

Arh. hig. rada, 6 (1955) 47.

AEROGENE INFEKCIJE

I. Prikaz dosadašnjih postignuća u izučavanju aerogenih infekcija

B. CVJETANOVIĆ

Skola narodnog zdravlja, Medicinski fakultet, Zagreb

(Primljeno 13. I. 1955.)

Prikazano je značenje i važnost aerogenih infekcija u suvremenom životu, te iznesena dosadašnja postignuća na izučavanju putova infekcije i aerogenog prijenosa patogenih klica; zatim je iznesena metoda utvrđivanja aerogenih bakterija u zraku i načina njihova suzbijanja. Razmotren je problem aerogenih infekcija, njihova ispitivanja i suzbijanja u našim prilikama, pa je istaknuta potreba proučavanja ovog pitanja kod nas, i na kraju je dana opsežna literatura.

1. UVOD

Aerogene infekcije, zaraze koje se prenose zrakom, ne predstavljaju skupinu točno određenih zaraznih bolesti. Malo se koja zaraza u određenim uvjetima ne da prenijeti aerogenim putem, a mnoge, koje se šire na taj način, mogu se prenositi i drugačije. Međutim za velik broj zaraznih bolesti, kao što je na pr. većina respiratornih infekcija, aerogeni prijenos je najvažniji.

Na tablici 1 djelomično su i dosta proizvoljno nabrojene najvažnije bolesti, koje se prenose gotovo isključivo aerogenim putem ili vrlo često [1] i one, koje se tim putem prenose nešto rjeđe [2] ili samo izuzetno. Njihov broj i važnost govore očito o velikom značenju aerogenih infekcija za zdravlje.

Učestalost aerogenih unakrsnih infekcija («Cross-infections») u bolnicama je problem, koji stavlja u pitanje oportunitet hospitalizacije kod nekih zaraza. Među laboratorijskim infekcijama prevladavaju aerogene zaraze (1).

Društvene prilike i razvoj tehnike i saobraćaja u modernom civiliziranom svijetu pogoduju brzom i masovnom prijenosu zaraza aerogenim putem, u prvom redu akutnih respiratornih zaraza. Zbog toga aerogene

Tablica 1

Aerogene infekcije

[1.] Prehlada	[2.] Varicellae
Influenza	Variola
Parotitis epid.	Poliomyelitis
Pneumonia, prim. atip.	Hepatitis inf.
Pneumonia, bakterijska	Dječji gastro-enteritis
Pertussis	Pyodermiae
Tuberculosis	Q groznica
Pestis, pulm.	Brucellosis
Scarlatina	Psittacosis
Diphtheria	Slinavka
Meningitis mening.	Anthrax
Morbilli	Tularemia i t. d.
Rubeolla i t. d.	

infekcije s praktičkog gledišta predstavljaju sve važniji problem. Pitanje suzbijanja crijevnih zaraza u razvijenim zemljama zasjenjeno je problemom suzbijanja aerogenih infekcija. I razvoj naše zemlje sve više iznosi u prvi plan značenje aerogenih zaraza. Velike industrije i radnička naselja, prenapučeni gradovi, prenatrpana saobraćajna sredstva, uski kontakt velikih masa ljudi u zatvorenim prostorijama pogoduju ovakvom širenju zaraza. Morbiditet od aerogenih infekcija (ne računajući tu tuberkulozu, koja sama za sebe ima tako veliko značenje) među osiguranicima socijalnog osiguranja kod nas nadmašuju samo ozljede pri poslu, koje polako opadaju, dok aerogene infekcije (osobito influenza) ne pokazuju tu tendenciju. Po šteti, koju one nanose u izgubljenim radnim danima, nalaze se na jednom od prvih mjesta. Značenje, koje imaju respiratorne infekcije kod nas i u svijetu, jasno se vidi u službenim izvještajima o kretanju zaraza (2, 3).

S teoretskog su stajališta aerogene infekcije i njihovo suzbijanje opsežno i vrlo kompleksno pitanje, vrlo interesantno, ali još uvijek završeno i nedovoljno istraženo.

Veliko praktično značenje aerogenih infekcija sve više potiče i prisiljava stručnjake raznih zemalja, da se njim bave. Na tom području rade mnogi laboratoriji, cijele ustanove, komisije i ekipe specijalista različitih struka. Iz razloga vojne prirode (s obzirom na to, što se aerogene infekcije mogu upotrebiti u nehumane svrhe u »bakteriološkom ratu«) razmjeri svih tih izučavanja nisu dovoljno ni poznati.

Kod nas se dosad u pravcu modernog izučavanja aerogenih infekcija i njihova suzbijanja nije praktički radilo. Prilike zahtijevaju, da se i kod nas pokrene što prije izučavanje problema aerogenih infekcija. Ovaj kratki pregled dosadašnjih postignuća na tom polju treba uz ostalo da posluži toj svrsi.

2. PREGLED ISTRAŽIVANJA AEROGENIH INFEKCIJA

Iako su još antički filozofi i liječnici naslućivali, da se neke zaraze prenose zrakom, tek se relativno nedavno u eri moderne bakteriologije moglo pristupiti izučavanju ovog pitanja na naučnoj osnovi. Pasteurovi pokusi u vezi s raspravom o »generatio spontanea« jasno su ukazali na to, da mikroorganizmi lebde u zraku. Lister je svojom antisepsom pokušao da suzbije bakterije, koje su iz zraka mogle doći na ranu. Kasnije su mnogi bakteriolozi izlaganjem otvorenih Petrijevih ploča s hranjivim podlogama u zatvorenim prostorijama i vani prikupljali sve više podataka o mikroorganizmima u atmosferi, a isto tako i o patogenim organizmima u ispljuvku i kapljicama, što nastaju pri kašljanju. Iako su ti podaci ukazivali na mogućnosti prijenosa infekcije aerogenim putem kod nekih zaraza, za bolje poznavanje aerogenih infekcija bilo je potrebno točnim kvantitativnim mjerenjima utvrditi zakone, koji vladaju kod prijenosa klica zrakom.

Među prvima, koji su pokušali modernijim eksperimentalnim metodama da pristupe ovom problemu, bio je C. E. Winslow (4) na početku ovog stoljeća, ali je trebalo da prođu od tada još tri decenija, da se korakne sigurnije naprijed na ovom području, u prvom redu radom Wellsa, koji je dao značajan stimulans za istraživanja na tom polju (5).

Osim uskog područja aerogenih bakterija i infekcija u proučavanju mikrobiologije zraka usporedo su istraživani i drugi srodni problemi. Uz istraživanje proširenosti raznih aerogenih peludi u atmosferi pojedinih krajeva, što ima osobito medicinsko značenje s obzirom na alergiju, istraživan je i način prenošenja biljnih patogenih organizama (5), jer je od velikog privrednog značenja.

Izučavanje aerogenih infekcija može se kao i svako drugo izučavanje nekog kompleksnog problema podijeliti, radi lakšeg razumijevanja, u nekoliko zasebnih manjih pitanja:

Prvo je pitanje mehanike aerogenih infekcija, t. j. načina, na koji patogene klice napuštaju zaraženi individuum, i zatim kojim putem i kako prodiru u drugi organizam i zaraze ga.

Drugo je izučavanje, kako se zarazne klice održavaju na životu vani u atmosferi ili u prašini, pri različitim klimatskim uvjetima; zatim njihovo kretanje i sposobnost zadržavanja i izazivanja epidemija u različitim prilikama. Poseban problem s tehničke strane predstavlja detekcija mikroorganizama u zraku kao osnovni preduvjet za ispitivanje ove vrste.

Treće, s praktičkog gledišta najvažnije, je način suzbijanja aerogenih infekcija. To obuhvata: a) dezinfekciju kemijskim i fizikalnim sredstvima; b) druge zaštitne mjere kao ventilaciju, uljenje podova i t. d.; c) pronalaženje i uklanjanje izvora zaraza liječenjem, izolacijom i drugim sličnim mjerama; d) zaštitu umjetnom imunizacijom.

Na tim problemima radilo se usporedo na mnogim mjestima, a osobito u USA i Vel. Britaniji. Najintenzivnija istraživanja započela su iz voj-

ničkih razloga u toku Drugoga svjetskog rata, te odavde potječu i najopširnije publikacije, koje predstavljaju gotovo kompletnu sliku dosadašnjih postignuća te mogu poslužiti najbolje kao sigurna orijentacija u ovim pitanjima (6, 7, 8, 9, 10).

a) *Način, na koji patogene klice napuštaju zaraženi organizam i kako zaražavaju drugi organizam* nakon svog duljeg ili kraćeg, jednostavnog ili složenog puta kroz atmosferu, nije jedinstven (11).

Patogene bakterije, koje se prenose zrakom, mogu u slučaju respiratornih infekcija napustiti svog domaćina preko respiratornog trakta, te se lako mogu naći barem u neposrednoj blizini bolesnika (12, 13).

Kod kihanja izbacuje čovjek oko 2 litre zraka kroz otvor od oko 4 cm² u desetinki sekunde. Brzina struje zraka iznosi oko 50 m/sek. Mlaz sline, koji tom zgodom poleti iz usta, odmah se poradi brzine raspadne u sitne čestice, velike nekoliko desetaka mikrona. Ubrzo se tekućina tih čestica ispari, te u zraku ostaju lebdjeti »kapljicne jezgre«, kruta materija (aerosoli), koja može sadržavati i mikroorganizme (14). Te čestice mogu da lebde, to su prave aerogene čestice; one mogu da se obore i na tlo, i opet dignu s prašinom te inficiraju drugog čovjeka (12, 14). Ipak je, čini se, direktan prijelaz od čovjeka na čovjeka kapljicama (kapljicne infekcije) mnogo važniji (12).

Patogene klice mogu direktno ili indirektno dospjeti u atmosferu i s kože, kao na pr. u slučaju piodermija uzrokovanih streptokokima, te tako izazovu cijele epidemije (15). Prema tome se i neke kožne infekcije mogu prenositi aerogenim putem.

Uzročnici crijevnih zaraza mogu se također prenositi zrakom. Dječji gastro-enteritisi različite etiologije, ali u prvom redu oni, koji su izazvani nekim sojevima *E. coli*, prenose se nesumnjivo zrakom, jer je pošlo za rukom dokazati ih u atmosferi prostorije, gdje se je zaraza širila (16, 17, 18, 19, 20).

Aerogenim putem mogu se prenositi i infekcije u operacionim dvoranama, bilo da se rane inficiraju prašinom, bilo tako, što je netko od osoblja kliconoša, jer je zaražen, ili jer je njegova kosa, odjeća i t. d. puna bakterija, koje struja zraka odavde donese na rane pacijenata (21).

Aerogene infekcije ne moraju potjecati od zaražena čovjeka, nego mogu da poteknu i od životinja, kad se radi u zoonozama. Taj prijenos sa životinja može biti direktan, kapljicama ili prašinom, u kojoj ima djelića kože, dlake ili ekskreta inficirane životinje.

Kad jednom patogeni organizmi dospiju u zrak i tu se održe na životu, oni mogu da zaraze zdrava čovjeka ili životinju u određenim uvjetima.

Način zaraze aerogenim infekcijama je mnogostruk. Aerogeni mikroorganizmi mogu dospjeti na ruke i predmete u okolini, pa tako kasnije biti preneseni u usta kod jela ili u nos kod nehigijenskih navika, ili pak doći na povrijeđenu ili intaktnu kožu. I na taj način može nastati infek-

cija nekom od inače aerogenih zaraza. Međutim, aerogene se infekcije najčešće prenose na čovjeka preko respiratornog trakta.

Mehanizam infekcije povezan je s izvjesnim fizikalnim zakonima, koji vladaju kod kretanja kapljica i čestica prašine u zraku, bilo u njima mikroorganizama ili ne. Čestice, veće od 50 mikrona, koje se nalaze u zraku kod udisavanja, zadrže se većinom na ljepljivoj sluznici nosne šupljine zbog turbulentnog kretanja zraka, i ne dopiju u plućne alveole. Manje čestice (10 do 15 mikrona) dopiju lako do gornjih dišnih putova, a one od 5 mikrona do 0,1 mikrona dopijevaju i do alveola, te se tu i zadrže. Čestice manje od 0,2 mikrona bivaju vjerojatno opet izdisane iz pluća, kako su u njih i ušle (22). Prema tome veličina čestice uglavnom odlučuje o tome, kamo će ona dospjeti, a to u mnogočemu uvjetuje i njezinu infektivnu moć. Tako su za miša u eksperimentu čestice od 1 mikrona, koje nose u sebi streptokokc (*Streptococcus haemolyticus*, C) 50 puta smrtonosnije nego one od 12 mikrona (23, 24). Veće čestice, koje se zadrže u nosu, mogu ipak izazvati infekciju tako, što kasnije sa sluzi iz nosa dopiju u ždrijelo i budu progutane. Tako se vjerojatno širi i infektivni dječji gastroenteritis (16, 17, 18, 19, 20), a možda i neke druge infekcije. Neki se pak virusi (na pr. v. poliomijelitisa) i bakterije (na pr. *N. meningitidis*) mogu u određenim uvjetima direktno proširiti iz nosne šupljine ili sa tonzila u organizam, i izazvati infekciju.

Stanje dišnog trakta i niz imunobioloških i drugih faktora, kao vlaga i temperatura zraka, utječu i sa svoje strane na razvoj infekcije. O količini udisanog zraka ovisi, koliko će infektivnih čestica biti udahnuto (24). Dodavanjem u atmosferu CO₂, koji ubrzava disanje, povećava se smrtnost miševa izloženih aerogenim infekcijama (25). Važna je činjenica, da aerogena infekcija (u eksperimentu kod tuberkuloze) nastaje i ako se udahne vrlo malen broj klica. Neki autori su utvrdili, da je dovoljna svega jedna klica da izazove tuberkulozu kod kunića (24), dok drugi misle, da su za to potrebna barem tri mikroorganizma (25).

Uprkos mnogim ispitivanjima na ljudima i eksperimentalnim životinjama kompleksni problem mehanizma aerogene infekcije (kao i infekcije općenito) nije još dovoljno objašnjen. Na temelju današnjih naših znanja na tom polju nismo još u mogućnosti da poduzmemo ili preporučimo neke određene i efikasne mjere zaštite i sprečavanja tih zaraza.

b) *Uzročnike aerogenih infekcija u vanjskoj okolini i njihov prijenos zrakom* vrlo mnogo izučavaju stručnjaci raznih grana. Uspjesi na tom polju, osobito u posljednjih petnaestak godina, unijeli su dosta svijetla u ovaj problem (6, 7, 8, 9, 10).

Uvjeti života patogenih bakterija van organizma izučavani su i nalaze se opisani u standardnim knjigama iz mikrobiologije.

Sa stajališta aerogenih infekcija najviše se izučavaju streptokoki. To je učinjeno jednim dijelom zato, što je tehnika rada s njima već usavršena, a s druge strane zato, što hemolitični streptokoki predstavljaju

ozbiljnu aerogenu infekciju (8, 9, 10, 12, 13, 15, 23, 27, 28, 29, 30, 31). Nađeno je, da direktno sunčano svjetlo i svjetlo ultravioletnih, ali ne običnih, lampi ubija streptokoke (kao i druge patogene organizme), iako su različiti sojevi različito otporni (6, 27). U mraku oni izumiru polaganije; kod viših temperatura nešto brže (28). U prašini izumiru prije, ako je relativna vlaga veća (29). U zaključanim sobama, u kojima nitko ne živi, mogu preživjeti u prašini i osam mjeseci (9). Njihov nalaz u prašini sobe ovisi o prisutnosti kliconoša, a njihov broj u prašini ne određuje (prema nekima) kretanje infekcije, t. j. broj oboljelih, već to kretanje ovisi o broju kliconoša. Kliconoša, a ne prašina, uzrok je zaraze (9). Hemolitične streptokoke, slične onima što žive u grlu čovjeka, našli su posvuda: u spavaonicama, u školama, na ulicama i u parkovima, ali ih se nije moglo dovesti u vezu s oboljenjima ljudi (30). Broj streptokoka u atmosferi povećava se u zatvorenim prostorijama kod pojačanog kretanja ljudi (31). Velik broj patogenih streptokoka nalazi se na posteljini i odjeći kliconoše i bolesnika, odakle za vrijeme namještanja posteljine dolaze lako u zrak. S obzirom na specifične prilike u pojedinim prostorijama one, dakako, mogu biti zagađene različitim drugim patogenim bakterijama i virusima, kojih osobine to dopuštaju (16, 17, 20, 32, 56-58). Većina tih bakterija vlada se u atmosferi u suštini slično streptokokima.

Aparati i metode za detekciju aerogenih klica su bili potreban preduvjet za ispitivanje mikroorganizama u atmosferi. Oni su, što je još važnije, prijeko potrebni za ispitivanje efikasnosti pojedinih mjera u suzbijanju aerogenih infekcija.

Još 1925. g. razvijeni su neki aparati na principu impingera i filtara (33), ali nisu bili prihvaćeni zbog kompliciranog baratanja i ne sasvim pouzdanih rezultata, osobito kod malog broja klica u zraku. Prvi prikladan aparat, kojim se je mogla točnije određivati količina klica u zraku i koji je dao snažan poticaj za dalji rad, bila je t. zv. Wellsova centrifuga (5), ali je njena efikasnost bila ipak ograničena (34), pa su tražene nove aparature na principu krutog impingera (35) pa bublera (36, 37, 38), od kojih su jedne bile prikladnije za jedne, a druge za druge svrhe. Kritičko ispitivanje tih aparata (39) pokazalo je njihove prednosti, a i slabosti. Mnogo praktičniji i jednostavniji rad s krutim podlogama poveo je istraživače tim pravcem. Tako je razvijeno nekoliko aparata (40, 41) preteča t. zv. Slit-Samplera (7), koji je praktičniji od svih dosadanih, a većinom i efikasniji, dakako, samo za određene svrhe, te se zato u praksi danas mnogo upotrebljava. Njegova prednost je u tome, što se broj klica može njime ispitivati dulje vrijeme, i tako u duljem periodu kontrolirati njihovo kretanje. Međutim, za određene svrhe i dalje se traže prikladnije aparature za eksperimentalno ispitivanje aerogenih infekcija (7, 8, 42, 43, 44). Radi upotrebe u praksi i radi štednje ili rada u nekim naročitim uvjetima i dalje će se tražiti i upotrebljavati različite jednostavne naprave (45).

Eksperimentalno ispitivanje aerogenih infekcija na životinjama (8, 23-26, 44, 46, 47) uznapredovalo je uvođenjem novih aparatura, te su utvrđene mnoge činjenice, značajne i za humanu epidemiologiju aerogenih infekcija. Ponašanje aerogenih kapljica s infektivnim agensom izučeno je detaljnije (8), kao i općenito ponašanje aerosola (49).

Dalja ispitivanja različitih metoda prikupljanja i nasađivanja bakterija na razne podloge pružila su nove načine određivanja specifičnih bakterija, u prvom redu streptokoka, u zraku ili u prašini, te na posteljini (51, 52, 53, 54, 55). Izrađene su uspješne metode i za detekciju riketsija (56, 57) i virusa (58).

Sva ova postignuća dovela su do boljeg poznavanja aerogenih infekcija i dala poticaj za njihovo dalje izučavanje i suzbijanje.

c) *Suzbijanje aerogenih infekcija* je izučavano paralelno s navedenim istraživanjima, te je i ono stavljeno sada na naučnu bazu. U higijeni zraka pokušalo se postići idealni cilj (kakav je na pr. postignut dezinfekcijom vode s pomoću klora). Taj je cilj potpuna dezinfekcija zraka, koja bi dovela do nestanka aerogenih infekcija tamo, gdje bi se primjenjivala. Iako je uložena velik napor u tom pravcu, rezultati su još dosta skromni (6, 7, 8, 9, 10). Za dezinfekciju zraka najviše se upotrebljavaju različni aerosoli i ultraljubičasto svjetlo, a ispitivana su i različna druga fizikalna i kemijska sredstva.

Fizikalni i kemijski principi dezinfekcije zraka aerosolima temeljito su studirani te su dani osnovni zakoni, koji tim ravnaju (7, 59, 60, 61). Ustanovljeno je, da je djelovanje germicidnih aerosola bolje, ako se povisi relativna vlažnost zraka do 60 i više % (62), te da oni bolje djeluju, ako se pri rasprskavanju dezinfekcionih sredstava upotrebe veće količine tekućine s manjom koncentracijom germicida, nego manje količine tekućina s većom koncentracijom (63). Zapaženo je, da su kod relativne vlažnosti od oko 56-60% bakterijski odnosno virusni aerosoli manje infektivni nego kod nižih ili viših vrijednosti relativne vlage (64). To bi, prema tome, ukazivalo na optimalnu vrijednost relativne vlage atmosfere, kojoj bi trebalo težiti, kako bi se smanjila opasnost od aerogenih infekcija. Za neke baktericidne aerosole, kao na pr. za pare trietilen glikola, je ustanovljeno, da su najdjelotvornije kod relativne vlažnosti zraka od 45%, dok kod mnogo viših i nižih vrijednosti (15% i 80%) djeluju znatno slabije (65).

Mehanizam djelovanja aerosola raznih germicida je prema tome različit. Ocjena njihova djelovanja može se dati samo na osnovu eksperimenta i prakse, pa su zato i vršena mnoga ispitivanja u tom pravcu (6, 7, 65-73). Među prvim dezinficijensima ispitivana je upotreba hipoklorita (2%-otopina klornog vapna rasprskana tako, da koncentracija hipoklorne kiseline iznosi 0,2 do 0,4 vol. na 1.000.000 vol. zraka). Ovim sredstvom je broj klica u zraku smanjen na polovicu. Zatim su ispitivane neke druge kiseline, među kojima i mliječna, a rezultati su pokazali samo polovičan uspjeh (7). Najbolje rezultate su pokazale pare pro-

pilen glikola (6, 66) i trietilen glikola (65), koje u eksperimentu lako ubijaju većinu bakterija i virusa (67, 68, 69, 70). Ispitivanjima u bolnicama, gdje je zrak bio tretiran s parama glikola, opaženo je, da se broj respiratornih infekcija smanjio za 12% (70). To međutim nije bilo uvijek tako, vjerojatno zato, što su na odjelu postojali neki uži direktni kontakti, pa obična dezinfekcija zraka glikolima nije mogla zato spriječiti širenje aerogenih infekcija, iako je broj bakterija u zraku opao za 11 do 40% (68). Upotrebom, uz glikolne pare, i mjera za suzbijanje prašine (uljenje podova) snizio se broj aerogenih bakterija za 66 do 97%, ali to još uvijek nije bitno utjecalo na unakrsne infekcije (67, 68). Pare glikola (ili njegovih smjesa s alkoholom) podleže u prostorijama utjecaju strujanja zraka, obaranja para i t. d., a to sve može znatno smanjiti konačni efekt (69, 71).

Parc formaldehida i rasprskavanje otopina formalina odavna se upotrebljavaju za dezinfekciju zraka. Njihovo iritirajuće djelovanje na sluznice čini ih neprikladnim za trajnu upotrebu u prostoru, gdje žive ljudi, pa se u suzbijanju aerogenih infekcija ne mogu šire primjenjivati, osim kao sredstvo za završnu dezinfekciju, ali i tada uz znatna ograničenja (72, 73, 74, 75).

Dobri su rezultati dobiveni upotrebom smjesa, u kojima je rezorcinol bio glavni sastav (76), kao i upotrebom heksilresorcinola (77).

Za ultraviolettne zrake je odavna poznato da djeluju baktericidno, pa se zato upotrebljavaju u bolnicama i laboratorijima. Neki autori bili su oduševljeni uspjehom (5, 6, 7, 8), ali ne uvijek. Razvijen je bio sistem posebnog ultravioletnog osvjetljavanja i t. zv. ultravioletnih zavjesa u bolnicama, kojima se odjeljuju pojedini kreveti, ali je njihova upotreba ipak još samo u eksperimentalnoj fazi.

Kritički eksperimenti su dokazali, da je efekt ultravioletnog osvjetljenja u suzbijanju aerogenih zaraza vrlo malen, tako da ne opravdava rutinsku upotrebu ovog zračenja u kolektivima (79, 80).

Ispitana je i mogućnost dezinfekcije (sterilizacije) zraka upotrebom visokih temperatura, suhim zrakom i parom (7). Iako se na taj način može zrak dezinficirati, teškoća je u tome, što ovaj sistem mora biti povezan uz vrlo dobro razvijene i skupe uređaje za ventilaciju (7), a vrela para je osim toga nezgodna, jer znatno povećava vlažnost zraka i čini boravak u prostorijama neugodnim (81). Osim toga se ovako dezinficiran zrak može ponovo lako zagaditi, ako u prostoriji ima kliconoša.

Filtri, koji služe za uklanjanje prašine iz zraka, uklanjaju bakterije do 88% (7). Međutim, i oni su vezani uz određeni sistem ventilacije, pa se samo u izvjesnim prilikama primjenjuju obično tamo, gdje se samom ventilacijom ne može dobiti dovoljno čist zrak, ili gdje postoje najstrože indikacije za gotovo apsolutnu čistoću zraka, kao na pr. u odjelima za liječenje opeklina i u nekim laboratorijima.

Eksperimenti u laboratorijima i nastambama su pokazali, da je jedna od najuspješnijih mjera u suzbijanju mikroorganizama u zraku svakako suzbijanje prašine (8, 67, 82-85). Uljenjem podova i posteljine pošlo je za rukom sniziti broj hemolitičnih streptokoka za 86% (67). Uljenje podova mineralnim uljima vrlo je važno za smanjivanje broja bakterija u zraku, dok je uljenje posteljine manje važno (85). To, što vrijedi za broj klica, ne mora vrijediti i za njihovu ulogu s obzirom na infekciju, jer se na posteljini često nalaze upravo patogene klice (55). Stoga se radi i dalje na tome, da se nađu sredstva, kojima bi se tkanine preparirale tako, da se na njima ne mogu zadržavati patogene bakterije i virusi (86).

Na kraju se ipak mora istaknuti, da je iskustvo pokazalo, kako je ventilacija, dovodenje svježeg zraka u prostorije, najvažnija praktična mjera za suzbijanje aerogenih infekcija. Velike količine svježeg zraka diluiraju brojne mikroorganizme u zraku, i vjerojatnost prijenosa infekcije postaje znatno manja.

d) *Prijenos aerogenih infekcija u normalnim uvjetima života* bio je kod svih istraživanja u centru pažnje. Eksperimentalno su utvrđene mnoge činjenice o životu patogenih klica u zraku, njihovu širenju, suzbijanju dezinfekcijom zraka i t. d. Utvrđeni su i izvjesni zakoni u tom pravcu. Unatoč tome aerogene infekcije vladaju se u mnogočemu drugačije nego što ti jednostrani zakoni kažu, jer ima na pr. slučajeva, da smanjenje klica u zraku ne utječe bitno na suzbijanje cross-infekcije (67, 68). Kompleksnost i složenost problema aerogenih infekcija dolazi do izražaja u mnogim slučajevima i pokazuje, da smo za sada još daleko od toga, da fizikalnim, kemijskim i biološkim zakonima objasnimo i definiramo aerogeno širenje infekcije.

Imunobiološko stanje kolektiva utječe na aerogene infekcije i njima vladaju opći epidemiološki zakoni (87, 88, 89), ali aerogene infekcije imaju i svoje specifičnosti, i to svaka zaraza napose. Tako je na pr. izneseno, da je udaljenost čovjeka od čovjeka kod aerogenih infekcija (konkretno kreveta od kreveta kod meningokoknog meningitisa) (90) odlučujući faktor za nastajanje epidemije, pa je ipak kod influence naprotiv utvrđeno, da širenje epidemije ne ovisi o međusobnoj udaljenosti pojedinih ljudi u prostoriji (konkretno radnika u tvornici), nego o njihovu ukupnom broju u istoj prostoriji (91). Kod prehlade učestalost te bolesti u obitelji ovisi o broju školske djece i faktorima, koji se još istražuju (92, 93).

U zemljama, gdje su aerogene infekcije u prvom planu istraživanja, današnja nastojanja idu za tim, da se povežu nalazi, koje nam pružaju različite metode ispitivanja zagađenosti zraka pojedinim vrstama mikroorganizama (i svim njima zajedno), sa stvarnom pojavom epidemija aerogenih infekcija, jer na osnovu nalaza mikroorganizama u zraku ne možemo za sada još ništa sigurno kazati o tome, kako će se razvijati (i da li će se uopće razviti) neka epidemija (94, 95). Na tom polju

trebat će da se prikupi još mnogo razliĉnih podataka briŹljivim ispitivanjem i prouĉavanjem aerogenih infekcija, kako bi se mogli stvoriti neki zakljuĉci i sinteza.

Suzbijanju aerogenih infekcija moći će se prići na racionalnijoj osnovi, tek kad se potpunije razjasne epidemiološke osobine tih infekcija i njihova veza s bakteriološkim zagađenjem zraka.

3. PROBLEM AEROGENIH INFEKCIJA U NAŠIM PRILIKAMA

Prije smo iznijeli, koliko je vaŹno za nas poznavanje aerogenih infekcija zbog njihove velike ĉestoće i proširenosti (3). S obzirom na naš industrijski razvoj, koji će povećati Źivotni i higijenski standard, ali usput dovesti i do povećanog ruralnog exodusa i nagomilavanja puĉanstva u gradovima i naseljima, vaŹnost aerogenih infekcija postaje sve veća.

Koristi od boljeg poznavanja i suzbijanja aerogenih infekcija radi oĉuvanja ljudskog zdravlja i zdrave radne snage daju se izraziti toĉno određenim ekonomskim i socijalno-ekonomskim terminima. Ima i razloga vojnog karaktera, koji nas sile, da se bavimo ovim problemima, kako bismo u sluĉaju neke iznenadne ratne nesreće i primjene bakterioloških oruŹja na vrijemc utvrdili patogene klice u atmosferi i pruŹili našim ljudima svu moguću zaštitu.

Naše prilike napose zahtijevaju, da se uvedu metode rutinskih ispitivanja zagađenosti zraka mikroorganizmima, zato da bi se tim ispitivanjima dokazali, a zatim otklonili higijenski nedostaci atmosfere u radnim prostorijama. Zanemarivanje izgradnje i održavanja ventilacionih uređaja kod nas je svakodnevna pojava. Ispitivanje efikasnosti tih uređaja sa stajališta mikrobiološkog zagađenja zraka kod nas se uopće ne vrši, osim izuzetno i nesuvremenim metodama.

Za zarazne i druge bolnice takva bi ispitivanja i mjerenja pruŹila elemente, na osnovu kojih bismo mogli ocijeniti efikasnost pojedinih mjera, koje su uvedene za suzbijanje aerogenih infekcija. Ova bi ispitivanja ujedno pokazala, koliko se opasnosti infekcije izvrgava bolesnik, koji stupi u određenu bolnicu pod određenim uvjetima. Na osnovu toga mogli bismo revidirati naš stav prema hospitalizaciji u izvjesnim uvjetima i traŹiti nova i bolja rješenja, nove i bolje metode suzbijanja aerogenih infekcija.

Naši Higijenski zavodi, a i bolje organizirani, veći Domovi narodnog zdravlja, trebalo bi da pomišljaju na to, da uvedu neka od ovih ispitivanja u svoj rutinski rad.

Gotovo svaka naša ustanova moŹe vršiti jednostavna ispitivanja u pogledu aerogenih infekcija kao što su:

- a) registracija broja oboljenja od aerogenih infekcija,

- b) epidemiološka ispitivanja o izvoru zaraze i prijenosu infekcije,
- c) ocjenjivanje broja klica u atmosferi izlaganjem Petrijevih ploča s agarom ili selektivnim podlogama,
- d) ispitivanje mikrobiološkog sastava prašine.

Za točnija ispitivanja mikrobiološkog zagađenja zraka potrebne su dosta skupe aparature, koje nije lako nabaviti. Osim toga, sve su moderne aparature, koje se izrađuju danas u te svrhe, na električni pogon i mogu se primjenjivati samo tamo, gdje ima elektrike, a kod nas toga ponekad nema. Iz tih razloga kod nas se to prikupljanje podataka o zagađenju zraka mikroorganizmima mora se oslanjati na jeftine metode rada i aparate, po mogućnosti neovisne o električnom pogonu, kako bi se mogli šire primjenjivati.

Ima mnogo problema, o kojima još malo znamo, a s njima se dnevno susrećemo. Efikasnost završne dezinfekcije stanova formalinom i drugim dezinficijensima u ubijanju aerogenih bakterija i sprečavanju aerogenih infekcija još uvijek nam nije točno poznata, a ipak se ta sredstva kod nas upotrebljavaju. Osim ovih problema postoji na širokom i slabo istraženom, a važnom području aerogenih infekcija, dakako, još i niz drugih pitanja ne manje važnih i ne manje vrijednih izučavanja s praktičnog i teoretskog gledišta.

4. ZAKLJUČAK

Poznavanje i izučavanje aerogenih infekcija postaje zbog njihove kompleksnosti, velike raširenosti i sve većeg značenja u modernom društvu sve važniji teoretski i praktički problem. Područje aerogenih infekcija, iako toliko važno, još uvijek je slabo izučeno, pa će na tom polju trebati još mnogo raditi, dok se postignu iole znatniji rezultati u suzbijanju aerogenih infekcija.

Literatura

1. Sulkin, E., Pike, R.: Amer. J. Pub. Health, 41 (1941) 769.
2. W. H. O. Epidemiological and Vital Statistics Reports 1-7, 1947-1954.
3. Savet za narodno zdravlje i socijalnu politiku Vlade FNRJ: Godišnjak o narodnom zdravlju i o zdravstvenoj službi 1949-1950., Medicinska knjiga. Beograd-Zagreb, 1952.
4. Winslow, C. E. A.: Science, 28 (1908) 28.
5. Wells, W. F.: Amer. J. Pub. Health, 23 (1933) 58.
6. Stakman, F. C., Lambert, E. B., Mudd, S., Soule, M. H.: Aerobiology, Amer. Assoc. for Adv. of Science, Washington, 1942.
7. Bourdillon, R. B., Lindwell, O. M., Lovelock and all: Studies in Air Hygiene, H. M. Stationery Office, 1948.
8. Rosebury, T. and all: Experimental Air-Borne Infections, Williams and Wilkins, Baltimore, 1947.
9. Coburn, A. F., Young, D. C.: The Epidemiology of Haemolytic Streptococcus, Williams and Wilkins Co., Baltimore, 1949.

10. Symposium on Air-Borne Infections, Amer. J. Med. Sci., 209 (1946) 55-75, 152-180.
11. Finland, M.: Aerobiology, Amer. Assoc. Adv. Sci., Washington (1942) 212.
12. Hodes, H. L., Schwentker, F. F., Chenoweth, B. M., Peck, J. L.: Amer. J. Med. Sci., 209 (1945) 64.
13. Duguid, J. P.: Brit. M. J., 1 (1946) 265.
14. Phelps, E. B.: Aerobiology, Amer. Assoc. Adv. Sci., Washington (1942) 133.
15. Loosli, C. C., Smith, M. H. D., Cline, J., Nelson, L.: J. Lab. & Clin. Med., 3 (1950) 342.
16. Rogers, K. B.: J. Hyg., 49 (1951) 140.
17. Rogers, K. B., Koegler, S. J.: J. Hyg., 49 (1951) 152.
18. Neter, E., Webb, C. R., Shumway, C. N., Murdock, M. R.: Amer. J. Pub. Health, 4 (1951) 1490.
19. Laurell, G.: Nordisk Hyg. Tidskr., 1 (1952) 1.
20. Rosenow, E. C.: Am. J. Digest. Dis. 18 (1951) 155.
21. Girdlestone, O. R., Bourdillon, R. B., McFarlans, A. M.: Lancet, 260 (1951) 597.
22. Izraelson, Z. J., Kaplun, S. I., Letavet, A. A., Pick, C. D., Smeljanski, Z. B.: Kurs gigieni truda, Medgiz, Moskva 1946.
23. Sonkin, L. S.: Am. J. Hyg., 53 (1951) 337.
24. Wells, W. F., Ratcliffe, H. L., Crumb, C.: Am. J. Hyg., 47 (1948) 11.
25. Loosly, C. C., Robertston, O. H., Puck, T. T.: J. Infect. Diseases, 72 (1943) 142.
26. Lurie, M. B., Heppleston, A. C., Abramson, Z., Swartz, J. B.: Am. Rev. Tub., 61 (1950) 765.
27. Buchbinder, L., Soloway, M., Phelps, E. B.: J. Bacter., 42 (1942) 353.
28. Buchbinder, L., Phelps, E. B.: J. Bacter., 42 (1942) 345.
29. Lindwell, O. M., Lowburry, E. J.: J. Hyg. 48 (1950) 6.
30. Buchbinder, L., Soloway, M., Solotorowsky, M.: Am. J. Pub. Health, 28 (1938) 61.
31. Williams, R. E. O., Hirsch, A.: Lancet, 258 (1950) 128.
32. Wallace, A. T.: Edinburgh Med. J., 59 (1952) 200.
33. McConnell, W. J., Thomas, B. G.: Pub. Health Reports, 40 (1925) 2167.
34. Phelps, E. B., Buchbinder, L.: J. Bacter., 42 (1941) 321.
35. Hollaender, A., Dalla Valle, J. M.: Pub. Health Reports, 54 (1930) 578.
36. Wheeler, S. M., Foley, G. E., Jones, T. D.: Science, 94 (1941) 495.
37. Moulton, S., Puck, T. T., Lemon, H. M.: Science, 97 (1943) 51.
38. Lemon, H. M.: Proc. Soc. Exp. Biol. & Med., 54 (1943) 298.
39. Du Buy, H. G., Hollaender, A.: Am. J. Med. Sci., 209 (1945) 173.
40. Du Buy, H. G., Crips, L. R.: Pub. Health Reports, 49 (1944) 82.
41. Luckiesch, M., Taylor, A. H., Holladay, L. L.: J. Bact., 52 (1946) 55.
42. De Ome, K. B.: Am. J. Hyg., 40 (1944) 239.
43. Henderson, D. W.: J. Hyg., 50 (1952) 53.
44. Leif, W. R., Krueger, A. P.: J. Inf. Dis., 87 (1950) 103.
45. a) Milyavskaja, P. F., b) Matvejev, P. N.: Gigiena i Sanitaria, 3 (1951) 49 i 52.
46. Robertson, O. H., Puck, T. T., Wise, H.: J. Exp. Med., 84 (1946) 559.
47. Wells, W. F.: Am. J. Hyg., 47 (1948) 1.
48. Schechmeister, I. L., Goldberg, L.: J. Inf. Dis., 87 (1950) 117.
49. Goldberg, L.: J. Inf. Dis., 87 (1950) 133.
50. Schaefer, R., Dunn, I. E., Caminita, B. H.: Pub. Health Reports, 60 (1944) 789.
51. Williams, R. E. O., Hirsch, A.: J. Path. & Bact., 61 (1946) 138.
52. Williams, R. E. O.: J. Hygiene, 47 (1949) 416.
53. Williams, R. E. O., Hirsch, A.: J. Hyg., 48 (1950) 504.
54. Colebrook, L., Dallas Ross, W. P.: Lancet, 253 II (1947) 792.
55. Hamburger, M. R., Green, M. J., Hamburger, U. G.: J. Inf. Dis., 77 (1945) 69 i 96.
56. Delay, P. D., Lennette, E. H., De Ome, K. B.: J. Immunology, 65 (1950) 211.
57. Lennette, E. H., Hartwell, H. W.: Am. J. Hyg., 44 (1951) 44-49.
58. Delay, P. D., De Ome, K. B., Bankovski, R. A.: Science, 107 (1948) 474.
59. Nash, T.: J. Hyg., 49 (1951) 382.

60. Finn, S. R., Powell, E. O.: *J. Hyg.*, 42 (1942) 354.
61. Twort, C. C., Baker, A. H., Finn, S. R., Powell, C. O.: *J. Hyg.*, 40 (1940) 253.
62. Baker, A. H., Twort, C. C.: *J. Hyg.*, 41 (1941) 117.
63. Pulvertaft, R. J. V.: *J. Hyg.*, 42 (1944) 352.
64. Schechmeister, I. L.: *J. Inf. Dis.*, 87 (1950) 128.
65. De Ome, K. B.: *Am. J. Hyg.*, 40 (1944) 239.
66. Puck, T. T., Robertson, O. H., Lemon, H. M.: *J. Exp. Med.*, 78 (1943) 3877.
67. Hamburger, M., Puck, T. T., Robertson, O. H.: *J. Inf. Dis.*, 76 (1945) 208.
68. Krugman, S., Ward, R.: *J. A. M. A.*, 145 (1951) 775.
69. Lester, W., Dunklin, E., Robertson, O. H.: *Science*, 115 (1952) 379.
70. Bigg, E., Jennings, B. H., Olson, F. C. W.: *Am. J. Pub. Health*, 34 (1945) 788.
71. Gehm, E.: *Arch. f. Hyg. u. Bact.*, 136 (1952) 605.
72. McCulloch, E. C.: *Desinfection and Sterilization*, Lea & Febinger, Philadelphia, 1946.
73. Fust, B.: *Schw. Med. Wchnsch.*, 71 (1941) 1425.
74. Jordan, R. C., Jacobs, S. E.: *J. Hyg.*, 43 (1944) 363.
75. Klarman, E., Shternev, W., Wowerm, J. von: *J. Bact.*, 17 (1929) 423.
76. Cruickshank, R., Muir, C.: *Lancet*, 1 (1940) 1155.
77. Mackay, I.: *J. Hyg.*, 1 (1952) 53.
78. Schneiter, R., Hollaender, H., Cominita, B. H. et al.: *Am. J. Hyg.*, 40 (1944) 136.
79. Gelperin, A., Granoff, M. A., Linde, J. I.: *Am. J. Pub. Health*, 41 (1951) 796.
80. Med. Research Council: *Air Disinfection with Ultra Violet Irradiation*, H. M. Stationery Office, London, 1954.
81. Elliot, S. D.: *Lancet*, 241 II (1941) 514.
82. Puck, T. T., Robertson, O. H., Wise, H. et al.: *Am. J. Hyg.*, 43 (1946) 91 i 105.
83. Loosly, C. C.: *Am. J. Pub. Health*, 37 (1947) 353.
84. Loosly, C. C.: *Am. J. Pub. Health*, 38 (1948) 409.
85. Lemon, H. M., Loosly, C. G., Wise, H., Puck, T. T.: *J. Inf. Dis.*, 90 (1952) 141.
86. Barnard, H. F.: *Brit. Med. J.*, 1 (1942) 21.
87. Rivers, T. M.: *Viral and Rickettsial Infections of Man* (Maxcy, K. F., *Epidemiology*, p. 128), Lippincott Co., Philadelphia, London, Montreal, 1948.
88. Bašanin, U.: *Kurs obščeje epidemiologije*, Gosizdat, Moskva-Leningrad, 1936.
89. Cvjetanović, B.: *Osnovi epidemiologije*, Jug. akad., 1954.
90. Gordon, M. H.: *Med. Research Committee, Special Report, Series No 3, and Series No 50*.
91. Acheson, F., Hewit, D.: *B. I. Soc. Med.*, 6 (1952) 68.
92. Lindwell, O. M., Sommerville, T.: *J. Hyg.*, 49 (1951) 365.
93. Lovelock, I. E., Roden, A. T., Porterfield, J. S., Sommerville, T., Andrewes, C. H.: *Lancet*, 263 (1952) 657.
94. Williams, R. E. O.: *Lično saopćenje*, 1953.
95. Cockburn, C. W.: *Lično saopćenje*, 1953.

Summary

AIR-BORNE INFECTIONS

I. Progress in the Study of Air-Borne Infections

A review of the present state and progress in the study of air-borne infections and their control with special reference to this problem in Yugoslavia.

*School of Public Health,
Medical Faculty,
University of Zagreb,
Zagreb*

*Received for publication
13. I. 1955.*