20370/ (datum posljednjeg pristupa: 4. 3. 2024)
26. Pfäffle M, Littwin N, Petney TN. The relationship between biodiversity and disease transmission risk. Res and Rep in Biodivers Studies 2015;4:9-20.
27. Pongsiri MJ, Roman J, Ezenwa VO, Goldberg TL, Koren HS, Newbold SC, Ostfeld RS, Pattanayak SK, Salkeld DJ. Biodiversity Loss Affects Global Disease Ecology. Biosci 2009;59:945-54.
28. Roth F, Zinsstag J, Orkhon D, Chimed-Ochir G, Hutton G, Cosivi O, Carrin G, Otte J. Human health benefits from livestock vaccination for brucellosis: case study. Bull World Health Organ 2003;81:867-76.
29. Swayne DE. The role of vaccines and vaccination in high pathogenicity avian influenza control and eradication. Expert Rev Vaccines 2012;11:877-80.
30. Taylor LH, Latham SM, Woolhouse ME. Risk factors for human disease emergence. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Ser B, Biol Sci 2001;356:983-9.
31. Welburn SC, Beange I, Ducrotoy MJ, Okello AL. The neglected zoonoses – the case for integrated control and advocacy. Clin Microbiol Infect 2015;21:433-43.
32. Woolhouse ME, Gowtage-Sequeria S. Host range and emerging and re-emerging pathogens. Emerg Infect Dis 2005;11:1842.
33. World Bank. People, pathogens and our planet: the economics of one health. http://documents.worldbank.org/curated/en/2012/06/16360943/people-pathogensplanet-economics-one-health (datum posljednjeg pristupa: 4. 3. 2024)
34. World Health Organisation. The control of neglected zoonotic diseases: from advocacy to action. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/183458/1/9789241508568_eng.pdf?ua=1 (datum posljednjeg pristupa: 4. 3. 2024)
35. World Health Organization. IHR Procedures concerning public health emergencies of international concern (PHEIC). https://www.who.int/ihr/procedures/pheic/en/ (datum posljednjeg pristupa: 3. 3. 2024)
36. World Health Organization. Neglected zoonotic diseases. https://www.who.int/neglected_diseases/zoonoses/infections_more/en/ (datum posljednjeg pristupa: 3. 3. 2024)
37. World Health Organization. Zoonoses. https://www.who.int/topics/zoonoses/en/ (datum posljednjeg pristupa: 01. 03. 2024)
38. Wu X, Lub Y, Zhou S, Chen L, Xua B. Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. Environ Int 2016;86:14-23.
39. Young HS, Dirzo R, Helgen KM, McCauley DJ, Billeter SA, Kosoy MY, Osikowicz LM, Salkeld DJ, Young TP, Dittmar K. Declines in large wildlife increase landscape-level prevalence of rodent-borne disease in Africa. Proc Natl Acad Sci 2014;111:7036-41.

DENTALNA MEDICINA U ŠKOLAMA: ZNAČAJ ORALNOG ZDRAVLJA, PREVENCIJA I BIOSIGURNOST

Aida Hadžić-Selmanagić

Značaj oralnog zdravlja

Oralno zdravlje sastavni je dio općeg zdravlja i važan faktor ukupne kvalitete života. Samo zdrava usna šupljina može omogućiti adekvatnu prehranu, govor i socijalni kontakt bez ikakvih teškoća.

Oboljenja usta i zuba, karijes (zubni kvar) i parodontopatije (bolesti potpornog aparata zuba) javnozdravstveni su problem zbog svog velikog zdravstvenog, socijalnog i ekonomskog značaja. Uprkos velikim naporima koji se ulažu u očuvanje oralnog zdravlja ne samo u Bosni i Hercegovini već i u cijelom svijetu, bolesti usne šupljine su u porastu.

Glavni je cilj Svjetske zdravstvene organizacije (SZO) očuvanje oralnog zdravlja čovjeka prije pojave problema koji zahtijevaju liječenje. Odnos između oralnog i općeg zdravlja stoga je posebno važan u nastojanjima SZO da ojača integrirano promicanje oralnog zdravlja i sprječavanje bolesti usne šupljine u cijelom svijetu.

Karijes zuba je bakterijska infektivna bolest od koje pati čak 6,3 milijardi ljudi (gotovo 80% svjetske populacije) te još uvijek zauzima neslavno prvo mjesto među najraširenijim bolestima u svijetu.

S obzirom na činjenicu da veliki broj faktora utječe na nastanak i tok dentooralnih bolesti, metode promocije za unaprjeđenje oralnog zdravlja su kompleksne i multidisciplinarne.

U razvijenim zemljama svijeta se prevalencija karijesa smanjuje zbog sve bolje organizacije dentalne zdravstvene zaštite, dostupnosti fluoridnih pripravaka, poboljšanja oralne higijene i bolje svijesti o nastanku karijesa. U zemljama zapadne i sjeverne Evrope zabilježen je trend smanjenja karijesa,

dok je u državama istočne i srednje Evrope karijes i dalje javnozdravstveni problem.

S nedavnim usvajanjem ciljeva održivog razvoja Ujedinjenih nacija, priznajući zdravlje kao glavni preduvjet za rješavanje ekonomskog, društvenog i okolišnog razvoja, oralno zdravlje ulazi u novu eru u kontekstu globalnog zdravlja.

Svjetski dan oralnog zdravlja obilježava se u čitavom svijetu svake godine 20. marta, a organizira ga Svjetska stomatološka federacija (engl. *World Dental Federation* – FDI) u saradnji s nacionalnim stomatološkim udruženjima. Moto kampanje Svjetskog dana oralnog zdravlja u 2024. godini glasi: *A happy mouth is… A happy body!*

Biosigurnost i biozaštita – uloga dentalne medicine u osnovnim i srednjim školama

Preventivni aspekt

U okviru programa biosigurnosti i biozaštite u osnovnim i u srednjim školama, dentalna medicina ima značajnu ulogu u očuvanju zdravlja učenika. Uloga doktora dentalne medicine je višestruka i obuhvata prevenciju, liječenje bolesti usta i zuba te edukaciju učenika, čime doprinosi njihovom općem zdravlju i biosigurnosnom aspektu u školskoj zajednici.

Ključnu ulogu imaju zdravstveni profesionalci iz oblasti preventivne stomatologije, koji se bave uspostavom i održavanjem optimalnog oralnog zdravlja tokom cijelog života, djelujući primarno putem edukacije pacijenata, savjetovanja o prehrani, kontrole plaka, četkanja zuba, primjene fluorida i pečaćenja fisura zuba. Za uspjeh preventivnih aktivnosti pri očuvanju oralnog zdravlja iznimno je važna dobra i kvalitetna saradnja između pacijenta i doktora dentalne medicine, koja mora biti utemeljena na međusobnom povjerenju. Sistemski osmišljene i dosljedno provođene dentalne preventivne aktivnosti su u razvijenim zemljama Evrope i SAD dovele do značajnog smanjenja učestalosti karijesa i parodontalnih bolesti, kao najčešćih oralnih bolesti. Ulaganje u preventivnu stomatologiju i aktivnosti u vezi s promocijom oralnog zdravlja među svim društvenim skupinama, osobito školskom djecom i adolescentima, rezultiralo je ne samo boljim oralnim zdravljem nego i nižim troškovima zdravstvenog sistema za potrebe stomatološkog liječenja.

Edukacija pacijenata

Edukacija pacijenata podrazumijeva pružanje osnovnih informacija i smjernica za očuvanje zdravlja zuba i važnosti odlaska stomatologu na kontrolne preglede, a usmjerena je na roditelje, djecu, učitelje u školama, pedijatrijske ambulante i patronažnu službu. Na ovaj način se briga i osjećaj odgovornosti za oralno zdravlje prenosi na djecu i njima najbliže osobe.

Svrha edukacije pacijenata o oralnom zdravlju je višestruka i podrazumijeva: osvješćivanje pacijenata o važnosti oralnog zdravlja, aktivan utjecaj na njihovo ponašanje u pogledu održavanja oralnog zdravlja, motivaciju za održavanje oralne higijene i preuzimanje odgovornosti za vlastito oralno zdravlje. Važno je istaknuti da školskoj djeci u starijim razredima druženje s vršnjacima postaje važan socijalni momenat, odnosno pripadnost određenoj grupi im pomaže da se definiraju kao osobe koje imaju određenu viziju i interese, postaju svjesni značaja zdravih zuba i lijepog osmijeha, što pomaže izgradnji samopouzdanja.

Edukacija pacijenata se vrši kroz sve dostupne kanale: razgovorom pacijenta i stomatologa, edukativnim brošurama i tekstovima u časopisima namijenjenim pacijentima, videoprikazima na ekranima u školama, knjigama o oralnom zdravlju za pojedine skupine pacijenata, putem internetskih foruma kao i preko društvenih mreža. U zdravstveno-odgojnom radu s djecom školskog uzrasta obično se delegiraju teme predavanja o značaju pravilnog disanja za razvoj orofacijalnog sistema, o lošim navikama (grickanje noktiju, pušenje, alkohol i droge), značaju zdravlja zuba i parodoncija, značaju pravilne i redovite higijene usta i zuba, zaštiti od povreda zuba i vilica, AIDS-u (engl. *acquired immunodeficency syndrome*) i stomatološkim intervencijama, zanemarivanju i zlostavljanju djece i adolescenata, adolescentskoj trudnoći itd. Da bi edukacija pacijenata dala očekivane rezultate, ona bi trebala biti kvalitetno vertikalno i horizontalno osmišljena. To znači da mora sistemski obuhvatiti sve članove društva i imati čvrsto materijalno, nematerijalno i kadrovsko uporište u zdravstvenom sistemu i nadležnim institucijama, a istovremeno biti usmjerena na pojedinca, njemu dostupna i individualno prilagođena.

Važnost prehrane. Prehrana može na razvoj karijesa djelovati indirektno i direktno, a potencijal hrane za uzrokovanje karijesa naziva se karijesogenost. Na odnos između prehrane i nastanka karijesa utječu: količina i vrsta konzumirane hrane (prvenstveno ugljikohidrata), način i vrijeme konzumacije hrane, lučenje pljuvačke, sastav plaka, korištenje fluorida i oralna higijena. Skupine s povećanim rizikom za nastanak karijesa izazvanog prehranom su

i djeca školskog uzrasta i adolescenti, zbog učestale konzumacije slatkih napitaka i slatkiša. Osim hrane koja izaziva karijes, postoje i sastojci hrane koji sprječavaju njegov nastanak, kao što su mlijeko, sir, čokolada s velikim procentom kakaa, a također je preporuka koristiti nekariogene zaslađivače: sorbitol i ksilitol, zatim licasin, maltitol i manitol.

Četkanje zuba. Osnovni cilj četkanja, pranja zuba je odstranjivanje zubnog plaka, odnosno ljepljive, mekane naslage građene od kolonija bakterija koja se formira na površini zuba. Efikasnost četkanja kod odstranjivanja plaka diktiraju ne samo dizajn zubne četkice i vještina pojedinca nego i učestalost i vrijeme upotrebe. Zube treba prati pravilno i redovito, uz upotrebu paste koja sadrži fluor, najmanje dva puta dnevno.

Ne postoje znanstveni dokazi na temelju kojih bi se moglo reći koja je četkica najbolja, jer svaka četkica zahtijeva motiviranog pojedinca, te se stoga smatra da je najbolja četkica ona koja se pravilno i redovito koristi. Za održavanje oralne higijene su opisana i pomoćna sredstva poput zubnog konca, zubne čačkalice, međuzubne četkice i strugača za jezik.

Primjena fluorida i pečaćenje fisura. Profesionalne profilaktičke paste u formi lakova i gelova koji sadrže fluor efikasno su sredstvo u odbrani protiv karijesa. Nanose se odgovarajućim četkicama ili kistovima na sve plohe zuba u ordinaciji doktora dentalne medicine. Preparate fluora u formi otopine aminfluorida moguće je primjenjivati i kod kuće. U savremenoj stomatologiji je iz primjene izbačen endogeni način primjene preparata fluora (putem vode, mlijeka, soli itd.), te je težište stavljeno na površinsku primjenu, koja se smatra najsigurnijom i najefikasnijom, s obzirom na eventualne nuspojave, a ne dovodi se u pitanje etički momenat, odnosno ugrožavanje ljudskih prava.

U lokalne mjere koje se sprovode u cilju sprječavanja nastanka karijesa spada i pečaćenje fisura zuba. Na griznim površinama pretkutnjaka i kutnjaka, posebno u djece i mlađih osoba, vidljive su anatomske jamice, udubine, žljebovi i brazde, koje tvore fisurni sistem, a predstavljaju suspektibilna mjesta za nastanak karijesa. Istraživanja su pokazala da je u dobi od 5 do 17 godina čak 84% karijesnih lezija smješteno upravo u području fisurnog sistema stražnjih zuba.

Sama procedura se provodi tako što stomatolozi u prethodno očišćen fisurni sistem zuba unose tzv. pečatne smole, odnosno odgovarajući stomatološki materijal koji ima zadatak popuniti sva ona mjesta nedostupna za čišćenje. Smatra se da je izradom pečatnih ispuna broj karijesnih lezija u području grizne plohe stražnjih zuba moguće reducirati za 50%, a uz pravilnu oralnu higijenu i redovite posjete stomatologu, taj procent raste i do 70%.

Traumatske ozljede zuba i vilica

Pored sprovođenja preventivnih mjera, uloga doktora dentalne medicine je i pružanje hitne pomoći i liječenje traumatskih dentalnih ozljeda u slučaju nesreća, kako bi se smanjio rizik od nastanka infekcije, apscesa, poremećaja u nicanju zuba, promjene boje zuba, ankiloze, ozljede zametaka trajnih zuba i dr. Prevalencija traumatskih ozljeda zuba i čeljusti je 4–14%. Na podatke dobivene epidemiološkim ispitivanjima utječu dob i spol ispitanika u uzorku, kao i principi dijagnosticiranja i klasifikacije zubnih trauma. Traumatske ozljede zuba su najčešće u dječijoj dobi, između 8. i 12. godine života, pri čemu najčešće stradaju središnji gornji sjekutići. U nedavno objavljenoj švedskoj studiji, oko 35% pripadnika grupe šesnaestogodišnjaka je pretrpjelo ozljedu u svojoj mliječnoj ili trajnoj denticiji. Učestalost je bila dvostruko veća kod dječaka, gdje su dominirale frakture krunice ili korijena trajnih zuba.

Ozljede zuba smatraju se hitnim stanjem, pa liječenje treba započeti čim prije. Klinički pregled kod traumatskih ozljeda zuba uključuje: inspekciju, palpaciju, perkusiju i testiranje vitaliteta pulpe. S obzirom na to da veliki broj ozljeda zuba djece nastaje prilikom sportskih aktivnosti, preporučuje se upotreba posebnih štitnika za usta i zube. Prevencija ozljeda zuba u dječijoj dobi provodi se zdravstvenim prosvjećivanjem djece, roditelja i nastavnika u školama, kroz predavanja i projekcije filmova te brošure u kojima se upozorava na uzroke njihovog nastanka. Osim toga, važno je educirati sve osobe koje rade s djecom o potrebnim postupcima u slučajevima ozljeđivanja zuba, jer se pravilnom i pravovremenom reakcijom mogu spriječiti brojne komplikacije.

Uloga dentalne medicine u prevenciji širenja zaraznih bolesti i implementacija biosigurnosnih standarda

U prevenciji nastanka i širenja zaraznih bolesti u ordinaciji doktora dentalne medicine sprovodi se cijeli niz mjera zaštite, kako za stomatologa, tako i za pacijenta.

Uspješan program sprječavanja i suzbijanja infekcije sastoji se od niza standarda koji imaju za cilj sprječavanje i suzbijanje infekcija povezanih s zdravstvenom zaštitom, i to: upravljanje i sistemi za prevenciju, kontrolu i nadzor infekcije, strategije prevencije i kontrole infekcije, zbrinjavanje pacijenata s infekcijama, primjena antimikrobnog liječenja, čišćenje, dezinfekcija i sterilizacija ordinacije i instrumentarija i komunikacija s pacijentom u cilju prevencije infekcije.

Rizični faktori koji se pojavljuju pri obavljanju stomatološke djelatnosti mogu se razvrstati na: biološke, biomehaničke, hemijske, fizikalne i psihogene faktore. Biološki štetni faktori / biohazardi su mikroorganizmi (prioni, virusi, bakterije, gljive), koji mogu na direktan ili indirektan način uzrokovati različite infekcije i zarazne bolesti. Najčešće spominjane infekcije su infekcije virusima hepatitisa B, C i virusom humane imunodeficijencije (engl. *human immunodeficiency virus* – HIV). Kako bismo zaštitili i sebe i pacijenta neophodno je provesti mjere zaštite, koje obuhvataju primjenu ličnih sredstava zaštite: zaštitnu odjeću, maske, jednokratne rukavice i štitnike za oči (Slika 1) te sterilne komprese za pacijenta. Također je važno spomenuti kontrolu izloženosti, odnosno upotrebu dozimetara, kako bi se pratila razina izloženosti štetnom utjecaju rendgenskih zraka kako za stomatologa tako i za pacijenta.



Slika 1. Lična sredstva zaštite doktora dentalne medicine (Selmanagić A, 2024)

U konačnici govorimo i o tehničkim, organizacijskim mjerama, kao i o edukaciji o važnosti rada na siguran način.

Stomatologija je struka koja nudi brojne profesionalne izazove, ali i različite profesionalne perspektive, koje ostavljaju mogućnost osobnog razvoja prema vlastitim potrebama, željama i mogućnostima. Na nama je samima da podižemo svijest o tome i odgovorno vodimo brigu o svom zdravlju i zdravlju naših pacijenata.

Poseban akcenat bi se trebao staviti na zaštitu okoliša. Uvođenje jedinstvenog sistema upravljanja medicinskim otpadom na području zdravstva značajno je kako u svim granama medicine tako i u dentalnoj medicini.

Literatura

1. Darby ML, Walsh MM. Dental Hygiene Theory and Practice. St. Louise: Saunders, 2003.
2. De Farias IA, De Araujo Souza GC, Ferreira MA. A health education program for Brazilian public schoolchildren: the effects on dental health practice and oral health awareness. J Public Health Dent 2009;69(4):143-55.
3. Dental Offices Solid Wastes – Regulated Medical Waste, Pollution Prevention and Compliance Assistance Information for Healthcare Industry. 2015. http://www.her-center.org/dental/sw_rmw.htm (datum posljednjeg pristupa: 26. 2. 2024)
4. Fejerskov O, Kidd EA. Dental Caries. Oxford: Blackwell Munksgaard, 2003.
5. Firić I, Kaleminec M, Firić M. Zbrinjavanje otpada u ordinacijama dentalne medicine. Sigurnost 2017;59(1):19-26.
6. Firić I, Krstić Vukelja E, Firić M, Mustajbegović J. Profesionalni rizici u dentalnoj medicini. Sigurnost 2016;58(2):145-53.
7. Horsted-Bindslev P. Amalgam toxicity – enviromental and occupational hazards. J Dent 2004;32:359-65.
8. Kitchens DH. The economics of pit and fissure sealents in preventive dentistry: a review. J Contemp Dent Pract 2005;6(3):95-103.
9. Koch G, Poulsen S. Pedodoncija – klinički pristup. Zagreb: Naklada Slap, 2004.
10. McGrath C, See-King Sham A, King Lun Ho D, Wong Ling JH. The impact of dental neglect on oral health: population based study in Hong Kong. Int Dent J 2007;1(57):3-8.
11. Milardović Ortolan S. Strateški plan za promicanje i zaštitu oralnog zdravlja. Dental tribune (Croatia) 2015;8(2):20-1.
12. Miller CH, Palenik CJ. Infection Control and Management of Hazardous Materials for the Dental Team. 4th ed. St. Louis, MI: Mosby Elsevier, 2012.
13. Monse B, Naiponguit E, Belizario V, Benzian H, Helderman WP. Essential health care package for children – the "Fit for School" program in the Philipines. Int Dent J 2009;2(60):85-93.
14. Selimović-Dragaš M, Huseinbegović A, Bajrić E, Marković N, Arslanagić-Muratbegović A. Javno oralno zdravstvo. Sarajevo: Stomatološki fakultet sa klinikama Univerziteta u Sarajevu, 2020.
15. Vodanović M i suradnici. Osnove stomatologije. Zagreb: Naklada Slap, 2015.

LIČNA I OKOLIŠNA BIOZAŠTITA

Almedina Hadžihasanović Moro

Još prije puno godina, razne zarazne bolesti su uticale na zdravlje ljudi i životinja. Epidemiologija je kao naučna disciplina osnovana u 19. vijeku na osnovi studija Johna Snowa tokom izbijanja kolere 1845. u Londonu; kontaminirana voda identificirana je kao izvor bolesti, otkriveni su glavni putevi kontaminacije i predložene su neophodne higijenske mjere. U 19. vijeku su također pripremljene prve vakcine. Kada su u 20. vijeku otkriveni antibiotici, to je bio veliki korak ka kontroli i iskorjenjivanju nekih zaraznih bolesti. Javnozdravstveni stručnjaci su šezdesetih godina prošlog vijeka bili uvjereni da će zarazne bolesti "postupno nestati pod uticajem higijene, antibiotika i vakcina". Razvoj biomedicinskih nauka u 20. i 21. vijeku doveo je do velikog uspjeha u kontroli i prevenciji bolesti. Došlo je do potpunog iskorjenjivanja malih boginja i kuge goveda, kao i iskorjenjivanja i kontrole drugih zaraznih bolesti. Međutim, posljednjih decenija dolazi do (ponovne) pojave zaraznih bolesti, od kojih su 61% zoonoze. Smatra se da su globalizacija i demografske promjene, kao i nove tehnologije poljoprivredne proizvodnje, povećana međunarodna kretanja robe, životinja i ljudi glavni pokretači ponovne pojave i širenja zaraznih bolesti. Stoga je tokom godina uočen pomak s kurativne na preventivnu medicinu.

Preventivna medicina podrazumijeva dobro poznavanje etiologije i epidemiologije zaraznih bolesti. Pronađeno je nekoliko primjera preventivnih mjera koje datiraju iz 2000. godine prije nove ere, mnogo prije nego što su mikroorganizmi poput plijesni i bakterija otkriveni 1676. godine. Tokom vremena, različite zaštitne mjere protiv zaraznih bolesti su identificirane i dokazana je njihova učinkovitost, kao što su na primjer mjere razvijene u 14. vijeku u Italiji i južnoj Francuskoj protiv kuge (sanitarni kordon, objekti za posmatranje i izolaciju, postupci dezinfekcije). Zbog napretka znanosti i epidemiologije kao nauke, identificirane su i promovirane mnoge mjere za

sprječavanje i kontrolu ovih bolesti; koncept biosigurnosti kao preventivna mjera postao je ključni element i javnog zdravlja i zdravlja životinja.

Biosigurnost uključuje sve mjere za sprječavanje unošenja patogena (bioisključivanje) i smanjenje širenja patogena (biozadržavanje). Kao dio koncepta "One Health", biosigurnost je posebno važna jer uključuje prevenciju širenja na ljude, životinje, biljke i okoliš. Različite vrste opasnosti na koje je usmjerena biološka sigurnost odnose se na različite sektore (npr. sigurnost hrane i zdravlje ljudi, životinja i biljaka) s posebnom pažnjom posvećenom zoonozama i biološkom oružju.

Lična zaštitna oprema

Radna mjesta s visokim rizikom od ozljeda ili gubitka života uvijek su potica-la ljude da smisle načine za zaštitu. Prije mnogo godina razne zanatlije, poput kovača, nosili su zaštitnu odjeću, pregače izrađene od goveđe kože te različite vrste opreme za ruke. Ovi predmeti bili su raniji oblici modernih zaštitnih rukavica i pregača. (Slika 1).



Slika 1. Lična zaštitna oprema. Zaštitna odjeća izložena u Muzeju dobrodošlice u Londonu koju su nosili ljekari koji liječe pacijente tokom velike kuge 1665. (lijevo); Pacijent nosi masku protiv gripe (desno) (Izvor: A visual history of personal protective equipment. https://www.denverpost.com/2020/04/11/coronavirus-photos-history-personal-protective-equipment/ (datum posljednjeg pristupa: 13. 12. 2023))

Ljudi su oduvijek težili razvijanju raznovrsnih komponenti za zaštitnu opremu, kako bi sačuvali svoje zdravlje i osigurali zaštitu glave, tijela, ruku i nogu. Neki oblici zaštitne opreme razvijali su se istovremeno s početkom određenih poslova koji su zahtijevali ličnu zaštitu. S druge strane, neki oblici zaštitne opreme pojavili su se tek kada su se stekli uslovi za proizvodnju, odnosno s razvojem industrijalizacije.

Zarazne bolesti oduvijek su bile prisutne. Iako se 1918. godine virus gripe nije mogao izolovati, naučnici su shvatili da se bolest širi s osobe na osobu.

Lična zaštitna oprema i odjeća služe kao barijere za smanjenje rizika od izlaganja zaraznim uzročnicima tokom izvođenja različitih medicinskih postupaka. Njihov izbor ovisi o prirodi posla koji se obavlja. Treba naglasiti da nepravilna upotreba lične zaštitne opreme može biti izvor zaraze. Pravilna upotreba lične zaštitne opreme (PPE), tj. obuka i sposobnost stavljanja i skidanja zaštitne opreme, od ključne je važnosti.

Mantili, kombinezoni, kecelje. Jakne trebaju biti potpuno zakopčane. Kaputi ili kombinezoni dugih rukava, zakopčani pozadi, pružaju bolju zaštitu od običnih kaputa i obično se koriste u mikrobiološkim laboratorijskim radovima ili gdje postoji kontakt s osobama s respiratornim infekcijama tokom pružanja zdravstvene zaštite i intervencija s visokim rizikom od stvaranja aerosola. Pregače se mogu nositi preko kaputa ili radne odjeće kao zaštita od prolijevanja biološkog materijala. Kaputе, kombinezone ili kecelje ne treba nositi izvan laboratorijskih prostorija ili područja u kojima se pruža direktna njega pacijentima.

Zaštitne naočale i viziri. Preporučuje se nošenje zaštitnih naočala preko dioptrijskih naočala ili kontaktnih sočiva jer one ne pružaju zaštitu od bioloških i hemijskih opasnosti. Maske (zaštitne naočale) obično su napravljene od specijalne plastike i postavljaju se preko lica, pričvršćujući se na glavu pomoću traka ili drugih uređaja. Bitno je napomenuti da se ovaj uređaj ne smije koristiti izvan laboratorijskih područja ili područja gdje se pruža izravna njega pacijentima.

Rukavice. Prilikom svakog kontakta s oboljelom osobom, životinjom ili materijalom postoji velika mogućnost kontaminacije ruku. Budući da su ruke osjetljive na povrede, nošenje jednokratnih hirurških rukavica od lateksa, vinila ili nitrila obavezno je u mnogim procedurama.

Rukavice koje nisu za jednokratnu upotrebu mogu se koristiti u određenim situacijama, ali je važno posvetiti posebnu pažnju njihovom pranju, čišćenju i dezinfekciji. Nakon rukovanja infektivnim materijalima, rukavice

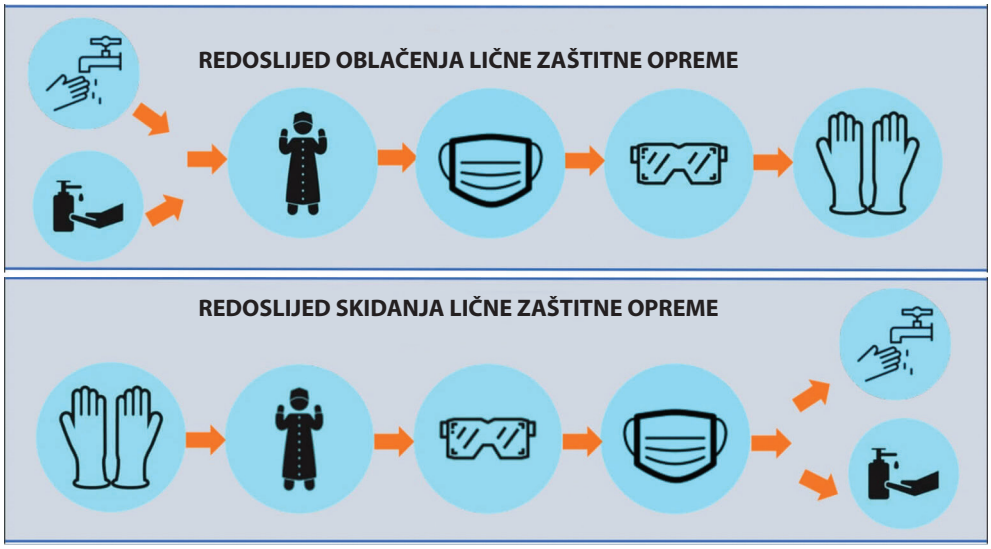
treba ukloniti, a ruke pažljivo oprati i dezinficirati. Upotrijebljene rukavice za jednokratnu upotrebu treba odstraniti i odbaciti kao infektivni otpad.

Maske. Hirurška maska se koristi kao zaštita od izvora infekcije, kao standardna mjera predostrožnosti. Postavlja se preko nosa, usta i brade, fiksira se na korijenu nosa, veže na potiljku i vratu te provjerava prianjanje uz lice. Maska se mijenja kad postane vlažna.

Zdravstveni radnici i saradnici koriste partikularne maske u izolacijskim sobama (tip FFP2) te kod postupaka koji stvaraju aerosole (tip FFP3). Postavljaju se tako da gornja traka prelazi preko tjemena, a donja ispod ušiju. Ojačani dio maske treba oblikovati prema nosu. Potrebno je provjeriti prianjanje maske uz lice pozitivnim i negativnim testom. U pozitivnom testu zrak ne smije izlaziti sa strane prilikom izdisaja (pozitivan pritisak unutar maske), dok u negativnom testu maska ne smije propuštati zrak prilikom dubokog udisaja (negativan pritisak). Ako se primijeti da zrak izlazi ili ulazi sa strane, masku treba prilagoditi ili bolje namjestiti trake.

Redoslijed oblačenja lične zaštitne opreme (Slika 2):

- dezinfikovati ruke sredstvom na bazi alkohola;
- obući zaštitni mantil ili kombinezon tako da tijelo bude prekriveno od vrata do koljena, a ruke do ručnih zglobova, i omotati mantil oko leđa; pričvrstiti ga trakama iza vrata i oko struka;



Slika 2. Postupak pravilnog oblačenja i skidanja lične zaštitne opreme (Izvor: What is donning and doffing of personal protective equipment (PPE)? Dentagama, 27. 8. 2020. https://dentagama.com/news/donning-doffing-ppe (datum posljednjeg pristupa: 20. 12. 2023))

- staviti masku (partikularnu ili hiruršku) – vezati trake ili staviti elastične trake na sredinu glave. Prilagoditi fleksibilni dio maske nosnoj kosti. Prilagoditi masku licu i predjelu ispod brade. Provjeriti naliježe li maska adekvatno na lice;
- staviti zaštitne naočale;
- navući kapuljaču ukoliko se nosi kombinezon;
- dezinfikovati ruke sredstvom na bazi alkohola;
- obući rukavice – staviti ih tako da prekriju ručni zglob i ivice mantila.

Pravilno skidanje lične zaštitne opreme:

- u prostoru gdje se skida lična zaštitna oprema treba da bude kanta/kesa za infektivni otpad;
- skinuti rukavice;
- skinuti zaštitni mantil/kombinezon;
- skinuti naočale;
- skinuti masku (partikularnu ili hiruršku);
- dezinfikovati ruke sredstvom na bazi alkohola.

Rukavice su s vanjske strane kontaminirane. Rukavice se skidaju tako da se uhvati vanjska ivica rukavica blizu ručnog zgloba, skine s ruke, okrećući unutrašnju stranu vani. Rukavica se stavi u suprotnu ruku na kojoj je još uvijek rukavica. Prst skinute rukavice uvuče se ispod druge rukavice u blizini ručnog zgloba, skine se okrećući unutrašnju stranu prema vani i zajedno se zamotaju obje rukavice. Rukavice se odlože u kesu za infektivni otpad.

Mantil se skida tako da se ne dodiruje kontaminirani dio. Kontaminiran je spoljašnji dio mantila te pri skidanju treba ostati savijen unutra. Mantil se odlaže u kantu/kesu za infektivni otpad. Kombinezon se skida od kapuljače do nogavica, uvijanjem tako da unutrašnja, čista strana ostane s vanjske strane.

Spoljna strana naočala je kontaminirana. Naočale se uklanjaju povlačeći trake otpozadi preko glave i ušiju. Palcem i kažiprstom se obuhvati dio naočala sa sljepoočnica te se odlože u kesu za infektivni otpad.

Ne smije se dodirivati spoljašnja strana maske. Koristeći obje ruke, uhvati se donja traka i prebaci naprijed preko glave. Maska se skida na način da se gornja traka prebaci preko glave. Maska se odlaže u kesu za infektivni otpad.

Svjetska zdravstvena organizacija (SZO) opisuje higijenu kao nešto što "pomaže u održavanju zdravlja i sprječavaju širenja bolesti". To uključuje dezinfekciju vlastitog tijela i okoline. Budući da bakterije koje uzrokuju infekciju mogu živjeti na nečijem tijelu i u okolišu, sprječavanje širenja zaraznih bolesti zahtijeva i ličnu dezinfekciju i dezinfekciju okoliša. Kako bi

se poboljšalo javno zdravlje, mnogobrojne edukacije u vezi s higijenom ruku sprovedene su u školama, pri čemu učenici mogu djelovati kao "agenti promjene" prenoseći lekcije o higijeni iz škole natrag u svoj dom kako bi utjecali na ponašanje porodice.

Također je potrebno voditi računa da se provode sljedeće mjere respiratorne higijene:

- kod kašlja i kihanja nos i usta prekriti maramicom ili rukom savijenom u laktu;
- u slučaju kontakta sa sekrecijom iz nosa ili usta, obavezna je dezinfekcija ruku.

Potrebno je poštovati pristup SZO "5 koraka u higijeni ruku", a oni uključuju higijenu ruku: prije kontakta s oboljelom osobom, prije čišćenja ili aseptičnog postupka, poslije izlaganja tjelesnim izlučevinama, nakon kontakta s oboljelom osobom i nakon kontakta sa sredinom u kojoj se oboljela osoba nalazila.

Higijena ruku obavlja se sredstvom za dezinfekciju ruku na bazi alkohola ili sapunom ili vodom. Preporučuje se koristiti sredstva za dezinfekciju ruku na bazi alkohola ako ruke nisu vidno prljave, a ukoliko su ruke vidno prljave, pranje ruku sapunom i vodom.

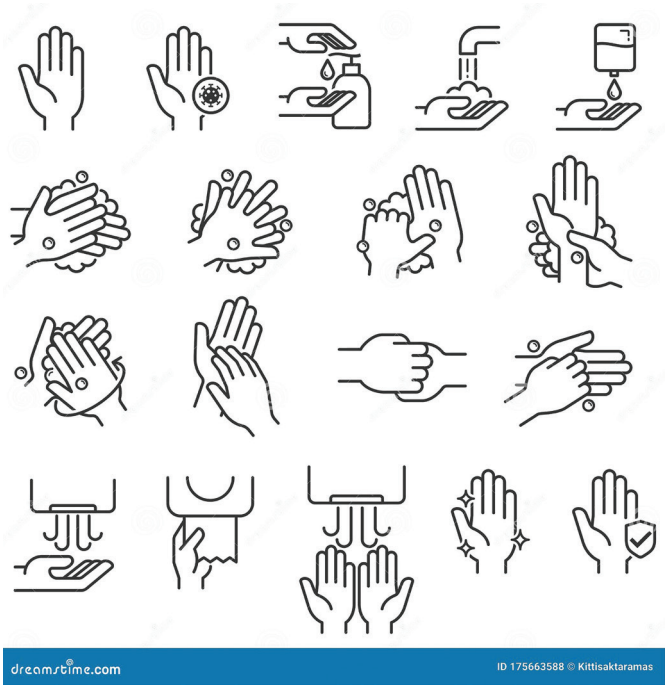
Dezinfekcija ruku je temelj prevencije infekcija. Bitno je znati da brzo utrljavanje sapuna i ispiranje neće ukloniti sve tragove mikroorganizama s ruku.

Za dezinfekciju ruku preporučuje se koristiti sredstvo koje sadrži najmanje 60% alkohola i utrljavati ga u ruke najmanje 30 sekundi.

Ruke je potrebno prati: nakon kontakta s tjelesnim izlučevinama (kašljanje, kihanje), nakon boravka u javnom prijevozu, tržnim centrima i ostalim javnim mjestima, nakon dodirivanja različitih površina, naročito novčanica, prije, za vrijeme i nakon njege bolesne osobe, prije i nakon jela. Ruke je važno uvijek temeljito prati i nakon korištenja toaleta, nakon odlaganja smeća, dodirivanja kućnih ljubimaca ili drugih životinja te kad su ruke vidno prljave.

Za pranje ruku koristite vodu bilo koje temperature. S hladnom ili toplom vodom, sapun je ključan za uništavanje mikroorganizama. Postupak koji SZO preporučuje za efikasno pranje ruku je sljedeći:

- korak 1: pokvasiti ruke tekućom vodom;
- korak 2: nanijeti dovoljno sapuna na ruke;
- korak 3: trljati sve dijelove šaka – uključujući i gornji dio šake, između prstiju i ispod noktiju – najmanje 40 sekundi;
- korak 4: isprati ruke tekućom vodom;
- korak 5: osušiti ruke papirom za jednokratnu upotrebu.



Slika 3. Higijensko pranje ruku (Izvor: Hand Washing Steps Icons Vector Illustrations. Stock Vector – Illustration of hospital, dirty: 175663588. Dreamstime.com. https://www.dreamstime.com/hand-washing-steps-icons-vector-illustrations-hand-washing-steps-icons-set-vector-illustrations-image175663588 (datum posljednjeg pristupa: 4. 1. 2024))

Okolišna biozaštita

Termin biološka kontrola (ili biozaštita) koristi se više od jednog vijeka. Baker i Cook definirali su ga kao "smanjenje količine inokuluma ili aktivnosti patogena koja uzrokuje bolest". Mnogi biološki agensi od kojih je potrebna zaštita mogu se naći u prirodnom okruženju. Osim toga, mikroorganizmi koji se koriste kao biološki agensi u vrlo malim količinama mogu biti sposobni za umnožavanje, što otežava njihovo otkrivanje ili određivanje njihovog broja. U nekim slučajevima, postupak određivanja njihovog broja može sam po sebi predstavljati rizike za biološku sigurnost. Nadalje, iako postoji potencijal za zlonamjernu upotrebu ovih bioloških agenasa, njihova je upotreba vrijedna za mnoge legitimne i benigne dijagnostičke, komercijalne, medicinske i istraživačke primjene.

Osnovni zahtjevi biološke sigurnosti za rukovanje kontaminiranim otpadnim materijalom zahtijevaju da se prije dekontaminacije i/ili odlaganja usvoje

procesi za identifikaciju i segregaciju kontaminiranih materijala. Eventualni tretman odvojenog otpada ovisit će o vrsti materijala, biološkim agensima kojima se rukuje, lokalno dostupnim metodama dekontaminacije i lokalno dostupnim protokolima za dekontaminaciju. Tamo gdje se tretmani dekontaminacije primjenjuju na površine i/ili materijale, metoda mora biti validirana za specifične korištene biološke agense i mora biti kompatibilna s materijalima i opremom koji se tretiraju.

Sigurno rukovanje, transport i skladištenje infektivnog materijala

Otpad se smatra opasnim ako posjeduje bar jedno od sljedećih svojstava:

1. eksplozivnost (materija se pod određenim uvjetima raspada oslobađajući značajnu količinu energije i velike količine produkata raspada, što može rezultirati pojavom plamena),
2. zapaljivost,
3. sklonost oksidaciji,
4. sadrži organski peroksid,
5. toksičnost,
6. infektivnost,
7. sklonost koroziji (definira se preko pH vrijednosti i podrazumijeva interakciju s drugim komponentama opasnog otpada, što dovodi do oslobađanja novih opasnih komponenti),
8. oslobađa zapaljive gasove u kontaktu s vazduhom,
9. oslobađa toksične supstance u kontaktu s vazduhom ili vodom,
10. sadrži toksične supstance koje imaju odloženo hronično djelovanje,
11. posjeduje ekotoksične karakteristike (različite koncentracije iste supstance mogu biti toksične za različite organizme),
12. uključuje ambalažu u kojoj je bio ili je spakovan opasan otpad.

"Opasni otpad" definira se kao otpad koji je identifikovan specifičnim propisima i koji ima jednu ili više karakteristika koje predstavljaju opasnost po zdravlje ljudi i okoliš. Otpad se svrstava u kategorije u odnosu na porijeklo, sastav ili koncentraciju. Prije obrade otpada, neophodno je označiti ga na osnovu detaljne analiza sastava i karakteristika otpadnih materijala.

Svaki otpad nastao tokom dijagnoze, liječenja ili imunizacije ljudi ili životinja naziva se biomedicinski otpad (BMO). Sadrži šprice, igle, skalpele, krv, tkiva, otrovne hemikalije, lijekove, medicinske uređaje, radioaktivne tvari i druge potencijalno zarazne objekte. Ispravno odlaganje BMO-a je ključno

za javno zdravlje; ako se ne odloži pravilno, može dovesti do značajne opasnosti po okoliš i javno zdravlje. Nadalje, nepravilno odvajanje korištene plastike koja je citotoksični materijal koji se može reciklirati, može oštetiti našu okolinu. BMO je prirodno opasan jer može sadržavati mikroorganizme u biološkim uzorcima, vrećicama krvi, iglama, pamučnim brisevima, odjeći, posteljini itd. Stoga je neadekvatno upravljanje BMO-om zdravstveni problem zajednice.

Pravilno upravljanje je dizajnirano da smanji zagađenje životne sredine jer BMO može zagaditi vazduh, vodu i zemljište ako se njime pravilno ne upravlja. Nepravilno odlaganje BMO-a može imati teške posljedice. Na primjer, ako se takav otpad odlaže na otvoreno, može privući životinje, ptice i insekte koji mogu dalje širiti otpad. Stoga efikasno odlaganje BMO-a može sačuvati zdravlje ljudi i okoline.

Živa, dezinficijensi i pesticidi imaju uticaj na više tkiva ljudskog organizma. Nepravilno rukovanje korištenim medicinskim iglama može dovesti do infekcije na mjestu uboda u obliku rana, ili do infekcije patogenima koje se prenose krvlju, kao što su virus hepatitisa B, virus humane imunodeficijencije i virus hepatitisa C.

Osiguravanje sigurnog i ekološki prihvatljivog upravljanja medicinskim otpadom može spriječiti štetne utjecaje na zdravlje i okoliš, uključujući potencijalne rizike zaraze od mikroorganizama otpornih na više lijekova, koji mogu dovesti do širenja infekcija (npr. tuberkuloza otporna na više lijekova – MDR-TB). Pogrešno postupanje s BMO može dovesti do pojave brojnih vektora odgovornih za prijenos nekih zaraznih bolesti koji ubrzavaju širenje vektorskih bolesti. Osim toga, pogrešno zbrinut BMO kontaminira zemljište i vodu i može dovesti do pojave bolesti i/ili pandemije, kao što su sindrom stečene imunodeficijencije (AIDS) i COVID-19, putem kontaminiranih medicinskih šprica i igala.

Oko 80 posto medicinskog otpada završi u komunalnom otpadu, dok preostalih 20 posto čini infektivni otpad. Infektivni otpad može biti toksični, radiološki i farmaceutski. Stručnjaci procjenjuju da oko 90 posto farmaceutskog otpada nastaje u domaćinstvima, uglavnom zbog nepropisnog odlaganja isteklih lijekova. Ovaj otpad često dospijeva u vodotoke i zemljište, predstavljajući ozbiljnu opasnost. Farmaceutski otpad obuhvata i proizvodnju i promet lijekova i medicinskih sredstava, uključujući istekle, neupotrijebljene ili kontaminirane lijekove, kao i pripadajuću opremu. Prema propisima EU, otpad se mora odvojiti na mjestu nastanka te pakovati i označavati na poseban način. Hemijski, farmaceutski i citostatički otpad obično se pakuje

u vreće ili kontejnere crvene boje, dok se oštar ili infektivan otpad obilježava žutom bojom.

Da bi medicinski infektivni otpad postao neopasan, potrebno je dekontaminirati ga (sterilizacijom zagrijavanjem do 120°C) ili uništiti u spalionicama. Toksični otpad, koji sadrži kompleksna organska jedinjenja, poput organskih hlornih, aromatičnih i fosfornih spojeva, zagađuje zemljište i podzemne vode, što može prouzrokovati razne zdravstvene probleme poput astme, bubrežnih, nervnih i kancerogenih oboljenja te hromosomskih mutacija.

Upotrijebljena plastična ambalaža može se koristiti u energetske svrhe, reciklirati ili ponovo koristiti. Spaljivanje plastične ambalaže na otvorenom prostoru je nepravilno i zakonom zabranjeno.

Otpad se treba pravilno razvrstavati u posebno označene kontejnere prema vrsti materijala: papir u plave, staklo u zelene, plastiku u narandžaste, elektronski otpad u crvene, metal u žute, a biootpad u crne kontejnere.

Biosigurnost u mikrobiološkoj laboratoriji

Dobre mikrobiološke tehnike i pravilna upotreba opreme za biološku bezbjednost od strane dobro obučenog osoblja ključni su elementi biološke bezbjednosti u laboratoriji. Sve dijagnostičke i zdravstvene laboratorije, uključujući one za javno zdravlje, kliničke i bolničke laboratorije, trebaju biti projektovane za rad na nivou 2 biološke bezbjednosti ili višem. S obzirom na to da laboratorije nemaju potpunu kontrolu nad svim primljenim uzorcima, laboratorijsko osoblje može biti izloženo mikroorganizmima koji predstavljaju veći nivo rizika od očekivanog.

Laboratorijski objekti se klasifikuju prema različitim nivoima biološke bezbjednosti: osnovni nivo 1, osnovni nivo 2, čuvanje (kontrola) nivo 3 i maksimalno čuvanje nivo 4. Klasifikacija nekog patogenog agensa u određeni nivo biološke bezbjednosti za rad u laboratoriji zasnovana je na procjeni rizika (vidi Tabelu 1). Prilikom određivanja nivoa biološke bezbjednosti uzimaju se u obzir karakteristike mikroorganizma, raspoloživi resursi, kao i oprema, postupci i procedure neophodni za siguran rad u laboratoriji.

Tabela 1. Klasifikacija infektivnih mikroorganizama u rizične grupe

Rizična grupa	Karakteristike
Rizična grupa 1	Ovdje spadaju mikroorganizmi koji najvjerovatnije neće izazvati bolest kod ljudi ili životinja.
Rizična grupa 2	U ovoj rizičnoj grupi su mikroorganizmi za koje postoji umjeren rizik izazivanja bolesti kod ljudi i životinja. Ukoliko se u laboratoriji radi bez lične zaštitne opreme, postoji rizik da osoba oboli.
Rizična grupa 3	U ovoj grupi su mikroorganizmi koji mogu izazvati ozbiljnu bolest kod ljudi ili životinja, ali ne postoji prijenos s oboljele osobe na drugu, kao ni sa životinje na čovjeka.
Rizična grupa 4	U ovoj grupi su mikroorganizmi koji izazivaju ozbiljnu bolest kod ljudi i životinja, a također se lako prenose s jedne osobe na drugu, kao i sa životinja na čovjeka.

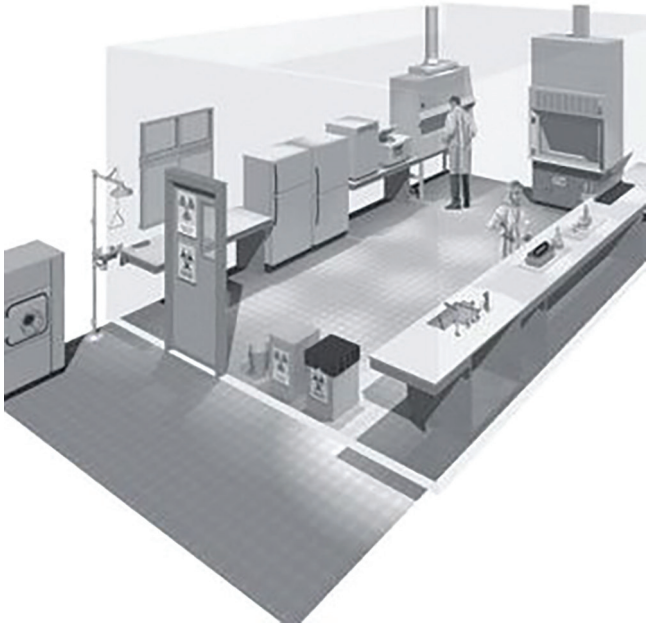
Tabela 2. Nivoi biološke bezbjednosti u odnosu na tip laboratorije, postupke i opremu

Nivo rizika po biološku bezbjednost	Tip laboratorije	Ponašanje u laboratoriji	Zaštitna oprema
Nivo 1 biološke bezbjednosti	Osnovni vid rada u laboratoriji	DMT	Nije potrebna nikakva zaštita
Nivo 2 biološke bezbjednosti	Osnovne dijagnostičke usluge, kao i mogućnost istraživanja	DMT, korištenje lične zaštitne opreme	Lična zaštitna oprema, po potrebi rad u BSC klase II
Nivo 3 biološke bezbjednosti	Visokosofisticirane dijagnostičke usluge	Nivo 2 + posebno zaštitno odijelo, kontrolisani pristup, usmjereni tok vazduha	BSC klase II ili viši uz upotrebu lične zaštitne opreme
Nivo 4 biološke bezbjednosti	Rad s opasnim mikroorganizmima	Nivo 3 + poseban ulaz s vazdušnom komorom. Prije napuštanja laboratorije obavezno je tuširanje.	BSC klase III, odijela pod pritiskom, kao i neophodan filtrirani vazduh

DMT – dobre mikrobiološke tehnike; BSC – biosigurnosni kabinet

Za bezbjedno obavljanje rada u laboratoriji potrebno je da svaka laboratorija ispunjava određene uslove. Zidovi, plafoni i podovi trebaju biti glatkih površina, pogodni za čišćenje, kao i otporni na razne hemikalije. Podovi moraju biti napravljeni od materijala koji nisu klizavi. Radne površine također moraju biti od materijala koji su otporni na razna dezinfekciona sredstva i koji ne propuštaju vodu. Rasvjeta treba biti adekvatna da omogući nesmetano odvijanje laboratorijskih procesa. Prostori između radnih stolova i stolica moraju biti lako dostupni za čišćenje. Neophodno je obezbijediti prostor za čuvanje reagenasa i ostalog laboratorijskog pribora. Svaka laboratorija mora posjedovati odvojeni prostor za ličnu odjeću, kao i prostor za odmor. Svaka laboratorija mora posjedovati mjesto za pranje ruku, kao i dezinfekciona sredstva. Najbolje je da se nalazi odmah pored izlaznih vrata. Najbolje bi bilo da

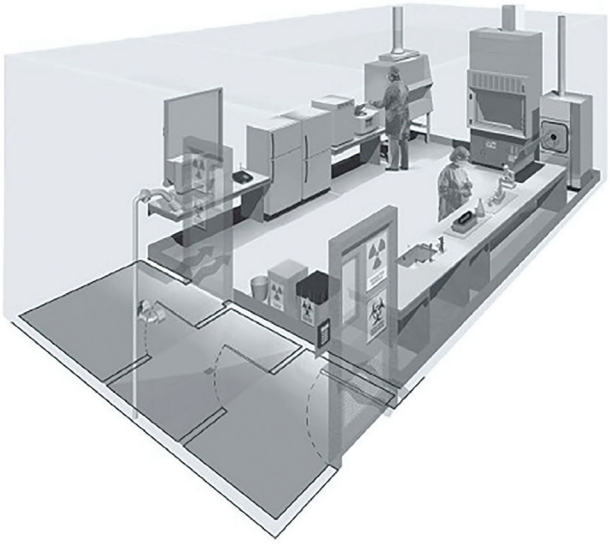
se vrata zatvaraju bez dodirivanja te da budu od materijala otpornog na požar. Nivoi biološke bezbjednosti 1 i 2 zahtijevaju da autoklav ili neko drugo sredstvo za dekontaminaciju bude u blizini laboratorije (Slika 4).



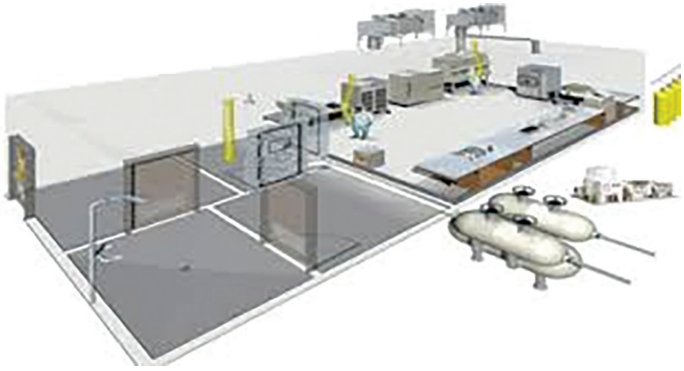
Slika 4. Prostorne karakteristike laboratorija nivoa 2 biološke bezbjednosti (Gambar 2. Tipe Laboratorium Biosafety Level 2) (Izvor: Setiawan A. Biosafety, Biosecurity, Risk Assessment. https://www.researchgate.net/publication/329911327_biosafety_biosecurity_risk_assessment/figures?lo=1(datum posljednjeg pristupa: 18. 1. 2024))

Laboratorija visoke biološke sigurnosti nivoa 3 dizajnirana je i opremljena za manipulaciju s mikroorganizmima opasnim po zdravlje ljudi, uključujući i rad s velikim količinama ili visokim koncentracijama mikroorganizama opasnih po zdravlje ljudi (Slika 5). Ona mora biti potpuno odvojena od svih prostorija u zgradi koje su otvorene za slobodan prolaz ljudi. Sistem ventilacije u cijeloj zgradi mora biti dizajniran tako da vazduh iz laboratorije nivoa 3 ne cirkuliše kroz druge prostorije. Vazduh se može pročišćavati pomoću visokoefikasnih HEPA filtera i ponovo usmjeravati u laboratoriju. Kada se vazduh ispušta iz laboratorije u atmosferu izvan zgrade, osim ako je iz biološki sigurnih ormara, mora biti raspršen daleko od naseljenih područja i sistema za usisavanje vazduha. Infektivni otpad se transportuje u hermetički zatvorenim, čvrstim i nepropusnim kontejnerima u skladu s nacionalnim ili međunarodnim propisima.

Laboratorija maksimalne biološke sigurnosti nivoa 4 projektovana je za rad s mikroorganizmima opasnim po zdravlje ljudi, uključujući i one najopasnije, grupa 4 (Slika 6). Sve ono što posjeduje izolovana laboratorija nivoa 3 biološke bezbjednosti primjenjuje se i za nivo 4, s tim da se u laboratorije nivoa 4 ulazi kroz dupla vrata.



Slika 5. Prostorne karakteristike laboratorije nivoa 3 biološke bezbjednosti (Izvor: Niveles de Bioseguridad. Instituto técnico de bioseguridad y mantenimiento en el laboratorio, 24. 11. 2015. http://d1lvm.blogspot.com/2015/11/niveles-de-bioseguridad-son-las.html (datum posljednjeg pristupa: 18. 1. 2024))



Slika 6. Prostorne karakteristike laboratorije nivoa 4 biološke bezbjednosti (Izvor: Niveles de Bioseguridad. Instituto técnico de bioseguridad y mantenimiento en el laboratorio, 24. 11. 2015. http://d1lvm.blogspot.com/2015/11/niveles-de-bioseguridad-son-las.html (datum posljednjeg pristupa: 18. 1. 2024))

Prostorije u zaštitnoj laboratoriji s obaveznim nošenjem kombinezona tako su uređene da usmjeravaju osoblje kroz prostorije za presvlačenje i dekontaminaciju prije ulaska u oblasti gdje se rukuje infektivnim materijalom. Mora se obezbijediti tuš za dekontaminaciju i osoblje ga mora koristiti prije napuštanja prostora laboratorije. Osoblje koje ulazi u prostor laboratorije mora obući odijelo iz jednog dijela, s potpritiskom, HEPA filterom i s obezbijeđenim vazduhom. Ulaz u laboratorijski prostor je kroz vrata s ugrađenom vazdušnom komorom i hermetički zatvorena.

Biosigurnosni kabineti

Biosigurnosni kabineti su dizajnirani za zaštitu osoblja, laboratorijske okoline i opreme od infektivnih aerosola i prskanja koji mogu nastati tokom rukovanja materijalima koji sadrže infektivne agense. Njihova osnovna komponenta su HEPA filteri, koji su integrisani u sistem za izbacivanje vazduha. HEPA filteri efikasno zadržavaju infektivne agense i osiguravaju sterilisan vazduh koji se izbacuje iz kabineta. Sterilisan vazduh prolazi preko radne površine, čime se štiti materijal od kontaminacije.

Biosigurnosni kabinet klase I (BSC I) funkcioniše tako što vazduh iz prostorije uvlači kroz prednji otvor, prolazi preko radne površine i izbacuje se kroz ispusni kanal. Usmjereni tok vazduha odvodi aerosole dalje od osobe koja radi, a prednji otvor omogućava rukovanje materijalom i posmatranje rada kroz stakleni dio. Vazduh iz kabineta filtrira se kroz HEPA filter i izbacuje iz zgrade kroz sistem za izbacivanje vazduha. Ovaj kabinet može se koristiti za rad s radioaktivnim materijalima i toksičnim hemikalijama, ali nije pouzdana zaštita za sve procese rada.

Biosigurnosni kabinet klase II (BSC II) pruža zaštitu osoblju i materijalu od kontaminiranog vazduha iz prostorije. Glavna razlika između ovog kabineta i onog klase I je u tome što onaj klase II dozvoljava prolazak samo sterilisanog vazduha preko radne površine kroz HEPA filter. Ispusni vazduh iz biosigurnosnog kabineta klase II može se filtrirati kroz HEPA filter i ponovno vratiti u prostoriju ili ispustiti kroz sistem izvan zgrade.



Slika 7. Biosigurnosni kabinet klase II (Izvor: Purair BIO Biological Safety Cabinets. NED Directory. https://directory.newequipment.com/classified/purair-bio-biological-safety-cabinets-252011.html (datum posljednjeg pristupa: 18. 1. 2024))

Biosigurnosni kabinet klase III namijenjen je za rad s vrlo rizičnim mikrobiološkim i ostalim materijalima na području mikrobiologije, razvoja i istraživanja. Komora osigurava maksimalnu zaštitu operatora i okoline te nudi čiste uvjete za rad. Upravljanje uređajem dopušteno je stručno osposobljenim operaterima koji su upoznati s uputama za siguran rad.

Svi otvori su hermetički zatvoreni kako bi se obezbijedila sigurnost. Dovodni vazduh prolazi kroz HEPA filter radi pročišćavanja, dok ispusni vazduh prolazi kroz dva HEPA filtera radi dodatne zaštite. Pristup radnoj površini ostvaruje se kroz deblje, nepoderive gumene rukavice koje su prikačene za otvore u kabinetu. (Slika 8). Biosigurnosni kabinet klase III funkcioniše tako što se vazduh iz okoline usisava u komoru kroz ulazni pretfilter koji zadržava veće čestice. Usisani vazduh se nadalje potiskuje preko apsolutnog radnog filtera klase H14 (radni filter) u radni prostor. Vazduh u povratnom smjeru iz radnog prostora prelazi preko izlaznih V filtera klase H13 (radni filter), a zatim ga preuzima izlazni ventilator koji usisani vazduh potiskuje kroz apsolutni izlazni filter H14 u okolinu. Sav vazduh koji ulazi u komoru na izlazu se u cijelosti vraća u okolinu (atmosferu).



Slika 8. Biosigurnosni kabinet klase III (Izvor: BMB-III-"Laminar-S."-1,2 PROTECT CLASS III. Article 2E-C.001-12. Lamsystems. https://www.lamsys.com/catalog/biological-safety-cabinet-class-III/bmb-iii-laminar-s-1-2-protect/ (datum posljednjeg pristupa: 9. 2. 2024))

Mikrobiološka laboratorija u školama i mjere predostrožnosti

Pristup

- Na vrata prostorija u kojima se manipuliše mikroorganizmima rizičnih grupa 2 ili višeg stepena rizika treba postaviti međunarodni simbol i znak za biološku opasnost.
- Samo ovlaštene osobe imaju dozvoljen pristup radnom prostoru laboratorije.
- Vrata laboratorije trebaju biti uvijek zatvorena.
- Djeci nije dozvoljen pristup radnom prostoru laboratorije.
- Životinjama nije dozvoljen pristup laboratoriji, osim onih koje su uključene u istraživačke procese laboratorije.

Lična zaštita

- Tokom cijelog radnog vremena neophodno je nositi mantile ili uniforme.

- Tokom rada s infektivnim materijalom, naročito s krvlju ili tjelesnim tečnostima, neophodno je nositi rukavice.
- Nakon upotrebe rukavice skinuti na odgovarajući način, a ruke oprati.
- Osoblje je dužno temeljito oprati ruke nakon rukovanja infektivnim materijalima ili životinjama, kao i prije napuštanja radnog prostora laboratorije.
- Kada je potrebno zaštititi lice i oči od prskanja tečnosti, čvrstih objekata ili izvora vještačkog ultraljubičastog zračenja, obavezno je nositi zaštitne naočale, maske za lice (vizire) i drugu adekvatnu zaštitnu opremu.
- Nošenje zaštitne laboratorijske odjeće izvan laboratorije, kao što su kantine, kafeterije, kancelarije, biblioteke ili drugi prostori namijenjeni osoblju i toaleti, strogo je zabranjeno.
- U laboratoriji nije dozvoljeno nositi obuću otvorenih prstiju.
- Konzumiranje hrane, pića, pušenje, nanošenje kozmetike i rukovanje kontaktnim sočivima zabranjeni su u laboratorijskom radnom prostoru.
- Korištena zaštitna laboratorijska odjeća ne smije se odlagati u iste ormariće ili ladice kao odjeća koja se nosi izvan laboratorije.

Procedure

- Strogo je zabranjeno pipetiranje ustima.
- Materijali se nikada ne smiju stavljati u usta, niti se etikete smiju lizati.
- Sve je procedure neophodno izvoditi na način da se smanji stvaranje aerosola i kapljica.
- Koristiti samo igle za parenteralne injekcije ili uzimanje uzoraka tečnosti od laboratorijskih životinja.
- Svako prosipanje tečnosti, incidenti i potencijalne izloženosti infektivnim materijalima moraju biti odmah prijavljeni te se o njima mora voditi pisana dokumentacija.
- Treba se strogo pridržavati procedura o čišćenju prosutog infektivnog materijala.
- Prije ispuštanja kontaminiranih tečnosti u sanitarnu kanalizaciju neophodna je njihova prethodna dekontaminacija.
- Treba voditi pisanu dokumentaciju o svim procedurama i zaštititi je od kontaminacije u laboratoriji.

Radni prostor u laboratoriji

- Laboratorija mora biti dobro organizovana, čista i oslobođena materijala koji nisu direktno povezani s obavljenim poslom.

- U slučaju prosipanja potencijalno opasnih materijala, radne površine moraju biti dekontaminirane krajem radnog dana.
- Kontaminirani materijali, uzorci i kulture moraju biti dekontaminirani prije odlaganja ili čišćenja za ponovnu upotrebu.
- Prilikom pakovanja i transporta visokoinfektivnog materijala potrebno se pridržavati nacionalnih i/ili međunarodnih propisa.
- Prozori moraju imati zaštitnu mrežicu protiv insekata.

Pravila ponašanja u laboratoriji

- Treba se pridržavati propisanih pravila.
- Rad u laboratoriji počinje nakon potrebnih uputa. Može se raditi samostalno ili u grupi (po dogovoru).
- Izvoditi samo vježbe koje je nastavnik odredio.
- U toku rada treba sarađivati međusobno i s nastavnikom.
- Laboratorijskim priborom, kao i materijalom, treba rukovati vrlo oprezno, a posebno mikrobiološkim materijalom i hemikalijama.
- Lične stvari treba odložiti na za to određen prostor, ne ostavljati ih na radnu površinu.
- Na radnim površinama se ne sjedi.
- Upotrijebljeni mikrobiološki materijal treba prema uputama adekvatno odložiti.
- Nakon završetka rada, potrebno je pravilno odložiti sav pribor koji je korišten, provjeriti plamenik i dovod plina, slavine za vodu, radne površine obrisati dezinfekcionim sredstvom te prostor ostaviti uredan i spreman za sljedeći radni dan.

Nezgode u laboratoriji mogu se spriječiti ukoliko se pridržava pravila sigurnosti. Uzorci mikrobioloških kultura potencijalno su zarazni te stoga njima treba rukovati uz stroge mjere opreza.

Sigurnosne mjere u radu

- U laboratoriji je obavezno nositi osnovnu ličnu zaštitnu opremu.
- Pri ulasku i izlasku iz laboratorije treba temeljito oprati ruke sapunom ili dezinfekcionim sredstvom i osušiti ih papirnatim ubrusom.
- Jelo i piće strogo su zabranjeni u laboratoriji.
- Treba izbjegavati dodir prstiju s usnama.
- Kosu treba vezati, skinuti nakit i sat prije ulaska u laboratoriju.

- Prije početka rada radnu površinu treba očistiti dezinfekcionim sredstvom.
- Nepotrebno kretanje i izlasci iz laboratorije tokom rada trebaju se izbjegavati.
- Otvaranje, mirisanje ili dodirivanje radnih otopina i mikrobiološkog materijala je zabranjeno.
- Nije dopušteno pipetiranje potencijalno patogenih materijala ustima; preporučuje se korištenje automatskih pipeta.
- Svaki incident, pa čak i beznačajan, treba odmah prijaviti nastavniku.
- Stakleni i drugi materijali koji su bili izloženi plamenu ili sterilizaciji trebaju biti pažljivo odbačeni.
- Otvorene epruvete i tikvice trebaju biti sterilizirane plamenom prije korištenja s bakterijskim materijalom.
- Plamenik treba ugasiti ako nije potreban za daljnji rad kako bi se izbjegla opasnost od opeklina ili oštećenja opreme.
- Mikroskop, papir, alkohol ili drugi materijali trebaju biti uklonjeni s radne površine tokom rada s plamenikom ili drugim izvorom topline.
- Korišteni instrumenti i stakleni materijal trebaju biti smješteni u odgovarajuće označene posude, a ne na radnu površinu.
- Ako se koristi mikroskop, treba očistiti okulare i objektive, posebno imerzioni objektiv.

Odlaganje infektivnog otpada

Infektivni materijal ne smije se jednostavno odbacivati kao običan otpad u kantu ili kontejner. Svaki materijal koji je bio u kontaktu s bakterijama mora proći proces dekontaminacije. Pipete se odmah nakon upotrebe moraju staviti u posude s dezinfekcijskim sredstvom. Nakon što se isperu tekućom i destiliranom vodom, pipete treba smjestiti u zaštitne cilindre i sterilizirati u suhom sterilizatoru. Mikroskopske preparate treba potopiti u posudu s dezinfekcijskim sredstvom. Staklene predmete poput Petrijevih posuda i epruveta s uzgojenim bakterijskim kulturama treba smjestiti u metalne korpice i autoklavirati. Nakon autoklaviranja, ostatke agar ploča treba ručno isprati. Plastične predmete za jednokratnu upotrebu s uzgojenim bakterijskim kulturama treba odložiti u posebne plastične vreće i autoklavirati.

Prva pomoć kod nezgoda

U svakoj mikrobiološkoj laboratoriji mora biti istaknut dezinficijens na dostupnom mjestu, kao i ormarić označen kao “Prva pomoć”. Ormarić prve

pomoći koristi se u slučaju nezgoda, ali uz prisustvo nastavnika. U njemu se nalazi 10 g tinkture joda, 20 g otopine lugola, 1 l 0,25% otopine $KMnO_4$, 50 g carbo medicinalis, acidol-pepsin tablete, 3% otopina H_2O_2, 10 g oksicijanat masti. Svaki neželjeni incident tokom eksperimentalnog rada s mikroorganizmima mora se shvatiti ozbiljno, ali bez panike. U slučaju nezgode treba odmah obavijestiti nastavnika i ne napuštati laboratoriju. Ako dođe do slučajnog gutanja bakterijskog materijala, treba ga odmah ispljunuti, isprati usnu šupljinu nekoliko puta otopinom vodikovog peroksida te zatim ispljunuti. Ukoliko se bakterijski materijal proguta, preporučuje se uzeti acidol-pepsin ili carbo medicinalis tablete te potražiti medicinsku pomoć. U slučaju prolijevanja hemikalija, površinu kontaminiranu bakterijskim materijalom treba odmah preliti dezinficijensom i prekriti celštofom. Nakon petnaest minuta, površinu treba obrisati papirnatim ubrusom. Ubrus kao i korišteni celštof treba staviti u plastičnu vrećicu i odložiti na mjesto za odlaganje kontaminiranog materijala. Ako se bakterijski materijal prolije po radnoj odjeći, odjeću treba odmah skinuti, preliti dezinficijensom na kontaminiranom mjestu i odložiti u posebnu plastičnu vreću.

Literatura

1. Agarwal A, Yadav A, Yadav C, Mahore R, Singh A. A study of awareness about biomedical waste management among health care personnel. Asian J Manag 2022;13:171-75.
2. Bansod HS, Deshmukh P. Biomedical waste management and its importance: A systematic review. Cureus 2023;15(2):e34589.
3. Birhan G, Alebie A, Admassu B, Shite A, Mohamed S, Dagnaw B. A Review on emerging and re-emerg viral zoonotic diseases. Int J Basic Appl Virol 2015;4:53-9.
4. Blanton E, Ombeki S, Oluoch GO, Mwaki A, Wannemuehler K, Quick R. Evaluation of the role of school children in the promotion of point-of-use water treatment and handwashing in schools and households – Nyanza Province, Western Kenya, 2007. Am J Trop Med Hyg 2010;82(4):664-71.
5. Burnett, L. C, Lunn, G, Coico, R. Biosafety: guidelines for working with pathogenic and infectious microorganisms. Current protocols in microbiology 2009;13(1):111-1114.
6. Crittenden F, Fang C. Introduction. Yale Journal of Biology and Medicine 2021;94(1):1-3.
7. Cornish NE, Anderson NL, Arambula DG, Arduino MJ, Bryan A, Burton NC, Chen B, Dickson BA, Giri JG, Griffith NK, Pentella MA, Salerno RM, Sandhu P, Snyder JW, Tormey CA, Wagar EA, Weirich EG, Campbell S. Clinical laboratory biosafety gaps: lessons learned from past outbreaks reveal a path to a safer future. Clin Microbiol Rev 2021;34(3):e0012618.
8. Curtis V, Biran A, Deverell K, Hughes C, Bellamy K, Drasar B. Hygiene in the home: relating bugs and behaviour. Soc Sci Med 2003;57(4):657-72.

9. ECDC. Guidance for wearing and removing personal protective equipment in healthcare settings for the care of patients with suspected or confirmed COVID-19. Stocholm, February 2020. https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/guidance-wearing-and-removing-personal-protective-equipment-healthcare-settings (datum posljednjeg pristupa: 15. 12. 2023)
10. Echaubard P, Rudge JW, Lefevre T. Evolutionary perspectives on human infectious diseases: challenges, advances, and promises. Evol Appl 2018;11:383-93.
11. Ficociello B, Giordano D, Incoronato F, Farinella A, Pietrangeli B. WHO Laboratory Biosafety Manual: a new approach to security. Ann Work Expo Health 2023;67(4):425-9.
12. Harhay MO, Halpern SD, Harhay JS, Olliaro PL. Health care waste management: a neglected and growing public health problem worldwide. Trop Med Int Health 2009;14(11):1414-17.
13. Hukić M, Dedeić-Ljubović A, Numanović F, Ostojić M, Tihić N, Petković M, Čustović A, Gavrankapetanović F, Koluder N, Čamdžić A, Švarakić S. Prevencija i kontrola infekcija u zdravstvenim ustanovama. Sarajevo: TDP, 2010.
14. OIE Animal Production Food Safety Working Group. Guide to good farming practices for animal production food safety. Revue scientifique et technique Rev Sci Tech 2006;25(2):823-36.
15. Porter JR. Antony van Leeuwenhoek: tercentenary of his discovery of bacteria. Bacteriol Rev 1976;40(2):260-9.
16. Rosen G. Historical evolution of primary prevention. Bull N Y Acad Med 1975;51(1):9-26.
17. Saegerman C, Dal Pozzo F, Humblet MF. Reducing hazards for humans from animals: Emerging and re-emerging zoonoses. Ital J Public Health 2012;9:13-24.
18. Sandora TJ, Shih MC, Goldmann DA. Reducing absenteeism from gastrointestinal and respiratory illness in elementary school students: a randomized, controlled trial of an infection-control intervention. Pediatrics 2008;121(6):e1555-62.
19. Singh Z, Bhalwar R, Jayaram J, Tilak VW. An introduction to essentials of bio-medical waste management. Med J Armed Forces India 2001;57(2):144-47.
20. Tian C, Lovrics O, Vaisman A, Chin K. J, Tomlinson G, Lee Y, Englesakis M, Parotto M, Singh M. Risk factors and protective measures for healthcare worker infection during highly infectious viral respiratory epidemics: A systematic review and meta-analysis. Infect Control Hosp Epidemiol 2022;43(5):639-50.
21. Tulchinsky TH. John Snow, Cholera, the broad street pump; waterborne diseases then and now. Case Studies in Public Health 2018:77-99.
22. WHO. Laboratory biosafety manual. 4th edition. https://www.who.int/publications/i/item/9789240011434 (datum posljednjeg pristupa: 20. 12. 2023)
23. WHO, Rational use of personal protective equipment (PPE) for coronavirus disease (COVID-19): interim guidance, 19 March 2020. https://iris.who.int/handle/10665/331498 (datum posljednjeg pristupa: 2. 1. 2024)
24. World Health Organization. Hygiene. http://www.afro.who.int/health-topics/hygiene (datum posljednjeg pristupa: 14. 1. 2024)

REAKCIJA NA BIOSIGURNOSNE IZAZOVE U LABORATORIJI

Mirsada Hukić, Monia Avdić

Zakonima o osnovnom i srednjem obrazovanju i odgoju te propisima administrativnih jedinica u Bosni i Hercegovini definirani su standardi i normativi prostora i opreme za kabinete i laboratorije osnovnih i srednjih škola različitih usmjerenja, kako bi se očuvalo zdravlje te izbjegli ili umanjili rizici od nastanka nesreća. Pored toga svaka škola je dužna da napravi plan aktivnosti za hitne slučajeve za minimiziranje efekata nesreće ili izloženosti štetnim agensima. Plan aktivnosti treba da usvoji rukovodstvo škole, nakon čega se dokument stavlja na vidno mjesto zajedno s brojevima telefona za hitne slučajeve.

Veliki broj različitih incidenata može nastati u laboratorijskom okruženju, što zavisi od znanja i vještina nastavnika, opreme koja se koristi, hemikalija, vrsta bioloških uzoraka, eksperimentalnih životinja itd. Među najčešćim incidentima su:

- posjekotine i ubodne rane od stakla ili metala,
- termičke i hemijske opekotine,
- trovanje udisanjem ili gutanjem,
- iritacija kože hemikalijama,
- iritacija ili povreda očiju hemikalijama, prašinom, staklom,
- prosipanje biološkog materijala i kultura bakterija,
- ujed ili ogrebotine nastale od eksperimentalnih životinja.

Prosipanje potencijalno infektivnog materijala (Slika 1), kao i ozljede koje nastaju nakon ujeda ili ogrebotina životinja, zahtijevaju posebnu pažnju zbog opasnosti od nastanka infekcije i širenja zaraze. U slučaju bilo kojeg incidenta u školskoj laboratoriji, neophodna je brza reakcija nastavnika i nadzornog osoblja kako bi se učenici zaštitili od nastalih opasnosti. Redoslijed aktivnosti propisan je planom aktivnosti za hitne slučajeve i sastoji se od niza koraka.



Slika 1. Pucanje epruvete s potencijalno opasnim sadržajem

1. Procjena situacije. Nastavnik ili nadzorno osoblje mora brzo procijeniti ozbiljnost incidenta, identificirati moguće rizike i donijeti odluku o evakuaciji ako je potrebno. Procjena rizika je ključna za tok daljih aktivnosti. Male incidente, gdje ne postoji opasnost po zdravlje učenika, nastavnik uz pomoć školskog osoblja rješava u laboratoriji.
2. Pozivanje hitne pomoći. Hitnu pomoć treba odmah pozvati ako incident uključuje ozbiljne povrede ili moguću opasnost po zdravlje učenika i nastavnika.
3. Evakuacija učenika. Sve učenike treba evakuirati iz laboratorije prema unaprijed uspostavljenom planu evakuacije kako bi se obezbijedila njihova sigurnost (Slika 2).
4. Izolacija mjesta incidenta. Mjesto incidenta treba označiti za to predviđenim trakama, a ako je potrebno, postaviti i fizičke barijere oko mjesta incidenta kako bi se spriječilo širenje eventualnih opasnih materijala.
5. Prva pomoć. Povrijeđenim treba pružiti prvu pomoć, pri čemu se posebna pažnja mora posvetiti sprječavanju eventualnog kontakta s opasnim supstancama i infektivnim materijalom.



Slika 2. Evakuisani učenici s mjesta incidenta upoznaju se s mogućim posljedicama i mjerama koje trebaju poduzeti

6. Pozivanje nastavnika i odgovornih osoba u školi. Obavijestiti odgovornog nastavnika i druge osobe o incidentu kako bi preuzeli kontrolu nad situacijom.
7. Kontaktiranje roditelja. Obavijestiti roditelje učenika koji su bili prisutni o incidentu, pružiti informacije o situaciji i dogovoriti se o daljnjim koracima.
8. Saradnja s hitnim službama. Ako je potrebno, uspostaviti saradnju s hitnim službama, vatrogascima ili drugim nadležnim agencijama koje pružaju pomoć u takvim situacijama. Važni telefonski brojevi hitnih službi: **Operativni centri Civilne zaštite:** 121; **Policija:** 122; **Vatrogasci:** 123; **Hitna medicinska pomoć:** 124 (Slika 3).
9. Dezinfekcija i čišćenje. Ako je incident uključivao opasne tvari, provesti postupak dezinfekcije i čišćenja prema standardima i smjernicama.
10. Istraživanje i analiza incidenta. Nakon rješavanja incidenta, vrlo je važno provesti istragu kako bi se identificirali uzroci nastanka nesreće i razvile strategije za sprječavanje budućih incidenata.
11. Psihološka podrška. Nakon ozbiljnih incidenata potrebno je pružiti psihološku podršku učenicima, nastavnicima i osoblju koji su bili uključeni u incident.
12. Revizija sigurnosnih protokola. Sigurnosne protokole treba revidirati i poboljšati nakon svakog neželjenog događaja u laboratoriji, kako bi se smanjio rizik od sličnih incidenta u budućnosti.



Slika 3. Zbrinjavanje mjesta incidenta. Dezinfekcija

Na sreću, incidenti u obrazovnim laboratorijama su rijetki, osobito oni s ozbiljnim posljedicama. Ipak, svaka obrazovna ustanova mora biti spremna da odgovori na sve izazove te da brzo i koordinirano djeluje, uz pažljivu analizu incidenta i prilagodbu protokola.

Dezinfekcija i čišćenje nakon incidenta

Dezinfekcija i čišćenje nakon incidenta u školskoj laboratoriji trebaju se provesti pažljivo, slijedeći odgovarajuće biosigurnosne protokole. Važno je napomenuti da specifičnosti postupka mogu varirati ovisno o vrsti incidenta i vrsti materijala koji su uključeni. Stoga je procjena rizika i mogućnosti škole da na njega adekvatno reagira vrlo značajna. Kada god se procijeni da je potrebno, treba se pozvati zdravstvene profesionalce iz oblasti epidemiologije i biosigurnosti.

Preporučeni protokol čišćenja i dezinfekcije nakon incidenta u laboratoriji sastoji se od niza koraka koji imaju za cilj da od infekcije zaštite osobu koja provodi postupak, a od kontaminacije okolinu.

1. Nositi zaštitnu opremu. Prije nego što započnete postupak čišćenja i dezinfekcije, obavezno obucite odgovarajuću zaštitnu opremu, uključujući pregače, rukavice, naočale i maske (Slika 3).
2. Ukloniti kontaminirane materijale. Pažljivo uklonite sve kontaminirane materijale i odložite ih prema određenim smjernicama za odlaganje opasnih tvari.
3. Preliminarno čišćenje. Očistite površine koje su bile izložene incidentu koristeći blagi deterdžent i vodu. Ovo će ukloniti vidljive nečistoće i omogućiti efikasno djelovanje dezinfekcionog sredstva.
4. Primjena dezinficijensa. Najčešće korištena dezinfekciona sredstva u radu s biološkim materijalom su 0,5–1% natrijev hipohlorit, 70% etanol i 70% izopropanol. Korisnici moraju biti vrlo oprezni u pogledu vremena kontakta određenih dezinficijensa. Za postizanje željenog rezultata, npr. 0,5% natrijev hipohlorit treba da djeluje 10–30 minuta.
5. Temeljito čišćenje. Ponovno očistite i dezinficirajte površine. Ovo će ukloniti mikroorganizme koji nisu bili uklonjeni prvim čišćenjem i dezinfekcijom.
6. Otpad. Nastali otpad zbrinite i odložite ispravno, u skladu sa smjernicama o zbrinjavanju opasnog otpada.
7. Ventilacija. Otvorite prozore ili koristite ventilacijske sisteme kako biste osigurali dobru cirkulaciju zraka tokom postupka čišćenja i dezinfekcije.
8. Ponovna provjera. Nakon postupka, ponovno pregledajte područje kako biste se uvjerili da je čisto i sigurno. Provjerite jesu li svi tragovi opasnih materijala uklonjeni.
9. Izvještavanje. Prije nego što se prostorija ponovno koristi, obavijestite nadležne osobe i osoblje o provedenim mjerama čišćenja i dezinfekcije.
10. Pratiti smjernice i zakonske propise. Slijedite sve smjernice i zakonske propise vezane uz čišćenje i dezinfekciju u školskom okruženju.

Literatura

1. ASM Guidelines for Biosafety in Teaching Laboratories. https://asm.org/guideline/asm-guidelines-for-biosafety-in-teaching-laboratories (datum posljednjeg pristupa: 10. 3. 2024)
2. Canadian Biosafety Guideline: Biosafety in the Elementary, Intermediate, and Secondary School Classroom. https://www.canada.ca/en/public-health/services/canadian-biosafety-standards-guidelines/guidance/elementary-intermediate-secondary-school-classroom/document.html#a21 (datum posljednjeg pristupa: 28. 2. 2024)
3. World Health Organization. Laboratory biosafety manual. 4th ed. https://www.who.int/publications/i/item/9789240011311 (datum posljednjeg pristupa: 12. 3. 2024)

STVARANJE HIGIJENSKI ZDRAVOGA OKRUŽENJA U ŠKOLAMA

Aida Pilav

Zaštita zdravlja školske djece veoma je značajna aktivnost, s obzirom na specifičnost svih odrednica zdravlja u ovoj starosnoj skupini.

Školsko doba djeteta je period u kojem oni redovno pohađaju obrazovno-odgojne ustanove – osnovne i srednje škole. U tom životnom periodu djeca intenzivno rastu i razvijaju se, počevši od 6–7. do 18–19. godine života. Vlastiti zdravstveni potencijal djeca i omladina u tom životnom periodu razvijaju shodno genetskom naslijeđu, izloženosti faktorima rizika u okruženju, kao i kroz razvijanje socijalne pripadnosti, što se intenzivno odvija u kolektivima kao što su škole.

Škole kao odgojno-obrazovne ustanove igraju ključnu ulogu u jačanju zdravih navika kod djece primjenom praksi dobrog zdravlja i korištenjem efikasnog nastavnog plana i programa zdravstvenog obrazovanja. Škole su u jedinstvenoj poziciji da promovišu zdravo ponašanje. Većina djece u prosjeku provede šest do sedam sati dnevno u školi, tačnije oko 30 sati sedmično, te školu treba napraviti povoljnim ambijentom za unapređenje i jačanje psihičkog i fizičkog zdravlja.

Obrazovanje i zdravstvo su neraskidivo povezani, zato što zdravi mladi ljudi imaju veću vjerovatnoću da uče efikasnije. Zdravi mladi ljudi koji pohađaju školu imaju tendenciju da bolje uče, a dobro obrazovanje vodi zdravijim ljudima.

Promocija zdravlja u školskom okruženju može se definisati kao svaka aktivnost koja se poduzima radi poboljšanja i/ili zaštitite zdravlje djece i, konačno, svih u školskoj zajednici, a to podrazumijeva aktivnosti koje se odnose na fizičko i društveno okruženje škole, nastavni plan i program, veze sa zajednicom i zdravstvene usluge.

Zdravstveno obrazovanje u školi je komunikacijska aktivnost i uključuje učenje i podučavanje u vezi sa znanjem, uvjerenjima, stavovima, vrijednostima, vještinama i kompetencijama. Često je fokusirano na određene teme, kao što su higijenske navike, duhan, ishrana, fizička aktivnost ili može uključivati razmišljanje o zdravlju na holistički (sveobuhvatan) način.

Školska higijena

Po definiciji, školska higijena spada u domen preventivne medicinske discipline kojom se provode mjere zdravstvene zaštite kod školske djece, prvenstveno mjere promocije zdravlja i prevencije bolesti.

U obrazovno-odgojnim ustanovama – školama na prvom mjestu je neophodno obezbijediti sigurne sanitarno-higijenske uslove školovanja, a potom reducirati utjecaj faktora rizika na zdravlje djece i omladine na najmanju moguću mjeru, a sve u cilju očuvanja i unapređenja njihovoga zdravlja. Kada se govori o zadovoljavajućim sanitarno-higijenskim uslovima u školama, oni se određuju pokazateljima higijene školske zgrade i učionica i higijene školskoga namještaja i učila, a potom ostalim značajnim sanitarnim uslovima – sigurno vodosnabdijevanje i sigurno uklanjanje otpada. Dalje, za zdravlje u školama potrebna je higijena ishrane, zadovoljavajući mikroklimatski uslovi, kao i adekvatna zdravstvena zaštita.

Higijena vrtića i školske zgrade

Školska zgrada treba biti udaljena od prometnih i bučnih mjesta. U područjima s velikim prometom neminovno dolazi do zagađenja okruženja, kao i do onečišćenja školske zgrade prašinom i drugim nečistoćama. O ovome je potrebno voditi računa kod prostornoga planiranja školske zgrade, posebno u gradovima. Jedan od ključnih aspekata dizajna školske zgrade je osigurati da raspored bude funkcionalan i efikasan. Kod pravljenja rasporeda učenika unutar škola isto tako trebalo bi voditi računa da učionice nižih razreda trebaju biti na nižim spratovima.

Osnovni sanitarni uslovi koji trebaju biti zadovoljeni su sigurno vodosnabdijevanje, pravilno uređeni toaleti i sigurno odlaganje otpada. Promoviranje higijene, čisto školsko dvorište i nadzor čistoće učionica neke su od stvari koje zahtijevaju pažnju školskih uprava.

Školske prostorije – učionice su prostori gdje djeca najduže borave. U učionicama maksimalno može biti 30–34 učenika. Uslovi ventilacije,

osvijetljenosti, kao i dizajn školskoga namještaja veoma su važni. Naravno, uz to ide redovno održavanje higijene prostora.

Škole trebaju biti projektovane tako da budu dobro provjetrene, prirodno ili mehanički, kako bi na odgovarajući način bila zadovoljena potrebna temperatura prostora, čist zrak bez prašine, kao i smanjen broj mikroorganizama u zraku.

Najbolji način za postizanje dobre ventilacije je otvaranje prozora i vrata, bilo potpuno ili djelomično, kad god je to moguće.

U cilju sprečavanja širenja nekih zaraznih bolesti, u školama se maksimalno treba provoditi:

- otvaranje prozora i vrata koliko god je to praktično;
- prije početka nastave prozori trebaju biti barem i djelomično otvoreni (čak i kada je vani hladnije) kako bi se održala ugodna temperatura u zatvorenom prostoru;
- u toku školskih odmora dok su učenici van učionice;
- dok se čiste školske prostorije, potrebno je otvoriti prozore, obrisati klupe i obrisati podove.

U odgojno-obrazovnim ustanovama u kojim boravi veliki broj djece, zidovi i podovi trebaju biti od građevinskoga materijala koji je siguran, ne šteti zdravlju djece i lako se održava i čisti. Nakon nastave svaki dan je potrebno školski namještaj očistiti i prebrisati. Isto se odnosi na podove. Održavanje higijene školskih prostora vrlo je značajno i učenici to trebaju shvatiti kao dio lične odgovornosti.

Učionice trebaju biti dobro osvijetljene, jer svjetlost utječe na psihičko raspoloženje učenika. Nepovoljni mikroklimatski uslovi u učionici djeluju negativno na radnu sposobnost učenika.

Položaj tijela učenika u školskoj klupi važan je faktor u nastajanju mogućih deformiteta koštanog sistema. U cilju smanjenja nepovoljnog utjecaja usljed dugotrajnog sjedenja u školskim klupama, učenicima treba omogućiti mijenjanje položaja. Dizajn školskih klupa treba odgovarati uzrastu učenika, prema veličini klupa i stolica. Školska tabla je sastavni dio svake učionice. Tabla treba biti odgovarajuće površine, od materijala koji je lako čistiti, i, naravno, dobro osvijetljena. Školsku tablu potrebno je brisati mokrom spužvom u cilju smanjenja prašine u učionici. U novije vrijeme klasične zelene školske table zamjenjuju “pametne table”.

Hodnici i svlačionice

Školski hodnici trebaju biti prostrani i osvijetljeni. U cilju održavanja dobrih higijenskih uslova, hodnike i svlačionice potrebno je redovito čistiti i provjetravati, a u zimskom periodu dovoljno zagrijavati, ali s kontinuiranim održavanjem provjetrenosti.

Školska kuhinja

Za školsku djecu koja su u procesu intenzivnog rasta i razvoja preporučuje se raznovrsna ishrana, sa zastupljenošću svih glavnih skupina namirnica raspoređenih u pet do šest dnevnih obroka. Obroci trebaju biti lako probavljivi i higijenski sigurno pripremljeni. Stoga, školske su kuhinje važne za zdravlje učenika.

Znanja o pravilnoj ishrani, kao i o higijenski ispravnoj hrani, učenici dobivaju u školi. Osnovni zahtjevi za pravilan obrok su da:

- obrok mora biti uravnotežen u sastavu: bjelančevine, vitamini i minerali,
- namirnice moraju biti higijenski ispravne kako bi se spriječilo širenje zaraznih bolesti,
- obrok treba biti poslužen tako da djeca stječu higijenske navike (odgovarajuće trpezarije, pribor za jelo).

Higijena ruku je izuzetno važna u školama kako bi se spriječilo širenje zaraznih bolesti, prvenstveno crijevnih zaraznih bolesti. Učenje djece o važnosti higijene ruku i pranja ruku od malih nogu odličan je način za podsticanje doživotne navike. Pranje ruku je osnovna higijenska mjera koja treba biti rutina kod učenika.

Školski toaleti – sanitarni čvorovi

Pravilna opskrba i pristup higijenski ispravnoj vodi važna je odrednica zdravlja. Ukoliko vodosnabdijevanje nije sigurno, onda postoji mogućnost za širenje mnogih zaraznih bolesti. Važno je stvaranje navika kod djece, npr. da ne piju iz zajedničkih čaša ili da ne piju vodu izravnim naslanjanjem usta na slavinu. U toaletima u školama potrebno je da uz umivaonike uvijek bude tekući sapun i papirnati ubrusi za sušenje ruku.

Higijenske navike djece

Učenici moraju biti upoznati kako stvarati sigurno i zdravo okruženje – kako prepoznavati kritične tačke za higijenu, unaprijediti higijenske prakse i kako promovisati pozitivnu atmosferu koja omogućava efektivnu nastavu i učenje. Cilj je da inspirišemo učenike da uče o biološkoj sigurnosti i kako unaprijediti i očuvati svoje i zdravlje drugih.

Istraživanja pokazuju da su površine u školama kontaminirane različitim vrstama bakterija, što se posebno odnosi na površine s kojima su učenici u direktnom kontaktu i koje su nadohvat ruke (vrata toaleta, vodokotlić, česme, knjige, stolovi, ograde, vrata učionice, igrališta i kantina). Zdravstveno obrazovanje djece i savjetovanje da promatraju i osiguravaju da se sva okolina i predmeti uvijek održavaju čistima je "conditio sine qua non" dobrog zdravlja!

Zdravstveno obrazovanje uključuje zdravstvene usluge, fizički odgoj, higijenske navike, programe ishrane, promociju zdravlja i zdravu životnu sredinu.

Počevši od obrazovanja u ranom djetinjstvu, školsko okruženje ima veliki utjecaj na zdravlje i razvoj djece i adolescenata.

Škole koje promoviraju zdravlje fokusiraju se na:

- brigu za sebe i druge,
- donošenje zdravih odluka i preuzimanje kontrole nad životnim okolnostima,
- stvaranje uslova koji pogoduju zdravlju (kroz usluge, fizičke/socijalne/higijenske uslove),
- utjecaj na ponašanja vezana za zdravlje: znanje, uvjerenja, vještine, stavovi, vrijednosti, podrška.

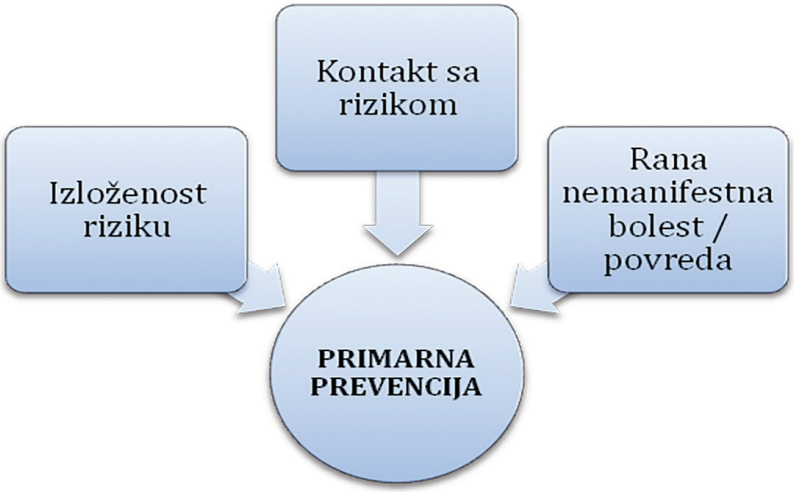
Prevencija bolesti

Pojam prevencija bolesti (lat. *praeventio* – prethoditi, doći ispred) uključuje širok spektar aktivnosti – poznatih kao "intervencije" – čiji je cilj smanjenje rizika ili prijetnji po zdravlje pojedinca ili grupe.

Preventivna medicina kao naučna disciplina je praksa promocije preventivne zdravstvene zaštite radi poboljšanja dobrobiti pacijenata. Cilj je na kraju spriječiti bolest, invaliditet i smrt.

Primarna prevencija podrazumijeva sve preventivne mjere koje sprečavaju nastanak bolesti ili ozljede prije nego što proces bolesti počne. U ove mjere

spadaju mjere opće i lične higijene, pravilna ishrana, redovna fizička aktivnost, imunizacija (Slika 1).



Slika 1. Primarna prevencija (Izvor: Pilav A. Sistemi zaštite zdravlja. Sarajevo: Fakultet zdravstvenih studija Univerziteta u Sarajevu, 2014)

Mjere primarne prevencije podrazumijevaju opću i ličnu higijenu. Ove mjere prevencije sprovodi zajednica, ali i sam pojedinac.

Opća i lična higijena

Higijena se odnosi na niz različitih praksi kojima se poboljšava čistoća i može dovesti do dobrog zdravlja, odnosno praksi koje mogu pomoći u održavanju zdravlja.

Hygieinos je grčka riječ i znači "zdravlje".

Pod općom higijenom se podrazumijevaju praktične mjere prevencije i kontrole koje se koriste za poboljšanje osnovnih uvjeta okoliša koji utiču na zdravlje ljudi, na primjer snabdijevanje čistom vodom, zaštita hrane od kontaminacije i obezbjeđivanje zdravog smještaja, čišćenje prostorija i vanjskoga okoliša itd.

Lična higijena podrazumijeva čistoću tijela i odjeće, pravilne životne navike, zdravu ishranu, odmor i vježbanje. To je bitan dio održavanja i fizičkog i mentalnog zdravlja. Kod ljudi koji se loše pridržavaju lične higijene, tijelo nudi savršeno okruženje za rast mikroorganizama, ostavljajući ga tako ranjivim na infekcije.

Opća i lična higijena su najisplativije zdravstvene mjere za smanjenje bolesti. Dobra higijena je prepreka mnogim zaraznim bolestima.

Dezinfekcija

Posebna mjere za zaštitu stanovništva od zaraznih bolesti su dezinfekcija, dezinsekcija i deratizacija. Deratizacija, dezinfekcija i dezinsekcija procesi su namijenjeni zaštiti zdravlja pojedinca i društva, kao i ograničavanju ekonomske štete.

Dezinfekcija se definiše kao uništenje mikroorganizama, ali ne obično bakterijskih spora; ovo ne uključuje nužno ubijanje svih mikroorganizama, već smanjenje njihovog broja na nivo koji inače nije štetan za zdravlje. Pretpostavlja se da, kada je ukupan broj preživjelih mikroorganizama mali, manje je vjerovatno da će nepoželjni tipovi kao što su patogeni biti prisutni u značajnom broju.

Dezinficijensi su svaka tvar ili proces koji se koristi prvenstveno na neživim objektima za ubijanje klica, kao što su virusi, bakterije i drugi mikroorganizmi koji mogu uzrokovati infekcije i bolesti. Većina dezinficijensa su jake hemikalije, ali ponekad se mogu koristiti toplota ili zračenje.

Čišćenje i dezinfekcija dio su širokog pristupa prevenciji zaraznih bolesti u školama.

Dezinsekcija i deratizacija

Dezinsekcija je mjera zaštite od zaraznih bolesti i predstavlja kontrolu ili uništavanje štetočina (insekata) kao mogućih prenosilaca zaraznih bolesti.

Deratizacija je istrebljenje pacova, miševa i drugih štetočina glodara kao mogućih prenosilaca zaraznih bolesti.

Područje deratizacije i dezinsekcije uključuje procese za ograničavanje populacije štetočina kao što su pacovi i žohari, do te mjere da ne predstavljaju nikakvu opasnost za zdravlje ljudi, naime, prekida se put prenošenja infekcije.

Higijenske prakse u školi

Higijenske prakse kao što je redovno čišćenje učionica i zajedničkih prostorija sprječavaju širenje mikroorganizama i bolesti. Sanitarije u školi su od vitalnog značaja za stvaranje sigurnog i zdravog okruženja i za učenike i za nastavnike.

Čista ustanova s dosljednim pristupom odgovarajućim higijenskim proizvodima ključna je u održavanju zdravlja i dobrobiti učenika i osoblja.

Naučimo učenike da promišljaju o zdravim higijenskim praksama u školskom okruženju, iako smatraju da sve to znaju!

Naučimo učenike važnosti temeljnog pranja ruku, posebno prije jela!

Ohrabrimo učenike da koriste sredstvo za dezinfekciju ruku kad god je dostupno!

Naučimo učenike praksi pokrivanja usta kada kašlju ili kišu!

Osiguravanje da su svi toaleti i drugi prostori na svim nivoima ustanove adekvatno opremljeni, očišćeni i održavani također pomaže u sprječavanju širenja infekcije.

Higijena ruku

Potrebno je poznavanje dobre rutine pranja ruku, kako bi učenici poželjeli da uvijek imaju čiste ruke!

Dobro obrazovanje o higijeni ruku može pomoći da učenici, nastavnici i osoblje budu sigurni i da se smanji širenje virusa i bolesti.

Nadalje, treba podsticati često i temeljito pranje ruku u školama i obrazovnim ustanovama i osigurati da škole budu opskrbljene sapunom i papirnim ubrusima za jednokratnu upotrebu i toplom vodom.

Održavanje dobre higijene ruku uključuje pristup sigurnim opcijama sušenja ruku. Sušenje ruku papirnim ubrusima pomaže u smanjenju rizika od širenja bakterija, dok sušači zrakom mogu širiti veći nivo klica u zrak. Papirni ubrusi također podržavaju mnoge druge namjene osim sušenja ruku, kao što su: ispuhivanje nosa, brisanje usta, medicinske potrebe i izbjegavanje prljavih slavina i kvaka na vratima.

Kontrolne tačke za provjeru higijenskog okruženja – provjeravaju redari:

- pored svih umivaonika trebaju biti postavljene infografike o pravilnom pranju ruku,
- svaki umivaonik gdje se peru ruke treba biti u funkciji,
- pored umivaonika treba biti uvijek dostupan sapun i papirni ubrusi.

Higijena svih površina u školama

Učenici i osoblje mogu se zaraziti patogenima kao što su bakterije i virusi dodirujući kontaminirane površine, tako da je često čišćenje škola neophodno.

Kontrolne tačke za provjeru higijenskog okruženja provjeravaju redari.

Javne površine koje su kontinuirano u upotrebi i koje se često dodiruju trebaju se redovno čistiti i dezinfikovati (2 puta dnevno):
- stolovi i stolice,
- ručke na vratima i prozorima,
- prekidači,
- rukohvati,
- brisač za tablu,
- pod je očišćen (pometen ili opran),
- kante za smeće su dostupne i ispražnjene.

Preporuke za postavljanje dozatora

Pojačavanje pravilne higijene ruku među učenicima i članovima školskog osoblja može biti podržano postavljanjem higijenskih dozatora koji su lako dostupni i vidljivi. Sredstvo za dezinfekciju ruku dodatno potiče ličnu higijenu.

Preporučena mjesta – kontrolne tačke za provjeru higijenskog okruženja – provjeravaju redari:
- ulazi u škole: omogućiti sredstva za dezinfekciju ruku na svim ulazima kako bi podstakli higijenu ruku;
- umivaonice i svlačionice: dozatori za sapun, papirni ubrusi, maramice za lice i sredstva za dezinfekciju ruku moraju biti blizu umivaonika i na prilagođenoj visini.

Pokrivene kante za otpad u blizini svih dispenzera i vrata mogu smanjiti kontaminaciju.

Biblioteke, računarske laboratorije i kancelarije:
- Sredstva za dezinfekciju ruku i dozatori trebaju biti obezbijeđeni u prostorijama s velikim prometom.
- Pokrivene kante za otpad u ovim područjima mogu pomoći u smanjenju kontaminacije.
- Lak pristup maramicama i sredstvima za čišćenje može omogućiti redovno čišćenje stolova, stolica, polica, kompjutera i pultova.
- Učenici trebaju preuzeti odgovornost za čišćenje svog radnog prostora nakon upotrebe.

Kafeterije i kuhinje:
- Obezbijediti sredstva za dezinfekciju ruku na ulazima.

- U kuhinji na sudoperima za pranje ruku trebaju biti dozatori sapuna i papirni ubrusi.

Fiskulturna sala:

- Obezbjeđivanje stalka za dezinfekciju ruku na ulazima u oblastima s velikim prometom, kao što su fiskulturne sale, pomaže učenicima da spriječe širenje mikroorganizama!

Literatura

1. Center for Disease Control and Prevention. CDC Healthy Schools. https://www.cdc.gov/healthyschools (datum posljednjeg pristupa: 3. 3. 2024)
2. El-Kased F, Gamaleldin NM. Prevalence of bacteria in primary schools. J Pure Appl Microbiol 2020;14(4):2627-36.
3. Healthy schools. https://www.healthyschools.org.uk (datum posljednjeg pristupa: 4. 3. 2024)
4. Jusupović F, Novaković B, Rudić A. Higijena i zdravstvena ekologija – praktikum. Sarajevo: Fakultet zdravstvenih studija, Univerzitet u Sarajevu, 2012.
5. Pilav A, Jatić Z, Branković S, Đido V. Upravljanje kvalitetom u zdravstvenoj zaštiti. Sarajevo: Fakultet zdravstvenih studija, Univerzitet u Sarajevu, 2018.
6. Pilav A. Sistemi zaštite zdravlja. Sarajevo: Fakultet zdravstvenih studija, Univerzitet u Sarajevu, 2014.
7. Prebeg Ž. Higijena i škola. Zagreb: Školska knjiga, 1982.
8. Puntarić D, Ropac D. Higijena i epidemiologija. Zagreb: Medicinska naklada, 2017.
9. World Health Organization. Health promoting schools. https://www.who.int/health-topics/health-promoting-schools#tab=tab_1(datum posljednjeg pristupa: 3. 4. 2024)

EKOLOŠKA INTELIGENCIJA U SLUŽBI BIOZAŠTITE I BIOSIGURNOSTI

Mersad Omanović

DEFINICIJE

Biosigurnost ili **biološka sigurnost** je prevencija velikog gubitka biološkog integriteta, fokusirajući se i na ekologiju i zdravlje ljudi.

Zaštita je sredstvo ili način zaklanjanja od neugodnosti, teškoća ili opasnosti = **ŠTA RADIMO**.

Sigurnost je stepen zašite od opasnosti, štete, gubitka ili kriminalne aktivnosti = **ŠTA SMO POSTIGLI**.

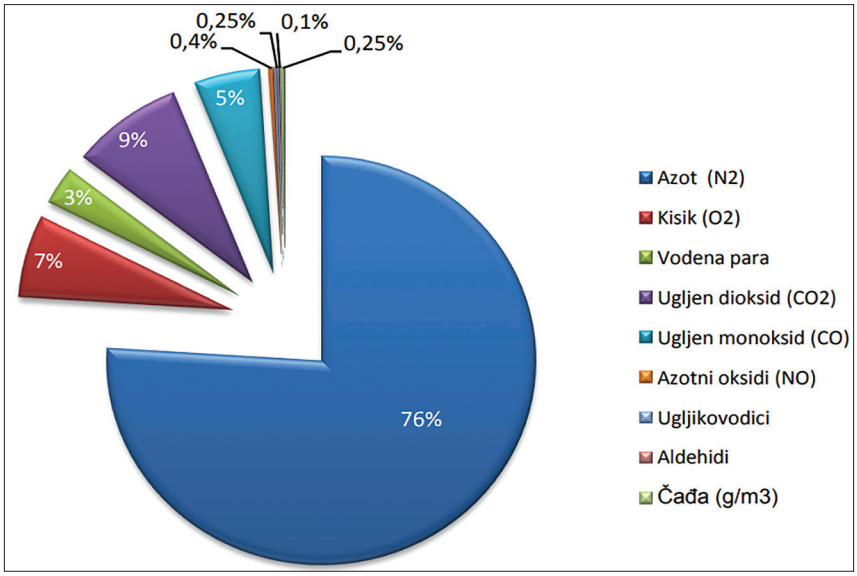
Ekološka inteligencija je koncept psihologa Danijela Golemana koji podrazumijeva prilagođavanje svakoj vrsti okoliša. Pojam "ekološka" se odnosi na razumijevanje organizama i njihovih ekosistema, a pojam "inteligencija" podrazumijeva kapacitet da se uči iz iskustava i efikasno ophodi prema okolišu.

Wikipedia definira "Smart city" koncept kojim se na nekom području koriste različite vrste elektroničkih senzora za prikupljanje podataka kako bi se osigurale informacije potrebne za upravljanje imovinom i resursima.

Naše svakodnevne životne navike odvijaju se potpuno nevezano za posljedične štetne utjecaje na okoliš. Čovjek svojim životnim aktivnostima kontinuirano vrši negativan pritisak na vazduh, tlo i vodu. Na ovaj način čovjek stvara vektore bolesti i ugrožava svoju egzistenciju. Zagađivači nisu živi organizmi, ali su uzročnici bolesti koje nastaju npr. konzumiranjem vode kontaminirane kancerogenim materijama, teškim metalima i slično.

O zagađivačima je moguće pronaći različite zanimljivosti.

1. Fond za zaštitu okoliša Federacije BiH je putem internetskog portala objavio nekoliko zanimljivosti vezanih za zagađenje vode:
   - Jeste li znali da jedan litar motornog ulja može zagaditi milion litara pitke vode?
   - Jeste li znali da jedna tona otpadnog ulja u vodi po svom štetnom djelovanju odgovara količini otpadnog materijala koju stvara naselje od 40.000 stanovnika?
   - Jeste li znali da se otpadna jestiva ulja mogu iskoristiti (npr. u proizvodnji biodizela) te da se time potpuno izbjegava zagađenje voda i troškovi čišćenja otpadnih voda?
   - Znate li da sredstva za čišćenje štednjaka, pećnica i roštilja mogu sadržavati lužine i organska otapala te da se ne smiju izlijevati u odvodnju ili odlagati u kućno smeće?
   - Jeste li znali da hemijska sredstva za čišćenje podova i namještaja mogu sadržavati organska otapala i aromatske ugljikovodike?
   - Znate li da baterije i akumulatori mogu sadržavati teške metale koji izravno ugrožavaju okoliš i zdravlje ljudi (živa je npr. jak nervni otrov, a kadmij ugrožava jetru, pluća i kosti)?
   - Znate li da sredstva za odstranjivanje mrlja mogu sadržavati hlorirane ugljikovodike (već najmanja bočica takve tekućine dovoljna je za zagađenje miliona litara pitke vode)?
2. Motorna vozila u urbanim, gusto naseljenim područjima, zbog svoje brojnosti, nepovoljnih uvjeta rada motora i slabe cirkulacije zraka, predstavljaju glavni izvor zagađujućih materija (Slika 1). U ispušnim plinovima cestovnih motornih vozila mogu se izdvojiti:
   - neškodljivi sastojci: azot (N_2), vodena para (H_2O), kisik (O_2), ugljendioksid (CO_2) i
   - štetni sastojci: ugljen monoksid (CO), azotni oksidi (NOx), sumpordioksid (SO_2), ugljikovodici (CH), olovo (Pb), čađ i dim te aldehidi.
3. U Velikoj Britaniji kroz jedan supermarket godišnje prođe 60.000.000 papirnih kesa.
4. Za proizvodnju jedne tone papira potrebno je 40.000 litara vode, a za recikliranje je potrebno 24.000.000 litara po toni.
5. Papir se može reciklirati samo šest puta.
6. U dosadašnjoj praksi se pokazalo da vjetroagregati na kopnu i moru imaju vijek trajanja između 20 i 30 godina. Cirkularna ekonomija koja preferira recikliranje i ponovnu upotrebu, kroz praksu ukazuje na to da je oko 10–15% vjetroagregata problematično za recikliranje, a to su lopatice rotora.



Slika 1. Srednji hemijski sastav ispušnih plinova cestovnih motornih vozila (Izvor: Direkcija za puteve Kantona Sarajevo. Dopuna procjene utjecaja na okoliš i društvo – Projekt izgradnje gradskih saobraćajnica u Kantonu Sarajevo, 2011. https://ms.ks.gov.ba/sites/ms.ks.gov.ba/files/dopuna_procjene_utjecaja_na_okolis_i_drustvo_.pdf)

7. Od zagađenja godišnje umre više od 100.000.000 ljudi, što je usporedivo sa smrtnosti od malarije ili virusa humane imunodeficijencije (HIV).
8. Ljudi koji žive na području visoke koncentracije zagađenja vazduha imaju 20% veći rizik od raka pluća.
9. Djeca čine oko 10% svjetske populacije. Nažalost, više od 3.000.000 djece mlađe od pet godina umre godišnje zbog utjecaja okolišnih faktora.
10. U Federaciji Bosne i Hercegovine je evidentirana 81 invazivna biljna vrsta.

Pitanja koja postavljaju ove zanimljivosti razotkrivaju problem, dakle postaje kvantitativno: koliko kojih zagađivača se oslobađa i kako možemo uspješno redukovati njihovo oslobađanje?

Odgovor bi mogao ležati u Smart City konceptu.

Prema informacijama dostupnim na internetu, transformacija nekog grada u smart city konceptu košta 30.000.000–40.000.000.000 dolara, koliko košta razvijanje mreže različitih vrsta elektroničkih senzora. Ipak, ne treba zaboraviti da je senzorno opažanje svojstveno živim bićima i da su senzori samo alat koji je izmislio čovjek.

Svi smo mi senzori. Ako na ovu tvrdnju primijenimo koncept ekološke inteligencije i budemo senzori u svom okolišu, onda možemo uočiti vektore i

efikasno spriječiti pojavu bolesti. Kako živimo u gradu, krećemo se različitim rutama i nailazimo na različita mjesta gdje su stvoreni uslovi za pojavu bolesti:

1. divlje deponije otpada,
2. izljevanje fekalija,
3. leš od životinje,
4. nakupine komunalnog otpada,
5. nakupljanje vode,
6. napušteni objekti,
7. odbačeni opasni otpad,
8. odbačeni lijekovi,
9. zapuštene površine,
10. dim intenzivne boje i mirisa.

Bitno je zabilježiti lokaciju, fotografisati. U slučaju da to ponovi više ljudi (djece i odraslih), započinje izgradnja jedinstvenog sistema za zaštitu okoliša. Umrežavanjem se može razviti mehanizam direktne zaštite prirodnog okruženja kojim će se sprječavati opasnosti za okoliš i onečišćenje okoliša. U ovom slučaju, "smart city" je nezavisna mreža ljudi (djece i odraslih) koji će u svom okolišu biti senzori za zaštitu okoliša.

Literatura

1. Arjowiggins Graphic. Use less water. https://recycled-papers.co.uk/green-matters/why-use-recycled-papers/use-less-water (datum posljednjeg pristupa: 21. 1. 2024)
2. Direkcija za puteve Kantona Sarajevo. Dopuna procjene utjecaja na okoliš i društvo – Projekt izgradnje gradskih saobraćajnica u Kantonu Sarajevo, 2011. https://ms.ks.gov.ba/sites/ms.ks.gov.ba/files/dopuna_procjene_utjecaja_na_okolis_i_drustvo_.pdf (datum posljednjeg pristupa: 30. 1. 2024)
3. Do something. 11 Facts about pollution. https://www.dosomething.org/us/facts/11-facts-about-pollution (datum posljednjeg pristupa: 21. 1. 2024)
4. Fuk B. Vjetroelektrane – obnova i/ili recikliranje. Sigurnost 2022;64:305-9. https://hrcak.srce.hr/file/411274 (datum posljednjeg pristupa: 30. 1. 2024)
5. Keep Prince William Beautiful. Environmental Fun Facts. https://kpwb.org/environmental-fun-facts-2/ (datum posljednjeg pristupa: 21. 1. 2024)
6. Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Sarajevu. Lista invazivnih vrsta flore – Projekt: Nabavka usluga izrade inventarizacije i geografske interpretacije invazivnih vrsta u Federaciji Bosne i Hercegovine, 2019. https://www.fmoit.gov.ba/upload/file/okolis/Invazivne%20vrste_F%20BiH_Dorada_Decembar_2019.pdf (datum posljednjeg pristupa: 30. 1. 2024)
7. United Nations Environment Programme. Biosafety and the environment: An introduction to the Cartagena Protocol on Biosafety. https://www.unep.org/resources/report/biosafety-and-environment-introduction-cartagena-protocol-biosafety (datum posljednjeg pristupa: 21. 1. 2024)

GEOINFORMACIJE U EPIDEMIOLOŠKOM ISTRAŽIVANJU

Mirza Ponjavić

Primjena geoinformacija u epidemiološkom istraživanju

Primjena GIS-a (geografskog informacionog sistema) u epidemiološkom istraživanju zasniva se na geoinformatičkoj podršci epidemiolozima, virusolozima, mikrobiolozima i drugim ekspertima iz oblasti zdravstva pri obavljanju zadataka vezanih za praćenje i kontrolu širenja epidemije. Cilj primjene GIS-a je da pomogne u provođenju aktivnosti kao što su:

1. podrška u pripremi podataka za terensko epidemiološko istraživanje kroz korištenje alata za vizuelni pregled terena vezan za uzimanje uzoraka ili intervjuisanje, kreiranje plana istraživanja i uzorkovanja te štampu situacione karte za plan istraživanja i uzorkovanja;
2. unošenje (centralizacija) svih prikupljenih podataka putem forme u aplikaciji koja omogućava daljinski (*on line*) unos prikupljenih epidemioloških podataka (slučajeva) u centralnu bazu podataka, putem interfejsa s alatima za precizno lociranje identificiranog slučaja (crtanjem tačke) na karti koristeći poznatu adresu;
3. obrada prikupljenih podataka (u vremenskim intervalima), uključujući brojanje i prikaz slučajeva, identifikaciju populacije visokog rizika, izračunavanje i prostorni prikaz stope zaraženosti (i ostalih parametara ocjene zdravstvenog stanja stanovništva), vremensku analizu (po danima) brzine rasta novooboljelih, ozdravljenih i podleglih uz primjenu epidemiološke krive, izračunavanje i prikaz parametara vezanih za ocjenu faktora rizika i izloženosti po prostornim jedinicama (naselja, općine, kantoni), predikciju broja oboljelih i prostorno-vremenskog širenja bolesti, vizuelizaciju izračunatih podataka pomoću tematske karte i dijagramima epidemiološke krive s vremenskim prikazom stepena zaraženosti;

4. geoprostorna analiza slučajeva vezanih za oboljenje kroz primjenu eksplorativnih analitičkih alata za određivanje razmjere bolesti, prostornog grupisanja, trenda širenja zaraze i njegove veze s okolinskim faktorima te povezivanje i vizuelizaciju klastera transmisije zaraze između identificiranih slučajeva;
5. planiranje mjera kontrole i prevencije kroz prostorno analiziranje svih područja s izraženom potrebom za uvođenje mjera i rizikom od akumulacije širenja bolesti, odabir mjesta, vremena i načina kontrole, nadzora i prevencije (npr. karantin za određeno područje, pojačane komunalne higijenske mjere, pojačane mjere lične zaštite, ograničenje kretanja, povećana pripravnost) te unošenje lokacija (regija) s podacima vezanim za prijedlog mjera, prostorna vizuelizacija preporučenih mjera za komunikaciju sa zdravstvenim i drugim institucijama nadležnim za provođenje mjera;
6. provođenje i ocjena djelovanja mjera kontrole i prevencije kroz evidentiranje lokacija i vrsta mjera na osnovu odluke nadležnih institucija o provođenju mjera, praćenje promjena vezanih za širenje infekcije u korelaciji s poduzetim mjerama, ocjenu djelovanja mjera i izvještavanje zapažanja kroz sistem;
7. prenošenje rezultata i nalaza između eksperata putem interaktivnih karata pomoću vizuelizacije učestalosti pojave slučajeva i prostornog kretanja bolesti na kartama, unošenja svih lokacija uključenih zdravstvenih ustanova s podacima o trenutnim kapacitetima i zdravstvenoj infrastrukturi (broj raspoloživih kreveta, raspoloživo zdravstveno osoblje, broj oboljelih zdravstvenih radnika, raspoloživost testova i drugog medicinskog materijala za zbrinjavanje pacijenata, položaj i kapacitet rezervnih objekata za izmještanje, lokacije i objekti za trijažu) te s kontakt-osobama i telefonima za razmjenu informacija, kao i pomoću vizuelizacije podataka od interesa za druge uključene institucije (organi sigurnosti, civilna zaštita, građani).

Priprema podataka za terensko epidemiološko istraživanje

Izrada situacione pregledne karte za prikupljanje epidemioloških podataka. Za potrebe uzimanja uzoraka te identifikacije, testiranja, intervjuisanja i stavljanja u izolaciju osoba sa simptomima ili sumnjom na oboljenje, terenski istražni tim može pripremiti i odštampati situacionu kartu istražnog područja. Situaciona karta sadrži informacije o putnoj mreži i komunikacijama te objektima od interesa (hoteli, znamenitosti, vjerski objekti, stajališta javnog

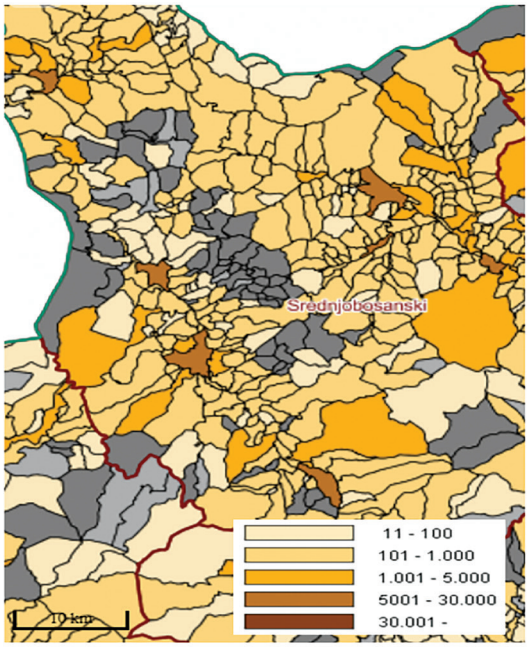
prevoza i drugi objekti za orijentaciju na terenu) i služi za prikupljanje informacija i uzoraka vezanih za pojavu bolesti. Ona je korisna za određivanje granica područja istraživanja i lokacija uzoraka. Definisane granice područja mogu biti prostorne jedinice (naselja, statistički krugovi ili zone ulica) koje se koriste za procjenu varijabli od interesa (npr. procjena broja osoba koje borave na ovom području) (Slika 1).



Slika 1. Priprema situacione karte (izvor: Ponjavić M, 2020)

Prikupljanje dopunskih i drugih relevantnih podataka. Pored epidemioloških, terenski tim može prikupljati i sociodemografske (npr. starosna struktura) ili okolinske podatke. Tematske karte s demografskim profilima mogu pomoći prilikom procjene općih karakteristika pogođene populacije (Slika 2). Razumijevanje uticaja prirodnog i izgrađenog okoliša (susjedstvo, mjesta zadržavanja i aktivnosti, parkovi, škole, vrtići) u odnosu na lokacije okupljanja ili rute kretanja može biti ključno za istraživanje. Za rute kretanja može se primijeniti analiza putne i javne transportne mreže (analiza vremena putovanja, udaljenosti i povezanosti). Ovi prikazi mogu biti korisni za razumijevanje potencijalne opasnosti od prenošenja i širenja zaraze, praćenja i kontrole kretanja stanovništva, planiranja ruta snabdijevanja, poduzimanje higijenskih mjera i drugih terenskih akcija. Identificiranje ruta i lokacija

može pomoći za razumijevanje potencijalnih načina prenošenja zaraze (Slika 3). Situaciona karta sa svim ovim podacima može se koristiti za izradu plana uzorkovanja. Istražitelji mogu odabrati stambene jedinice ili zone uzorkovanja (Slika 4), kao i način prilaza (prohodnost) do ovih lokacija.



Slika 2. Demografski podaci za dio Srednjobosanskog kantona (Izvor: Ponjavić M, 2020)



Slika 3. Identificiranje ruta i lokacija za razumijevanje potencijalne opasnosti od prenošenja i širenja zaraze (Izvor: Ponjavić M, 2020)



Slika 4. Plan uzorkovanja zaraze (lijevo) i situaciona karta s lokacijama uzorkovanja (desno) (Izvor: Ponjavić M, 2020)

Unos prikupljenih podataka

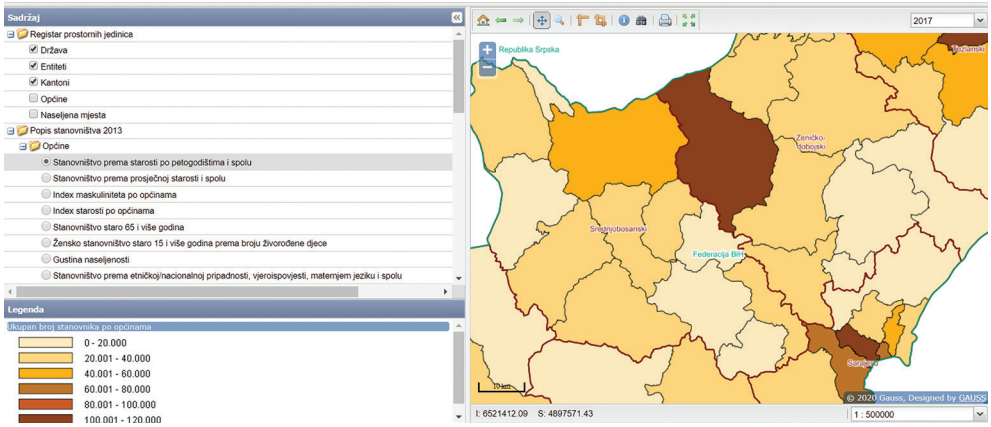
Povezivanje lokacija uzorkovanja s laboratorijskim nalazima. Epidemiolog može povezati podatke o lokaciji s testovima, odnosno laboratorijskim nalazima, pomoću tačne adrese i unosom tačke na karti. Prilikom laboratorijske analize često se evidentira adresa zaraženog, tako da su ovi podaci dostupni kada laboratorija ili bolnica prijave svoje rezultate.

U sistem se mogu unositi podaci o oboljelim, izoliranim, izliječenim i podleglim slučajevima.

Obrada prikupljenih podataka

Određivanje rizične populacije. Prilikom određivanja da li se određeni zdravstveni ishod događa s većom stopom od očekivane, mora se utvrditi rizična populacija. To često uključuje demografsku procjenu unutar određenog geografskog područja. U ovu svrhu se mogu koristiti statistički podaci iz popisa stanovništva (Slika 5) po prostornim jedinicama (naselje, mjesna zajednica, općina).

Na karti se mogu tematski prikazati za svaki nivo prostorne jedinice (naselje, općina, kanton) varijable: broj stanovnika ugrožene kategorije, broj prijavljenih sa simptomima, broj testiranih, broj oboljelih i stepen oboljelih, broj izliječenih, broj izoliranih i stepen izoliranih, broj smrtnih slučajeva i stepen mortaliteta.



Slika 5. Statistički podaci popisa stanovništva za Srednjobosanski kanton po prostornim jedinicama (Izvor: Ponjavić M, 2020)

Na ovaj način se za cijelo područje može pratiti prostorni trend širenja infekcije po prostornim jedinicama.

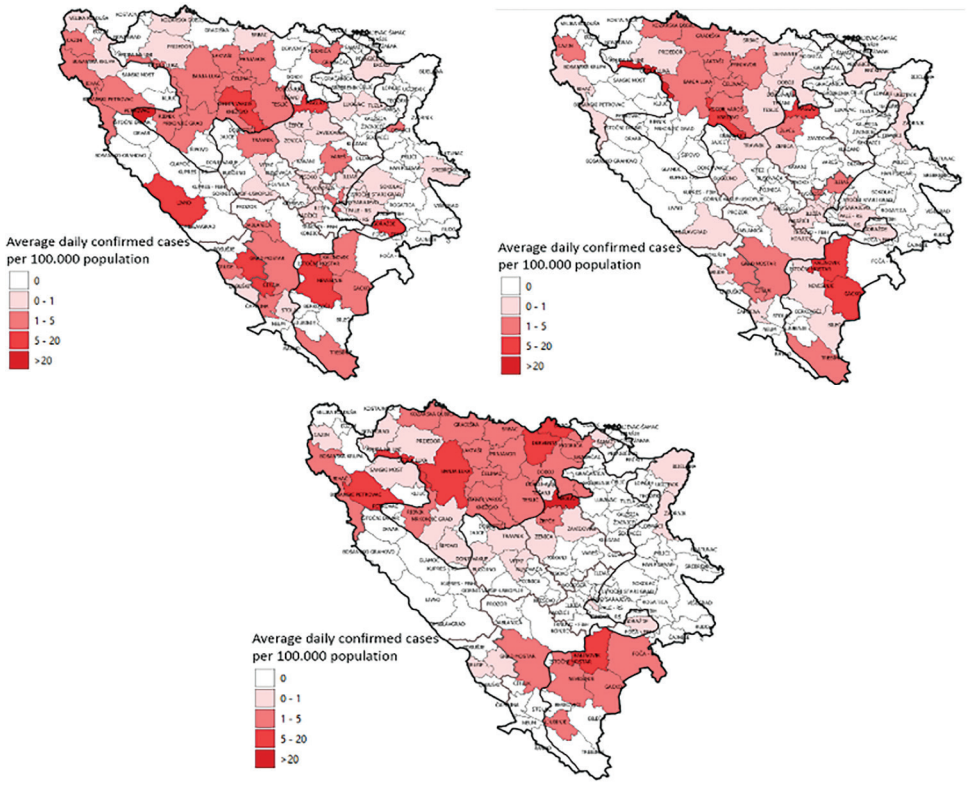
Istraživanje stope zaraženosti kroz prostor i vrijeme. Prostorna i vremenska analiza stepena obolijevanja može biti korisna u ranoj fazi epidemiološkog istraživanja. Serijom karata se mogu prikazati prostorno-vremenski trendovi rasprostiranja i širenja zaraze za različite populacijske skupine (Slika 6).

Serije karata obezbjeđuju efikasno sredstvo za prezentaciju raznih aspekata istih skupova podataka u različitim vremenskim epohama. One mogu biti korištene za istraživanje promjena kroz vrijeme.

Analiza faktora rizika. Analiza okolišnih faktora rizika (npr. blizina zagađivača ili izvori pitke vode) može pomoći u otkrivanju zajedničkog načina izloženosti. Terenskim uvidom se mogu ispitati moguće lokacije pojave infekcije i mjesta oboljelih kako bi se postavila hipoteza o djelovanju faktora izloženosti i prenošenju bolesti.

Prikupljanje podataka o oboljelim slučajevima. Evidencija adresa prilikom dijagnoze bolesti, bilo da je riječ o prebivalištu ili radnom mjestu, dio je rutinskih aktivnosti prikupljanja epidemioloških podataka. Ovi podaci se mogu prostorno prikazati tačkama, linijama i poligonima na karti. Na primjer, linije se mogu koristiti za označavanje ruta kretanja, a poligoni za površine karakteristične za okupljanje stanovništva.

Ukoliko adrese nisu dostupne, istraživač na terenu može koristiti ručni GPS ili mobitel (s *on line* kartom) za očitavanje lokacija.



Slika 6. Tematske karte s prikazom prostorno-vremenskog trenda širenja bolesti COVID-19 u Bosni i Hercegovini od 9. aprila do 8. maja 2020. (Izvor: Pandemija COVID-19 u Bosni i Hercegovini: mart/ožujak–juni/lipanj 2020)

Mogu se evidentirati i ostali prostorni podaci koji bi mogli biti korisni, npr. koridori kretanja i tačke interakcije. Ovakve rute mogu predstavljati rizik za specifična mjesta, na primjer za postrojenja za tretman vode ili uređaje za ventilaciju i klimatizaciju, koji također mogu biti izvori rizika. Prikupljanje podataka o lokacijama i vezama između njih može pomoći istraživačkom timu da bolje razumije faktore rizika.

Geoprostorna analiza slučajeva

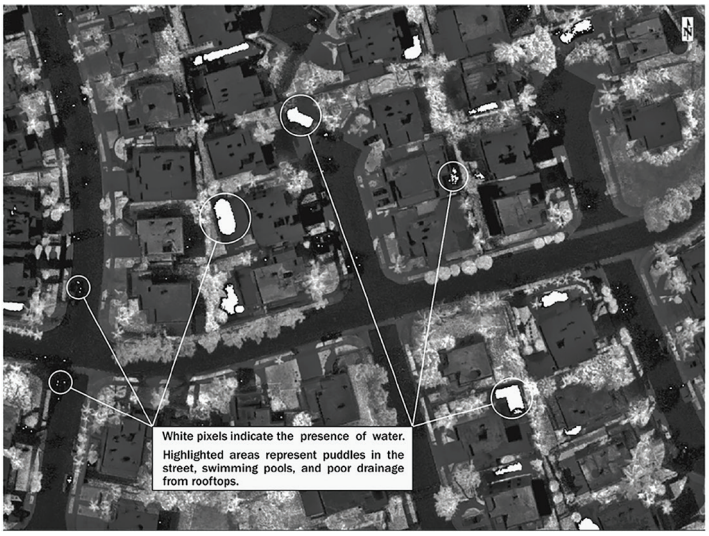
Integracija i modeliranje podataka o pojavi bolesti po vremenu, mjestu i broju zaraženih slučajeva. Podaci o broju slučajeva i stepenu obolijevanja mogu se objediniti po prostornim jedinicama (naselja, općine) i prezentirati tematskom kartom. Tematske karte mogu prikazivati geografsku raspodjelu broja oboljelih ili stepena obolijevanja kroz vrijeme.

Analiza slučajeva oboljelih. Analiza lokacija oboljelih je korisna za procjenu prostornog grupisanja bolesti. Ona može pomoći u karakterizaciji razmjera bolesti u prostornom i vremenskom smislu. Geoprostorna analiza može uključiti i druge prostorno povezane informacije koje omogućavaju kontekst za otkrivanje obrazaca bolesti i uvid u njenu prostornu vezu s faktorima rizika.

Slučajevi se mogu agregirati po prostornim jedinicama radi izvještavanja i prostornog prikaza. Na ovaj način je moguće ispitati stepen obolijevanja u odnosu na druge okolinske faktore i primijećene okolnosti.

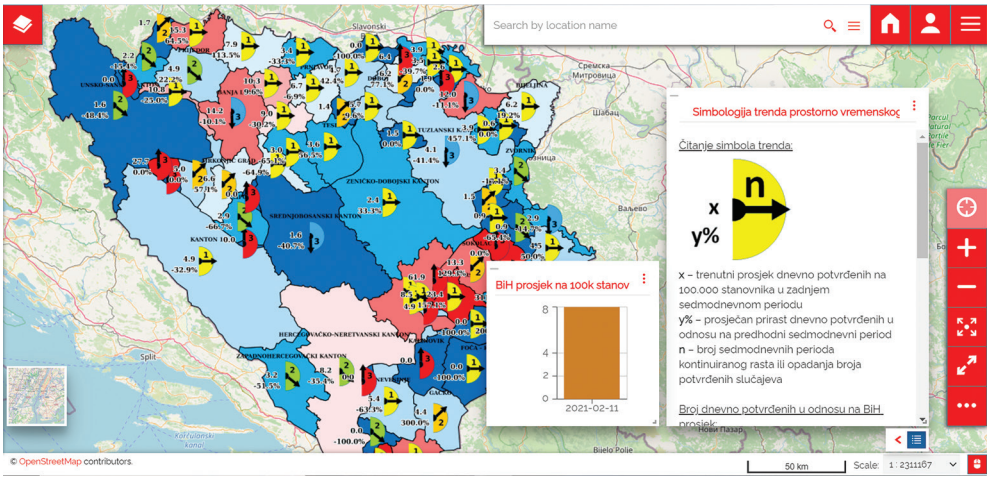
Povezivanje i praćenje slučajeva koji su bili u međusobnom kontaktu u klastere važno je s aspekta kontrole bolesti i sprečavanja daljeg širenja. Na osnovu povezivanja identifikuju se grupe oboljelih ili sumnjivih koji pripadaju klasteru i koji se mogu izolovati radi praćenja i kontrole širenja. Ovi podaci se mogu prostorno prikazati u GIS-u (npr. klikom na slučaj zaražene osobe mogu se selektovati i ostali povezani slučajevi na karti).

Dodavanje konteksta kroz dodatne podatke. Analiza dodatnih podataka (npr. podataka o okolišu ili infrastrukturi) omogućuje dalju kontekstualizaciju javnozdravstvenog problema (način snabdijevanja vodom i hranom, blizina industrijskih postrojenja, mjesta interakcije stanovništva, lokacije/staništa mogućih rezervoara zaraze). U ovu svrhu se mogu koristiti satelitski i fotogrametrijski snimci (Slika 7) koji su korisni za prezentaciju ključnih geografskih obilježja.

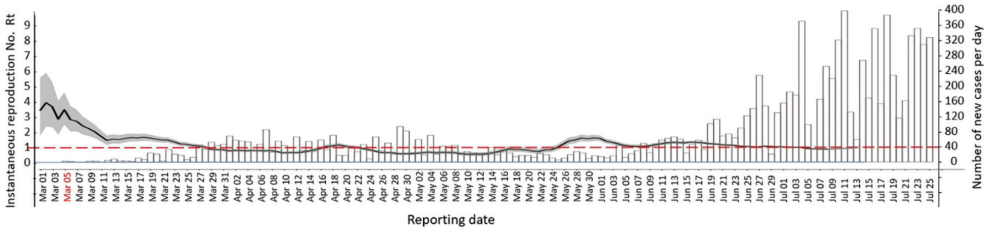


Slika 7. Satelitski snimci mogu pružiti podatke o okolinskim karakteristikama (Izvor: https://www.cdc.gov/eis/field-epi-manual/chapters/GIS-data.html)

Vizualizacija širenja bolesti tokom vremena. GIS se može koristiti za vizualizaciju progresije bolesti, promjenu koncentracija ili distribuciju faktora rizika kroz vrijeme. Serije karata i prostorne animacije su metode koje se mogu koristiti za takvu vizualizaciju. Animacija o uticaju primijenjenih mjera izolacije na širenje zaraze može biti korisna za razumijevanje epidemiološke krive. Stepen, veličina i geografska distribucija izbijanja zaraze može se predstaviti istovremeno na karti (Slika 8) i dijagramom epidemiološke krive (Slika 9) za svaku prostornu jedinicu unutar područja proučavanja.



Slika 8. Interaktivna karta širenja bolesti COVID-19 u BiH po općinama/gradovima/kantonima s tri predstavljena indikatora – brzina, intenzitet i trend širenja (Izvor: http://epidemija.gis.ba/webcity/#/viewer/openlayers/2270)



Slika 9. Trenutni reprodukcijski broj Rt s epi-krivom za Bosnu i Hercegovinu u periodu od 1. marta do 25. juna 2020. (Izvor: Pandemija COVID-19 u Bosni i Hercegovini: mart/ožujak–juni/lipanj 2020)

Primjena geoinformacija u kontroli širenja infekcije

Planiranje mjera kontrole i prevencije

Odabir mjesta kontrole i prevencije. Karte i geostatistički rezultati mogu usmjeravati odluke o tome kada i gdje treba provoditi kontrolne mjere, prevenciju i nadzor. Tokom epidemije zaraze virusom mogu se koristiti GIS tehnike s razgraničenjem naseljenih regija za provođenje pojačanih higijenskih mjera ili regija s brojnijim ranjivim kategorijama stanovništva za povećanje pripravnosti.

Postavljanje i testiranje hipoteza. Geoinformacije se mogu koristiti prilikom postavljanja hipoteza i testiranja teorija o mogućim putevima izloženosti i interakcijama između faktora rizika i osjetljive populacije. Korištenjem karata i rezultata deskriptivne analize može se usmjeriti razvoj hipoteze o uzročnicima bolesti, načinu prenosa i mjestima izloženosti. Za testiranje se mogu koristiti geostatističke metode interpolacije, prostorne regresije i klasterske analize kako bi se bolje razumjela prostorna i vremenska povezanost između rizičnih faktora i pojave bolesti. Interpolacijske metode omogućavaju procjenu vrijednosti varijable na neuzorkovanim lokacijama, a prostornom regresijom se postiže bolje razumijevanje veze između geografske distribucije potencijalnih faktora rizika i procesa razvoja bolesti. Klasterska analiza omogućava kvantitativnu procjenu da li se slične vrijednosti događaju jedna blizu druge i jesu li te pojave povezane ili slučajne. Ona može biti vrlo korisna u stvaranju hipoteza i procjeni faktora rizika vezanih za mjesto i vrijeme.

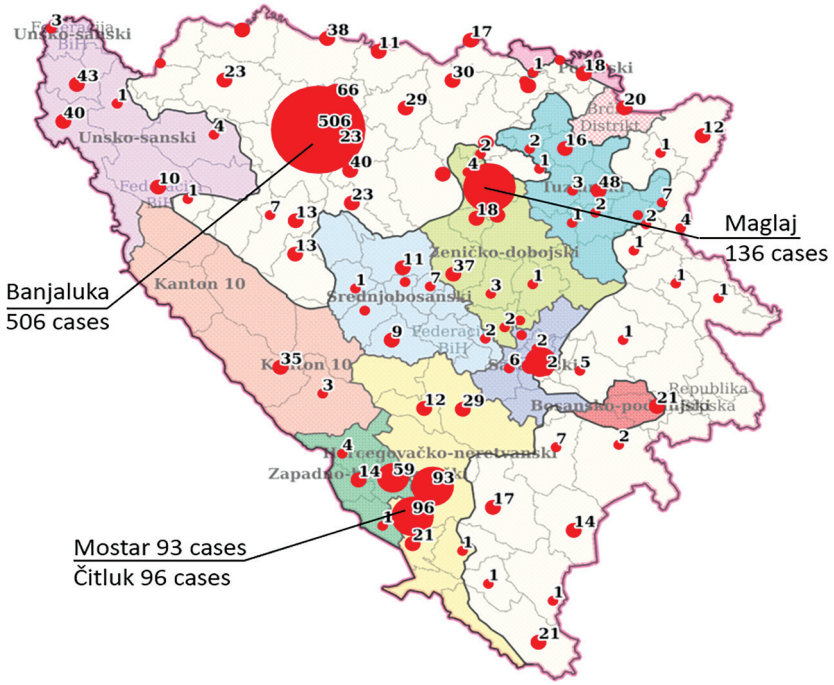
Provođenje i ocjena mjera kontrole i prevencije

Vizualizacija stope oboljenja može istaknuti lokacije gdje su mjere kontrole bile manje ili više efikasne. Identificiranje ovih mjesta, a zatim otkrivanje faktora koji utiču na efikasnost takvih mjera, može biti korisno u određivanju jesu li potrebne neke promjene u nadzoru i, ako jesu, gdje su one potrebne. Na primjer, istraživači mogu pratiti promjene u stopama smrtnosti na različitim lokalitetima kako bi utvrdili gdje napori prevencije uspijevaju, a gdje ne.

Prostorno-vremenska analiza pruža istraživačima alate za istraživanje i kvantificiranje složenih veza između faktora rizika i aktivnosti prevencije. Ona može otkriti uticaj primjene preventivnih mjera (higijena, izolacija...) te ukazati na propuste ili uspješnost određene intervencije. Takve informacije mogu biti korisne za određivanje potreba za dodatnim resursima i mjerama.

Prenošenje rezultata i nalaza putem interaktivnih karata

U kombinaciji s vremenskim podacima, npr. koliko traje inkubacija, koliko je bolest teška i koji je period ozdravljenja, kada se javljaju simptomi, prostorni kartirani podaci mogu dati neke odgovore vezane za brzinu širenja zaraze i efikasnost njene kontrole. Tokom epidemije, interaktivne karte pomažu u vizuelizaciji učestalosti i kretanja epidemije te u procjeni resursa za zbrinjavanje oboljelih kroz prikaz lokacija i trenutnih kapaciteta zdravstvene infrastrukture. Podaci koje ove karte pružaju mogu biti presudni u određivanju kako najbolje organizovati medicinske resurse. Karte pružaju svijest o epidemiološkoj situaciji i prenose nalaze nadležnim organima, a koriste se i kao izvor informisanja za pogođeno stanovništvo (Slika 10).



Slika 10. Prostorna distribucija laboratorijski potvrđenih slučajeva COVID-19 u Bosni i Hercegovini za 18. maj 2020. (Izvor: Spatio-temporal data visualization for monitoring of control measures in the prevention of the spread of COVID-19 in Bosnia and Herzegovina, Med Glas, Zenica, 2020)

Literatura

1. Hukić M, Ponjavić M, Serdarević F, Tahirović E, Karabegović A, Ferhatbegović E, Goletić T, Travar M, Uzunović S, Pilav A, Jogunčić A, Mulić M, Karakaš S, Avdić N, Mulabdić Z, Pavić G, Bićo M, Vasilj I, Mamić D, Huseinagić S, Nikolić A, Lazić D. Pandemija COVID-19 u Bosni i Hercegovini: mart/ožujak–juni/lipanj 2020. Sarajevo: Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, 2020.
2. Ponjavić M, Karabegović A, Ferhatbegović E, Tahirović E, Uzunović S, Travar M, Pilav A, Mulić M, Karakaš S, Avdić N, Mulabdić Z, Pavić G, Bićo M, Vasilj I, Mamić D, Hukić M. Spatio-temporal data visualization for monitoring of control measures in the prevention of the spread of COVID-19 in Bosnia and Herzegovina, Med Glas (Zenica) 2020;17(2):265-74.
3. Ponjavić M, Karabegović A, Ferhatbegović E. Geoinformation Management: Concepts and Methods (textbook). Tuzla: University of Tuzla, Bosnia and Herzegovina, 2020.

INFORMATIČKA PISMENOST I DIGITALNE KOMPETENCIJE NASTAVNIKA I UČENIKA U KONTEKSTU BIOSIGURNOSTI

Almir Karabegović

Razvoj informacijsko-komunikacijskih tehnologija dovodi do velikih pedagoških promjena u odnosu na tradicionalni način učenja i poučavanja. Pojava interneta i opća digitalizacija neposredno su se odrazile u obrazovanju, a novi mediji donijeli su pojavu internetske revolucije i neminovno postaju moderan dio nastavnog procesa u školama i u svakodnevnom životu ljudi, utičući na tokove informacija između učitelja, učenika, roditelja i društva u cijelosti. Mladi ljudi žive u virtualnom i digitaliziranom okruženju koje zahtijeva novi način podučavanja i učenja. Današnje moderno obrazovanje postaje neograničeno i nedeterminirano geografskom lokacijom i fizičkim prostorom, jer se može odvijati bilo gdje i bilo kada. U takvom, digitalnom, tehnološki razvijenom svijetu koji postaje sve više digitaliziran, dolazi do potrebe za novim znanjima i vještinama.

Digitalne kompetencije

Digitalne kompetencije su važne u društvu znanja, a obuhvataju sljedeća područja: informatičku pismenost, komunikaciju i saradnju, kreiranje sadržaja, sigurnost i rješavanje problema.

Dodatno, kompetencije za primjenu digitalne tehnologije u odgoju i obrazovanju odnose se na znanja, vještine i stavove o korištenju digitalne tehnologije i digitalnih resursa u obavljanju različitih vrsta učiteljskih/nastavničkih poslova.

Informatička i podatkovna pismenost

Područje informatičke i podatkovne pismenosti obuhvata različite kompetencije.

Prije svega, to se odnosi na sposobnost pregledavanja, pretraživanja i filtriranja informacija i općenito digitalnog sadržaja. Ovo uključuje razumijevanje potrebe za informacijama te načina za pretraživanje informacija, kao i filtriranje podataka i sadržaja.

Drugo bitno područje odnosi se na vrednovanje informacija i digitalnog sadržaja. To znači da je potrebno razumjeti relevantne izvore te načine analize informacija i sadržaja.

Treće područje odnosi se na upravljanje podacima i digitalnim sadržajem. Ono uključuje sposobnosti poput pohrane i dohvaćanja podataka, kao i razumijevanje načina organizovanja i obrade podataka.

Područje komunikacije i saradnje obuhvata sljedeće kompetencije:

1. komunicirati korištenjem digitalnih tehnologija: komunikacija, digitalni alati za komunikaciju;
2. dijeliti podatke i sadržaj digitalnim tehnologijama: dijeljenje informacija i digitalnog sadržaja, referenciranje;
3. sudjelovati u društvu putem digitalnih tehnologija: digitalne usluge, građansko sudjelovanje;
4. sarađivati korištenjem digitalnih tehnologija: saradnja, zajedničko stvaranje;
5. poštivati pravila ponašanja u digitalnom okruženju: pravila ponašanja, način komunikacije, kulturna i generacijska različitost;
6. upravljati digitalnim identitetom: digitalni identitet, zaštita ugleda, rad s podacima digitalnih alata i usluga.

Područje kreiranja sadržaja obuhvata sljedeće kompetencije:

1. razviti digitalni sadržaj, što uključuje znanja poput kreiranja i uređivanja sadržaja te izražavanja digitalnim sredstvima;
2. integrirati i ponovno razraditi digitalni sadržaj, što uključuje znanja poput kreiranja novoga sadržaja na temelju postojećeg;
3. koristiti i uvažavati autorska prava i dozvole, što uključuje znanja poput autorskih prava i dozvola;
4. programirati, što uključuje znanja poput računalne instrukcije.

Područje sigurnosti obuhvata sljedeće kompetencije:

1. zaštititi uređaje, što uključuje znanja poput: zaštite uređaja i digitalnog sadržaja, rizika i prijetnji, sigurnosnih i zaštitnih mjera;
2. zaštititi osobne podatke i privatnost, što uključuje znanja poput: zaštite osobnih podataka i privatnosti, dijeljenja podatka, izjave o privatnosti;
3. zaštititi zdravlje i dobrobit, što uključuje znanja poput: zaštite fizičkoga i psihičkog zdravlja, zaštite od opasnosti, opće dobrobiti i društvene uključenosti;
4. zaštititi okoliš, što uključuje znanja poput: korištenja digitalnih tehnologija i zaštite okoliša.

Područje rješavanja problema obuhvata sljedeće kompetencije:

1. rješavati tehničke probleme, što uključuje znanja poput: identificiranja tehničkih problema i rješavanja tehničkih problema;
2. prepoznati potrebe i pronalaziti tehnološka rješenja, što uključuje znanja poput: prepoznavanja potreba i tehnoloških rješenja te prilagodbe digitalnog okruženja;
3. kreativno rješavati probleme korištenjem digitalnih tehnologija, što uključuje znanja poput: kreiranja znanja te inovativnih procesa i proizvoda, rješavanja konceptualnih problema i problemskih situacija;
4. identificirati raskorak u digitalnim kompetencijama, što uključuje znanja poput: razvoja vlastitih digitalnih kompetencija i praćenja razvoja, kao i razvoja tuđih digitalnih kompetencija.

Primjer digitalnih kompetencija

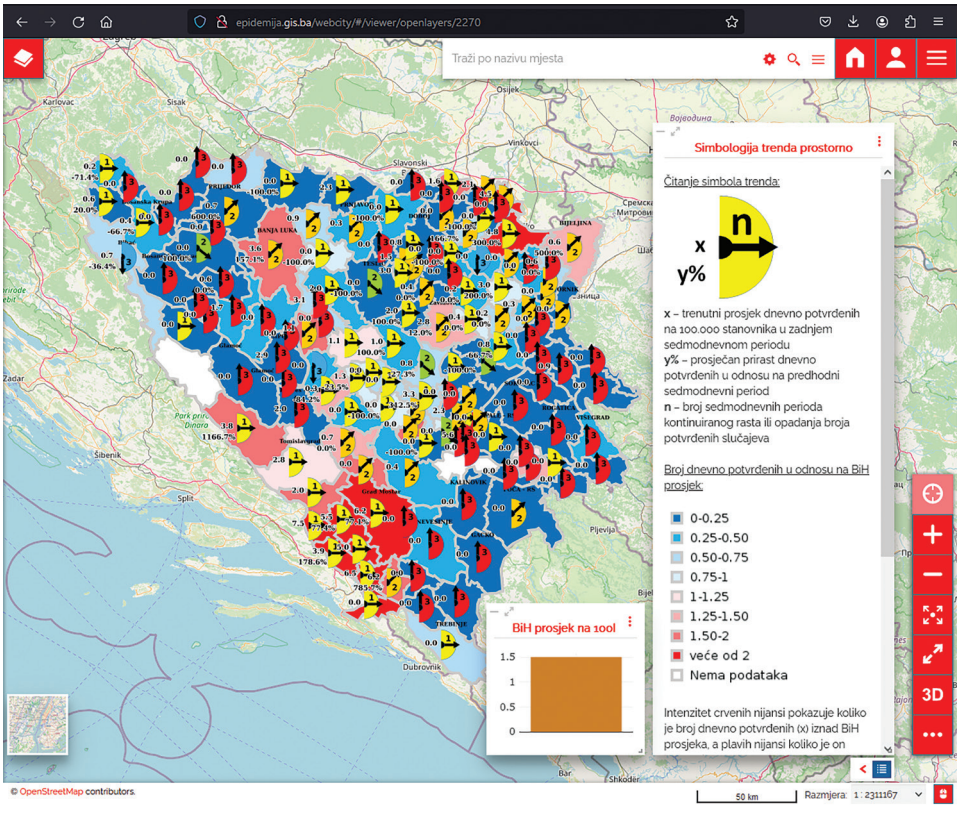
U okviru kompetencija područja informatičke i podatkovne pismenosti potrebno je obraditi sljedeće elemente pretraživanja, vrednovanja i upravljanja podacima i digitalnim sadržajem:

1. **Pregledati, pretražiti i filtrirati informacije i digitalni sadržaj:** izražavanje informacijske potrebe, pretraživanje, filtriranje i pristupanje informacijama i sadržaju u digitalnom okruženju, uspostavljanje i unapređivanje osobnih načina pretraživanja informacija;
2. **Vrednovati podatke i digitalni sadržaj:** analiziranje, uspoređivanje i kritička ocjena vjerodostojnosti i pouzdanosti izvora informacija i digitalnih sadržaja; analiziranje, interpretacija i kritička ocjena podataka i digitalnog sadržaja;

3. **Upravljati informacijama i digitalnim sadržajem**: organizacija pohrane i dohvata podataka i sadržaja u digitalnom okruženju, organizacija i obrada informacija i sadržaja u strukturiranom okruženju.

Digitalne kompetencije u kontekstu biosigurnosti

Digitalne kompetencije pokazale su se posebno bitnim u vrijeme pandemije COVID-19, kada su i nastavnici i učenici naglo morali da pređu na online način nastave. Negativan aspekt sveprisutnog i lakog internetskog informisanja bila je i poplava lažnih i pogrešnih informacija. Zato je potrebno znati prepoznati pouzdane izvore informacija. Primjer takvog sistema je Epidemiološki lokacijsko-obavještajni sistem (ELIS) Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine (ANUBiH: www.epidemija.gis.ba) (Slika 1). Učenici se trebaju upoznati s načinima kako prepoznati izvore informacija, odabrati



Slika 1. Primjer web-portala geoportala za epidemiološko praćenje *širenja* epidemije COVID-19 u Bosni i Hercegovini (ELIS) (Izvor: website portala www.epidemija.gis.ba)

odgovarajući, analizirati dostupne sadržaje, preuzeti podatke, strukturirati ih u obliku tabele te prezentirati u obliku postera.

Stoga je neophodno da steknu znanja korištenja odgovarajućih alata. Prije svega to se odnosi na korištenje internetskih preglednika poput Internet Explorera, Edgea, Firefoxa, Google Chroma ili Safarija. Nakon toga potrebno je i osnovno znanje nekog od alata za tablični i statistički proračun poput MS Office Excela, LibreOffice Calca ili Google Sheetsa.

Stariji ili napredniji učenici mogu koristiti i alate za uređivanje digitalnog sadržaja poput MS Office PowerPointa, LibreOffice Impressa ili Google Slidesa za kreiranje prezentacija. Također, ovo se može prezentirati na internetu za javnost koristeći alate za objavljivanje web-sadržaja poput WordPressa ili Google Sitesa (Slika 2).



Slika 2. Primjer web-portala – Biosigurnost (Izvor: www.biosigurnost.anubih.ba)

Literatura

1. Ala-Mutka K. Mapping Digital Competence: Towards a Conceptual Understanding. Luxembourg: Join Research Centre of the European Commission, 2011.
2. Barbieri A. Digitalna kompetencija nastavnika u kontekstu stručnog usavršavanja. Diplomski rad. Pula: Sveučilište Jurja Dobrile, 2020.
3. Catts R, Lau J. Towards Information Literacy Indicators. Information for All Programme (IFAP). Paris: UNESCO, 2008.
4. European Committee for Standardization. European e-Competence 3.0 Framework A common European Framework for ICT Professionals in all industry sectors. CEN, 2014. https://standards.cencenelec.eu (datum posljednjeg pristupa: 30. 1. 2024)
5. Hukić M, Ponjavić M, Serdarević F, Tahirović E, Karabegović A, Ferhatbegović E, Goletić T, Travar M, Uzunović S, Pilav A, Jogunčić A, Mulić M, Karakaš S, Avdić N, Mulabdić Z, Pavić G, Bićo M, Vasilj I, Mamić D, Huseinagić S, Nikolić A, Lazić D. Pandemija COVID-19 u Bosni i Hercegovini: mart/ožujak–juni/lipanj 2020. Sarajevo: Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, 2020.
6. ISPL: Information Society and Education: Linking European Policies. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies (datum posljednjeg pristupa: 30. 1. 2024)
7. Kampylis P, Punie Y, Devine J. Promoting Effective Digital-Age Learning – A European Framework for Digitally-Competent Educational Organisations. 2015.
8. Karabegovic A, Ponjavic M, Hukic M. Epidemic Location Intelligence System as Response to the COVID-19 Outbreak in Bosnia and Herzegovina. Appl Syst Innov 2021;4(4):79.
9. Suárez-Orozco M, Sattin C. Learning in the Global Era. U: Suárez-Orozco M. ur. Learning in the Global Era – International Perspectives on Globalization and Education. Los Angeles: University of California Press. Ross Institute, 2007:1-43.
10. Vrkić Dimić J. Kompetencije učenika i nastavnika za 21. stoljeće. Acta Iadertina 2013;10(1):49-60.
11. Žuvić M, Brečko B, Krelja Kurelović E, Galošević D, Pintarić N. Priručnik za korištenje Okvira za digitalnu kompetenciju korisnika u školi: učitelja/nastavnika i stručnih suradnika, ravnatelja i administrativnog osoblja. Zagreb: Hrvatska akademska i istraživačka mreža – CARNet, 2016.

ŠTA NAM DONOSE NOVE TEHNOLOGIJE?

Jasminka Hasić Telalović, Mirza Rastoder

Historijski udžbenici su zabilježili velike događaje koji su pomogli razvoj civilizacije koji je naročito intenziviran od vremena kada je čovječanstvo kročilo u industrijsku revoluciju. Detaljno opisani događaji, tehnološki izumi i inovacije opisani su u fazama razvoja od prve, preko druge i treće, a sad već i četvrte industrijske revolucije. U posljednje vrijeme, industrijske revolucije se nazivaju i tehnološkim revolucijama. Stoljeće u kojem živimo započelo je ispisivanje svoje historije kroz četvrtu industrijsku/tehnološku revoluciju i u posljednje vrijeme posebno primjetnu brzorastuću primjenu umjetne inteligencije, poznatu pod engleskim nazivom *Artificial Intelligence* ili skraćeno *AI*. Šta nam donosi nova tehnološka revolucija, kako se nositi s njom, trebamo li se plašiti vještačke/umjetne inteligencije ili ne?

Je li vještačka inteligencija prijetnja?

Od davnih dana, čovječanstvo je svaki novi izum ili tehnološki napredak posmatralo s dozom pažnje, opreza i često čak i neprihvatanja. U većini slučajeva, često poticani nedovoljnim poznavanjem i razumijevanjem tehnologija, neki ljudi su kreirali razne teorije zavjere, možda kako bi sebi olakšali poimanje i prihvatanje nečeg novog i drugačijeg.

Kroz historiju, tehnološki napredak je omogućavao otkriće izuma koji su unapređivali i olakšavali svakodnevni život. Treba imati na umu da nekada tehnološki napredak nije bio tako brz kao danas te da su ti procesi bili izuzetno spori, dugogodišnji, ali na kraju ipak uspješni i upečatljivi. Dok su ovi procesi trajali, postojali su ljudi koji su gledali tehnološki napredak s bojazni i smatrali su da se pojavilo neko čudo koje može da ugrozi tadašnji način života i prihvatljive društvene norme.

Na primjer, kada je prvi put predstavljen voz kao prevozno sredstvo, postojale su razne teorije i mišljenja o vožnji ljudi vozom jer se do tog doba

ljudi nikada nisu kretali tolikom brzinom. Kritičari su smatrali da ženska tijela zbog svoje građe neće podnijeti vožnju vozom, odnosno da će prilikom brzine od 50 milja na sat i više maternice iz njihovih tijela "izletjeti". Drugi su čak smatrali da bi se svako ljudsko tijelo moglo jednostavno otopiti prilikom brzine koju su postizali tadašnji vozovi.

Pojava telefona bila je sigurno enigma mnogim u 19. stoljeću. Izuzetno oštre kritike javno je iznosio i *New York Times* (renomirani američki časopis), smatrajući da će se pojavom telefona narušavati privatnost ljudi. Drugi su iznijeli stavove da je telefon doveo društvo na sklizak teren na kojem ćemo uskoro biti "ništa drugo doli prozirne hrpe želea", da će telefon učiniti ljude lijenim i nedruštvenim, a neki su bili uvjereni da će ova nova tehnologija omogućiti komunikaciju s mrtvima.

Pojava radija u 20. stoljeću imala je primarni cilj da poboljša komunikaciju između brodova na moru. Međutim, primjena radioveze se razvila i u druge svrhe. Ubrzo nakon radija, izum nazvan televizija uzeo je maha, prvo u američkoj kulturi, pa onda u ostatku svijeta. Međutim, i tada su mnogi kritičari smatrali da je pojava televizije izuzetno loša za društvo te da će naštetiti radiju kao dominantnom tadašnjem mediju. Smatrali su da "vulgarizacija koja se emituje na programima" neće donijeti ništa dobro razvoju društva.

Krajem 20. stoljeća, gledajući vremenski ne tako daleko i s velikim brojem savremenika koji su još uvijek živi, pojavio se kompjuter. Danas teško da možemo zamisliti život bez nekog oblika kompjutera. Na pojavu kompjutera kritičari su u mnogim člancima, ali i knjigama, definisali pojam "kompjuterofobija", odnosno strah od fizičkog dodirivanja kompjutera ili oštećenja onoga što je unutar njega. Godine 1996. publikovana je i knjiga pod nazivom *Women and Computers* koja upravo objašnjava razne fobije u vezi s kompjuterom. U knjizi se između ostalog spominje i paralizirajući strah od vjerovanja da bi kompjuteri mogli zamijeniti ljude ili porobiti cijelo čovječanstvo.

Hronološki gledano, sva dostignuća i izumi su kreirani s ciljem da se olakša svakodnevni život. Tehnološki razvoj nije bio ravnomjeran i primjena različitih izuma je bila neravnomjerna u svijetu, što je uticalo na to da su uslovi života bili znatno teži u nekim dijelovima svijeta. Međutim u 21. stoljeću, zahvaljujući razvoju i napredovanju transportnih tehnologija, čovječanstvo je postalo u potpunosti povezano, kako aviosaobraćajem, tako i internetom, ali i brzim vozovima i autima. Širenje primjena tehnoloških izuma postaje mnogo ravnomjernije u svijetu, što omogućava većem dijelu svjetske populacije da uživa u poboljšanju životnih uvjeta koje omogućavaju tehnološki izumi.

Međutim, 21. stoljeće donosi nove izazove. Industrijska revolucija 4.0 uveliko je zakucala na naša vrata. Mnogi naučnici i naučnice aktivno rade na usavršavanju umjetne inteligencije.

U posljednjih nekoliko decenija, neki tehnološki uređaji koji su imali jako široku primjenu su potpuno nestali, poput CD-a, DVD-a, floppy diska, te su ih zamijenili drugi uređaji i tehnologije. Mobiteli više nisu isti kao prije 10 godina, niti kompjuteri. Ove činjenice nam govore da se tehnološke primjene u društvu ubrzano unapređuju, optimiziraju i prilagođavaju potrebama društva.

Regulacija vještačke inteligencije

Razvoj novih tehnologija u današnje vrijeme je velikim dijelom baziran na razvoju umjetne inteligencije. Umjetna inteligencija je postala neizbježna u svakodnevnom životu. Čak su se i mnogi svjetski lideri i liderke na trenutak "uplašili" njezine daljnje primjene i razvoja. Razlog tome je što se svaka tehnologija, osim što se može iskoristiti za unapređenje uslova života, također može zloupotrijebiti. Zato je potrebno da prilikom primjene svakog tehnološkog izuma ili inovacije postoji društveni etički kodeks koji će odrediti smjernice za primjenu tehnologije kako bi ona rezultirala u dobrobiti društvu, a dobrobit se mora sagledati iz različitih uglova. Postalo je jasno da umjetna inteligencija, koliko god olakšavala određene procese, treba biti kontrolirana u cilju očuvanja etičkog kodeksa i sprečavanja, na primjer, narušavanja privatnosti ili manipulacije ljudima. Na primjer, razne države su pokrenule regulaciju AI. Predsjednik Sjedinjenih Američkih Država Joe Biden u novembru 2023. godine izdao je izvršnu naredbu o sigurnoj, zaštićenoj i pouzdanoj umjetnoj inteligenciji, koja se fokusira na:

- uspostavljanje novih standarda za AI za sigurnost,
- zaštitu privatnosti Amerikanaca i Amerikanki,
- unapređenje jednakosti i građanskih prava,
- borbu za potrošače, pacijente/ice i studente/ice,
- podržavanje radnika/ca,
- promicanje inovacija i takmičenja,
- promicanje američkog vodstva u inostranstvu,
- osiguravanje odgovorne i učinkovite vladine upotrebe umjetne inteligencije.

Ovo je dokument na osnovu kojeg će se nastaviti dalja regulacija i primjena vještačke inteligencije u američkom društvu.

Regulacija vještačke inteligencije je do sada na najvećem nivou u Evropskoj uniji koja je u aprilu 2021. godine predložila prvi EU regulatorni okvir za AI (engl. *AI Act*). U njemu je zapisano da se AI sistemi, koji se mogu koristiti u različitim aplikacijama, analiziraju i klasificiraju prema riziku koji predstavljaju za korisnike/ce. Različite razine rizika značit će više ili manje kontrole. Kršenje ovih pravila predviđa značajne novčane kazne. U decembru 2023. godine Parlament EU postigao je privremeni dogovor s Vijećem Evropske unije o Aktu o umjetnoj inteligenciji. Kada se započne s njegovom primjenom (za dvije godine od prihvaćanja), ovo će postati prvi zakon u svijetu o AI.

Koliko korisna umjetna inteligencija može biti možemo uvidjeti kroz jednu njenu važnu primjenu, a to je u razvoju medicine i dijagnosticiranja bolesti. Ova primjena ima obećavajuće rezultate koji nagovještavaju revoluciju u dijagnosticiranju i tretmanu bolesti, što će rezultirati unapređenjem kvaliteta života, ali i smanjenjem troškova zdravstvenog sistema.

Jedan od članaka koji nam daje uvid u ovu temu je: "Breast Cancer Classification Using Support Vector Machines (SVM)", koji koristi metode umjetne inteligencije kako bi kroz računarski model prepoznao koje pacijentice imaju maligni, a koje benigni rak dojke. U poređenju sa svim drugim zloćudnim bolestima, rak dojke jedan je od najčešćih kod žena. To je drugi vodeći uzrok smrti od raka kod žena. Rana i tačna dijagnoza omogućuje pravovremeno liječenje i poboljšava prognozu. Za ishod bolesti ključno je znati je li tumor maligni i benigni, što najiskusniji i najeduciraniji liječnici mogu konstatirati sa 79% tačnosti. Svrha ovog istraživanja je konstruirati računarski model koji premašuje ovu tačnost. U tu svrhu razmatrani su algoritmi mašinskog učenja. Oni nam omogućuju da učimo iz historijskih podataka za koje imamo poznatu klasifikaciju (podaci za obuku modela), testiramo izvedbu modela koristeći poznatu klasifikaciju (podaci za testiranje) i na kraju upotrijebimo razvijeni model za klasifikaciju nepoznatih podataka (podaci za validaciju). Konstruirali smo dva takva računarska modela korištenjem računarskog algoritma *Support Vector Machines* (SVM). Modeli su testirani na podacima o raku dojke s ukupno 569 redova (uzoraka) i 32 kolona (stavki) koji dolaze iz skupa podataka iz Wisconsina. Postignuta tačnost klasifikacije je 97%, što znatno premašuje tačnost dobro obučenih ljekara/ki.

Uticaj tehnologija na svakodnevni život

Svaka tehnološka revolucija donosi mnoge prednosti za društvo u cijelosti. Međutim, tehnološki izumi se mogu i zloupotrebljavati ili jednostavno pogrešno upotrebljavati, što može imati i nesagledive negativne posljedice.

Ključna komponenta za AI su historijski podaci iz kojih algoritmi "uče". Na osnovu historijskih podataka, ovi algoritmi prave nove predikcije. Stoga je za AI algoritme bitno da imaju pristupe što većoj količini podataka. Ono o čemu mi kao individue moramo da vodimo računa jest da su naši privatni podaci sigurni i da nema neovlaštenog pristupa njima.

Mnogi od nas su pomislili da se nama ne može desiti da budemo žrtva neke tehnološke prevare, ili da će neko iskoristi naše podatke u neprimjerene, nedozvoljene i štetne svrhe. Ukoliko nismo dovoljno pažljivi kada koristimo internet, postoji velika mogućnost da naše aktivnosti ostave digitalne podatkovne tragove koji se mogu zloupotrijebiti.

Upravljanje podacima postalo je primarno za razvoj tehnoloških izuma i metoda. Onaj ko posjeduje velike količine podataka, taj posjeduje i riznicu znanja iz koje se mogu zaključiti vrlo precizne informacije. Te informacije se mogu i zloupotrijebiti za narušavanje privatnosti kao i manipulaciju. Zbog svega ovoga, podaci se smatraju blagom našega doba.

Ali, ko, zašto i na koji način uzima naše podatke? Zašto mu/joj je to potrebno? Zašto bismo žrtva kibernetičkog (engl. *cyber*) kriminala bili baš mi? "Nemam ništa vrijedno", ili "Prestar/a sam", ili "Ja sam samo dijete", "moja je firma premala"… Upravo ovakve izjave potvrđuju nedostatak razumijevanja, što stvara problem za organizacije koje pokušavaju proširiti svijest o kibernetičkoj sigurnosti. Potrebno je osvijestiti društvo o kibernetičkoj sigurnosti i organizirati informiranje i obrazovanje javnosti.

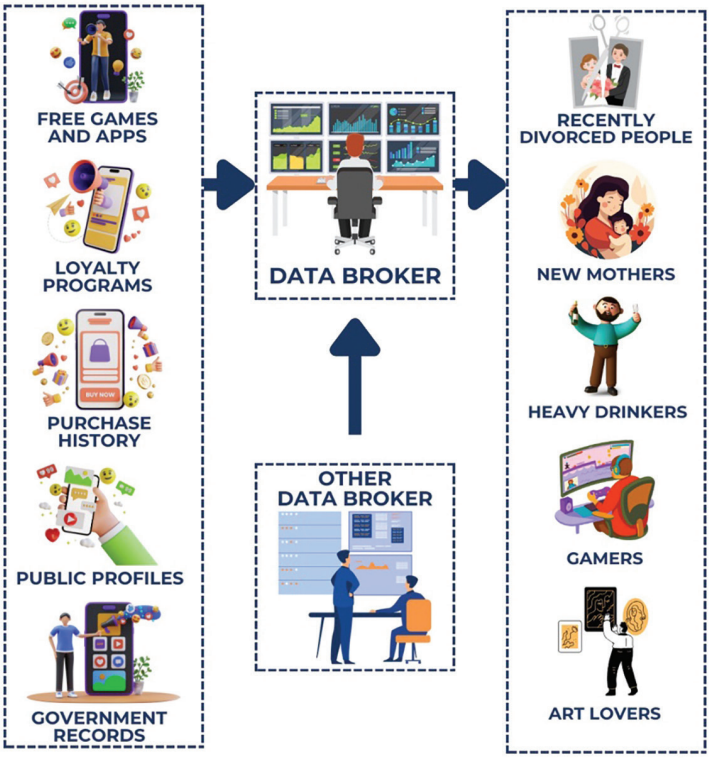
S obzirom na to da provodimo sve više vremena online, a svojim online aktivnostima ostavljamo puno tragova, ne prođe ni dan da naši podaci nisu kupljeni, prodani, razmijenjeni ili čak ukradeni. Ponekad, svjesno ili nesvjesno, dajemo svoje podatke online, automatski i bez razmišljanja prihvatamo uslove korištenja besplatnih aplikacija, bez razmatranja šta bi to moglo značiti za naše podatke i našu privatnost.

Prikupljanjem podataka mnogi zarađuju velike količine novca i ova djelatnost je postala veoma unosan biznis model. Koliko vrijede korisnički podaci?

Na primjer, e-mail adresa jednog korisnika/ce interneta vrijedi 89 $ za bilo koju robnu marku. Ako se sabere zajednički prihod kompanija za digitalno oglašavanje u Sjedinjenim Američkim Državama, podaci dobiveni od odrasle

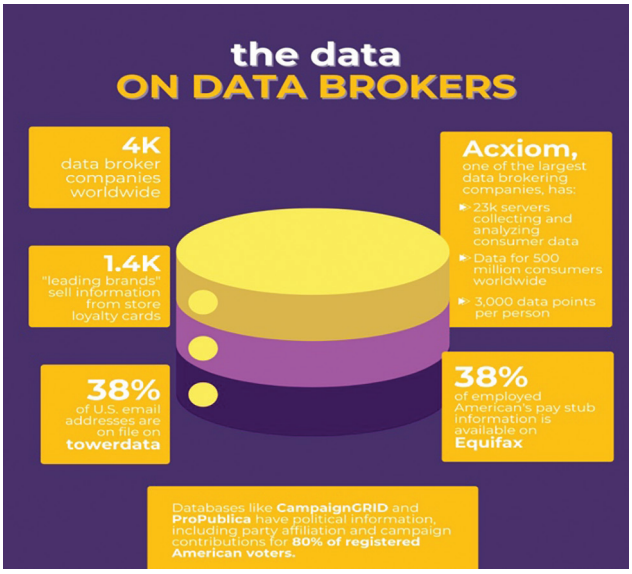
osobe vrijedili bi otprilike 35 $ mjesečno. Facebook je preuzeo WhatsApp za 19,6 milijardi dolara. To znači da je Facebook platio 39,6 dolara za svaki od WhatsApp korisnika/ca kojih je tada bilo 500 miliona. S obzirom na ovo, podaci su vrlo vrijedna roba i nastale su kompanije koje se bave trgovinom ove robe.

Data Broker je naziv za posrednike pri prikupljanju informacija: oni prikupljaju osobne podatke, pakiraju ih u pakete i prodaju trećim licima. Posredovanje pri prikupljanju podataka razvija se na modelu besplatnog interneta, u kojem besplatno razmjenjujemo svoje lične podatke i usluge, kroz pretraživače, društvene mreže, stranice s vijestima, igrice i sve vrste drugih mrežnih stranica, aplikacija i programa (Slika 1).



Slika 1. Proces toka funkcionisanja Data Broker (Izvor: autori)

Posrednici podataka sakupljaju informacije koristeći kombinaciju *offline* i *online* praćenja. Oni su današnji tzv. superdetektivi, sposobni da usklade "vrstu odjeće koju će nam preporučiti na osnovu lokacije/grada u kojem se nalazimo i trenutnih vremenskih uvjeta" (Slika 2).



Slika 2. Kako izgleda industrija tzv. Data broker? (Izvor: autori)

Industrija posrednika podataka generira blizu 200 milijardi dolara u ekonomskoj aktivnosti godišnje. Najveći posrednik podataka u Sjedinjenim Američkim Državama je Acxion korporacija, koja vrijedi više od 2 milijarde dolare i održava više od 500 miliona profila potrošača u svojim bazama podataka. Posjeduje preko 23.000 servera koji prikupljaju i analiziraju podatke o potrošačima.

Koje se to informacije prikupljaju?

Prikupljaju se korisničko ime, *šifra,* zdravstvene informacije, historijat transakcija, lokacija, hobi, sudske presude, porodični detalji, vrijeme korištenja računara, zanimanje, starosna dob, prihodi, status veze, historija pretraživanja, lični izgled, glasanje.

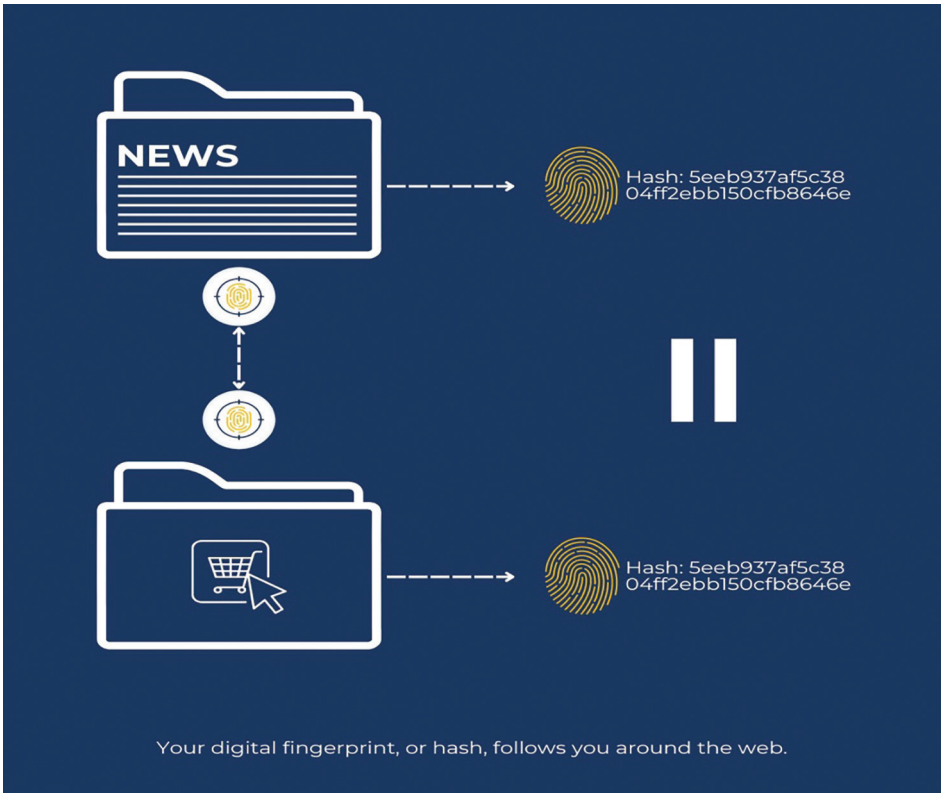
Na koje načine se prikupljaju podaci?

Informacije se prikupljaju pomoću Tracking cookiesa (kolačića), Browser fingerprintinga (otisak prsta preglednika), Web&Email beaconsa (pratitelji weba i e-maila), IP Address Trackinga (praćenje IP adrese), Ecommerce sitesa (web-stranice za trgovinu).

Primjer načina prikupljanja podataka

Browser fingerprinting ili otisak prsta preglednika naziva se i otiskom prsta uređaja ili *online* uzimanje otisaka prstiju. Posebno je relevantan za tehnike

praćenja koje web-stranice koriste za prikupljanje vaših podataka. Moderne funkcije web-stranica zahtijevanju korištenje skripti, koje predstavljaju skupove uputa ili smjernica koje našim preglednicima govore šta treba činiti. Radeći tiho u pozadini, skripte mogu identificirati mnogo informacija o vašem uređaju i pregledniku koje, kada se spoje zajedno, čine vaš jedinstveni online "otisak prsta" (Slika 3).

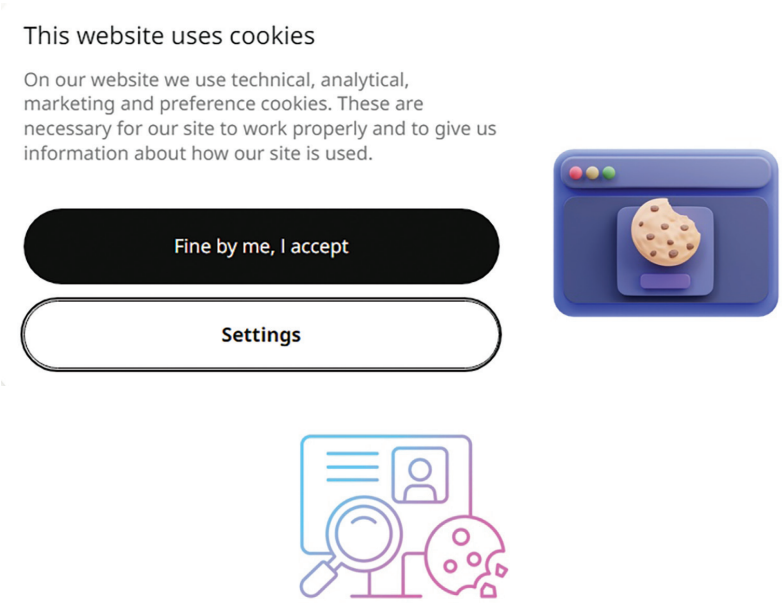


Slika 3. Kako browser fingerprinting funkcioniše? (Izvor: autori)

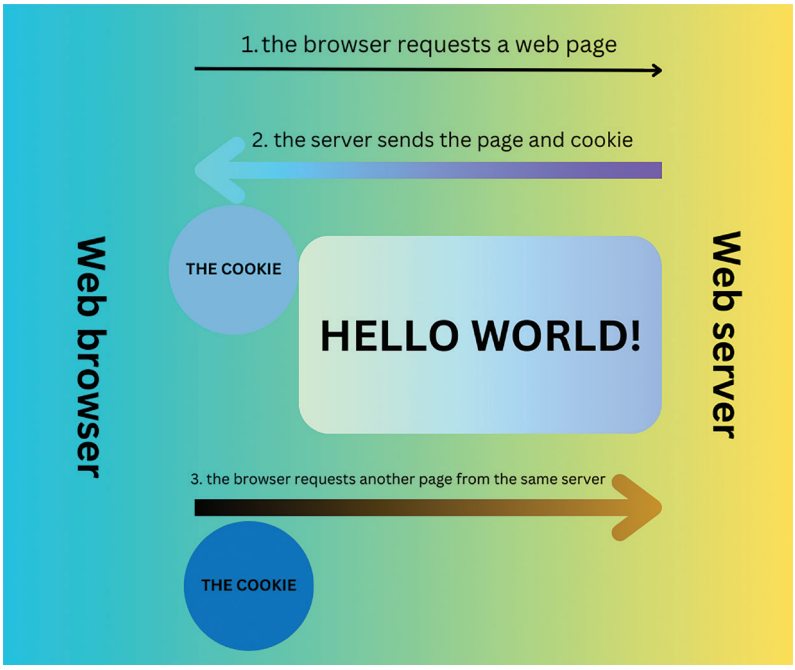
Ovaj otisak prsta može vas kasnije identificirati preko interneta i različitih sesija pregledavanja. Otisak prsta preglednika pruža dovoljno specifičnih atributa o našem uređaju i njegovim postavkama koje nas pouzdano identificiraju (s 90–99% tačnosti) u mnoštvu (milionima pa čak i milijardama) korisnika interneta.

Svima su vam sigurno poznati "kolačići", odnosno *cookies* (Slika 4).

Kolačići omogućavaju web-stranicama da vas zapamte, da zapamte vaše podatke za prijavu na web-stranicu, tokom kupovine ili slične aktivnosti (Slika 5).



Slika 4. *Cookies* (Izvor: autori)



Slika 5. Kako funkcionišu "kolačići"? (Izvor: autori)

Uz to, oni su također riznica privatnih podataka za kibernetičke kriminalce koji vas špijuniraju. Osnovno razumijevanje kolačića može nam pomoći da se određeni podaci ne pojave u zapisu naše internetske aktivnosti. Kolačići su tekstualne datoteke s malim dijelovima podataka koji se koriste kako bi identificirali računar dok ga koristite u mreži. HTTP (engl. *HyperText Transport Protocol*) kolačići se koriste za identifikaciju određenih korisnika/ca i poboljšavaju iskustva pregledavanja weba. Server kreira podatke pohranjene u kolačiću. Ovi podaci su označeni jedinstvenim brojem za vas i vaš računar. Veličina datoteke kolačića je 4KB.

Tehnološke revolucije su donijele društvu veliki napredak u kvaliteti svakodnevnog života. Predviđanja su da će trenutna tehnološka revolucija donijeti eksponencijalno više promjena. Ono o čemu trebamo voditi računa je da se tehnologija može i zloupotrijebiti. Stoga je potrebno da se ona regulira i etički koristi. U današnje vrijeme, podaci su novo blago i skupljanje podataka je vrlo unosan biznis jer podaci jako puno vrijede na marketinškom tržištu. Kako bismo se zaštitili od mogućih zloupotreba naših ličnih podataka, potrebno je da se informiramo o načinu na koji funkcioniraju tehnološki procesi i da tome prilagodimo svoje ponašanje kada koristimo internet ili uređaje koji su konektovani na internet.

Literatura

1. European Parliament. Artificial Intelligence Act: deal on comprehensive rules for trustworthy AI, 2023. https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20231206IPR15699/artificial-intelligence-act-deal-on-comprehensive-rules-for-trustworthy-ai (datum posljednjeg pristupa: 12. 3. 2024)
2. Grundy F, Martin A. Women and Computers. 1. Ed. Bristol, UK: Intellect Ltd, 1996.
3. Hasić Telalović J, Bašić-Čičak Dž, Osmanović A. Investigation of the Role of the Microbiome in the Development of Alzheimer's Disease Using Machine Learning Techniques. U: Ademović N, Mujčić E, Mulić M, Kevrić J. Akšamija Z. ur. Advanced Technologies, Systems, and Applications VII. IAT 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 539. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17697-5_48 (datum posljednjeg pristupa 14. 3. 2024. godine)
4. Telalović Hasić J, Salković A. Breast Cancer Classification Using Support Vector Machines (SVM). U: Advanced Technologies, Systems, and Applications VIII. IAT 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 644. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43056-5_16 (datum posljednjeg pristupa: 14. 3. 2024)
5. Lilienfeld SO, Lynn SJ, Ruscio J, Beyerstein BL. 50 Great Myths of Popular Psychology: Shattering Widespread Misconceptions about Human Behavior. USA: John Wiley & Sons, 2011.
6. The White House. Executive Order on the Safe, Secure, and Trustworthy Development and Use of Artificial Intelligence. Washington, USA, 2023. https://www.whitehouse.gov/

briefing-room/presidential-actions/2023/10/30/executive-order-on-the-safe-secure-and-trustworthy-development-and-use-of-artificial-intelligence/ (datum posljednjeg pristupa: 14. 3. 2024)

7. University of New Hampshire. CS 408 (01) – Living in a networked world: the good, the bad, and the ugly. Durham, Manchester, University of New Hampshire, 2023. https://courses.unh.edu/class/201750/55841(datum posljednjeg pristupa: 14. 3. 2024)

SAJBERBIOSIGURNOST I SAJBERSIGURNOST

Enes Hukić

Biosigurnost i sajbersigurnost (engl. *cybersecurity*) donedavno su bile odvojene discipline. Biosigurnost je prvenstveno usmjerena na smanjenje rizika povezanih s mikroorganizmima, biološkim materijalima, naučnim istraživanjima i tehnologijama, s ciljem zaštite ljudi, životinja, biljaka i okoliša od potencijalnih opasnosti koje proizlaze iz bioloških agenasa ili tehnologija.

Sajbersigurnost je fokusirana na sigurnost informacionih sistema. U posljednjih nekoliko godina primijećeno je preplitanje ove dvije discipline i potreba da se definiše sajberbiosigurnost kao hibridna disciplina, koja kombinuje sajbersigurnost, sajber fizičku sigurnost i biosigurnost.

Definicija i karakteristike

Sajberbiosigurnost definišemo kao razumijevanje ranjivosti na neželjeni nadzor, upade i zlonamjerne i štetne aktivnosti koje se mogu pojaviti unutar ili na sučeljavanjima povezanih životnih i medicinskih nauka, kibernetičkih, sajber fizičkih, lanca opskrbe i infrastrukturnih sistema te razvoja i uvođenje mjera za prevenciju, zaštitu, ublažavanje, istragu i pripisivanje takvih prijetnji koje se odnose na sigurnost, konkurentnost i otpornost.

Trenutna brzina razvoja novih tehnologija i novih naučnih dostignuća u svim poljima je najveća u historiji. Sve veći broj ljudi koristi nove tehnologije čak i u najudaljenijim područjima svijeta. “Internet of Things” (IoT) i vještačka inteligencija postaju dostupni svima koji imaju pristup internetu. IoT je mreža fizičkih uređaja, vozila, uređaja i drugih fizičkih objekata koji imaju ugrađene senzore, softver i mrežnu vezu, što im omogućava da prikupljaju i dijele podatke. Nove tehnologije su dovele do pojave novih profesija, povećale su produktivnost, neke profesije su postale “historija”, promijenile su način razmišljanja, rada i ponašanja. Zbog blagodeti koje su donijele, nove tehnologije su brzo prihvaćene i široko primjenjivane. Mnoge države su

uvele ili uvode informatizaciju zdravstvenog sistema (tzv. eZdravlje), koju podržava elektronička informatičko-komunikacijska infrastruktura. Mnogi prihvataju da se preko različitih uređaja prati njihova lokacija, broj koraka koji su napravili, sati koliko su spavali, otkucaji srca i slično te da im se sugerišu fizičke aktivnosti i/ili ih se upozorava na zdravstveno stanje. Sigurnost hrane u "pametnim" frižiderima je povećana zbog prisutnih senzora i softvera koji mjere temperaturu, vlažnost, očitavaju bar kodove i upozoravaju na rok upotrebe hrane ili da je došlo do promjene njenih hemijskih karakteristika itd. Na ulicama se pojavljuju samovozeći automobili, a kartično i online plaćanje su postali svakodnevnica

Međutim, s novim tehnologijama dolaze i sajberbiosigurnosni rizici poput: korištenja starih tehnologija u modernom dobu, zlonamjerne promjene proizvodnih procesa (npr. lijekova, hrane, hemikalija), zloupotrebe ličnih medicinskih podataka, korištenje "društvenog inžinjeringa" za širenje lažnih i opasnih informacija te navođenje pojedinca da učini nešto što nije u njegovom interesu putem falsificiranja identiteta, manipulacije emocijama, ispitivanjem granica povjerenja, manipulacijom društvenih algoritama, korištenjem lažnih autoriteta ili izvora itd.

Korištenje određenih ključnih riječi, hashtagova ili tehnika angažiranja publike može povećati šanse da lažne informacije budu prikazane širokom auditoriju.

Korištenje starih tehnologija u modernom dobu

U posljednje dvije decenije ukazala se potreba za tim da se većina novih uređaja poveže na internet. Međutim, neki stari uređaji su dizajnirani i napravljeni u doba kada IoT nije bio razvijen. U tom vremenskom periodu sajbersigurnost nije bila prioritet. Povezanost ovakvih uređaja na internet bez prethodne detaljne sigurnosne analize mogla bi izazvati katastrofalne posljedice.

U julu 2014. Ministarstvo domovinske sigurnosti (engl. *The Department of Homeland Security* – DHS) Sjedinjenih Američkih Država odgovorilo je na zahtjev Zakona o slobodi informacija (engl. *Freedom of Information Act* – FOIA) o napadu zlonamjernog softvera na Google pod nazivom "Operacija Aurora". Nažalost, DHS je napravio grešku u svom odgovoru. Objavili su više od 800 stranica dokumenata vezanih za "Aurora projekat", istraživanje koje je sprovela Nacionalna laboratorija Idahoa 2007. godine. Ovi dokumenti su razotkrili koliko je lako "hakirati" i oštetiti / izbaciti iz funkcije infrastrukturu kao što su npr. električni generatori i pumpe za vodu.

Većina infrastrukturne opreme širom svijeta napravljena je starim tehnologijama te je naknadnim priključivanjem na IoT postala laka meta terorista. Tako je npr. brojna komunalna oprema instalirana u vrijeme kada nije bilo IoT i interneta. Sigurnosne mjere koje su primijenjene prilikom instalacije ove opreme ne podržavaju u potpunosti zahtjeve koje nameću nove tehnologije. Organizirani napad na komunalnu opremu u gusto naseljenim mjestima mogao bi uzrokovati brojne biosigurnosne rizike kao što su poremećaji u snabdijevanju vodom i strujom, poremećaji u saobraćaju, komunalnim uslugama, veliki porast kriminala, haosa, epidemija i na kraju gubitak života.

Zlonamjerne promjene proizvodnih procesa

Manjak biosajbersigurnosti u industriji kao što su farmaceutska hemijska i proizvodnja hrane može dovesti do ogromnih finansijskih gubitaka, ugrožavanja zdravlja i života ljudi i životinja te ekološke katastrofe.

U farmaceutskoj industriji pri proizvodnji lijekova primjenjuju se procedure/ciklusi koji podrazumijevaju istraživanja, razvoj, proizvodnju i prodaju. S obzirom na to da se u proizvodnji, istraživanju i razvoju koriste IoT i vještačka inteligencija, svaki od ciklusa proizvodnje postao je potencijalna meta sajber napada. Ciljevi sajber napada u proizvodnji lijekova su brojni, poput krađe intelektualne svojine, prekida lanca snabdijevanja, manipulacije razvojem bioprocesa i bioproizvodnje. Ovakvim aktivnostima ozbiljno se narušava biosigurnost te ugrožava zdravlje ljudi, životinja, biljaka i ekosistema. Sajber napadi na ključne komponente informacionih tehnologija, korupcija kritičnih podataka i manipulacija sigurnosnim sistemima i infrastrukturom u potpunosti zaustavljaju proizvodnju i nanose velike ekonomske štete.

Zloupotrebe medicinskih podataka

Prije pojave pametnih telefona, svi medicinski podaci pacijenata uglavnom su bili pohranjeni u protokolima i historijama bolesti u zdravstvenim ustanovama i bili dostupni samo zdravstvenim radnicima. S pojavom pametnih telefona, a kasnije i drugih uređaja povezanih na internet (pametni satovi, narukvice), mnoge internetske korporacije kao što su Google, Facebook, Instagram itd. počele su da prikupljaju lične podatke korisnika uređaja. Korisnici bez puno razmišljanja prihvataju uslove korištenja aplikacija koje su sastavni dio ovih uređaja, a Data Brokeri, posrednici/e informacija ih prikupljaju, pakuju ih u "tematske" cjeline i prodaju trećim licima. Prvobitno, informacije su se

prodavale drugim kompanijama u svrhu oglašavanja, ali je vremenom došlo do zloupotreba. Prikupljeni lični i medicinski podaci postali su korisni prodavačima lažnih lijekova, nadriljekarima i drugim osobama koje zlonamjerno, putem "društvenog inžinjeringa", mogu ostvariti svoje ciljeve.

Korištenje "društvenog inžinjeringa" za širenje lažnih i opasnih informacija

S pojavom interneta, društvenih mreža i pristupačnosti vještačke inteligencije, došlo je i do pojave lažnih naučnih radova, pokreta i kampanja. Započela je masovna pojava različitih pokreta koji šire lažne informacije o vakcinama, antibioticima, dezinformacije o zdravlju, promoviraju štetne medicinske tretmane itd. Na različitim web-stranicima koje su bez bilo kakve recenzije pojavljuju se tekstovi o štetnosti vakcina i raznim teorijama zavjere. Antivakseri koriste taktike poput izobličavanja nauke, izmjena hipoteza, napadanja kritičara, tvrdeći da su vakcine toksične ili neprirodne. Ovi tekstovi se šire putem društvenih mreža (Facebook, Twiter, MySpace itd.). Nakon čitanja ovih tekstova, sve više roditelja odustaje od vakcinisanja svoje djece. Rezultat ovih kampanja su epidemije bolesti koje su bile skoro iskorijenjene zahvaljujući vakcinaciji.

Digitalne vještine, zajedno s vještačkom inteligencijom i društvenim mrežama su zloupotrijebljene za manipulisanje informacijama. Pored malicioznog obrađivanja i objavljivanja fotografija i lažnih vijesti, u posljednje vrijeme često se koristi alat zvani deepfake (duboko lažno). Naziv *deep-fake* je kovanica izvedena iz pojmova *deep learning* ("duboko učenje") i *fake* ("lažno, ono što nije originalno, nije autentično").

Društvene mreže i vještačka inteligencija omogućili su kreiranje *deep-fake* marketinga. Zlonamjerne osobe su u mogućnosti da generišu lažni video ili fotografiju na kojem su poznate osobe iz javnog života (glumci, pjevači, naučnici, sportisti) koji reklamiraju njihov proizvod. Rastući problem je *deep-fake* marketing lijekova, koji u najboljem slučaju nemaju štetne nuspojave, a u najgorem slučaju dovode do trajnog invaliditeta ili smrti. Žrtve *deep-fake* marketinga su i dvoje profesora, autora ove knjige. Jedna od njih je akademkinja Mirsada Hukić, čiji su lik i glas korišteni za reklamiranje nekih lijekova na društvenim mrežama i mobilnim telefonima (Viber obavještenja) (Slika 1).

S razvojem tehnologije javljaju se određeni rizici i stvaraju nove mjere za njihovo suzbijanje. U ovom lancu je najvažniji ljudski faktor. Potrebno je

kontinuirano educirati javnost o potencijalnim rizicima i načinima zaštite. U sajbernapadima često učestvuju individualci, ali i države koje je nemoguće identificirati, tako da su službe za provođenje zakona često nemoćne u procesuiranju počinilaca ovih djela.



Slika 1. Slika montirane fotografije akademkinje Hukić, koja navodno preporučuje upotrebu proizvoda protiv papiloma i parazita: primjer zloupotrebe slike stručnjaka u reklamiranju proizvoda, stvarajući dojam da stručnjak podržava proizvod, premda to nije istina

Literatura

1. Brand Vision Inisghts. The Rise of Deepfake Marketing – What Are the Cons and Pros? https://www.brandvm.com/post/deepfake-marketing (datum posljednjeg pristupa: 27. 1. 2024)
2. Fruhlinger J. Social engineering: Definition, examples, and techniques. http://www.csoonline.com/article/2124681/security-awareness/social-engineering-the-basics.html (datum posljednjeg pristupa: 7. 2. 2024)

3. Hussain A, Ali S, Ahmed M, Hussain S. The Anti-vaccination Movement: A Regression in Modern Medicine. Cureus 2018 Jul 3;10(7):e2919. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6122668/ (datum posljednjeg pristupa: 14. 1. 2024)
4. Mueller S. Facing the 2020 pandemic: What does cyberbiosecurity want us to know to safeguard the future? Biosaf Health 2021;3(1):11-21.
5. Murch RS, So WK, Buchholz WG, Raman S, Peccoud J. Cyberbiosecurity: an emerging new discipline to help safeguard the bioeconomy. Front Bioeng Biotechnol 2018;6:39.
6. ORACLE. What is the Internet of Things (IoT)? https://www.oracle.com/internet-of-things/what-is-iot/ (datum posljednjeg pristupa: 27. 1. 2024)
7. Swearingen M, Brunasso S, Weiss S, Huber D. What You Need to Know (and Don't) About the AURORA Vulnerability. http://www.powermag.com/what-you-need-to-know-and-dont-about-the-aurora-vulnerability/?pagenum=1 (datum posljednjeg pristupa: 1. 2. 2024)

UMJETNOST U SLUŽBI BIOSIGURNOSTI I BIOZAŠTITE

Senka Hukić Glamočak

Umjetnost je oblik izražavanja u kojem umjetnik pušta svoju maštu na slobodu te se prepušta svojim osjećanjima i kreativnosti. Cilj svakog umjetnika jeste da svojim djelom publici prenese određenu poruku na impresivan i prihvatljiv način. Igrajući se bojom, oblicima, maštom, osjećajima u stanju je učiniti da teže razumljive stvari postanu jasne. Historijski, umjetnička djela su se često koristila za popularizaciju i objašnjenje naučnih otkrića i teorija, ukazivala na društvene probleme, veličala ljepotu, pomagala u edukaciji itd.

Snaga umjetnosti je u njenoj univerzalnosti. Ona je svima prihvatljiva i razumljiva, ne poznaje etničke, rasne, spolne ili neke druge razlike. Umjetnost može govoriti različitim jezicima, uključujući: vizuelnu umjetnost poput slika i skulptura; scensku umjetnost poput pozorišta i plesa; književnost kroz knjige i poeziju; muziku i filmsku umjetnost. Svaka od ovih formi umjetnosti na svoj način ima snažan uticaj na ljude, kako na emocionalnom, tako i na intelektualnom nivou. Emocija je njen najjači adut pred kojim svi zastanu i razmisle (Slika 1). Umjetnost je tijesno povezana s naukom i svim segmentima društvenog života. Izuzetno brz razvoj nauke i tehnologije u posljednje vrijeme imao je snažan uticaj na materijale i metode kojima se umjetnici koriste, kao i na poruke koju umjetnost odašilje.

Ne tako davno, klasični slikarski materijali bili su platno, papir, uljane boje, akrilne boje i drugi. Skulptori su za oblikovanje svojih skulptura koristili kamen, drvo, glinu, metal, gips, bronzu i razne polimerne materijale, kao što su plastika ili smole. Uz pomoć ovih materijala stvarali su različite efekte, teksture, forme i detalje u radovima, ovisno o tehnikama i stilovima umjetnika. Međutim, danas umjetnost postaje transdisciplinarna. Pored klasičnih materijala i metoda, uključuje nove, nastale uz pomoć biologije, genetike, molekularne biologije ili informacionih tehnologija. Eksperimenti s genetski modificiranim organizmima u umjetnosti otvaraju složena pitanja o granicama



Slika 1. Edvard Munch: *Krik*. Slika prikazuje duboku uznemirenost, strah, tjeskobu. Slika je izložena u Nacionalnoj galeriji, Munkov muzej u Oslu (Izvor: Wikipedia. Edvard Munch; https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Edvard-Munch-The-Scream.jpg)

između prirodnog i umjetnog, etici genetskog inženjeringa i odnosu između čovjeka i prirode. Umjetnički projekti koji uključuju genetski modificirane organizme često imaju za cilj potaknuti na razmišljanje o utjecaju tehnologije na našu percepciju svijeta, biosigurnost i budućnost čovječanstva.

Kroz historiju umjetnosti

Kroz historiju, umjetnost se dokazala kao pouzdan promotor, saradnik i tumač biosigurnosti i biozaštite. Tome svjedoče brojna umjetnička djela koja prikazuju teme povezane s biosigurnošću i zaštitom od bioloških prijetnji. Najpoznatija među njima je *Gernika* Pabla Picassa. To je moćno umjetničko djelo koje oslikava i osuđuje strahote rata. Njegova simbolika i emotivni naboj naglašavaju i potrebu za zaštitom ljudskih života, okoliša, važnosti mira, sigurnosti i zaštite u kontekstu biosigurnosti i biozaštite (Slika 2).

Slikari Thomas Eakins i Rembrandt van Rijn bavili su se anatomijom ljudskog tijela i prikazima hirurških operacija i lekcija iz anatomije potičući na razmišljanje o medicinskim istraživanjima, postupcima, sterilnosti, higijeni, zaštiti pacijenta i nužnosti biosigurnosnih praksi u zdravstvenim ustanovama (Slika 3).



Slika 2. Pablo Picasso: *Guernica*, 1937. Inspirirano događajem iz Španjolskog građanskog rata. Slika se čuva se u Madridu u Umjetničkom centru Nacionalnog muzeja kraljice Sofije (Izvor: Museo Reina Sofía Library. https://www.museoreinasofia.es/en/collection/artwork/guernica)



Slika 3. Tomas Eakins: *The Gross Clinic*. Slika prikazuje operativni zahvat i ukazuje na brojne biosigurnosne prijetnje, koje u to doba nisu bile prepoznate (lijevo) (Izvor: Philadelphia Museum of Art. https://store.philamuseum.org/eakins-portrait-of-dr-samuel-d- gross-the-gross-clinic-archival-poster/)

Van Rijn Rembrandt: *The Anatomy Lesson of Dr. Nicolaes Tulp*. Slika prikazuje interes za građu ljudskog tijela (desno) (Izvor: Wikipedia. The Anatomy Lesson of Dr. Nicolaes Tulp; https://en.wikipedia.org/wiki/The_Anatomy_Lesson_of_Dr._Nicolaes_Tulp)

Među umjetnicima koji su se posvetili biološkoj umjetnosti i biosigurnosti na sasvim novi i orginalni način su Heather Dewey-Hagborg, Eduard Kac, Jalile Essaidi, Maja Halilović i Agnes Meyer-Brandis. Heather Dewey-Hagborg koristila je rezultate DNA analize u svojim umjetničkim projektima

kako bi odredila morfološke karakteristike i stvorila portrete ljudi čiji je DNK izolovan iz dlake ili opušaka pronađenih na ulici. Na osnovu sekvenci DNK koje određuju neke osobine pojedinaca (spol, rasa, razmak između očiju itd.) kompjuterski rekonstruiše portrete, stvara skulpture pomoću 3D printera, da bi u konačnici napravila maske slučajnih prolaznika (Slika 4). S obzirom na to da je biološke uzorke prikupljala u javnim prostorima, bez znanja i dozvole osoba kojim pripadaju, postavlja se pitanje o etičkim i društvenim implikacijama, uključujući narušavanje privatnosti, kršenje prava pojedinca na kontrolu nad vlastitim genetskim informacijama, zloupotreba podataka za identifikaciju pojedinaca u kriminalne svrhe ili pristup osjetljivim informacijama kao što su nasljedne bolesti i slično.



Slika 4. Heather Dewey-Hagborg: Maske iz ciklusa *Stranger Visions* (Izvor: Raspi E. Can cyber art show the unseen inside us? https://www.maize.io/cultural-factory/heather-dewey-hagborg-cyber-art/)

Umjetnica Jalile Essaidi u svojim eksperimentima je koristila genetski modificirane bakterije i gljive kako bi proizvela materijal sličan koži, nazvan *Biogrow*. Također, Maja Halilović, prva biodizajnerica iz Bosne i Hercegovine, posvetila se istraživanju biomaterijala poznatog kao SCOBY (engl. *symbiotic culture of bacteria and yeast*), tj. simbiozna kultura bakterija i kvasca) i dizajniranju odjeće od njega (Slika 5).

U današnjem svijetu, koji teži inovaciji, održivosti i odgovornosti, uloga biomaterijala u transformaciji tradicionalnih pristupa tekstilu od velike je važnosti za zaštitu okoliša, zbog njihove održivosti i razgradivosti. Iako ovakav



Slika 5. Maja Halilović: kreacija od biorazgradivog materijala SCOBY (Izvor: Al & Björk CCOBY Project. https://majahalilovic.com/aiscoby-bjork-project/)



Slika 6. Edvard Kac: GFP Bunny. Laboratorijski uzgojen i genetski modificiran albino zec koji u mraku isijava zelenu svjetlost (izvor: Es Baluard Museu d'Art Contemporani de Palma; https://www.esbaluard.org/en/exposicion/eduardo-kac-lagoogleglifo-2/)

pristup izaziva razna pitanja o etici i sigurnosti, on istovremeno potiče na razmišljanje o načinima na koje bi tehnologija mogla promijeniti naš odnos prema materijalima i okolišu. Veliki interes javnosti privukao je eksperiment Eduarda Kaca, koji uključuje genetski inženjering i produkciju genetski modificiranih organizama. Njegovo najpoznatije djelo je *GFP Bunny*, odnosno laboratorijski uzgojen albino zec koji u mraku isijava zelenu svjetlost. Zbog usađenoga gena GFP pacifičke meduze, zec, obasjan UV zrakama, odašilje fluorescentnu zelenkastu svjetlost u mraku (Slika 6).

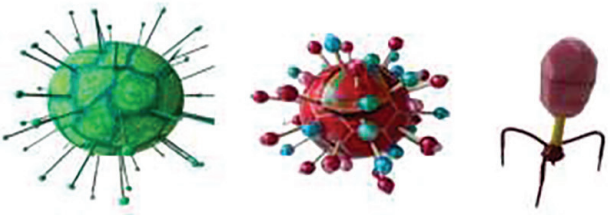
Očekivano, spoj nauke i umjetnosti u ovom obliku neminovno pobuđuje strahove, nameće brojna pitanja i dileme te traži odgovore. Umjetnost koja uključuje genetski modificirane organizme poziva promatrače da razmišljaju o posljedicama tehnoloških intervencija u prirodi, kontroli nad životom i prirodom te da preispitaju svoje stavove o granicama između umjetnog i prirodnog, kao i o etičnosti takvih intervencija. Ovakvim umjetničkim projektima umjetnici kao što je Eduardo Kac pozivaju na javnu raspravu o složenim pitanjima koja se tiču biotehnologije, odnosa čovjeka prema prirodi.

Biosigurnost kroz umjetnost u školama

Edukacija učenika osnovnih i srednjih škola kroz različite vidove umjetnosti je najprihvatljiviji, najinteresantniji i najzabavniji način učenja. Različiti umjetnički pravci mogu se koristiti da se unaprijedi svijest učenika o postojanju mikrosvijeta i biološkim opasnostima te kako upozoriti na njih i zaštititi sebe i druge.

Čudesni mikrosvijet

Slike koje prikazuju bakterije, viruse, gljive ili parazite pomažu u vizualizaciji i boljem razumijevanju ovih nevidljivih prijetnji. Kada je god to moguće, treba omogućiti učenicima da pogledaju pod mikroskopom različite biološke uzorke, najbolje svoje (pljuvačku, stolicu, bris usne šupljine), kako bi se uvjerili da se u njima nalaze mikroorganizmi! Na osnovu prikazanih slika i posmatranih živih mikroorganizama učenici stvaraju svoj mikrosvijet, crtaju ga ili prave modele mikroorganizama, kao što su to uradili učenici Osnovne škole "Novi Grad" u Tuzli (Slika 7). Ono što vide svojim očima i naprave svojim rukama, sigurno ne zaboravljaju. Jedna od mikrobioloških metoda je kultivisanje bakterija i gljiva na hranljivim podlogama u Petrijevim pločama. Kolonije bakterija mogu biti vrlo impresivne i privlače pažnju svojim izgledom, bojom i mirisom. Koristeći se Petrijevim pločama i različitim materijalima poput boje, žice, kolaža, zlatnih i srebrenih listića, Senka Hukić Glamočak stvorila je svoj specifični mikrosvijet (Slika 8).



Slika 7 a-c. Djelo učenika OŠ "Novi Grad" Tuzla: Modeli virusa. Projekt "Biosigurnost i biozaštita u osnovnim i srednjim školama u Bosni i Hercegovini"



Slika 8. Senka Hukić: Čudesni svijet mikroorganizama zarobljen u Petrijevim pločama, viđen okom umjetnika

Svijest o javnom zdravlju kroz umjetnost

Umjetnost je dobar partner u obrazovanju javnosti o značaju javnog zdravlja, od vizualizacije zdravstvenih problema do promocije zdravstvenih kampanja.

Knjige i slikovnice

Ilustriranje knjiga, slikovnica, bojanki i drugih štampanih promotivnih materijala vrlo je korisno za bolje i lakše razumijevanje i pamćenje poruka. U toku pandemije COVID-19 učenici umjetničke škole su za najmlađe kreirali bojanku s pričom o malom koronavirusu (Slika 9). Djeca su je rado čitala i bojila i tako puno naučila o virusu, bolesti i zaštiti.



Slika 9. Bojanka za djecu s pričom o malom koronavirusu. Projekt "Biosigurnost i biozaštita u osnovnim i srednjim školama u Bosni i Hercegovini". Rezultat saradnje učenika Javne ustanove Mješovite srednje Građevinsko-geodetske škole Tuzla i Zavoda za biomedicinsku dijagnostiku i ispitivanje "Nalaz"

Umjetnost u službi edukacije o vakcinaciji

Umjetnički projekti i kampanje mogu biti efektivni u promociji nošenja zaštitnih maski i vakcinacije te demistifikaciji zabluda o vakcinama. Učenici osnovne škole na svoj način su prikazali dobrobit vakcina (Slika 10 i 11).



Slika 10. Rad učenika Srednje škole primijenjenih umjetnosti, smjer Grafički dizajner. Tuzla. Projekt "Biosigurnost i biozaštita u osnovnim i srednjim školama u Bosni i Hercegovini": Zaštite od infekcije nošenjem maski i vakcinacijom



Slika 11. Rad učenika Srednje škole primijenjenih umjetnosti, smjer Grafički dizajner. Tuzla: Snaga vakcina. Projekt "Biosigurnost i biozaštita u osnovnim i srednjim školama u Bosni i Hercegovini"

Infografike

Infografike su savršen način kako umjetnost i dizajn mogu učiniti kompleksne postupke pristupačnijima i razumljivijima učenicima. Infogram je alat koji omogućava kreiranje vizualno privlačnih i informativnih grafikona, dijagrama i slika. Ovakve vizualne prezentacije lakše je shvatiti i upamtiti nego tekstualne poruke (Slika 12).

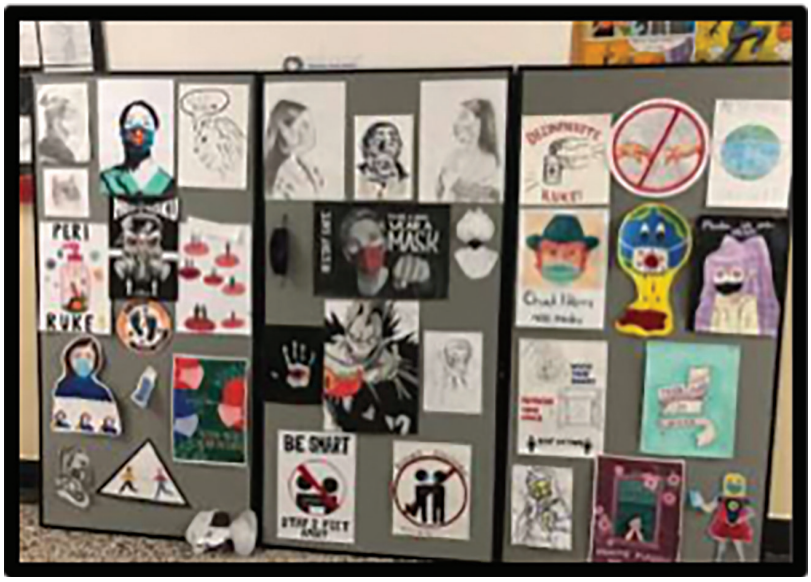


Slika 12. Infografika. Bojanka za djecu s pričom o malom koronavirusu: Kako pravilno nositi masku?

Ilustracija, plakat, strip, modeli

Vizuelno prenošenje poruka u svrhu podizanja svijesti na temu biozaštite i biosigurnosti svima je jasno i veoma efektno. Koristeći plakat kao komunikacijski medij moguće je kreirati i vizualizirati poruke koje želimo poslati javnosti kako bismo ih informisali, upozorili ili savjetovali o problemima biološke opasnosti i mikroorganizama. Plakatom možemo vizualno uobličiti te direktno ili simbolički predstaviti prijetnje, probleme ili rješenja ovog problema (Slika 13). Bez obzira na to da li se koriste prepoznatljiva umjetnička djela ili se kreira vlastita ilustracija u kombinaciji s tekstualnom porukom, na kreativan način ćemo spajati elemente u kompoziciju koja nosi snažnu i jasnu poruku.

Virusima, bakterijama, gljivama i parazitima učenici mogu dati karakter i dušu te ih koristiti da promoviraju biosigurnost kroz stripove i animirane filmove. Kroz odnos dobrih i zlih mikroorganizama, ljudi i životinja, može se ispričati zanimljiva priča o odnosu živih bića, biološkim prijetnjama i zaštiti.



Slika 13. Rad učenika Građevinsko-geodetske škole, Smjer slikarski i grafički dizajner: "Kako se zaštititi od COVID-19 bolesti?" Izložba učenika, Tuzla 2021.

Sa svojim specifičnim karakteristikama modeli i skulpture mikroorganizama ili njihovih dijelova te zaštitna oprema i pribor napravljeni od različitih materijala, gline, plastelina, balona, slatkiša, vune, platna, čačkalica, špenadli, impresivni su podsjetnici na potencijalnu opasnost i biosigurnost.

Zaštita okoliša i umjetnost

Umjetnost može skrenuti pažnju na važnost očuvanja okoliša, kao i na povezanost zdravog okoliša s globalnom biosigurnošću. Angažiranost učenika u ovoj oblasti je od izuzetne važnosti. Svojim radovima upozoravaju na različite okolišne probleme. Tako su učenici umjetničke škole izložbom pod nazivom "Je li ovo tvoje" ukazali na probleme nepravilnog zbrinjavanja otpada i zagađenja zraka (Slika 14).

Fotografija i fotogrami

Fotografija je moćno sredstvo koje nam omogućuje da zabilježimo trenutke, izražavamo kreativnost i šaljemo poruke. Jedna od ideja za fotografiju na temu biosigurnosti putem umjetnosti bila bi snimanje osoba kako propisno rukuju biološkim materijalima ili hemikalijama u svom radnom prostoru. Na fotografiji se može prikazati pravilno nošenje zaštitne opreme, poput



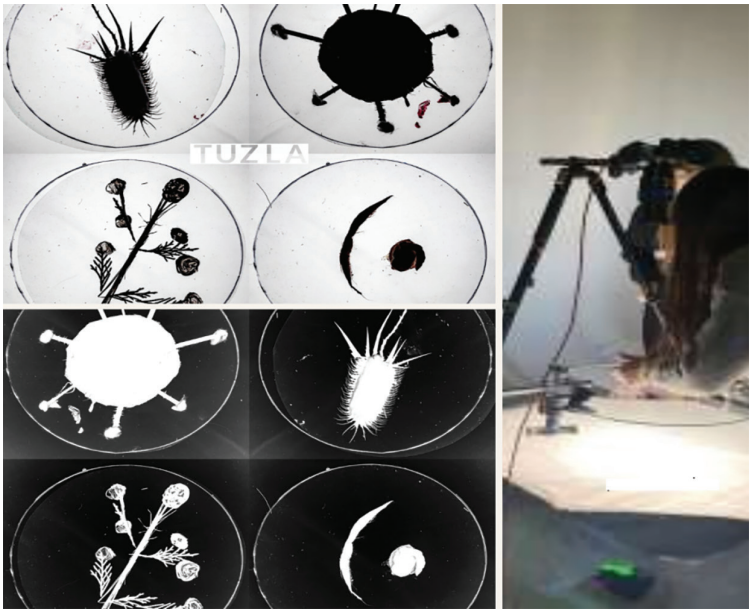
Slika 14. Učenici Javne ustanove Mješovite srednje Građevinsko-geodetske škole, Tuzla: Izložba "Je li ovo tvoje?" Učenici skreću paţnju na ekološke i biosigurnosne izazove. Tuzla, decembar 2023.

rukavica, maski, naočala i mantila tokom rada u laboratoriji. Na taj način fotografija bi mogla istaknuti važnost sigurnog rukovanja materijalima i podići svijest o biosigurnosti učenika i šire javnosti.

Kroz fotoproces i vizualizaciju mikrosvijeta kroz formu fotograma moguće je prikazati čudesne oblike virusa, bakterija, gljiva. Koristeći svjetlo i fotoaparat kao alat, moguće je beskrajno eksperimentisati s različitim materijalima te simulirati slike magičnog svijeta mikroorganizama. Preklapajući transparentne i svjetlosno nepropusne materijale (poput stakla, fluida, plastike), moguće je na kreativan način stvarati nove oblike inspirisane ilustracijama ili mikroskopskim prikazima mikroba (Slika 15).

Biosigurnost u digitalnoj umjetnosti

Digitalna umjetnost pruža nove mogućnosti za istraživanje i predstavljanje tema vezanih za biosigurnost, od virtualne stvarnosti do digitalnih instalacija. Umjetnici mogu koristiti digitalne alate za stvaranje interaktivnih iskustava koja educiraju o sigurnom rukovanju biološkim materijalima ili prikazuju složene koncepte biosigurnosti na jedinstven način. Također, logo, kao simbol projekta, institucije, događaja, obično se izrađuje digitalnim tehnikama, što omogućuje kreativnost (Slika 16).



Slika 15. Učenici Srednje umjetničke škole, Tuzla. Radionica "Mikrosvijet kroz objektiv" (fotografije i fotogrami). Projekt "Biosigurnost i biozaštita u osnovnim i srednjim školama u Bosni i Hercegovini". Internacionalni Burch Univerzitet. Sarajevo, februar 2024.



Slika 16. Logo Projekta "Biosigurnost i biozaštita u osnovnim i srednjim školama u BiH". Dizajn: Alisa Matar Šučurović

Umjetnost i mentalno zdravlje u doba pandemije

Pandemija COVID-19 istakla je važnost umjetnosti u očuvanju mentalnog zdravlja i pružanju utjehe u teškim vremenima. U jeku pandemije, često je na snazi bila zabrana kretanja i okupljanja, zbog čega su mnogi bili izolirani i preusmjereni na komunikaciju preko interneta. Djeca su prestala redovno pohađati u školu, a nastavu pratili na televiziji, umjesto u učionici, što je stvorilo dodatni stres i nelagodu. Uz strahu od bolesti, mnogim je bila potrebna podrška

da prebrode teški period i da se vrate svom normalnom životu. Različite kulturne manifestacije, koncerti, predstave, izložbe i radionice za roditelje i djecu imale su snažan uticaj na mentalno zdravlje. Na primjer, kroz radionice slikanja, ljudi su pronalazili utjehu i inspiraciju. Kopirajući djela velikih umjetnika, uz pratnju tematske muzike koja odražava vrijeme i kontekst u kojem je slika nastala, raspoloženje, optimizam i osjećaj zajedništva vraćali su se u život učesnika. Umjetnost je postala sredstvo izražavanja emocija, povezivanja s drugima te prevladavanja izazova koje je donijela pandemija (Slika 17, 18, 19).



Slika 17. Voditeljica radionice slikarstva sa svojim saradnicama. Obučene u stilu Fride Kahlo



Slika 18. Slika prikazuje atmosferu i proces nastanka slika u post-COVID periodu koji je zahtijevao jačanje duševnog mira i samopouzdanja. Voditeljice radionice Senka Hukić Glamočak i Azra Bektašagić. “Kafe Apoteka”. Bosanski Šamac, mart 2022.



Slika 19. Sretna i ponosna lica učesnica radionice slikarstva, posvećenih radovima Modigliani Amadeo. Sve su bar za čas postale slikarke iz nekog drugog vremena, odvojene od pandemije i drugih problema sadašnjosti. Voditeljice radionice Senka Hukić-Glamočak i Azra Bektašagić. Centar za kulturu Tuzla. Tuzla novembar 2022.

Uloga umjetnosti u prenošenju nauke

Savremeno doba zahtijeva sve snažnije povezivanje bioloških nauka i digitalnih tehnologija s umjetnošću. Neizbježna je upotreba novih materijala koji postoje na tržištu, kao i eksperimentisanje s novim. Učenici su već usvojili brojne informatičke alate za grafički dizajn. Učenike treba ohrabrivati da istražuju i da se na produktivan način koriste naprednim digitalnim tehnologijama te da kroz svoj rad promoviraju biosigurnost, zdrav život i okoliš (Slika 20).



Slika 20. Spoj nauke i umjetnosti u rješavanju različitih izazova (How art and science collide to make the perfect environmental copy. https://copyforchange.com/2015/10/30/when-art-and-science-collide/)

Literatura

1. Es Baluard Museu d'Art Contemporani de Palma. Edvard Kac. https://www.esbaluard.org/en/exposicion/eduardo-kac-lagoogleglifo-2/ (datum posljednjeg pristupa: 12. 3. 2024).
1. Halilović M. Al and Björk CCOBY Project. https://majahalilovic.com/aiscoby-bjork-project/ (datum posljednjeg pristupa: 12. 3. 2024).
2. How art and science collide to make the perfect environmental copy. https://copyforchange.com/2015/10/30/when-art-and-science-collide/ (datum posljednjeg pristupa: 15. 3. 2024)
3. Janson HW. Istorija umjetnosti. Prosveta: Beograd, 1987.
4. Philadelphia Museum of Art. Tomas Eakins. https://store.philamuseum.org/eakins-portrait-of-dr-samuel-d-gross-the-gross-clinic-archival-poster/) (datum posljednjeg pristupa: 28. 2. 2024)
5. Raspi E. Can cyber art show the unseen inside us? https://www.maize.io/cultural-factory/heather-dewey-hagborg-cyber-art/ (datum posljednjeg pristupa: 20. 2. 2024)
6. The Museo Reina Sofía Library. Pablo Picasso. https://www.museoreinasofia.es/en/collection/artwork/guernica (datum posljednjeg pristupa: 10. 3. 2024)
9. Wikipedia. Edvard Munch. https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Edvard-Munch-The-Scream.jpg (datum posljednjeg pristupa: 27. 2. 2023)
10. Wikipedia. The Anatomy Lesson of Dr. Nicolaes Tulp. https://en.wikipedia.org/wiki/The_Anatomy_Lesson_of_Dr._Nicolaes_Tulp (datum posljednjeg pristupa: 10. 3. 2024)

PREDSTAVLJANJE TEMATSKIH CJELINA I KURIKULUMA U PODRUČJU BIOSIGURNOSTI I BIOZAŠTITE U OSNOVNIM I SREDNJIM ŠKOLAMA BOSNE I HERCEGOVINE

Dženisa Buljugić, Dolores Hadžić

Razvijanje ključnih kompetencija učenika u projektu

Uloga prosvjetnih radnika u nastavi za cjeloživotno učenje obuhvata objedinjavanje učeničkih znanja i iskustava u cilju da učenici iskoriste svoje teoretsko znanje u svakodnevnim životnim situacijama, da ga koriste izvan škole, da im omoguće interdisciplinarno povezivanje između predmeta, da ih spremaju za usvajanje novog gradiva postavljanjem pitanja za razmišljanje koja ih uvode u novu nastavnu jedinicu. Također je veoma važna uloga nastavnika u izvođenju projektne nastave, u okviru koje su sada nastavnici samo mentori/voditelji samog projekta, a učenici njegovi nosioci. Učenici su ti koji osmišljavaju načine implementacije projekta, identificiraju strategije za rješavanje problema, formiraju grupe u odnosu na individualne slabosti i prednosti itd. Nastavnik je ključna komponenta u praćenju i vrednovanju njihovog rada, razvija samokritičnost učenika u procjenjivanju vlastitih postignuća, kao i postignuća ostalih članova, podstiče ih na razvijanje kritičkog razmišljanja, postavljanje pitanja o svemu što im nije jasno ili nejasno u radu na projektu ili u grupi.

S druge strane, uloga učenika u odgojno-obrazovnom procesu je ključna, a ujedno i razlog postojanja škole. Upravo zbog toga neophodno je da se sve učeničke aktivnosti, bilo nastavne, vannastavne, projektne, identificiraju i formiraju shodno učeničkim potrebama, da bismo mogli učenika staviti u sami fokus rada. Iskustvo nam govori da pristup učenicima treba biti individualan,

jer su učenici različiti, pa neko najbolje usvaja znanje rješavanjem zadatih problema, kod nekoga je najbitniji sadržaj, kod nekog istraživački rad. Međutim, u ovom projektu je najbitnije osposobiti učenika da bude u ulozi istraživača koji će stalno propitivati, raspravljati, formirati istraživačka pitanja, hipoteze, analizirati i donositi zaključke na osnovu svojih vlastitih istraživanja. Napredak i razvoj učenika mogu se postići samo uz naglašenu aktivnost samih učenika, pri čemu je važno poštivanje individualnih razlika u učenju te raznovrsnost intelektualnih, senzornih, praktičnih i izražajnih aktivnosti. Svojim pozitivnim osobinama projektna nastava može odgovoriti na navedene potrebe za aktivnošću učenika i njihovim cjelovitim razvojem.

Znanja iz područja biosigurnosti i biozaštite koristimo u svakodnevnom životu. Stečene vještine i kompetencije pomoći će u očuvanju vlastitog zdravlja, ali i zdravlja naših ukućana i prijatelja. U borbi protiv nevidljivih i opasnih uzročnika bolesti važno je ponašanje svakog pojedinca, jer štiteći sebe štitimo i druge. Tako biosigurnost definiramo kao skup mjera koje će nas zaštiti od opasnih mikroorganizama, bilo u svakodnevnom životu, ili ako s njima dolazimo u kontakt na radnom mjestu. S druge strane, biozaštita je usmjerena na smanjenje mogućnosti da se neki mikroorganizam namjerno koristi kao biološko oružje.

Poznavanje osnova biosigurnosti i biozaštite kod učenika razvija skup znanja, vještina i stavova koje svim pojedincima trebaju za lično ispunjenje (lični napredak) te lično ostvarenje i razvoj, mogućnost zaposlenja, socijalnu uključenost, održiv način života, uspješan život u miroljubivom društvu i zdrav način života.

Razvijanje učeničkih vještina i kompetencija iz područja biosigurnosti i biozaštite predstavlja u perspektivi njihovo cjeloživotno učenje, od rođenja do odrasle dobi, te kroz formalno, neformalno i informalno učenje u svakom kontekstu, s posebnim fokusom na aktivno razvijanje mnogih vještina.

Vještine rukovanja biološkim materijalima. Učenici stiču praktično iskustvo u sigurnom rukovanju biološkim materijalima, razvijajući vještine kao što su priprema uzoraka, sterilizacija i upravljanje biološkim otpadom.

Timski rad. Podsticanje učenika na timsku saradnju. Oni uče kako zajedno efikasno rješavati izazove biosigurnosnih situacija, razvijajući vještine komunikacije i podjelu odgovornosti.

Analitičke vještine. Učenici razvijaju sposobnost analize i procjene potencijalnih rizika i prijetnji u radu s biološkim materijalima. Ovo im pomaže razviti kritički način razmišljanja i donošenje informisanih odluka.

Edukacija i prenošenje znanja. Učenici postaju edukatori, prenoseći svoje znanje o biosigurnosti drugima u zajednici. To razvija njihove vještine prijenosa znanja drugima kroz predavanja i sposobnost prilagođavanja informacija široj zajednici.

Odgovornost. Rad na biozaštiti podstiče odgovorno ponašanje učenika. Oni uče da prepoznaju važnost poštivanja propisa i protokola u laboratorijskim uslovima, ali i u drugim situacijama u svakodnevnom životu.

Etičko razmišljanje. Učenici razvijaju sposobnost diskusije o etičkim pitanjima u vezi s radom s biološkim materijalima, razmišljanja o etičkim izazovima i donošenja moralno osviještenih odluka.

Osim razvijanja vještina u radu s biološkim materijalima, učenici razvijaju i širu paletu kompetencija koje će moći primijeniti u različitim situacijama tokom svog akademskog i profesionalnog puta.

Ovdje je neophodno istaći i objasniti referentni okvir kompetencija koji je definisan i usvojen od strane Evropskog parlamenta (2010). Definicijom ovih kompetencija učenicima i nastavnom osoblju omogućen je individualni razvoj svake od njih. Na osnovu referentnog okvira imamo definisanje nekoliko osnovnih kompetencija za cjeloživotno učenje: 1) komunikaciju na maternjem jeziku, 2) komunikaciju na stranom jeziku, 3) matematičko-informatičke kompetencije i 4) kompetencije u prirodnim naukama i tehnologiji – STEM kompetencije, što su i najbitnije kompetencije koje razvijamo u ovom projektu. Pod pojmom kompetencija podrazumijevamo znanje, deklarativno i proceduralno, vještine i sposobnost da se riješe postavljeni problemi ili zadaci kroz aktiviranje raspoloživih resursa, uključujući vještine i stavove u datom kontekstu. Ne može se reći za nekoga da je kompetentan ako on to ne pokazuje. Pojedinac može imati određena znanja, ali ako ih ne zna primijeniti na adekvatan način u nekom kontekstu, za njega kažemo da "nije kompetentan" za određenu situaciju.

Upravo zbog implementacije kurikuluma prema ishodišno orijentiranoj nastavi i razvijanju ključnih kompetencija, poznavanje biosigurnosti i biozaštite je nužno za učenike/učenice i nastavnike/nastavnice.

Kurikulum savremenog odgoja, obrazovanja i škole obuhvata aktivno učešće učenika pojedinačno, odnos između učenika/učenica, kao i međupredmetnu korelaciju nastavnika, uključujući ravnopravnost svih učesnika, kao i razvoj partnersko-prijateljskog odnosa. Implementacija ishodišno orijentisane nastave omogućava svim njenim učesnicima širinu rada pri odabiru strategija, metoda, kao i različitih načina aktivnog učešća. Projektna nastava je upravo jedna od veoma bitnih metoda kojim se potiče aktivno učenje, jer

obuhvata skup strategija aktivnog učenja, predstavljajući važan značaj kurikuluma savremenog odgoja, obrazovanja i škole.

Kurikulum omogućuje da učenici zajedno sa svojim učiteljima i nastavnicima – mentorima obrađuju sadržaje, koriste različite strategije za cjeloživotno učenje i savladavaju planirane ishode koji se nalaze u okviru kurikuluma Biosigurnost i biozaštita za osnovne i srednje škole. Planirane teme za obradu u okviru projekta su: Biosigurnost i biozaštita, Zarazne bolesti i njihova zaštita, Epidemiološki lanac, Emergentne i reemergentne bolesti u Bosni i Hercegovini i Koronavirusi. Teme su razrađene na način da imaju jasno razrađene ishode, indikatore, kao i planirane aktivnosti. Planirane ishode učenici ostvaruju istraživačkim aktivnostima, učenjem na osnovu identifikacije istraživačkog pitanja, korištenjem laboratorijske opreme – praktični rad, statističkom analizom podataka. Rezultate svog istraživanja predstavljaju izradom plakata, modela, rješavanjem kvizova, različitim oblicima kreativnog izražavanja i slično.

Ciljevi biosigurnosti i biozaštite u osnovnim i srednjim školama

Predmet projekta jeste da učenicima predstavimo sliku problema s kojim se svakodnevno suočavamo, a vezana je za sadržaj samog projekta. Učenike trebamo osposobiti da identificiraju problem s kojim se susreću u školi, kao i da ga riješe na najbolji mogući način, a u skladu s ciljevima.

Cilj projektne nastave jest da se obrazovne institucije, kao i samo društvo i lokalna zajednica, povežu na način da omoguće svojim članovima širi općeobrazovni razvoj. Obrazovanje koje je temeljeno na iskustvu predstavlja aktivan proces zavisnosti čovjeka i njegove okoline, i kao takav omogućava učenicima da dođu do svog cilja.

Ciljevi projektne nastave mogu biti opći i specifični (konkretni). Opći ciljevi podrazumijevaju sticanje znanja i njegovu primjenu, omogućavaju učenicima da se snalaze u raznim situacijama, da se zainteresuju za istraživački rad, da razvijaju ključne kompetencije kao što su vještine komuniciranja, kritičko razmišljanje, samokritičnost i samoorganizaciju, objektivnost u svom i tuđem radu, da evaluiraju svoj i rad drugih učesnika projekta, da razviju pozitivan odnos prema učenju. Specifični ciljevi ovisni su o izabranoj projektnoj temi.

Obrazovanje o osnovnim principima biosigurnosti pruža učenicima temeljno razumijevanje osnovnih principa biosigurnosti, uključujući pravilno rukovanje biološkim materijalima, upotrebu zaštitne opreme i pridržavanje standardnih protokola.

Opći ciljevi projekta obuhvataju: podizanje svijesti učenika o postojanju i značaju mikrosvijeta; upoznavanje s opasnim uzročnicima bolesti i putevima njihovog širenja kao i važnošću stručnog, naučnog, globalnog i osobnog pristupa u sprečavanju širenja zaraznih bolesti; usvajanje odgovornog ponašanja prema svome i tuđem zdravlju u školi, porodici, društvu i okolišu, analiziranje potencijalnih bioloških opasnosti i načina prevencije; osposobljavanje učenika za prosuđivanje i vrednovanje informacija u javnom medijskom prostoru; popularizacija nauke i istraživanja u STEM području kroz istraživački rad učenika; razvijanje saradničkog odnosa među učenicima te učenicima i mentorima; razvijanje i usavršavanje digitalnih kompetencija kroz izradu digitalnih video i audiomaterijala i poticanje komunikacijskih i prezentacijskih vještina; stručno usavršavanje učitelja, nastavnika i stručnih saradnika.

Također su definisani i specifični ciljevi projekta kao što su:

- **prevencija infekcija** – edukovati učenike o mjerama prevencije infekcija u laboratorijskom okruženju, s fokusom na sprječavanju kontaminacije i širenja bioloških supstanci;
- **stvaranje svijesti o okolini** – podstaći svijest o uticaju bioloških materijala na okolinu i promovisati ekološki održive prakse u radu s biološkim supstancama;
- **razvijanje etičkih vrijednosti** – rasprava o etičkim aspektima rada s biološkim materijalima, uključujući pitanja privatnosti, transparentnosti i odgovornog korištenja informacija;
- **unapređenje praktičnih vještina** – pružiti priliku za sticanje praktičnih vještina u manipulaciji biološkim materijalima, upotrebi laboratorijske opreme i sprovođenju eksperimenata uz poštovanje biosigurnosnih standarda;
- **inovacije u biosigurnosti** – podstaći učenike da razmišljaju inovativno o biosigurnosti, istraže nove tehnologije i pristupe koji mogu unaprijediti zaštitu zdravlja i okoline;
- **promocija karijera u biosigurnosti** – ohrabriti interesovanje učenika za karijere u oblasti biosigurnosti, pružajući im uvid u različite mogućnosti zapošljavanja i istraživanja u ovoj oblasti;
- **razvoj samostalnosti i odgovornosti** – podstaći samostalnost učenika u primjeni biosigurnosnih mjera, razvijajući odgovornost za sopstvenu bezbjednost i bezbjednost drugih;

- **integracija (inter)multidisciplinarnih pristupa** – ohrabriti integraciju različitih disciplina, poput biologije, hemije i ekologije, kako bi se studentima pružila cjelovita slika biosigurnosnih izazova i rješenja.

Edukacija iz biosigurnosti u srednjim školama ne samo da obogaćuje obrazovanje učenika već i doprinosi stvaranju odgovornih i dobro obučenih pojedinaca spremnih da doprinesu sigurnijem radu s biološkim materijalima u budućnosti.

Literatura

1. Bognar L, Matijević M. Didaktika. Zagreb: Školska knjiga, 2002.
2. Matijević M, Radovanović D. Nastava usmjerena na učenika. Zagreb: Školske novine, 2011.
3. Munjiza E, Peko A, Sablić M. Projektno učenje. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Filozofski fakultet, Učiteljski fakultet, 2007.
4. ANUBiH. Biosigurnost. https://biosigurnost.anubih.ba/ciljevi-projekta/ (datum posljednjeg pristupa: 1. 2. 2024)
5. Međunarodni projekt Biosigurnost i biozaštita. https://www.biosigurnost.eu/ (datum posljednjeg pristupa: 21. 1. 2024)