

Mehanizmi rezistencije na antibiotike u bakterije *Acinetobacter baumannii*

Skender, Barbara

Undergraduate thesis / Završni rad

2012

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/um:nbn:hr:217:805356>

Rights / Prava: [In copyright/Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEU ILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO – MATEMATI KI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

**MEHANIZMI REZISTENCIJE NA ANTIBIOTIKE U
BAKTERIJE ACINETOBACTER BAUMANNII**

**MECHANISMS OF ANTIBIOTIC RESISTANCE IN
BACTERIA ACINETOBACTER BAUMANNII**

SEMINARSKI RAD

Barbara Skender
Preddiplomski studij biologije
(undergraduate Study of Biology)
Mentor: prof.dr.sc. Jasna Hrenovi
Pomo ni mentor: dr.sc. Tomislav Ivankovi

Zagreb, 2012.

SADRŽAJ

UVOD	3
OPREKARAKTERISTIKE <i>A. BAUMANNII</i>	4
MEHANIZMI REZISTENCIJE NA ANTIBIOTIKE U <i>A. BAUMANNII</i>	5
Aminoglikozidi.....	5
β-laktami.....	6
Enzimatski mehanizmi	6
Nenenzimatski mehanizmi	8
Kinoloni.....	10
Polimiksini	10
Tetraciklini i glicilciklini.....	10
KLINIČKE MANIFESTACIJE INFEKCIJA S <i>A. BAUMANNII</i>	11
Upala pluća.....	11
Infekcije krvnog toka	11
Infekcija urinarnog trakta	12
Meningitis.....	12
MOLEKULARNE TEHNIKE ZA ANALIZU SOJEVA <i>A. BAUMANNII</i>	13
Analiza plazmida.....	13
Ribotipizacija	13
PFGE (Pulsed-field gel electrophoresis)	13
Metode tipizacije bazirane na PCR-u (eng. polymerase chain reaction)	14
AFLP metoda (eng. amplified fragment length polymorphism).....	15
MLST metoda (eng. multilocus sequence typing)	15
ZAKLJUČAK	16
LITERATURA.....	17
SUMMARY	21

UVOD

Bakterije vrste *Acinetobacter baumannii* spadaju me u jedne od najproblematičnijih bolesti kih patogena. Sve veći broj bolesti kih infekcija uzrokovanih sojevima vrste *Acinetobacter baumannii* uzrok je zabrinutosti znanstvenika (Slika 1). Pronaeni su sojevi ove vrste koji su rezistentni na sve do sada poznate antibiotike.

Upravo zbog toga se posebna pažnja posvećiva mehanizmima i na nastvaranje rezistencije kod ovih bakterija.

Rezistentnost na antibiotike uzrok je tome da *A. baumannii* ima sposobnost preživjeti dulje vrijeme u bolesti kom okruženju, te samim time ima i više mogunosti za stvaranje infekcije. *A. baumannii* napada najosjetljivije bolesnike najčešće preko ozljeda na koži i kroz dišne puteve.

Najpoznatija infekcija koju ovi organizmi uzrokuju je bolest kaupala pluća, iako su u posljednje vrijeme uočene infekcije koje napadaju i središnji životni sustav, kožu i mekana tkiva, te kosti.

U ovom radu osvrnuti su se, osim na glavnu temu - mehanizme rezistencije, i na taksonomsku podjelu i biologiju vrste *A. baumannii*, na bolesti koje manifestacije infekcije, te na metode detekcije bakterije.



Slika 1. Kolonije bakterije *Acinetobacter baumannii* porasle na krvnom agaru (<http://www.acinetobacter.org/>)

OPSEKARAKTERISTIKE A. BAUMANNII

Godine 1911. nizozemski mikrobiolog Martinus Beijerinck opisao je organizam imena *Micrococcus calcoaceticus*. Tijekom narednih desetljeća su i opisani slični organizmi koji su 1954. stavljeni u rod *Acinetobacter*. Ovo ime je predloženo da bi se razdvojili pokretni od nepokretnih mikroorganizama unutar roda *Achromobacter* (akinetos, gr. - nepokretno) (Bijernick, 1911).

Službeno je rod *Acinetobacter* priznat 1971. godine. Spada u porodicu *Moraxelacea*, red *Gammaproteobacteria*, koji obuhvaća i rodove *Moraxella*, *Psychrobacter* i srodne rodove (Rossau i sur., 1991).

Acinetobacter obuhvaća Gram-negativne, strogo aerobne, nepokretne i katalaza pozitivne bakterije sa sadržajem DNA G+C baza od 39% do 47%.

Dobro rastu na vrstima medijima koji se rutinski koriste u mikrobiološkim laboratorijima. To su npr. ovaj krvni agar ili tripton-sojin agar koji se inkubiraju na temperaturi od 37°C/24h (Garrity i sur., 2005).

Ove bakterije formiraju glatke, mukoidne, sivo-bijele kolonije (Slika 1). Ponekad kolonije kompleksa *A. calcoaceticus* - *A. baumannii* nalikuju kolonijama koje formiraju *Enterobacteriae*: kolonije preko nih kultura su promjera 1,5-3 mm. Ali, za razliku od *Enterobacteriae*, kompleks *A. calcoaceticus*- *A. baumannii* ne raste na McConkey agaru. Istraživanja su pokazala da kolonije koje uzrokuju infekciju rastu u kulturama pri niskom pH, sa jakim dotokom zraka i obogaćenim acetatom ili drugim prikladnim izvorom ugljika (Baumann, 1968).

Vrste roda *Acinetobacter* smatraju se organizmima koji su sveprisutni u okolišu: od vodenih staništa, preko tla, površina, životinja pa sve do ljudske kože.

Prema do sada rađenim istraživanjima, u Evropi je postotak kliničkog *A. baumannii* razmjerno nizak. Po tome se da zaključiti da ova vrsta nije tipična sveprisutna vrsta. Podaci prikupljeni istraživanjima ne mogu potvrditi da li je infekcija koju *A. baumannii* uzrokuje potaknuta nekim vanjskim okolišnim imbenicima. Prirodno stanište *A. baumannii* još nije definirano (Peleg et al. 2008).

MEHANIZMI REZISTENCIJE NA ANTIBIOTIKE U A. BAUMANNII

Broj mehanizama rezistencije koji su do sada otkriveni u vrste *A. baumannii* je velik i premašuje broj na enih mehanizama u ostalih Gram-negativnih patogena.

A. baumannii se brzo može prilagoditi na okolišni stres. Kao dokaz tome je brzo globalno širenje sojeva rezistentnih na β -laktame, uklju uju i karbapeneme. Na soju na enom u Francuskoj (AYE), nakon provedenog sekvencioniranja genoma, na en je, do sada najve i, 'resistance island'¹ veli ine 86 kb (AbaR1). Od 88 otvorenih okvira itanja² (eng. open reading frame-ORF), smatra se da ih je ak 82 podrijetlom iz drugih Gram-negativnih bakterija (npr. *Pseudomonas* sp., *Salmonella* sp. i *Escherichia coli*). Od 52 gena za rezistentnost, 45 (86.5%) ih se nalazi na AbaR1 'resistance islandu' (Fournier i sur., 2006). Istraživanja ovog genoma ponudila su dokaz genetske 'promiskuitetnosti': prisutan je niz pokretnih genetskih elemenata koji potje u od razli itih doma ina. Ti pokretne genski elementi uklju uju transpozone, tri integriona klase 1 i 'insertion sequence' (IS) elemente. Zanimljiva je injenica da ni jedan plazmid nije registriran na AbaR1, a plazmidi koji su prona enu u AYE soju nemaju u sebi markere za rezistenciju. Sli ni 'resistance islandi' su detektirani i u drugim sojevima iz iste geografske regije, samo sa manjim brojem kilobaza. Od 22 soja ak 77% je imalo netaknut ORF za ATP-azu i fenotip otporan na antibiotike (Fournier i sur., 2006).

Aminoglikozidi

Aminoglikozidi su antibiotici koji djeluju na na in da na razli ite na ine spre avaju sintezu proteina (<http://sharepoint.zvu.hr/katedre/319/Nastavni%20matrijali/IRT%20STUDIJ/pdf.%20za%20studente%20IRT%20-MIKRO/antibiotici.pdf>). U sojevima *A. baumannii* prevladavaju geni koji kodiraju enzime koji modificiraju aminoglikozide. Ti geni se nalaze u unutar integriona

¹ Resistance island- genetski lokus unutar kojeg se nalaze geni za rezistenciju (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1286457906000505>)

² Otvoreni okvir itanja(eng. open frame reading)- slijed nukleotida(dio gena) koji kodira protein(od start do stop kodona) (<http://www.scfbio-iitd.res.in/tutorial/orf.html>)

klase 1. Mehanizam koji se tu javlja je metilacija³ 16S rRNA. To onemoguava prianjanje aminoglikozida na ciljano mjesto i na taj način uzrokuje visoku rezistentnost na sve aminoglikozide koji se koriste u medicini (gentamicin, tobramicin, amikacin) (Doi i Arakawa, 2007).

β-laktami

β-laktamski antibiotici su skupina baktericidnih antibiotika koji djeluju tako da ometaju sintezu stani ne stjenke bakterije (<http://sharepoint.zvu.hr/katedre/319/Nastavni%20matrijali/IRT%20STUDIJ/pdf.%20za%20studente%20IRT%20-MIKRO/antibiotici.pdf>). Obuhvaćaju cefalosporine, peniciline, monobaktame i karbapenema. U rezistenciji na β-laktame postoje dva tipa mehanizama: enzimatski i neenzimatski.

Enzimatski mehanizmi

Od ovog načina rezistencije prevladava enzimatska degradacija pomoći u β-laktamaze. Ali, valja naglasiti da unutar jednog fenotipa postoji više mehanizama koji 'surađuju' te na taj način razvijaju rezistenciju (Bou i sur., 2000). Ono što je jedinstveno za sve sojeve *A. baumannii* je kromosomalni kodirana takozvana *Acinetobacter*-proizvedena cefalosporinaza (AmpC cefalosporinaza) (Huyer i sur., 2005). To je enzim iz skupine β-laktamaza koji djeluje na cefalosporine- antibiotike širokog spektra otporne na penicilazu. Imbenik koji kontrolira ekspresiju ovog enzima je IS element imena ISAbal (Heritier i sur., 2008).

U *A. baumannii* su još pronađeni i β-laktamati širokog spektra (ESBLs), ali detekcija i procjena njihove prave uloge je dosta otežana, pogotovo zbog prisutnosti AmpC (Peleg i sur., 2008).

Integron bla_{VEB-1} kodiran je na kromosomu i identan je onome koji je pronađen u *Pseudomonas aeruginosa*. Povezan je sa IS26 elementom te to pokazuje moguće podrijetlo i način širenja u *A. baumannii*. Osim njega postoji i bla_{PER-1}, kromosomalni ili plazmidno

³ Metilacija- proces u kojem se na proteine, molekule DNA i slične molekule dodaju metilne grupe te se na taj način mijenja ekspresija gena, ali ne i sam gen.

kodirani integron koji sadrži IS element(ISPa12) koji poja ava njegovu ekspresiju (Grilich i sur., 2002).

Osim ESBLs-a, u *A. baumannii* postoje i β -laktamati uskog spektra (NSBLs), ali oni nisu toliko važni jer je njihov klini ki zna aj limitiran drugim imbenicima rezistencije.

Na β -laktamate koji imaju karbapenemaznu aktivnost se obra a posebna pažnja. To su β -laktamati koji uklju uju serin oksacilinaze (Amblerova klasa⁴ D OXA tip) i metalo- β -laktamaze (MBL) (Amblerova klasa B). Do sada karbapenemaze Amblerove klase A nisu opisane u *A. baumannii* (Queenan i Bush, 2007).

Prvi identificirani OXA tip enzima sa karbapenemazno-hidroliznom aktivnošću bio je izoliran sa soja *A. baumannii* u na enog u Edinburghu, Škotska (Paton i sur., 1993). Njega kodira plazmid i prenosiv je. Gen je kasnije sekpcioniran i nazvan bla_{OXA-23}, te on sada pridonosi rezistenciji na karbapenamide na globalnoj razini (Donald i sur., 2000). Osim ovog gena na ena je još nekolicina OXA tipa genskih klastera. Svi oni su kodirani plazmidom te se smatra da se upravo zato rezistentni sojevi toliko jako i brzo šire (Peleg i sur., 2006). Bla_{OXA-51} geni su jedinstveni i prirodno se pojavljuju u *A. baumannii*. Produkt ovog enzima ima ve i afinitet za imipeneme nego za meropeneme (Heritier i sur., 2003). Njegova uloga u rezistenciji na karbapeneme je povezana sa prisutnoš u ISAbal. U nedostatku ovog elementa *A. baumannii* pokazuje minimalnu osjetljivost na karbapeneme (Turton i sur., 2008).

Provedena su brojna istraživanja na bla_{OXA} genima. Na temelju tih istraživanja doneseni su sljede i zaklju ci: prirodni plazmidi sa bla_{OXA} genima pokazuju ve u razinu rezistentnosti nego rekombinantni plazmid u sli nim doma inima (Heritier i sur., 2005), IS elementi su veoma važni imbenici u stvaranju rezistencije. Oni imaju dvije važne uloge: kodiraju transpozazu- mobilni su i sadrže promotor regije koje vode do poja ane ekspresije determinanti za rezistenciju (Peleg i sur., 2008).

Metalo- β - laktamaze nisu toliko u estale u *A. baumannii*, ali njihova hidroliti ka aktivnost na karbapeneme je izrazito snažna (Poirel i Nordmann, 2006). Ovi enzimi hidroliziraju sve β - laktamate osim monobaktama. Samo tri MBL grupe su detektirane u vrste *A. baumannii*: imipenemaze (IMP), Verona imipenemaze (VIM) (Lee i sur., 2003) i Seoul imipenemaze (SIM) (Lee i sur., 2005). MBL se naj eš e nalaze unutar integrona. U skladu se time, sojevi *A. baumannii* koji imaju integrone su rezistentniji od onih sojeva koji ih nemaju (Gu i sur., 2007). Kada su izolirani, integroni nisu mobilni nego ugra eni u plazmide ili transpozone koji služe kao genetsko 'vozilo' za širenje rezistencije (Peleg, 2008).

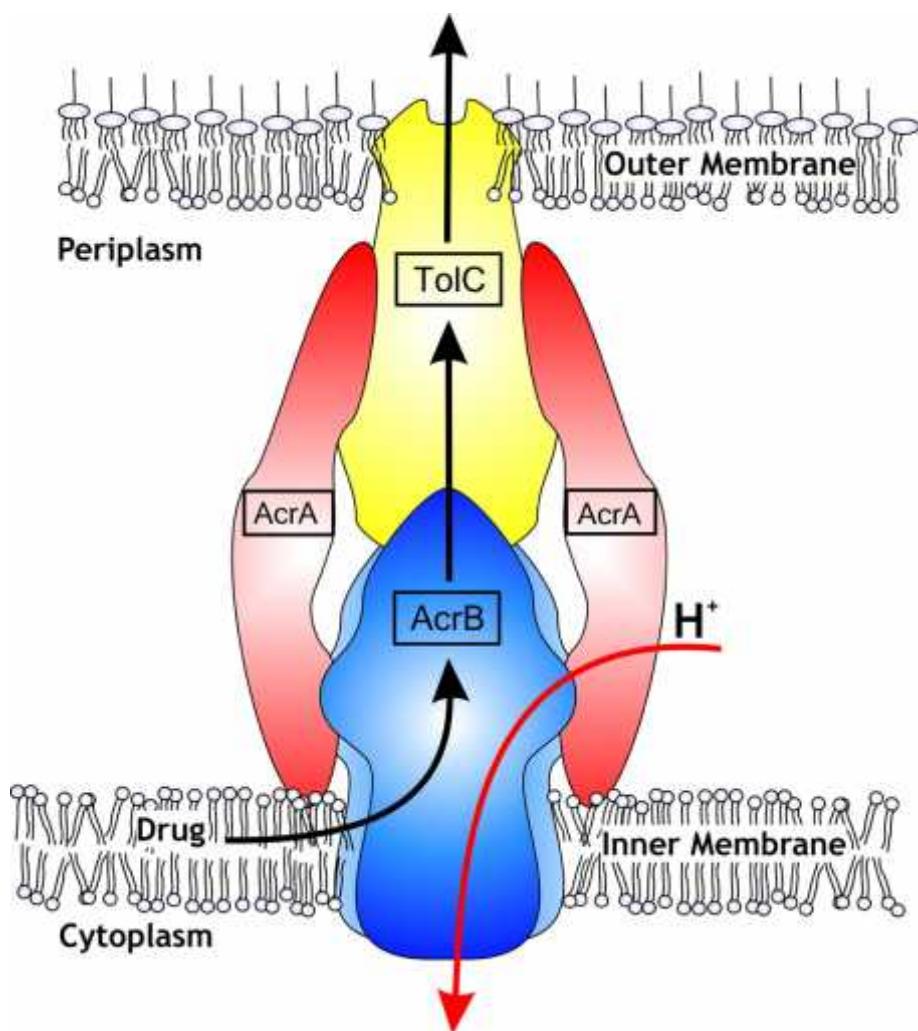
⁴ Amblerova klasifikacija- podjela β -laktamaza u 4 klase(A,B, C, D). Podjela se temelji na homologiji proteina(sli nosti aminokiselina) (Erdelji , 2012.)

Neenzimatski mehanizmi

Ovo je drugi tip mehanizama koji uzrokuju rezistenciju na β -laktamate. Ti mehanizmi uključuju promjene u vanjskoj membrani proteina (Bou i sur., 2000), multidrug efflux pumpe⁵ (Heritier i sur., 2005), te alternacije u afinitetu ili ekspresiji proteina koji se vežu na penicilin (Fernandez-Cuenca i sur., 2003). Malo se toga zna o porinima na vanjskoj membrani *A. baumannii*. Pokazalo se da je gubitak proteina CarO povezan sa rezistencijom na imipeneme i meropeneme. Gubitak CarO porina je posljedica prekida carO gena umetanjem insercijskih elemenata (Mussi i sur., 2005). U sojeva koji su imali epidemijski u inak vanjski membranski proteini djeluju zajedno sa OXA genima ili proteinima koji su osjetljivi na toplinu. No, potrebno je provesti još istraživanja kojima bi se to no razjasnila uloga porina u rezistenciji na antibiotike (Peleg i sur., 2008).

Genom *A. baumannii* kodira široki spektar 'multidrug efflux' sistema (Fournier i sur., 2006). Najbolje proučena je AdeABC pumpa iz porodice resistance-nodulation-division (RND) pumpi (Heritier i sur., 2005). RND pumpama potrebna su dva dodatna proteina da bi mogle normalno obavljati svoju funkciju: membranski fuzijski protein te vanjsko membranski porin (Marchand i sur., 2004). AdeABC pumpa sadrži mjesto za supstrat koji može biti β -laktamat, aminoglikozid, erirtomicin, klorafenikol, tetraciklin i etidij bromid. AdeABC se sastoji od tri komponente: AdeB je transmembranska struktura, AdeA je unutarnji membranski fuzijski protein, a AdeC formira vanjski membranski porin (Marchand i sur., 2004). AdeABC je kromosomalno kodirana i obično je regulirana sa sustavom od dvije komponente (senzor kinaza i pripadajući regulator odgovora). Inaktivacijom transmembranske komponente pumpe dolazi do gubitka funkcije same pumpe i otpornosti na antibiotike (Magnet i sur., 2001). S druge strane, kada se inaktivira gen koji kodira vanjski membranski porin (adeC), pumpa ne gubi svoju funkciju (Slika 2) (Marchand i sur., 2004).

⁵ Multidrug efflux pumpe- aktivni proteinski transporteri koji se nalaze u citoplazmatskoj membrani. Veoma su specifični i mogu ispumpati iz stanice široki spektar antibiotika, deterženata i sličnih spojeva.



Slika 2. Gra a pumpe iz porodice RND pumpi (<http://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S1369527409000939-gr1.jpg>)

Kinoloni

Kinoloni su skupina antibiotika ije se djelovanje temelji na inhibiciji sinteze nukleinskih kiselina (<http://sharepoint.zvu.hr/katedre/319/Nastavni%20matrijali/IRT%20STUDIJ/pdf.%20za%20studente%20IRT%20-MIKRO/antibiotici.pdf>). U *A. baumannii* su opisane mutacije gena koji kodiraju DNA girazu i topoizomerazu IV (Hamouda i Amyes, 2004). Mutacije utje u na prianjanje na ciljno mjesto. Sli no kao i gore navedeni aminoglikozidi, i ovi kinoloni su supstrati na 'multidrug efflux' pumpama uklju uju i i AdeABC pumpu (Higgins i sur., 2004). Nemogu nost vezivanja kinolona na pumpu dovodi do stvaranja rezistencije na antibiotike (Peleg i sur., 2008).

Polimiksini

Polimiksini djeluju na stanice na na in da ometaju funkciju citoplazmatske membrane. Iako postoje razli ita istraživanja i pokusi, mehanizam rezistencije *A. baumannii* na polimiksine je još uvijek nepoznat (Peleg i sur., 2008).

Tetraciklini i glicilciklini

Tetraciklini i glicilciklini djeluju, baš kao i aminoglikozidi na spre avanje sinteze proteina (<http://sharepoint.zvu.hr/katedre/319/Nastavni%20matrijali/IRT%20STUDIJ/pdf.%20za%20studente%20IRT%20-MIKRO/antibiotici.pdf>). Rezistentnost na tetracikline i njihove derivate može biti posredovana ribosomalnom zaštitom (Fluit i sur., 2005). Transpozon u suradnji sa IS elementom uzrokuje rezistentnost na tetraciklin (Ribera i sur., 2003). Ribosomalna zaštita je posredovana *tet* genima (Ribeira i sur., 2003). Osim toga rezistentnost se i stvara onemogu avanjem prianjanja tigeciklina na AdeABC pumpu (Magnet i sur., 2003).

KLINIKE MANIFESTACIJE INFEKCIJA S A. BAUMANNII

Iako je dosta teško pomoći u današnjih metoda sa sigurnošću odrediti koje bolesti uzrokuje ova bakterijska vrsta, neke od njih su poznate.

Upala pluća

- dobivena u bolnici**

U studijama provedenim u Sjedinjenim Američkim državama pokazalo se da između 5 i 10% slučajeva upale pluća kod pacijenata na intenzivnoj njezi uzrokovano je *A. baumannii* (Gaynes i Edwards, 2005). Vrlo je vjerojatno da je u određenim institucijama taj broj i veći. Obično pacijenti koji imaju infekciju *A. baumannii* ostaju duže na intenzivnoj njezi (Garnacho – Montero i sur., 2005).

- dobivena u interakciji s okolinom**

Ova bolest je najčešća tijekom kišne sezone u tropskim područjima i to među osobama koje imaju povijest ovisnosti o alkoholu (Anstey i sur., 2002). Ponekad se osobe s ovakvom upalom pluća moraju primiti u bolnicu na jedinicu intenzivne njege. Karakteriziraju nepredvidljiv klinički tijek, infekcija sekundarnog krvnog toka i smrtnost u 40 do 60% slučajeva (Leung i sur., 2006).

Infekcije krvnog toka

U velikoj studiji bolničkih infekcija krvnog toka u Sjedinjenim državama (1995. – 2002.), *A. baumannii* je 10. najčešći agens, odgovoran za 1.3% svih mikrobnih bolničkih infekcija krvnog toka (0.6 infekcija na 10000 primljenih) (Wisplinghoff i sur., 2004). Smrtnost infekcija krvnog toka *A. baumannii* kod osoba na intenzivnoj njezi se kreće od 34% do 43.4% i po tome je infekcija krvnog toka *A. baumannii* treća najveća po smrtnosti. *A. baumannii* infekcije se najkasnije pojavljuju tijekom hospitalizacije (26 dana nakon primitka na hospitalizaciju) (Wisplinghoff i sur., 2004).

Infekcija urinarnog trakta

A. baumannii ponekad uzrokuje i infekciju urinarnog trakta (UTI). Prema jednoj studiji ova bakterija je odgovorna za 1.6% UTI-ja na intenzivnoj njezi (Gaynes i Edwards, 2005). Tipično je ova infekcija povezana sa infekcijom uzrokovanom kateterom ili kolonizacijom (Peleg i sur., 2008).

Meningitis

Mikrobiološka epidemiologija bolni kog meningitisa uključuje Gram-negativne patogene pa nije iznenađujuće da *A. baumannii* koja je otporna na niz lijekova spada među takve uzroke. Smrtnost uzrokovana infekcijom s *A. baumannii* se javlja u do 70% slučajeva (Metan i sur., 2007).

MOLEKULARNE TEHNIKE ZA ANALIZU SOJEVA A. BAUMANNII

Za kontrolu širenja *A. baumannii* u bolnicama, potrebno je identificirati potencijalne spremnike organizama i na ine prijenosa. Kako bi se provela identifikacija potrebno je napraviti usporedbu izolata kod podvrsta i u nastavku je pregled tehnika koje se time bave (Peleg i sur., 2008).

Analiza plazmida

Ve ina vrsta *Acinetobacteria* sadrži uro ene plazmide. Ova metoda je uspješna u analizi sojeva *A. baumannii*. Pri analizi rezultata dobivenih ovom metodom mora se u obzir uzeti injenica da se plazmidi vrlo lako prenose izme u bakterija te da se, zbog njihove mobilnosti, vrlo lako mogu izgubiti ili dobiti (Peleg i sur., 2008).

Ribotipizacija

Razvijena je primarno za identifikaciju acinetobakteria, posebice tragova *A. baumannii* kompleksa, na razini vrste (Gerner – Smidt, 1992). Ova metoda koristi enzime EcoRI, ClaI i SalI za restrikciju iste kromosomalne DNA, nakon ega slijedi elektroforeza, blotting i hibridizacija cDNA sondom ozna enom s digoksigenin-11-UTP-om i dobivenom od rRNA *E. coli* (Griffith i sur., 2006). Ova metoda daje rezultate vrlo brzo, ali je veoma skupa i zahtjeva specijalnu opremu koja postoji u samo nekoliko laboratorija u svijetu (Peleg i sur., 2008).

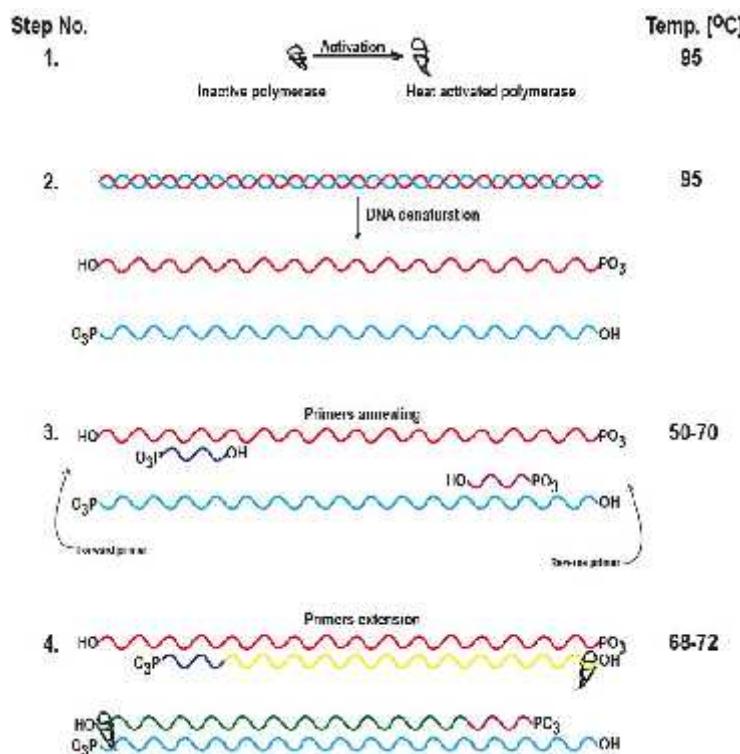
PFGE (Pulsed-field gel electrophoresis)

Ovo je metoda koja se naj eš e koristi. Velike DNA molekule se odvajaju pomo u elektri nog polja koje periodi no mijenja smjer unutar gela. Intaktna kromosomska DNA se cijepa pomo u restrikcijskih enzima ApaI i SmaI (Bou i sur., 2000). Dobiveni kromosomski fragmenti se razdvajaju elektroforezom i profili otisaka se uspore uju vizualno ili koriste i

posebne raunalne programe koji omogu uju spremanje profila otisaka u bazu podataka. Standardizacija protokola bi omogu ila rano otkrivanje po etka infekcije (epidemije) pogotovo ako su sluajevi geografski razdvojeni (Peleg i sur., 2008)

Metode tipizacije bazirane na PCR-u (eng. polymerase chain reaction)

PCR je metoda pomo u koje se kratki fragmenti DNA umnožavaju u veliki broj identi nih kopija uz pomo enzima DNA polimeraze (Slika 3). Ove metode tipizacije su relativno jednostavne, brze i nisu skupe, te omogu avaju grupiranja *A. baumannii* sojeva sa razli itom genotipskom povezanoš u. Ipak, uspješnost ove metode ne može se mjeriti sa uspješnoš u PFGE metode. Analiza sojeva PCR-om korisna je za male, lokalne - analize, ali nije toliko prikladna za uspore ivanje sojeva koji uzrokuju epidemije na globalnoj razini (Peleg i sur., 2008).



Slika 3. Na in djelovanja PCR-a (<http://bio-ggs.blogspot.pt/2011/01/ggs-live-polymerase-chain-reaction-pcr.html>)

AFLP metoda (eng. amplified fragment length polymorphism)

Ovo je metoda koja analizira raznolikost duljina fragmenata DNA koji su dobiveni umnožavanjem PCR-om. DNA se prvo cijepa restriktivnim enzimom, a zatim se određeni fragmenti umnožavaju, te tek nakon toga slijedi analiza. Ovo je veoma korisno oruđe u određivanju srodnosti, te je veoma pogodna za klasifikaciju *Acinetobacter* sojeva na razini podvrste (Peleg i sur., 2008).

MLST metoda (eng. multilocus sequence typing)

MLST se koristi za tipiziranje višestrukih lokusa. Pomoću ove metode se direktno mijere varijacije u DNA sekvencama, te se karakteriziraju sojevi pomoću njegovih jedinstvenih profila alela. Ova metoda se dosada koristi za tipizaciju samo nekoliko sojeva *A. baumannii* većinom iz španjolskih i njemačkih bolnica (Peleg i sur., 2008). Jedna od varijacija ove metode koja se koristi je PCR-ESI-MS. PCR- ESI- MS ujedinjuje PCR sa ionizacijom i masenom spektrometrijom te omogućuje konkretniju detekciju sojeva *Acinetobacteria*. U prilog ovoj metodi ide injenica da je relativno brza (traje samo 4 sata) (Peleg i sur., 2008).

ZAKLJUČAK

S obzirom da su prokariotske stanice veoma sposobne i prilagodljive, bilo je potrebno samo dvadesetak godina, od po etka aktivne upotrebe antibiotika, da bi bakterije po ele pokazivati prve znakove rezistentnosti na njih. Mehanizmi rezistencije su različiti: od transpozona i integrona pa sve do efflux pumpi. Te mehanizme razvila je i bakterija *Acinetobacter baumannii*, koja trenutno izaziva veliku zabrinutost među svjetskim znanstvenicima. U zaključak ne stavljajte literaturu.

Najčešći izvori epidemija su upravo bolnice. Zbog prekomjerne i uestale upotrebe antibiotika i dezinfekcijskih sredstava, mikroorganizmi koji se nalaze u bolnicama imaju veću šanse za razvoj rezistencije. Samim time, farmaceutske tvrtke razvijaju snažnije i jači lijekove širokog spektra koji su sposobni uništiti te organizme.

Kako spriječiti daljnje stvaranje rezistencije i prodor epidemija? Kao prvo, važno je da liječnici da pažljivo biraju u kojim slučajevima će propisati određene antibiotike. Isto tako, od iznimne je važnosti da se antibiotici širokog spektra pažljivo koriste i propisuju samo ako je jako teško identificirati organizam-uzrok rezistencije. Potrebno je i paziti na dozu antibiotika i na pravilno uzimanje lijekova. Pri tome se misli da se antibiotici moraju uzimati do kraja propisane terapije, a ne prestati uzimati čim se simptomi povuku.

U novije vrijeme započeta su intenzivna istraživanja na novim, još uinkovitijim, antibioticima širokog spektra izoliranim iz biljaka i životinja. Isto tako, velika nadahna polaže se u razvoj lijekova koji bi zapravo bile komplementarne DNA kiseline koje bi se vezale na virulentne gene patogena te na taj način onemogućile transkripciju.

LITERATURA

1. Anstey N. M., Currie B. J., Hassell M., Palmer D., Dwyer B., Seifert H. 2002. Community-acquired bacteremic *Acinetobacter* pneumonia in tropical Australia is caused by diverse strains of *Acinetobacter baumannii*, with carriage in the throat in at-risk groups. *J. Clin. Microbiol.* 40:685–686.
2. Baumann P. 1968. Isolation of *Acinetobacter* from soil and water. *J. Bacteriol.* 96:39–42.
3. Beijerinck, M. 1911. Pigmenten als oxydatieproducten gevormd door bacterien. Versl. Koninklijke Akad.Wetensch. Amsterdam 19:1092–1103.
4. Bou G., Cervero G., Dominguez M. A., Quereda C., Martinez-Beltran J.. 2000. Characterization of a nosocomial outbreak caused by a multiresistant *Acinetobacter baumannii* strain with a carbapenem-hydrolyzing enzyme: high-level carbapenem resistance in *A. baumannii* is not due solely to the presence of beta-lactamases. *J. Clin. Microbiol.* 38:3299–3305
5. Bou G., Cervero G., Dominguez M. A., Quereda C., Martinez-Beltran J.. 2000. PCR-based DNA fingerprinting (REP-PCR, AP-PCR) and pulsed-field gel electrophoresis characterization of a nosocomial outbreak caused by imipenem- and meropenem-resistant *Acinetobacter baumannii*. *Clin. Microbiol. Infect.* 6:635–643.
6. Doi Y., Arakawa Y.. 2007. 16S ribosomal RNA methylation: emerging resistance mechanism against aminoglycosides. *Clin. Infect. Dis.* 45:88–94.
7. Donald H. M., Scaife W., Amyes S. G., H. K. Young. 2000. Sequence analysis of ARI-1, a novel OXA beta-lactamase, responsible for imipenem resistance in *Acinetobacter baumannii* 6B92. *Antimicrob. Agents Chemother.* 44:196–199.
8. Erdelji V., 2012. Utjecaj primjenjene antimikrobne terapije na selekciju mikroorganizama koji produciraju beta-laktamaze proširenog spektra (AmpC i ESBL) i ishod lje enja bolesnika. Doktorska disertacija, Medicinski fakultet Sveu ilišta u zagrebu, p. 146.
9. Fernandez-Cuenca F., Martinez-Martinez L., Conejo M. C., Ayala J. A., Perea E. J., Pascual A. 2003. Relationship between beta-lactamase production, outer membrane protein and penicillin-binding protein profiles on the activity of carbapenems against clinical isolates of *Acinetobacter baumannii*. *J. Antimicrob. Chemother.* 51:565–574.

- 10.** Fluit A. C., Florijn A., Verhoef J., Milatovic D. 2005. Presence of tetracycline resistance determinants and susceptibility to tigecycline and minocycline. *Antimicrob. Agents Chemother.* 49:1636–1638.
- 11.** Fournier P. E., Vallenet D., Barbe V., Audic S., Ogata H., Poirel L., Richet H., Robert C., Mangenot S., Abergel C., Nordmann P., Weissenbach J., Raoult D., Claverie J. M. 2006. Comparative genomics of multidrug resistance in *Acinetobacter baumannii*. *PLoS Genet.* 2:e7.
- 12.** Garnacho-Montero J., Ortiz-Leyba C., Fernandez-Hinojosa E., Aldabo- Pallas T., Cayuela A., Marquez-Vacaro J. A., Garcia-Curiel A., Jimenez-Jimenez F. J.. 2005. *Acinetobacter baumannii* ventilator-associated pneumonia: epidemiological and clinical findings. *Intensive Care Med.* 31:649–655.
- 13.** Garrity G.M., Brenner D.J., Krieg N.R., Staley J.T., 2005. Bergey's manual of systematic bacteriology, Volume 2, Part B. Springer, New York, p. 425-437
- 14.** Gaynes R., Edwards J. R. 2005. Overview of nosocomial infections caused by gram-negative bacilli. *Clin. Infect. Dis.* 41:848–854.
- 15.** Gerner-Smidt P. 1992. Ribotyping of the *Acinetobacter calcoaceticus-Acinetobacter baumannii* complex. *J. Clin. Microbiol.* 30:2680–2685.
- 16.** Girlich D., Naas T., Leelaporn A., Poirel L., Fennewald M., Nordmann P. 2002. Nosocomial spread of the integron-located veb-1-like cassette encoding an extended-spectrum beta-lactamase in *Pseudomonas aeruginosa* in Thailand. *Clin. Infect. Dis.* 34:603–611.
- 17.** Griffith M. E., Ceremuga J. M., Ellis M. W., Guymon C. H., Hospenthal D. R., Murray C. K. 2006. *Acinetobacter* skin colonization of US army soldiers. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* 27:659–661.
- 18.** Gu B., Tong M., Zhao W., Liu G., Ning M., Pan S., Zhao W. 2007. Prevalence and characterization of class I integrons among *Pseudomonas aeruginosa* and *Acinetobacter baumannii* isolates from patients in Nanjing, China. *J. Clin. Microbiol.* 45:241–243.
- 19.** Hamouda A., Amyes S. G. 2004. Novel gyrA and parC point mutations in two strains of *Acinetobacter baumannii* resistant to ciprofloxacin. *J. Antimicrob. Chemother.* 54:695–696.
- 20.** Heritier C., Poirel L., Aubert D., Nordmann P. 2003. Genetic and functional analysis of the chromosome-encoded carbapenem-hydrolyzing oxacillinase OXA-40 of *Acinetobacter baumannii*. *Antimicrob. Agents Chemother.* 47:268–273.

- 21.** Heritier C., Poirel L., Lambert T., Nordmann P. 2005. Contribution of acquired carbapenem-hydrolyzing oxacillinases to carbapenem resistance in *Acinetobacter baumannii*. *Antimicrob. Agents Chemother.* 49:3198–3202
- 22.** Heritier C., Poirel L., Nordmann P.. 2006. Cephalosporinase overexpression resulting from insertion of ISAbal in *Acinetobacter baumannii*. *Clin. Microbiol. Infect.* 12:123–130.
- 23.** Higgins P. G., Wisplinghoff H., Stefanik D., Seifert H. 2004. Selection of topoisomerase mutations and overexpression of adeB mRNA transcripts during an outbreak of *Acinetobacter baumannii*. *J. Antimicrob. Chemother.* 54:821–823.
- 24.** Hujer K. M., Hamza N. S., Hujer A. M., Perez F., Helfand M. S., Bethel C. R., Thomson J. M., Anderson V. E., Barlow M., Rice L. B., Tenover F. C., Bonomo R. A.. 2005. Identification of a new allelic variant of the *Acinetobacter baumannii* cephalosporinase, ADC-7 beta-lactamase: defining a unique family of class C enzymes. *Antimicrob. Agents Chemother.* 49:2941–2948.
- 25.** Lee K., Lee W. G., Uh Y., Ha G. Y., Cho J., Chong Y. 2003. VIM- and IMP-type metallo-beta-lactamase-producing *Pseudomonas* spp. and *Acinetobacter* spp. in Korean hospitals. *Emerg. Infect. Dis.* 9:868–871.
- 26.** Lee K., Yong D., Yum J. H., Lim Y. S., Bolmstrom A., Qwarnstrom A., Karlsson A., Chong Y. 2005. Evaluation of Etest MBL for detection of blaIMP-1 and blaVIM-2 allele-positive clinical isolates of *Pseudomonas* spp. and *Acinetobacter* spp. *J. Clin. Microbiol.* 43:942–944.
- 27.** Leung W. S., Chu C. M., Tsang K. Y., Lo F. H., Lo K. F., Ho P. L. 2006. Fulminant community-acquired *Acinetobacter baumannii* pneumonia as a distinct clinical syndrome. *Chest* 129:102–109.
- 28.** Magnet S., Courvalin P., Lambert T. 2001. Resistance-nodulation-cell division-type efflux pump involved in aminoglycoside resistance in *Acinetobacter baumannii* strain BM4454. *Antimicrob. Agents Chemother.* 45:3375–3380.
- 29.** Marchand I., Damier-Piolle L., Courvalin P., Lambert T. 2004. Expression of the RND-type efflux pump AdeABC in *Acinetobacter baumannii* is regulated by the AdeRS two-component system. *Antimicrob. Agents Chemother.* 48:3298–3304.
- 30.** Metan G., Alp E., Aygen B., Sumerkan B. 2007. *Acinetobacter baumannii* meningitis in post-neurosurgical patients: clinical outcome and impact of carbapenem resistance. *J. Antimicrob. Chemother.* 60:197–199.

- 31.** Mussi M. A., Limansky A. S., Viale A. M. 2005. Acquisition of resistance to carbapenems in multidrug-resistant clinical strains of *Acinetobacter baumannii*: natural insertional inactivation of a gene encoding a member of a novel family of beta-barrel outer membrane proteins. *Antimicrob. Agents Chemother.* 49:1432–1440.
- 32.** Paton R., Miles R. S., Hood J., Amyes S. G. B. 1993. ARI-1: -lactamase-mediated imipenem resistance in *Acinetobacter baumannii*. *Int. J. Antimicrob. Agents* 2:81–88.
- 33.** Peleg A. Y., Bell J. M., Hofmeyr A., Wiese P. 2006. Inter-country transfer of gram-negative organisms carrying the VIM-4 and OXA-58 carbapenem-hydrolysing enzymes. *J. Antimicrob. Chemother.* 57:794–795.
- 34.** Peleg A. Y., Seifert H., Paterson D.L. 2008. *Acinetobacter baumannii*: Emergence of a Successful Pathogen. *Clin Microbiol Rev.* 21, 538-582.
- 35.** Poirel L., Nordmann P. 2006. Carbapenem resistance in *Acinetobacter baumannii*: mechanisms and epidemiology. *Clin. Microbiol. Infect.* 12:826–836.
- 36.** Queenan A. M., Bush K. 2007. Carbapenemases: the versatile betalactamases. *Clin. Microbiol. Rev.* 20:440–458.
- 37.** Ribera A., Roca I., Ruiz J., Gibert I., Vila J. 2003. Partial characterization of a transposon containing the *tet(A)* determinant in a clinical isolate of *Acinetobacter baumannii*. *J. Antimicrob. Chemother.* 52:477–480.
- 38.** Ribera A., Ruiz J., Vila J. 2003. Presence of the Tet M determinant in a clinical isolate of *Acinetobacter baumannii*. *Antimicrob. Agents Chemother.* 47:2310–2312.
- 39.** Rossau R., Van Landschoot A., Gillis M., De Ley J. 1991. Taxonomy of *Moraxellaceae* fam. nov., a new bacterial family to accomodate the genera *Moraxella*, *Acinetobacter*, and *Psychrobacter* and related organisms. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 41:310–319.
- 40.** Turton J. F., Ward M. E., Woodford N., Kaufmann M. E., Pike R., Livermore D. M., Pitt T. L. 2006. The role of ISAbal in expression of OXA carbapenemase genes in *Acinetobacter baumannii*. *FEMS Microbiol. Lett.* 258:72–77.
- 41.** Wisplinghoff H., Bischoff T., Tallent S. M., Seifert H., Wenzel R. P., Edmond M. B. 2004. Nosocomial bloodstream infections in US hospitals:analysis of 24,179 cases from a prospective nationwide surveillance study. *Clin. Infect. Dis.* 39:309–317.
- 42.** <http://sharepoint.zvu.hr/katedre/319/Nastavni%20matrijali/IRT%20STUDIJ/pdf.%20za%20studente%20IRT%20-MIKRO/antibiotici.pdf>
- 43.** <http://www.scfbio-iitd.res.in/tutorial/orf.html>
- 44.** <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1286457906000505>

SAŽETAK

Acinetobacter baumannii su gram negativne, katalaza pozitivne i strogo aerobne bakterije koje su razvile visoku rezistenciju na gotovo sve grupe antibiotika. Imaju veliku sposobnost brze prilagodbe na okolišni stres, te upravo stoga i predstavljaju sve ve u prijetnju. Mehanizmi rezistencije se ve inom temelje na pokretnim genskim elementima: transpozonima, integronima i "insertion sequence" elementima. Oni pomažu u stvaranju rezistencije na sljedeće antibiotike: aminoglikozide, β -laktame, kinolone, polimiksine, tetracikline i glicilcikline.

Osim ovih mehanizama, u radu su opisane i molekularne metode analize i detekcije sojeva *A. baumannii* (analiza plazmida, ribotipizacija, metode temeljene na PCR-u, PFGE, AFLP i MLST metoda), te kliničke manifestacije infekcija sa gore navedenom bakterijom (upala pluća, infekcije krvnog toka i urinarnog trakta, meningitis).

SUMMARY

Acinetobacter baumannii are gram-negative, catalase-positive and strictly aerobic bacteria who have developed high resistance on almost every type of antibiotic. They have high ability for adaption on environmental stress and, because of this, they present big threat in health institutions. Resistance mechanisms are mostly based on mobile genetic elements: transposons, integrons and insertion sequence elements. They are helping in creation of resistance at different types of antibiotics: aminoglycosides, β -lactams, quinolones, polymyxins, tetracyclines and glyccylcyclines.

Except this mechanisms, in this work are described methods for molecular analysis and detection of *A.baumannii* strains (plasmid analysis, ribotyping, PCR-based typing methods, PFGE, AFLP and MLST). Also, there is short reference to clinical manifestations of *A.baumannii* infections.