

# Otpuštanje iona kovina u sulkusnu tekućinu u fiksnoprotetskih pacijenata

Ketij Mehulić<sup>1</sup>  
Ante Prlić<sup>2</sup>  
Dragutin Komar<sup>1</sup>  
Katica Prskalo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Zavod za stomatološku protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

<sup>2</sup>Odjel za kirurgiju čeljusti i lica Klinička bolnica Osijek

<sup>3</sup>Zavod za bolesti zuba Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

---

## Sažetak

Korozija nadomjestka i njegovo trošenje u funkciji zatvaraju krug koji uzrokuje oštećenje nadomjestka i štetne reakcije na okolnome tkivu ili čak na udaljenim organima. Svrha ovoga istraživanja bila je identificirati ione Au, Pt, Ag i Pd u sulkusnoj tekućini (ST) u fiksnoprotetskih pacijenata i odrediti masu iona u dobivenom uzorku. U istraživanju je sudjelovalo 20 ispitanika, od toga 15 je imalo fiksne nadomjestke i isti stupanj higijene, a 5 nije imalo nikakav protetski rad te su poslužili kao kontrolna skupina. Nadomjestci su bili izrađenih od slitina Au – Pt, Au – Pt, Ag – Pd i Ni – Cr te pričvršćeni u ustima: - od 1-14 dana, i 3-8 godina. Uzorci su dobiveni ulaganjem adsorpcijskoga papirića (AP) u gingivni sulkus (GS) zuba nosača u vremenu od deset minuta. AP s uzorkom ST analizirani su s pomoću spektrometra masa s induciranom združenom plazmom (ICP-MS). Rezultati su statistički obrađeni programskim paketom SPSS, a upotrijebljena je deskriptivna statistika i korelacija uzoraka. U cijelome uzorku statistički se znatno povezone koncentracije Ag, Au i Pt, a koncentracija Pd ponaša se prema vlastitu uzorku. Raščlambom rezultata u kontrolnoj skupini nije utvrđena statistički znatna povezanost za iste međuodnose. U podskupini Ag-Pd slitine utvrđena je statistički znatna povezanost između koncentracija Ag, Au i Pd, a najizrazitija je veza između koncentracija Au i Pd. Postoji statistički znatna razlika u koncentraciji Pt između podskupina s novim radovima s najvišom vrijednosti u skupini slitina Au ( $P=0,023$ ) u usporedbi s kontrolnom skupinom. Utvrđena je statistički znatna promjena vrijednosti Ag ( $P=0,011$ ) i Pt ( $P=0,039$ ) s padom vrijednosti obiju tih kovina u ispitanika sa starim protetskim radovima.

Ključne riječi: korozija, sulkusna tekućina, fiksni nadomjestak.

---

---

Acta Stomat Croat  
2005; 39-46

IZVORNI ZNANSTVENI  
RAD  
Primljeno: 10. lipnja 2004.

Adresa za dopisivanje:

Ketij Mehulić  
Zavod za stomatološku  
protetiku Stomatološkog  
fakulteta  
Sveučilišta u Zagrebu  
Gundulićeva 5, 10000 Zagreb  
tel: 014802 135  
e-mail: mehulic@sfzg.hr

---

## Uvod

U protetskih pacijenata nastaje elektrokemijska interakcija između kovinskih dijelova nadomjestka i sline bogate elektrolitima. Zbog toga se površina nadomjestka izjeda, oslobađaju se ioni kovine i na površini nadomjestka nastaju korozijski produkti (1). Istodobno se, trošenjem nadomjestka u funkciji njegova površina dodatno oštećuje te se tako zatvara krug koji je uzrokom propadanja protetskoga rada (2). Tijek korozijskoga procesa ovisiti će o sastavu i metalurškom stanju slitine, o tehnološkom postupku u zubotehničkom laboratoriju, tj. o kakvoći odljeva, kakvoći površinske obradbe, postojanju više slitina u usnoj šupljini, o žvačnim silama te o lokalnom i sustavskom odgovoru domaćina (3). Berzins (4), istražujući postojanje otpuštenih iona iz protetskih slitina u okolno tkivo, pronalazi u 84% pacijenata barem jedan od četiri otpuštena elementa (Ag, Au, Cu, Pd). Kod slitina sa srebrom opaža početno otapanje kovine poput Ga, In, Sn, Zn, a plemenitije kovine poput Pd i Ag ostaju na površini. Srebro zbog svoje elektroaktivnosti u dodiru s Cl stvara na površini film  $AgCl_2$ . Elektrokemijsko ispitivanje plemenitih slitina pokazuje često oprečne rezultate (5, 6). Zanimljiv je rezultat ispitivanja Rinčić i sur. (7): otpuštanje iona iz Co-Cr-Mo slitine u *in vitro* uvjetima u kojima su pronađeni ioni Fe, Zn i Ni, u visokim koncentracijama posebice iona cinka, premda ih u deklaraciji proizvođač ne navodi.

## Svrha rada

Svrha rada bila je ispitati postojanje iona kovina, produkata korozije protetskih slitina, u sulkusnoj tekućini, u *in vivo* uvjetima. Pretraživanjem relevantnih baza podataka pronađen je niz članaka o ispitivanju toga problema, ali *in vitro*, simulacijom uvjeta u usnoj šupljini, a tek malog broja *in vivo*.

## Ispitanici i postupci rada

U istraživanju je sudjelovalo 20 (dvanaest ženskih i osam muških) ispitanika u dobi od 24-72 godine, svi pacijenti Zavoda za stomatološku protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Od toga je 15 ispitanika imalo fiksno protetske radove

i isti stupanj higijene (2 po Feltonu), a preostalih 5 (četiri žene i jedan muškarac) bilo je bez protetskih radova i GI 1-2 po Feltonu činili su kontrolnu skupinu. Poštujući etička načela u *in vivo* istraživanjima (8, 9), svi su ispitanici bili potanko obaviješteni o svrhi i tijeku ispitivanja te o mogućim rizicima. Anketni list za svakog ispitanika popunila je ista osoba koja je i provela ispitivanje kako bi se smanjila mogućnost pogreške. Uz dob, spol i zanimanje anketni je list sadržavao i ove podatke: smještaj fiksnoga nadomjestka, materijal od kojeg je nadomjestak izrađen, vrijeme kada je nadomjestak pričvršćen (1-14 dana - novi radovi i 3-8 godina - stari radovi) i gingivni indeks (GI) po Feltonu (10).

Materijal od kojeg je nadomjestak izrađen:

- Zlatno-platinska slitina (18+8), Rafinerije plemenitih kovina Zagreb. Svrstana po ISO standardu u tip IV. Sastav: Au 75%, Pt 8%, Ag 9,5%, Cu 5,1%, ostali elementi 1,5%.
- Srebrno-paladijeva slitina (Aurodal SE) Aurodent, Celje, Slovenija. Svrstana po ISO (8891) standardu u tip IV, registrirana pri Ministarstvu zdravlja R Slovenije. Sastav: Ag 64%, Pd 25%, Au 2%, Cu-8%, Zn<1%; po specifikaciji proizvođača ne sadržava Ni, Be, In, Cd.
- Zlatno-platinska slitina (Dentor S) Aurodent, Celje, Slovenija. Svrstana po ISO standardu u tip IV, registrirana pri Ministarstvu zdravlja R Slovenije. Sastav: Au 75,5%, Pd 1,2%, Pt 4,4%, Ag 11% Cu 6,7%, Zn 1,2%.
- Nikal-krom slitina (Wiron<sup>®</sup>99) Bego, Bremen, Njemačka. Svrstana po ISO 9693 standardu u tip IV. Sastav: Ni 65%, Cr 22,5%, Mo 9,5%, Nb 1%, Si 1%, Fe 0,5%, Ce 0,5%, C max.0,02%, po specifikaciji proizvođača ne sadrži Be.

Postupak uzimanja uzoraka sulkusne tekućine (ST) s pomoću adsorbirajućih papirića (AP) izveden je prema protokolu uzorkovanja (ST) razvijenog za ALT Corp. Affinity Laboratory Toxicity testing (11).

Za uzimanje uzoraka rabljen je pribor: AP (celulozno acetatni papir) veličine pora 0,45 $\mu$ m (Sartorius, Goettingen, Njemačka), stakleni spremnik sa zatvaračem, rukavice za jednokratnu uporabu, plastična pinceta i vaga (Sartorius BP 210 D) s točnošću na pet decimala. Adsorbirajući papirići odabrani su zbog pogodnih svojstava (velika mogućnost adsorp-

cije, otapanja bez ostatka) koja ih razlikuju od drugih, npr. endodontskih papirnatih-šiljaka. Po jedan papirić uložen je u stakleni spremnik i hermetički zatvoren. Spremnici s AP su numerirani od 1-20. Za svaki spremnik s AP određena je zajednička masa na vagi. Vaganje je ponovljeno kada su se uzeli uzorci ST-a. Razlika u masi prije i poslije bila je masa uzorka ST-a.

Zub nosač i pripadajuća gingiva osušeni su zrakom iz pustera kako bi se uklonila postojeća tekućina (slina), a područje je izolirano svitcima staničevine neposredno prije nego što se je uložio AP u gingivni sulkus (GS). Plastičnom pincetom uložen je AP u GS, usmjeren apikalno, do lagana otpora. AP je ostao u sulkusu 10 minuta. Nakon toga izvađen je i vraćen u numerirani stakleni spremnik koji se hermetički zatvori. Spremnik s AP uzorkom izvagan je na navedenoj vagi. Postupak uzimanja uzorka u kontrolnoj skupini ispitanika bio je istovjetan. Mjesto uzimanja uzorka nije čišćeno ni mehanički ni kemijski, kako bi se izbjeglo ispiranje GS. Prigodom uzimanja uzorka ST-a važno je ne dodirivati AP nezaštićenim rukama ni u jednom trenutku pripreme, i važno je rabiti samo nemetalni pribor. Za pripremu uzorka upotrijebljena je otopina HCl i H<sub>2</sub>O u omjeru 1:1, "nanopure". Na filter papirić najprije je naneseno 2 ml otopine, nakon čega se on otopi bez ostatka. Dobivena se količina razrijedi do 10 ml ukupnoga volumena te unese u spektrometar masa s induciranom združenom plazmom. Mjerna jedinica su mg/l, što je jednako ppm. Vrijednosti se prikazuju u koordinatnom sustavu, Y os je intenzitet, a X os koncentracija. Radi usporedbe se radi "usklađujuća" krivulja. Radi se proba naslijepo, upotrebljavajući samo vodu, uz neku kovinu u određenoj koncentraciji. To je prema ICP standardu, CERTI PUR, ICP multi element standard, solution VI. Kako bi se dobili podaci o vrsti i količini iona metala otpuštenih iz nadomjestka, pripremljeni uzorci analizirani su s pomoću spektrometra masa s induciranom združenom plazmom (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) - model ELAN 9000, Perkin Elmer SCIEX instruments (12).

Statistička je raščlamba rađena programskim paketom SPSS, i to deskriptivna statistika te korelacija uzoraka (Spearmanov koeficijent korelacije), raščlamba uzoraka u odnosu prema uporabljenim slitinama (Kruskal - Wallis test, Mann - Whitney - U

test) i raščlamba uzoraka u odnosu spram vremenu cementiranja nadomjestka (Kruskal - Wallis test, Mann - Whitney - U test). Upotrijebljene su neparametrijske metode raščlambe zbog maloga uzorka te raspodjele koja nije normalna. Prigodom raščlambe rezultata za ione srebra nisu raščlanjeni podatci za dva uzorka koji izrazito odskakuju od ostalih vrijednosti te se može pretpostaviti da se radi o onečišćenju ili o metodološkoj pogriješki.

## Rezultati

Podatci o ispitanicima (spol, dob, smještaj mostova, GI, vrijeme proteklo od pričvršćenja nadomjestka te materijal iz kojeg su izrađeni nadomjestci) prikazani su na Tablici 1.

Raščlambom uzoraka sulkusne tekućine utvrđeno je otpuštanje četiriju vrsta kovinskih iona, i to: iona srebra (Ag), iona zlata (Au), iona paladija (Pd) i iona platine (Pt) (Tablica 2).

Povezanost koncentracije pojedinih kovinskih iona Ag, Au, Pd i Pt prikazana je u Tablici 3 i Tablici 4. U Tablici 3 prikazan je međuodnos u cijelome uzorku iz kojega je vidljivo da su statistički znatno povezane koncentracije srebra, zlata i platine, a koncentracija paladija ponaša se prema vlastitu uzorku. Kada su se analizirali rezultati u kontrolnoj skupini (N=5), nije utvrđena statistički znatna povezanost za iste međuodnose. U podskupini u kojoj su se uporabile slitine Ag-Pd (N=8) utvrđena je statistički znatna povezanost između koncentracija srebra, zlata i paladija, s time da je najizrazitija veza između koncentracija zlata i paladija (Tablica 4).

Kako je postojala znatna razlika u proporciji ispitanika s novim protetskim radovima (unutar 1-14 dana) između podskupina s različitim uporabljenim slitinama (Ag-Pd slitine: slitine zlata) zasebno su analizirani podatci za Ag-Pd slitine ovisno o vremenskome slijedu, a uspoređene su vrijednosti oslobađanja iona kovina između navedenih slitina za nove protetske radove u usporedbi s vrijednostima kontrolne skupine. Ta je raščlamba pokazala da postoji statistički znatna razlika u koncentraciji platine između navedenih podskupina s najvišom vrijednosti u skupini slitina zlata (P=0,023; Kruskal-Wallis ANOVA); (Tablica 5).

Tablica 1. Podatci o ispitanicima

Table 1. Data on participants

Redni broj / Number	Spol / Sex	Dob / Age	Smještaj fiksno protetskoga nadomjestka / Place of the fixed appliance	Gingivni indeks / Gingival index	Vrijeme proteklo od pričvršćenja nadomjestka / Duration of the appliance	Materijal od kojeg je nadomjestak izrađen / Material form which the appliances were made
1.	m	69	33	2	7 dana / days	Au - Pt (18+8)
2.	m	63	33	2	7 dana / days	Au - Pt (18+8)
3.	ž	65	12	2	3 dana / days	Ag - Pd (AUROPAL SE)
4.	ž	72	45	2	7 dana / days	Au - Pt (DENTOR S)
5.	ž	69	16	2	1 dan / day	Ag - Pd (AUROPAL SE)
6.	m	37	24	2	7 dana / days	Ni - Cr (WIRON® 99)
7.	m	61	25	2	3 dana / days	Au - Pt (DENTOR S)
8.	m	64	14	2	7 dana / days	Au - Pt (18+8)
9.	ž	42	0	1	0	0
10.	m	40	0	2	0	0
11.	ž	27	25	2	3 godine / years	Ag - Pd (AUROPAL SE)
12.	ž	38	21	2	14 dana / days	Ag - Pd (AUROPAL SE)
13.	ž	42	36	2	5 godina / years	Ag - Pd (AUROPAL SE)
14.	ž	54	25	2	8 godina / years	Ag - Pd (AUROPAL SE)
15.	m	40	21	2	3 godine / years	Ni - Cr (WIRON® 99)
16.	m	28	25	2	3 godine / years	Ag - Pd (AUROPAL SE)
17.	ž	47	22	2	5 godina / years	Ag - Pd (AUROPAL SE)
18.	ž	29	0	1	0	0
19.	ž	28	0	1	0	0
20.	ž	24	0	1	0	0

Kako bi se utvrdio utjecaj protekloga vremena na otpuštenu masu kovina analizirana je podskupina s Ag-Pd slitinom koja je imala ispitanike s novim (0-14 dana) i starim (3-8 godina) protetskim radovima u usporedbi s kontrolnom skupinom. Utvrđena je statistički znatna promjena vrijednostima srebra ( $P=0,011$ ) i platine ( $P=0,039$ ) s padom vrijednosti obiju kovina u ispitanika sa starim protetskim radovima (Kruskal-Wallis ANOVA); (Tablica 6).

## Rasprava

*In vivo* istraživanja teško su provediva, zahtijevaju vrlo pažljiv odabir i pripremu pacijenata, a interpretacija dobivenih rezultata komplicirana je zbog neujednačenosti mnogih čimbenika, npr. općega zdravstvenog stanja ispitanika (13), načina obradbe nadomjestka u zubotehničkom laboratoriju (14), stupnja higijene, individualnog pacijentova odnosa pre-

Tablica 2. Rezultati raščlambe uzoraka (masa u ng)  
Table 2. Results of the analysed samples (mass in ng)

Uzorak broj / Samples N	Ag	Au	Pd	Pt
1.	1.175	0.400	0.075	0.625
2.	1.650	0.450	0.375	0.625
3.	1.425	0.225	0.400	0.475
4.	0.150	0.250	0.050	0.600
5.	0.475	0.125	0.100	0.400
6.	45.550	0.525	0.425	2.750
7.	0.650	0.750	0.0	0.500
8.	30.725	0.200	0.0	0.850
9.	0.125	0.050	0.200	0.500
10.	0.350	0.050	0.125	0.525
11.	0.080	0.160	0.200	0.040
12.	0.320	0.120	0.120	0.080
13.	0.040	0.020	0.020	0.010
14.	0.020	0.040	0.080	0.040
15.	0.020	0.040	0.080	0.080
16.	0.040	0.080	0.080	0.040
17.	0.020	0.080	0.080	0.080
18.	1.200	3.200	0.760	0.400
19.	0.080	0.120	0.040	0.040
20.	0.240	0.640	0.320	0.400

Tablica 3. Spearmanov koeficijent korelacije rangova (N=20)  
Table 3. Spearman's coefficient correlation range (N=20)

	Ag	Au	Pd	Pt
Ag		0.733***	0.335	0.801***
Au			0.308	0.567**
Pd				0.180
Pt				

\*\*\*P<0.001 \*\*P<0.01

Tablica 4. Spearmanov koeficijent korelacije rangova u podskupini sa slitinom Ag-Pd (N=8)  
Table 4. Spearman's coefficient correlation range in sub-groups with the alloy Ag-Pd (N=8)

	Ag	Au	Pd	Pt
Ag		0.800*	0.765*	0.639
Au			0.957***	0.722*
Pd				0.666
Pt				

\*\*\*P<0.001 \*P<0.05

ma nadomjestku, a u posljednje vrijeme sve se više navodi stres kao mogući medijator zbivanja u organizmu (15). Ovo istraživanje jedno je od rijetkih *in vivo* istraživanja u ovome području napravljeno u nas. Željelo se na većem uzorku korelirati količina

Tablica 5. Srednje vrijednosti mase otpuštenih kovina po uporabljenim legurama u ispitanika s novim protetskim radovima (0-14 dana) i kontrolne skupine.

Table 5. Average value of the mass of released metals of alloys used by subjects with new prosthetic appliances (0-14 days), and the control group.

Slitine / Alloy	Srednja vrijednost (raspon), ng / Mean (ng)			
	Ag	Au	Pd	Pt
Ag - Pd (N=3)	0.74 (0.32-1.425)	0.156 (0.12-0.225)	0.206 (0.10-0.40)	0.318 (0.08-0.475)
Slitine zlata / Alloy gold (N=4)	0.906 (0.15-1.65)	0.462 (0.25-0.75)	0.125 (0.00-0.375)	0.600 (0.50-0.675)
Kontrolna skupina / Control group (N=5)	0.399 (0.08-1.20)	0.812 (0.05-3.20)	0.289 (0.04-0.76)	0.373 (0.04-0.525)

Tablica 6. Srednja vrijednost po vremenu pričvršćenja nadomjestaka za podskupinu sa slitinom Ag-Pd (N=8) i za kontrolnu podskupinu (N=5).

Table 6. Average value according to the time elapsed since the fastening of the appliance for the sub-group with the alloy Ag-Pd (N=8) and the control sub-group (N=5)

Vrijeme od pričvršćenja nadomjestka / Duration of the appliance	Srednja vrijednost (ng) / Mean (ng)			
	Ag	Au	Pd	Pt
0 - 14 dana / days (N=3)	0.74 (0.32-1.425)	0.156 (0.12-0.225)	0.206 (0.10-0.40)	0.318 (0.08-0.475)
3 - 8 godina / years (N=4)	0.040 (0.02-0.08)	0.076 (0.02-0.16)	0.092 (0.02-0.20)	0.042 (0.01-0.08)
Kontrolna skupina / Control group (N=5)	0.399 (0.08-1.20)	0.812 (0.05-3.20)	0.289 (0.04-0.76)	0.373 (0.04-0.525)

otpuštenih iona u sulkusnu tekućinu u protetskih pacijenta s nizom parametara, poput vrste slitine, postojanja drugih materijala u ustima, pH vrijednosti, prehranbenih i higijenskih navika određenih dobnih skupina i slično, te usporediti s ispitanicima bez na-

domjestaka, bez ispuna, s prosječnim vrijednostima sastava sulkusne tekućine (16) i prosječnim vrijednostima pH sline (17). No niz problema na koje se naišlo ograničili su mogućnost većega uzorka, a time i vrsnije usporedbe parametara. Različiti antagonistički i sinergistički učinci pojedinih tvari i procesa u ljudskome tijelu mogu izmijeniti odgovor organizma pa je zato interpretacija podataka često složena (18-23). Opstrukcija važnih enzima (kreatinlinaza, aldolaza, alkalna fosfataza, ugljik-anhidraza, tripsin, kemotripsin), poremećaji sinteze kolagena (kost, hrskavica), opstrukcija timidina u DNA i promijenjena funkcija stanica imunoga sustava neki su od mogućih odgovora organizma (24-28). Ioni kovina mogu interferirati sa staničnim metabolizmom utječući na izlučivanje tvari poput citokina koje imaju ključnu ulogu u upalnim procesima (29). Možda se iz toga razloga mogu objasniti različiti, često oprečni rezultati kada je ispitivan nikal (30, 31). Dokazano je da Cu, Co, In i Zn znatno povećavaju staničnu sintezu prostaglandina E<sub>2</sub>, a upalni mediatori potječu iz metabolizma arahidonične kiseline (28). *In vitro* istraživanja su zato često preciznija, ujednačena i mogu se ponavljati. No javlja se problem simulacije uvjeta kakvi postoje u ustima, posebice sastava umjetne sline (6, 32). Wataha (33) u svojem *in vitro* ispitivanju opaža različitu reakciju pojedinih elemenata na proteine u otopini, Ag, Cu i Zn se više otpuštaju u fiziološkoj otopini s 3% BSA, a za Ni otpuštanje nije ovisno o vrsti otopine. Međunarodni standardi sažeti pod imenima ISO 10993 i Plavi memorandum FDA (G95-1), koji se bazira na ISO 10993-1, navode bitne zahtjeve koji se postavljaju za naprave da bi se osigurala njihova biokompatibilnost. S nekoliko vrsta testova provodi se selekcija materijala. Testovima se utvrđuje eventualna citotoksičnost, senzibilizacija i iritacija (34). Ciljana ispitivanja se odnose na moguće sustavske učinke, ISO 10993-11, te na potencijalne neželjene učinke materijala na organe i tkiva udaljena od mjesta uporabe, poput jetara, srca, bubrega i mozga (34). Taj pristup trebao bi spriječiti neželjene utjecaje novih slitina na pacijente, ali i na liječnički tim. Ipak su dokazane upale (35), diskoloracije i hiperplazije gingive (36) u okolini protetskih radova. Dokazana je difuzija iona kovina iz krunice u prirodni zub (37), a sve veći problem postaju alergije (38). Rezultati istraživanja toksičnosti (17, 18) upozoravaju na važnost međusobne veze određenih elemenata, npr.

cinka u slitinama, određene koncentracije, kao npr. indija u Pd-Cu slitinama ili pak vrsti hladne obradbe (39).

Vrijeme kada je nadomjestak prišvršćen još je jedan važan čimbenik u intenzitetu otpuštanja iona. Najviše je otpuštenih iona u prva dva tjedna otkako je pričvršćen nadomjestak, što je i očekivano, (Wataha) (3). Produkti korozije nađeni u ovome istraživanju u sulkusnoj tekućini upućuju na moguću vezu s pronalaskom tih produkata u slini (40) i susjednim tkivima (41). Međutim zanimljiv je podatak o izrazito niskoj koncentraciji (nižoj od kontrolnih vrijednosti) iona u sulkusnoj tekućini u protetskih pacijenata nakon 3-8 godina. Je li fiksno protetski radovi samim svojim postojanjem, nepravilno obrađenim rubovima (42,43), ili se možda radi o nečem trećem (44), izazivaju jače lučenje sulkusne tekućine i dodatno ispiranje ostaje pitanje za daljnja istraživanja. Otpuštanje iona iz neke slitine ne mora biti proporcionalno postotku toga elementa u slitini, nego postoji selektivno otpuštanje tako da se i elementi koji postoje tek u tragovima mogu osloboditi u većim količinama (3), a to je potvrđeno i ovim istraživanjem. Otpuštanje iona Au, Pd, Pt i posebice Ag, pronađeno u ovom istraživanju, dobiva na važnosti u kontekstu Schmalzova niza citotoksičnosti (39), jer je poznato da i male koncentracije iona mogu biti patološke. Utvrđeno postojanje srebra u uzorcima ST-a zuba s protetskim nadomjestkom kod Ni - Cr slitine može se objasniti amalgamskim ispunima (17, 18) ili postojanjem Ag u slitini.

### Zaključak

Kod svih ispitivanih slitina nastaje otpuštanje iona Au, Pd, Pt i osobito Ag. Statistički su znatno povezane koncentracije Ag, Au i Pt u skupini protetskih ispitanika, a raščlambom rezultata u kontrolnoj skupini nije utvrđena povezanost za iste međudnose. U podskupini slitina Ag-Pd postoji povezanost koncentracija Ag, Pd i Au. U istoj podskupini postoji znatna razlika u koncentraciji Pt s najvišom vrijednosti u skupini slitina zlata, i opažena je znatna promjena vrijednosti Ag i Pt u ispitanika s novim radovima s padom vrijednosti obiju kovina u ispitanika sa starim protetskim radovima. Izmjerene su izrazito niske vrijednosti koncentracija svih iona u

uzorcima sulkusne tekućine kod starih protetskih radova, čak nižim od vrijednosti kontrolne skupine.

U stomatološkoj protetici nužno je upotrebljavati vrsne slitine, poznatog sastava i dobre biokompatibilnosti. Ispravno proveden tehnološki postupak u zubotehničkom laboratoriju drugi je važan uvjet u terapiji protetskoga pacijenta. Pogriješke u bilo kojoj fazi izradbe nadomjestka mogu uzrokovati nepravilnosti u strukturi, što će rezultirati lošijim svojstvima odljeva. Agresivnost medija u koji se nadomjestak pričvršćuje i trošenje u funkciji mogu dodatno oštetiti nadomjestak.

### Literatura

1. CAPOPRESO S, CERRONI L, FRANGINI S, BARLATANI A, CONDO SG. Bacterial adhesion to dental alloys. *Minerva Stomatol* 1999; 48: 509-23.
2. ILIKLI BG, AYDIN A, ISIMER A, ALPASLAN G. *In vitro* corrosion behaviour and microhardness of high-copper amalgams with platinum and indium. *J Oral Rehabil* 1999; 26: 170-6.
3. WATAHA JC, LOCKWOOD PE. Release of elements from dental casting alloy into cell-culture medium over 10 months. *Dent Mater* 1998; 14: 158-63.
4. BERZINS DW, KAWASHIMA I, GRAVES R, SARKAR NK. Electrochemical characteristics of high Pd alloy in relation to Pd allergy. *Dent Mater* 2000; 16: 266-73.
5. WATAHA JC. Alloys for prosthodontic restorations. *J Prothet Dent* 2002; 87: 351-63.
6. GEIS-GERSTORFER J. *In vitro* corrosion measurements of dental alloys. *J Dent* 1994; 22: 247-51.
7. RINČIĆ N, ČELEBIĆ A, BAUČIĆ I, STIPETIĆ J, PROHIĆ E, MIKO S. Otpuštanje iona iz bazne Co-Cr-Mo slitine *in vitro* u fosfatni pufer. *Acta Stomatol Croat* 2003; 37: 5-11.
8. LANG BR, MORRIS HF, RAZZOGG ME. International Workshop on Biocompatibility, Toxicity and hypersensitivity to Alloy Systems Used in dentistry. Ann Arbor: MI U of M, School of Dentistry; 1986.
9. MORRIS HF. Veterans Administration Cooperative Studies Project No. 147 Part IV. Biocompatibility of base metal alloys. *J Prothet Dent* 1987; 58: 1-5.
10. FELTON DA, KANOY BE, BAYNE SC, WIRTHMAN GP. Effect of *in vivo* crown margin discrepancies on periodontal health. *J Prosthet Dent* 1991; 65: 357-64.
11. DELIMA AJ, VAN DYKE TE. Origin and function of the cellular components in the gingival crevice fluid. *Periodontol* 2000. 2003; 31: 55-76.
12. DURJAVA M. Interference v multielementni analizi ICP-AES in ICP-MS. Univerza v Ljubljani, FKKT Ljubljana; 2002.
13. SCHMALZ G, GARHAMMER P. Biological interactions of dental cast alloys with oral tissues. *Dent Mater* 2002; 18: 396-406.
14. QUIRYNEN M, BOLLEN CM. The influence of surface roughness and surface-free energy on supra-and subgingival plaque formation in man. A review of the literature. *J Clin Periodontol* 1995; 22: 1-14.
15. MORRIS HF. Veterans Administration Cooperative Studies Project No. 147 Part IV. Biocompatibility of base metal alloys. *J Prothet Dent* 1987; 58: 1-5.
16. GOODSON JM. Gingival crevice fluid flow. *Periodontol* 2000. 2003; 31: 43-54.
17. SCHMALZ G, SCHMALTZ C. Toxicity tests on dental filing materials. *Int Dent* 1981; 31: 185-92.
18. KAGA M, SEALE NS, HANAWA T, FERRACANE JL, WAITE DE, OKABE T. Cytotoxicity of amalgams, alloys and their elements and phases. *Dent Mater* 1991; 7: 68-72.
19. SCHMALZ G. The use of cell cultures for toxicity testing of dental materials Advantages and limitations. *J Dent*. 1994; 22: 6-11.
20. SCHMALZ G. Concept in biocompatibility testing of dental restorative materials. *Clin Oral Invest* 1997; 1: 109-18.
21. SCHMALZ G, HILLER KA, GARHAMMER P, REITINGER T. Patients with (claimed) local adverse effects to dental alloys. *Trans Dent Mater* 1999; 13:138-9.
22. SCHMALZ G, HILLER KA, GARHAMMER P, REITINGER T. Distribution of alloys in patients with local adverse effects to their alloys (abs. No. 3796). *J Dent Res* 2000; 79: 618.
23. MJOR IA, CHRISTENSEN GJ. Assessment of local side effects of casting alloys. *Quintessence Int* 1993; 24: 343-51.
24. WATAHA JC, HANKS CT, CRAIG RG. *In vitro* synergistic, antagonistic and duration of exposure effects of metal cations on eucaryotic cells. *J Biomed Mater Res* 1992; 26: 1297-309.
25. WOODY RD, HUGET EF, HORTON JE. Apparent cytotoxicity of base metal casting alloys. *J Dent Res* 1997; 56: 739-43.
26. CRAIG RG, HANKS CT. Reaction of fibroblasts to various dental casting alloys. *J Oral Pathol* 1988; 17: 341-7.
27. BUMGARDNER JD, LUCAS LC, ALVERSON MWJR, TILDEN AB. Effects of copper-based dental casting alloys on two lymphocyte cell lines and the secretion of interleukin 2 and IgG. *Dent Mater* 1993; 9: 85-90.
28. SCHMALZ G, ARENHOLT-BINDSLEY D, HILLER KA, SCHWEIKL H. Epithelium-fibroblast co-culture for assessing mucosal irritancy of metals used in dentistry. *Eur J Oral Sci* 1997; 105: 86-91.
29. BUMGARDNER JD, LUCAS LC. Cellular response to metallic ions released from nickel-chromium dental cast alloys. *J Dent Res* 1995; 74: 1521-27.
30. BERSTEIN A, BERNAUER I, MARX R, GEURTSSEN W. Human cell culture studies with dental metallic materials. *Biomaterials* 1992; 13: 326-31.

31. JOHANSSON BI, LEMONS JE, HAO SQ. Corrosion of dental copper, nickel, and gold alloys in artificial saliva and saline solutions. *Dent Mater* 1989; 5: 324-8.
32. WATAHA JC, CRAIG RG, HANKS CT. Precision of new methods for testing *in vitro* alloy cytotoxicity. *Dent Mater* 1992; 8: 65-70.
33. WATAHA JC, NELSON SK, LOCKWOOD PE. Elemental release from dental casting alloys into biological media with and without protein. *Dent Mater* 2001; 17: 409-14.
34. International Organisation for Standardisation. A practical guide to ISO 10993-5 Cytotoxicity (MDDI Archives).
35. AXELL T. Prevalence study of oral mucosal lesions in an adult swedish population. Thesis. *Odontol Revy* 1976; 27: 1-103.
36. RENGGLI HH. Effect of subgingival margins on inflammation of contacting gingiva. Part I. *Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* 1974; 84: 1-118.
37. ŽIVKO-BABIĆ J, TADIĆ T, JAKŠIĆ M, IVANIŠ T, VALKOVIĆ V. Analysis of metal diffusion from crown to the human teeth. *Acta Stomatol Croat* 1989; 23: 273-80.
38. STANLEY HR. Biological evaluation of dental materials. *Int Dent J* 1992; 42: 37-46.
39. SCHMALTZ G, ARENHOLTBINDLEY D, PFOLLER S, SCHWEIKL H. Citotoxicity of metal cations used in dental cast alloy. *ATLA* 1997; 25: 323-30.
40. SCHMALZ G, HILLER KA, GARHAMMER P, REITINGER T. Metal content of saliva from patients with and without metal restorations. IADR/CED Annual Meeting, Montpellier, France, 1999; 136.
41. SCHMALZ G, HILLER KA, GARHAMMER P, REITINGER T. Metal content of biopsies from the neighborhood of casting alloys (abs. No. 1048). *J Dent Res* 1999; 78: 236.
42. SILNESS J. Periodontal conditions in patients treated with dental bridges: relationship between the pontic and the periodontal condition of the abutment teeth. *J Periodont Res* 1974; 9: 50-3.
43. VALDERHAUG J. Periodontal conditions and carious lesions following the insertion of fixed prostheses: a 10-year follow-up study. *Int Dent J* 1980; 30: 296-304.
44. JAMESON LM. Comparison of the volume of crevicular fluid from restored and nonrestored teeth. *J Prosthet Dent* 1979; 41: 209-14.