

# Preživljavanje bakterija na suhim površinama u bolničkoj sredini

## Survival of bacteria on dry surfaces in the hospital environment

Marina Matešić, Darinka Vučković, Ivana Gobin\*

**Sažetak.** Prijenos uzročnika infekcija rukama bolničkog osoblja vodeći je način prijenosa bolničkih infekcija. Uzročnici infekcija na ruke mogu dospjeti izravnim kontaktom osoblja s pacijentom, ali i kontaktom s različitim površinama u zdravstvenoj ustanovi. Bakterije koje su najčešći uzročnici bolničkih infekcija mogu mjesecima preživjeti na različitim površinama i materijalima koji tako mogu postati kontinuirani izvor zaraze za pacijente i osoblje u bolnici. U radu je opisano kako sušenje utječe na bakterijsku stanicu, navedeni su mehanizmi pomoću kojih pojedine bakterijske vrste uspješno preživljavaju u suhom okolišu, a objašnjeno je i kako različiti okolišni uvjeti utječu na preživljavanje bakterija u bolničkoj sredini. Navedeni su rezultati ispitivanja osjetljivosti na sušenje nekih češćih bakterijskih uzročnika bolničkih infekcija. Poznavanje čimbenika koji olakšavaju preživljavanja bakterija izloženih sušenju omogućuje izbor učinkovitih mjera dezinfekcije i sterilizacije kojima će se uništiti otporne vrste u zdravstvenim ustanovama, naročito bolnicama.

**Ključne riječi:** bolničke infekcije; površine; prijenos bakterija; sušenje

**Abstract.** Hand-transmission of microorganisms, mostly bacteria, by the hospital staff is the leading mode of transmission of nosocomial infections. Microorganisms can reach hands through direct contact with the patient but also through contacts with different surfaces in a medical institution. Bacteria that are the most common causes of nosocomial infections can survive for months on a variety of surfaces and materials, and in this way become a continuous source of infection to patients and hospital staff. The paper describes how desiccation affects the bacterial cell, the mechanisms by which bacteria successfully survive in a dry environment and how different environmental conditions affect the survival of bacteria in hospital settings. The sensitivity to desiccation of the most common bacterial causes of nosocomial infections is also described. Knowledge of the factors that facilitate the survival of bacteria exposed to desiccation enables selection of appropriate disinfectant and sterilisation method for use in health care facilities.

**Key words:** bacterial transmission; desiccation; nosocomial infections; surfaces

Zavod za mikrobiologiju i parazitologiju,  
Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci,  
Rijeka

Primljeno: 21. 10. 2013.  
Prihvaćeno: 11. 12. 2013.

**\* Dopisni autor:**

Doc. dr. sc. Ivana Gobin, dipl. sanit. ing.  
Zavod za mikrobiologiju i parazitologiju,  
Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci,  
Braće Branchetta 20, 51 000 Rijeka  
e-mail: [ivana.gobin@medri.uniri.hr](mailto:ivana.gobin@medri.uniri.hr)

<http://hrcak.srce.hr/medicina>

## UVOD

Važan čimbenik za prijenos bakterija s pacijenta ili zdravstvenog radnika u okoliš a zatim na drugu osobu njihova je sposobnost da prežive na različitim površinama u bolničkoj sredini. Te površine su predmeti koji su u svakodnevnoj rutinskoj uporabi (stetoskopi, termometri i tlakomjeri), predmeti koje koristi bolničko osoblje, a vrlo često su kontaminirani (npr. kemijske olovke, mobiteli, računalne tipkovnice i slično) te onečišćeni pred-

Sposobnost bakterija da prežive na različitim površinama u bolničkoj sredini važan je čimbenik za njihov prijenos s pacijenta ili zdravstvenog radnika u okoliš, a zatim na drugu osobu.

meti koje koristi pacijent (npr. rublje, ručnici, posteljina, pribor za jelo, pribor za osobnu higijenu, igračke i slično)<sup>1</sup>.

Čimbenici koji utječu na preživljavanje bakterija na suhim površinama mogu se podijeliti na čimbenike vezane uz svojstva bakterija i okolišne čimbenike (tablica 1)<sup>2</sup>.

**Tablica 1.** Čimbenici koji utječu na preživljavanje bakterija u okolišu<sup>2</sup>.

Bakterijski čimbenici	Okolišni čimbenici
Specifični mikroorganizam: rod, vrsta i soj	Svjetlost, UV zrake
Koncentracija	Temperatura
Mikroorganizma na površini	Vlažnost
	Medij u kojem su suspendirane bakterije
	Površina na kojoj se bakterije nalaze

## UTJECAJ SUŠENJA NA BAKTERIJE

Izlaganje bakterijskih stanica suhim uvjetima, a zatim njihova rehidracija, izaziva različite fiziološke poremećaje koje malo organizama može podnijeti. Otpornost na sušenje zabilježena je kod bakterija, viših i nižih biljaka i njihovog sjemenja, insekata, gljiva i njihovih spora te različitih člankonožaca<sup>3</sup>.

Ako su bakterijske stanice suspendirane u vodenoj otopini, a otapalo (voda) ne može prodrijeti kroz membranu stanice, tada je ona izložena osmotskom stresu. Kod nedostatka vode kisik puno lakše reagira sa stanicama. Oksidativno oštećenje očituje se oštećenjem proteina i peroksidacijom lipida i dovodi do gubitka propusnosti membrane, te u konačnici do lize stanice. Nadalje, takve stanice izlo-

žene su i gladovanju, jer vrlo važan nutrijent – voda, više nije dostupan<sup>3,4</sup>.

Zbog nedostatka vode nastaju teška oštećenja makromolekula u bakterijskoj stanici. Oštećenja DNK i proteina posredovana su u prvom redu slobodnim kisikovim radikalima ( $O_2^-$ ) te vodikovim peroksidom. Tijekom sušenja značajne promjene se odvijaju i u staničnoj membrani koja iz faze tekućeg kristala prelazi u gel fazu. U trenutku rehidracije događa se obrnuta promjena i membrana se iz gel faze vraća u formu tekućeg kristala, što dovodi do njenog pucanja i istjecanja citoplazme. Opisana pojava može se spriječiti dodatkom trehaloze koja djeluje kao zamjena za vodu u membrani i proteinima. Drugi mehanizam koji bakterije posjeduju kako bi održale fazu tekućeg kristala stabilnom je povišenje temperature u samoj membrani i promjena kompozicije fosfolipidnog dvosloja<sup>3,4</sup>.

Istraživanja pokazuju da faza rasta u kojoj se bakterije nalaze ima utjecaj na otpornost bakterijskih stanica prema sušenju. Stanice *Escherichia coli* pokazale su pojačanu otpornost na sušenje i osmotski stres tijekom stacionarne faze rasta, stoga možemo zaključiti da su u toj fazi bakterije otpornije na nepovoljne uvjete<sup>3,5</sup>.

Brzina kojom se stanice isušuju na zraku kritična je za njihovo preživljavanje. Stanice izložene sporom sušenju duže zadržavaju vijabilnost od stanica izloženih brzom sušenju. Isto je tako vijabilnost stanica u porastu ako se stanice isušuju u prisutnosti organske tvari. Vrijeme preživljavanja bakterija raste ako se bakterijske stanice izložene sušenju pohrane na tamnom mjestu te u inertnoj atmosferi<sup>3</sup>.

## MEHANIZMI OTPORNOSTI BAKTERIJA NA SUŠENJE

Neke bakterije otporne na sušenje akumuliraju velike količine disaharida saharoze ili trehaloze ili pak oboje. John i Lois Crowe i suradnici potvrdili su hipotezu u kojoj objašnjavaju mehanizam zamjene vode nekom drugom tvari, zbog čega je stanica zaštićena tijekom ekstremnog isušivanja<sup>3</sup>. Trehaloza zamjenjuje vodu koja okružuje makromolekule, na taj način sprječavajući oštećenja izazvana sušenjem. Ugljikohidrati imaju sposobnost vezanja s proteinima i na taj način tijekom sušenja stabiliziraju labilne proteine<sup>3</sup>. Osim unutar stanice, vrlo je važna uloga trehaloze i u zaštiti vanjskog di-

jela stanične membrane. Na modelu kvasca *Saccharomyces cerevisiae* pokazalo se kako unutar stanica postoje nosači trehaloze koji trehalozu transportiraju iz citoplazme u izvanstanični okoliš<sup>6</sup>. Jedan od mehanizama zaštite bakterijskih stanica od sušenja je izlučivanje značajne količine egzopolimernih supstancija (EPS). Egzopolimerni sloj formira se nakupljanjem različitih vrsta polimernih supstancija visoke viskoznosti oko bakterijskog staničnog zida. Egzopolimerni sloj ima higroskopska svojstva, pa sadrži prilično veliku količinu vode i time smanjuje brzinu gubitka vode iz bakterijske stanice. Osim što čuva bakteriju od isušivanja, potpomaže i prijanjanje za podlogu, pruža zaštitu od fagocitnog djelovanja, otežava prepoznavanje od strane imunološkog sustava i sprječava lizu stanica uzrokovanu djelovanjem drugih bakterija ili virusa<sup>3,7,8</sup>. *Pseudomonas* spp. proizvodi velike količine ovih tvari kada je izložen sušenju, za razliku od vremana kada nije izložen takvim uvjetima. U suhim uvjetima bakterije usmjeravaju energiju i nutrijente na produkciju polisaharida, pa tako na primjer *Pseudomonas* proizvodi više EPS-a nego proteina kada je izložen sušenju<sup>3,9</sup>. Osim širokog spektra ugljikohidrata koji mogu poslužiti kao zaštita od su-

šenja, sličnu ulogu mogu imati i neki glikolipidi. Jedan od njih je takozvani „Cord“ faktor ( $\alpha$ -trehaloza 6,6'-dimikolat), glikolipid prisutan u staničnim stjenkama bakterija iz rodova *Mycobacterium*, *Nocardia*, *Rhodococcus* i *Corynebacterium*<sup>3,10</sup>.

Neke bakterije imaju sposobnost stvaranja različitih fotoprotektivnih pigmenata koji upijaju zračenja određenih valnih duljina i tako također mogu pružiti zaštitu od nakupljanja slobodnih radikala tijekom sušenja<sup>3</sup>.

#### BAKTERIJE NA RAZLIČITIM POVRŠINAMA I MATERIJALIMA U BOLNIČKOJ SREDINI

Površine se često opisuju kao izvor bolničkih infekcija. Najčešći uzročnici bolničkih infekcija mogu preživjeti mjesecima na različitim površinama i tako mogu biti kontinuirani izvor zaraze, ako se ne izvodi redovita preventivna dezinfekcija<sup>11</sup>. Većina gram pozitivnih bakterija, kao što su *Enterococcus* spp. (uključujući i vankomicin rezistentan *Enterococcus faecalis* – VRE), *Staphylococcus aureus* (uključujući i meticilin rezistentan *Staphylococcus aureus* – MRSA) ili *Streptococcus pyogenes*, preživljava mjesecima na suhim površinama<sup>11</sup> (tablica 2).

**Tablica 2.** Preživljavanje različitih uzročnika bolničkih infekcija na suhim površinama (preuzeto i prilagođeno prema literaturnom izvoru<sup>11</sup>)

Bakterija	Vrijeme preživljavanja
<i>Acinetobacter</i> spp.	3 dana do 5 mjeseci
<i>Bordetella pertussis</i>	3 do 5 dana
<i>Campylobacter jejuni</i>	do 6 dana
<i>Clostridium difficile</i> (spore)	5 mjeseci
<i>Chlamydia trachomatis</i>	oko 30 sati
<i>Escherichia coli</i>	2 sata do 16 mjeseci
<i>Enterococcus</i> spp. (uključujući VRE)	5 dana do 4 mjeseca
<i>Helicobacter pylori</i>	oko 90 minuta
<i>Klebsiella</i> spp.	2 sata do 30 mjeseci
<i>Listeria</i> spp.	1 dan do nekoliko mjeseci
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	1 dan do 4 mjeseca
<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	1 do 3 dana
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	6 sati do 16 mjeseci
<i>Salmonella</i> Typhi	6 sati do 4 tjedna
<i>Salmonella</i> Typhimurium	10 dana do 4 godine
<i>Serratia marcescens</i>	3 dana do 2 mjeseca
<i>Shigella</i> spp.	2 dana do 5 mjeseci
<i>Staphylococcus aureus</i> (uključujući MRSA)	7 dana do 7 mjeseci
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	1 do 20 dana
<i>Streptococcus pyogenes</i>	3 dana do 6,5 mjeseci
<i>Vibrio cholerae</i>	1 do 7 dana
<i>Haemophilus influenzae</i>	12 dana

Legenda: VRE – vankomicin rezistentan *Enterococcus faecalis*; MRSA – meticilin rezistentan *Staphylococcus aureus*

Mnoge vrste gram negativnih bakterija, kao što su *Acinetobacter* spp., *E. coli*, *Klebsiella* spp., *P. aeruginosa*, *Serratia marcescens* ili *Shigella* spp. također mogu preživjeti mjesecima na neživim površinama<sup>12</sup>. Općenito gledano, gram negativne bakterije dulje vrijeme preživljavaju u suhim uvjetima<sup>13</sup>. Kao osjetljive na suhe uvjete pokazale su se bakterije *Bordetella pertussis*, *Haemophilus influenzae* i *Vibrio cholerae* (tablica 2)<sup>5</sup>.

Relativna vlažnost zraka poboljšava opstanak većine vrsta, a samo *S. aureus* preživljava duže u uvjetima niske vlažnosti. Niske temperature (4 °C – 6 °C), također utječu na vrijeme preživljavanja mnogih vrsta bakterija (*L. monocytogenes*, *S. Typhimurium*, MRSA, *E. coli*, *Neisseria gonorrhoeae*) i to tako da bakterije pri tim temperaturama duže perzistiraju na suhim površinama<sup>14-17</sup>.

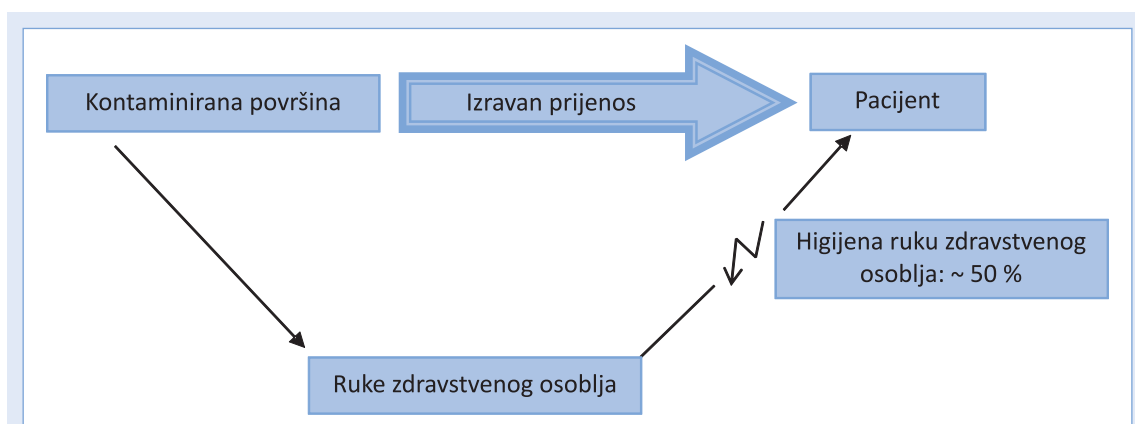
U bolnicama su različitim bolničkim patogenima kontaminirane površine koje često dolaze u kontakt s rukama osoblja i pacijenata. Samo jednim kontaktom ruke s kontaminiranom površinom najuspješnije su se prenosile bakterije *E. coli*, *Salmonella* spp. i *S. aureus*<sup>18</sup>. Slika 1 predstavlja uobičajeni model prijenosa s površina na pacijenta<sup>11</sup>.

Brzina sušenja također utječe na preživljavanje. U istraživanju u kojem je ispitivano vrijeme preživljavanja *Enterobacter cloacae*, *P. aeruginosa* i *S. aureus* pri izlaganju različitim tipovima sušenja na površini od nehrđajućeg čelika, rezultati su pokazali sljedeće: pri izlaganju sporom sušenju na zraku do smanjenja početnog broja bakterija dolazi nakon 6

sati. Nakon toga *E. cloacae* i *P. aeruginosa* nisu više detektabilni, dok je *S. aureus* detektiran i 72 sata nakon izlaganja takvim uvjetima. Kod brzog sušenja u komori s laminarnim protokom zraka broj bakterija *E. cloacae* i *P. aeruginosa* pada ispod praga detekcije nakon dva sata, a *S. aureus* detektabilan je i 72 sata nakon izlaganja sušenju<sup>19</sup>.

Postoje različite studije koje opisuju prijenos bakterija u bolničkoj sredini. U jednoj od njih istraživači su sterilnim rukavicama dodirivali krevete i stolove pacijenata kod kojih je vankomicin-rezistentni enterokok izoliran iz stolice. Uzimanjem otiska s tih površina i nasađivanjem pokazalo se da je 12 od 13 površina bilo pozitivno, a što se tiče prijenosa na rukavice 46 % uzoraka (6 od 13) također je bilo pozitivno i dokazana je ova bakterija<sup>20</sup>. *E. coli*, *K. aerogenes* i *S. aureus* se također lako prenose s kontaminirane odjeće na ruke<sup>18</sup>. U jednom od istraživanja pronalazimo podatak da oko 65 % medicinskih sestara koje vode brigu o pacijentima zaraženim MRSA-om, a koji je izoliran iz urina ili rana, istu bakteriju nose na radnoj odjeći<sup>21</sup>. Ovakva istraživanja potvrdile su i brojne epidemiološke studije koje su povezale kontaminirane površine i odjeću s izbijanjem epidemija unutar bolničke sredine. Tako se bronhoskopi povezuju s prijenosom *P. aeruginosa*, prijenos multirezistentne *K. pneumoniae* povezuje se s kontaminiranim površinama unutar operacijskih dvorana, a pokazalo se i da se epidemija *S. marcescens* unutar jedinice za intenzivno liječenje proširila pomoću katetera za urin<sup>22-24</sup>.

Tablica 3 prikazuje preživljavanje nekih bolničkih patogena na različitim tipovima površina. Sve na-



Slika 1. Model prijenosa bakterija s površina na pacijenta<sup>11</sup>

**Tablica 3.** Preživljavanje bolničkih patogena na različitim materijalima pri sobnoj temperaturi<sup>2</sup>.

Vrsta	Vrijeme preživljavanja na različitim materijalima (u danima i satima)				
	Pamuk	Uniforme	Poliester	Polietilen	Poliuretan
<b>Gram pozitivne bakterije</b>					
Koagulaza negativni stafilokoki	8 – 21 d	6 – 28 d	7 – 16 d	41 – 90 d	NR
<i>S. aureus</i>	4 – 21 d	1 – 21 d	1 – 56 d	22 – 90 d	NR
<i>Enterococcus</i> spp.	11 – 90 d	18 – 90 d	43 – 90 d	68 – 90 d	NR
<b>Gram negativne bakterije</b>					
<i>P. aeruginosa</i>	2 – 24 h	12 h – 3 d	1 – 2 d	2 – 10 d	2 – 7 d
<i>S. marcescens</i>	1 – 2 d	14 h – 3 d	4 – 7 d	3 – 8 d	7 – 10 d
<i>P. mirabilis</i>	4 h – 9 d	2 h – 8 d	2 – 4 d	4 – 8 d	8 – 26 d
<i>E. coli</i>	1 – 2 d	2 d	3 – 9 d	11 – 25 d	15 – 36 d
<i>K. pneumoniae</i>	4 – 6 d	6 – 14 d	4 – 11 d	9 – 27 d	11 – 32 d
<i>Acinetobacter</i> spp.	2 – 9 d	9 – 11 d	4 – 14 d	> 60 d	53 – 60 d
<i>Enterobacter</i> spp.	10 – 35 d	13 – 49 d	5 – 26 d	19 – 33 d	15 – 35 d

Legenda: NR – nije rađeno; d – dani; h – sati

vedene bakterije izložene su jednakim uvjetima (temperatura i vlažnost) i suspenzije su napravljene u istom mediju te inokulirane na materijale u koncentraciji  $10^4$  –  $10^5$  bakterija. Iz tablice vidimo da bakterije znatno dulje preživljavaju na materijalu kao što je plastika, dok je na tkaninama vrijeme preživljavanja kraće. Važno je napomenuti da na vrijeme preživljavanja također utječe veličina inokuluma, kao i medij u kojem se bakterija nalazi. Što je viša koncentracija bakterija ili je prisutna neka organska tvar (npr. serum), duže je i vrijeme preživljavanja<sup>2</sup>.

U jednoj od studija ispitivano je preživljavanje osjetljivih i rezistentnih sojeva *E. fecalis*, *E. faecium*, *S. aureus* te koagulaza negativnih stafilokoka (CNS) izoliranih kod bolničkih pacijenata. Pokazalo se da su enterokoki najotporniji i na tkaninama preživljavaju oko mjesec dana, a na čvrstim površinama i do tri mjeseca. Ispitivanje je pokazalo da ne postoji statistički značajna razlika u vremenu preživljavanja između rezistentnih i osjetljivih izolata<sup>25</sup>. Ispitivanjem preživljavanja vankomicin-rezistentnih i vankomicin-osjetljivih sojeva *E. faecium* i *E. faecalis* na površini od polivinil-klorida

**Tablica 4.** Vrijeme preživljavanja bakterija na podnim materijalima i materijalima za radne površine<sup>27</sup>.

Površina	Dužina preživljavanja (dani)			
	<i>S. aureus</i>	VRE	<i>P. aeruginosa</i>	<i>E. coli</i>
Vinil	63,40 ± 3,58	47,80 ± 3,03	11,40 ± 1,67	4,60 ± 0,89
Keramika	73,80 ± 3,63	67,80 ± 2,68	30,60 ± 1,67	6,60 ± 0,89
Laminat	75,4 ± 2,61	65,40 ± 2,61	25,40 ± 2,19	7,00 ± 0,00
Inox	68,20 ± 2,28	42,60 ± 2,61	6,60 ± 0,89	4,60 ± 0,89

Legenda: VRE – vankomicin rezistentan *Enterococcus faecalis*

Napomena: rezultati su izraženi kao srednja vrijednost ± standardna devijacija

**Tablica 5.** Vrijeme preživljavanja različitih bakterija na plastičnoj površini<sup>28</sup>.

Vrsta	Vrijeme preživljavanja (broj dana)
<i>Acinetobacter baumannii</i>	> 50
<i>Staphylococcus aureus</i>	28
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	14
<i>Salmonella Typhimurium</i>	10
<i>Escherichia coli</i>	10
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	7

pokazalo se da svi ispitivani sojevi preživljavaju najmanje jedan tjedan, a pojedini i do četiri mjeseca<sup>26</sup>.

Postoje i podaci o vremenu preživljavanja na materijalima koji se koriste kao podne i radne površine. U jednoj od studija ispitivano je vrijeme preživljavanja na vinilu i keramici (podovi) te laminatu i nehrđajućem čeliku (radne površine). Ispitivano je preživljavanje *S. aureus*, vankomicin-rezistentnog *E. faecalis*, *P. aeruginosa* i *E. coli*<sup>27</sup>. Rezultati su prikazani u tablici 4.

Izlučivanje značajne količine egzopolimernih supstancija jedan je od mehanizama zaštite bakterijskih stanica od sušenja.

Poznavajući vrijeme preživljavanja bakterija koje su izložene sušenju moguće je odrediti učinkovite mjere dezinfekcije i sterilizacije kojima će se uništiti otporne vrste.

U našem smo istraživanju ispitivali preživljavanje kliničkih izolata na plastičnoj površini sljedećih bakterija: *K. pneumoniae*, *A. baumannii*, *E. coli*, *S. Typhimurium*, *P. aeruginosa* i *S. aureus*. Bakterijska suspenzija u kapima nanosena je na plastičnu površinu (mikrotitar pločica) i sušena kroz sat vremena. Rezultati su pokazali da *K. pneumoniae* najkraće preživljava u uvjetima isušivanja, svega 7 dana, dok *A. baumannii* preživljava i preko 50 dana<sup>28</sup> (tablica 5).

Wendt i suradnici pokazali su da pojedini sojevi *A. baumannii* na suhim površinama poput keramike, PVC-a, gume i nehrđajućeg čelika mogu preživjeti više od četiri mjeseca<sup>29</sup>. U drugom istraživanju navodi se da *E. coli* i *S. Typhimurium* ugibaju unutar mjesec dana (eventualno dva mjeseca) ako se nalaze na sobnoj temperaturi. S obzirom na to da niske temperature pogoduju preživljavanju bakterija, one koje su pohranjene na temperaturi od + 4 °C mogu preživjeti i do dvije godine<sup>30</sup>. U pokusu u kojem je ispitivano preživljavanje raznih bakterija na metalnim površinama, *S. aureus* pokazao se kao bakterija koja je i nakon izlaganja sušenju bila izolirana u velikom broju, a to je objašnjeno svojstvom stafilokoka da se grupira u grozdove<sup>31</sup>.

Što se tiče vrste materijala, pojedina istraživanja pokazuju kako vrijeme nema utjecaj na preživljavanje bakterija, no bakterije ipak dulje opstaju na čvrstim površinama, poput plastike (tablica 3). Uspoređivano je vrijeme preživljavanja kliničkih (22 izolata) i nekliničkih izolata (17 izolata) *A. baumannii*. Suspenzija je nanosena na staklenu površinu, a okolišni uvjeti simulirali su bolničku sredinu. Rezultati su pokazali da ne postoji statistički značajna razlika u vremenu preživljavanja između kliničkih i nekliničkih sojeva. Svi izolirani sojevi pokazali su dobru sposobnost preživljavanja u nepovoljnim uvjetima te su izolirani i do 27 dana nakon izlaganja istima<sup>32</sup>.

S obzirom na to da je ranije spomenuto kako medij u kojem se bakterija nalazi utječe na vrijeme preživljavanja, pokazalo se da se to vrijeme značajno produžuje ako je bakterijska suspenzija pripremljena u goveđem serumu, pa tako bakterije *A. baumannii* u goveđem serumu preživljavaju i do 60 dana u nepovoljnim uvjetima, za razliku od bakterija pripremljenih u destiliranoj vodi, čije vrijeme preživljavanja iznosi 11 dana. Viša relativna vlažnost također utječe na vrijeme preživljavanja, pa tako acinetobakteri koji su bile izloženi relativnoj vlažnosti od 31 % preživljavaju oko 11 dana, dok oni izloženi relativnoj vlažnosti od 10 % preživljavaju oko četiri dana. U istim uvjetima ispitivana je i bakterija *S. aureus* koja je pokazala slične karakteristike i čije je vrijeme preživljavanja u ovom pokusu bilo gotovo jednako dugotrajno kao i vrijeme preživljavanja *A. baumannii*<sup>33</sup>.

Jedna od bakterija koja također dobro podnosi suhe uvjete je *Enterobacter sakazakii*. Postoje slučajevi u kojima je ovaj oportunistički patogen izoliran iz hrane za dojenčad (mlijeko u prahu)<sup>34</sup>.

U ispitivanju je pokazano kako ova bakterija u stacionarnoj fazi rasta pokazuje vrlo dobru otpornost prema osmotskom stresu i sušenju, a to se pripisuje nakupljanju trehaloze u bakterijskim stanicama. Stanice *E. sakazakii* izložene su sušenju pri temperaturama od 25 °C i 45 °C i u oba slučaja su izolirane i 46 dana nakon izlaganja sušenju<sup>35</sup>.

S obzirom na nedostatak epidemioloških podataka (poglavito podataka koje daje molekularna epidemiologija), još uvijek postoji mišljenje da je čišćenje površina običnim deterdžentima dovoljno. Čišćenje površina antimikrobnim sredstvima

u neposrednoj blizini pacijenata trebalo bi se svakako provoditi svakodnevno. Nove smjernice o tretiranju površina u bolnicama uzimaju u obzir više parametara (vrsta odjela, učestalost kontakta ruku s nekom površinom) koji se smatraju relevantnima za sprječavanje prijenosa bolničkih patogena. Bez obzira na različita mišljenja u vezi s odgovarajućim tretmanima površina, vrijeme preživljavanja bolničkih patogena na različitim površinama svakako treba uzeti u obzir kod izbora postupka u tretiranju istih<sup>11</sup>.

Nakon navedenog ostaje vrlo važno pitanje: kako zaštititi bolničko osoblje i pacijenta od kolonizacije (i mogućeg nastanka infekcije) bolničkim patogenima? Pravila su zapravo prilično jednostavna, a potrebno ih se savjesno pridržavati. Uvjeti i način obavljanja mjera za sprječavanje i suzbijanje infekcija povezanih sa zdravstvenom skrbi propisane su odredbama Pravilnika o uvjetima i načinu obavljanja mjera za sprečavanje i suzbijanje bolničkih infekcija (NN, 85/12). Izuzetno je važno provesti sanitarno-higijenske postupke pri radu, što između ostalog uključuje uspostavu jasnog i jednostavnog sustava označavanja kretanja osoba unutar ustanove te uspostavu kružnog toka za čiste i kontaminirane materijale (rublje, instrumenti, otpad), tako da se spriječi križanje čistog i nečistog materijala i njihov transport u zatvorenim spremnicima. Higijena ruku osoblja podrazumijeva pranje ruku pod tekućom vodom tekućim sapunom, odnosno losionom u slučaju vidljive kontaminacije ruku i utrljavanje alkoholnog preparata u svim ostalim slučajevima. Higijena ruku mora se provoditi: prije kontakta s pacijentom, nakon kontakta s pacijentom, prije izvođenja aseptičkog zahvata, nakon kontakta s tjelesnim tekućinama i izlučevinama, nakon kontakta s pacijentovom okolinom te uvijek nakon skidanja rukavica<sup>36</sup>. Pridržavanje svih pravila i mjera prilikom izolacije inficiranog pacijenta (korištenje zaštitne opreme, pravilno odlaganje medicinskog otpada), pravilno čišćenje i dezinfekcija (kvalitetni dezinficijensi širokog spektra djelovanja, korišteni na pravi način u odgovarajućoj koncentraciji, kroz dovoljno dugo vrijeme) svih površina te ispravno pranje rublja i bolničke posteljine obavezni su. Namještaj i oprema trebaju biti takvi da se može lako čistiti i dezinficirati. Također treba redovito

provoditi edukaciju svih profila zdravstvenih radnika, ali i pomoćnog osoblja te ukazati na značaj komunikacije i suradnje među osobljem<sup>2</sup>.

## ZAKLJUČAK

Sposobnost mikroorganizama da prežive sušenje predstavlja važan čimbenik u razvoju bolničkih infekcija. Znajući vrijeme preživljavanja bakterija koje su izložene sušenju, mogu se odrediti učinkovite mjere dezinfekcije i sterilizacije kojima će se uništiti otporne vrste. Takvo što zahtijeva specifičnu stručnost i suradnju mikrobiologa, infektologa i epidemiologa, kao i predanost timova ili povjerenstava za nadzor i kontrolu bolničkih infekcija. Potrebno je strogo pridržavanje mjera prevencije i pravilne dezinfekcije te redovita kontrola i edukacija osoblja kako bi se mogućnosti zaraze intrahospitalnim bakterijama svele na najmanju moguću mjeru.

## ZAHVALA

Rad je dio znanstvenih projekata „Patogeneza eksperimentalne legioneloze“ (broj 062-0621273-1275) i „Patogeneza eksperimentalne kampilobakterioze“ (broj 062-0621273-0949) koje je financiralo Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske.

## LITERATURA

1. Šarić M, Buljubašić A, Žunić LJ, Orlandini R, Vardo A. Mjere za sprječavanje i suzbijanje širenja bolničkih infekcija s osvrtom na pravnu regulativu u Republici Hrvatskoj. Hrvatski časopis za javno zdravstvo 2013;9:158-75.
2. Neely AN. Persistence of microorganisms on common hospital surfaces. Strategies to control their dissemination. Infection Control Resource [Internet]. 2014;4:4. [Cited 2013 Oct 9] Available from: <http://www.infectioncontrolresource.org/assets/ic16.pdf>.
3. Potts M. Desiccation tolerance of prokaryotes. Microbiological Reviews 1994;58:755-805.
4. Flessa S. Drying stress and survival of Shigella and Salmonella in food derived model systems. PhD thesis. München: Technischen Universität 2005;152.
5. Mitscherlich E, Marth EH. Microbial survival in the environment. Bacteria and rickettsiae important in human and animal health. 1<sup>st</sup> Edition. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer Verlag, 1984;150-9.
6. Eleutherio ECA, de Araujo PS, Panek AD. Role of trehalose carrier in dehydration resistance of Saccharomyces cerevisiae. Biochem Biophys Acta 1993;1156:263-6.
7. Ernst A, Chen W, Böger P. Carbohydrate formation in rewetted terrestrial cyanobacteria. Oecologia (Berlin) 1987;72:574-6.

8. Tease BE, Walker RW. Comparative composition of the sheath of the cyanobacterium *Gloeotheca* ATCC 27152 cultured with and without combined nitrogen. *J Gen Microbiol* 1987;133:3331-9.
9. Roberson EB, Firestone MK. Relationship between desiccation and exopolysaccharide production in a soil *Pseudomonas* sp. *Appl Environ Microbiol* 1992;58:1284-91.
10. Spargo BJ, Crowe LM, Ionedo T, Beaman BL, Crowe JH. Cord factor ( $\alpha,\alpha$ -trehalose 6,6'-dimycolate) inhibits fusion between phospholipid vesicles. *Proc Natl Acad Sci USA* 1991;88:737-40.
11. Kramer A, Schwebke I, Kampf G. How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. *BMC Infectious Diseases* 2006;6:130
12. Rüdén H, Gastmeier P, Daschner FD, Schumacher M. Nosocomial and community-acquired infections in Germany. Summary of the results of the first national prevalence study (NIDEP). *Infection* 1997;25:199-202.
13. Hirai Y. Survival of bacteria under dry conditions from a view-point of nosocomial infection. *Journal of Hospital Infection* 1991;19:191-200.
14. Helke DM, Wong ACL. Survival and growth characteristics of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella Typhimurium* on stainless steel and Buna-N rubber. *Journal of Food Protection* 1994;57:963-8.
15. Noyce JO, Michels H, Keevil CW. Potential use of copper surfaces to reduce survival of epidemic methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in the healthcare environment. *Journal of Hospital Infection* 2006;63:289-97.
16. Williams AP, Avery LM, Killham K, Jones DL. Persistence of *Escherichia coli* 0157 on farm surfaces under different environmental conditions. *Journal of Applied Microbiology* 2005;98:1075-83.
17. Elmos T. Survival of *Neisseria gonorrhoeae* on surfaces. *Acta Dermato-Venereologica* 1977;57:177-80.
18. Scott E, Bloomfield SF. The survival and transfer of microbial contamination via cloths, hands and utensils. *Journal of Applied Bacteriology* 1990;68:271-8.
19. Fuster-Valls N, Hernandez-Herrero M, Marin-de-Mateo M, Rodriguez-Jerez JJ. Effect of different environmental conditions on the bacteria survival on stainless steel surfaces. *Food Control* 2008;19:308-14.
20. Ray AJ, Hoyen CK, Taub TF, Eckstein EC, Donskey CJ. Nosocomial transmission of vancomycin-resistant enterococci from surfaces. *JAMA* 2002;287:140-1.
21. Boyce JM, Potter-Bynoe G, Chenevert C, King T. Environmental contamination due to methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: possible infection control implications. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1997;18:622-7.
22. Srinivasan A, Wolfenden LL, Song X, Mackie K, Hartsell TL, Jones HD et al. An outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* infections associated with flexible bronchoscopes. *N Engl J Med* 2003;348:221-7.
23. van't Veen A, van der Zee A, Nelson J, Speelberg B, Kluytmans JA, Buiting AG. Outbreak of infection with multiresistant *Klebsiella pneumoniae* strain associated with contaminated roll boards in operating rooms. *J Clin Microbiol* 2005;43:4961-7.
24. Yoon HJ, Choi JY, Park YS, Kim CO, Kim JM, Yong DE et al. Outbreaks of *Serratia marcescens* bacteriuria in a neurosurgical intensive care unit of a tertiary care teaching hospital: a clinical, epidemiologic, and laboratory perspective. *Am J Infect Control* 2005;33:595-601.
25. Neely AN, Maley MP. Survival of Enterococci and Staphylococci on hospital fabrics and plastic. *Journal of Clinical Microbiology* 2000;724-6.
26. Wendt C, Wiesenthal B, Dietz E, Rüdén Henning. Survival of vancomycin-resistant and vancomycin-susceptible Enterococci on dry surfaces. *Journal of Clinical Microbiology* 1998;36:3734-6.
27. Yazgi H, Uyanik MH, Ertek M, Aktas AE, Igan H, Ayyildiz A. Survival of certain nosocomial infectious agents on the surfaces of various covering materials. *Turk J Med Sci* 2009;39:619-22.
28. Matešić M, Pašić E, Rebić D, Vasiljev Marchesi V, Gobin I. Survival of different bacteria in dry conditions. Abstracts of the 10<sup>th</sup> Zagreb International Medical Summit (ZIMS). Zagreb, 2010;132.
29. Wendt C, Dietze B, Dietz E, Rüdén H. Survival of *Acinetobacter baumannii* on dry surfaces. *Journal of Clinical Microbiology* 1997;35:1394-7.
30. Hiramatsu R, Matsumoto M, Sakae K, Miyazaki Y. Ability of shiga toxin-producing *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. to survive in a desiccation model system and in dry foods. *Applied and Environmental Microbiology* 2005;71:6657-63.
31. Kusumaningrum HD, Riboldi G, Hazeleger WC, Beumer RR. Survival of foodborne pathogens on stainless steel surfaces and cross-contamination to foods. *International Journal of Food Microbiology* 2002;85:227-36.
32. Jawad A, Seifert H, Snelling AM, Heritage J, Hawkey PM. Survival of *Acinetobacter baumannii* on dry surfaces; comparison of outbreak and sporadic isolates. *Journal of Clinical Microbiology* 1998;36:1938-41.
33. Jawad A, Heritage J, Snelling AM, Gascoyne-Binzi DM, Hawkey PM. Influence of relative humidity and suspending menstrua on survival of *Acinetobacter* spp. on dry surfaces. *Journal of Clinical Microbiology* 1996;34:2881-7.
34. van Acker J, de Smet F, Muyltermans G, Bougateg A, Naessens A, Lauwers S. Outbreak of necrotizing enterocolitis associated with *Enterobacter sakazakii* in powdered milk formula. *Journal of Clinical Microbiology* 2001;39:293-7.
35. Breeuwer P, Lardeau A, Peterz M, Joosten HM. Desiccation and heat tolerance of *Enterobacter sakazakii*. *Journal of Applied Microbiology* 2003;95:967-73.
36. Pravilnik o uvjetima i načinu obavljanja mjera za sprečavanje i suzbijanje bolničkih infekcija. Narodne novine [internet]. 85/12. [cited 2013 Oct 20]. Available from: <http://narodne-novine.nn.hr/default.aspx>.