



## Imedijatno opterećenje implantata fiksnim zubnim nadoknadama – studija na psima

### Immediate implant loading with fixed dental restorations – an animal model study

Aleksandra Špadijer Gostović\*, Aleksandar Todorović\*, Vojkan Lazić\*,  
Ana Todorović\*, Iva Milinković†, Vojislav Leković†

Stomatološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, \*Klinika za stomatološku protetiku,

†Klinika za parodontologiju i oralnu medicinu, Beograd, Srbija

#### Apstrakt

**Uvod/Cilj.** Imedijatno opterećenje implantata smatra se jednim od najznačajnijih dostignuća savremene dentalne implantologije. Rezultati novijih kliničkih i eksperimentalnih studija pokazali su da samo implantati visoke primarne stabilnosti mogu biti izloženi protokolu imedijatnog opterećenja zubnom nadoknadom sa predvidivim ishodom. Cilj studije bio je da se ispita mogućnost uspešne primene protokola imedijatnog opterećenja implantata različitog mikrodizajna fiksnim zubnim nadoknadama. **Metode.** U eksperimentalno istraživanje uključena su dva psa, obezubljeni obostrano u premolarnoj regiji gornje i donje vilice. Nakon tri meseca od ekstrakcije zuba, ugrađena su, po predviđenoj šemi, četiri različita implantata po kvadrantu ( $n = 32$ ): Mk III TiUnite (Nobel Biocare, Sweden), ITI TPS (Straumann, Switzerland), 3I-Osseotite (Implant Innovation, USA) i XiVE Cell-Plus (Friadent, Germany). Implantati su imedijatno opterećeni fiksnim zubnim nadoknadama, četvoročlanim mostovima od plemenite legure zlato-platina, dva dana posle implantacije. Stabilnost implantata i mogućnost imedijatnog opterećenja ocenjivana je na osnovu analize rezo-

nantnih frekvencija (RFA). **Rezultati.** Šest meseci nakon implantacije i imedijatnog opterećenja fiksnom zubnom nadoknadom, svi mostovi bili su u funkciji i svi implantati uspešno integrisani, ne pokazujući znake mobilnosti. Sumiranjem dobijenih vrednosti koeficijenta stabilnosti implantata (ISQ) ustanovljeno je da su rezonantne frekvencije bile značajno veće kod implantata u donjoj vilici. Rezultati eksperimentalnog istraživanja pokazali su da su sve analizirane površine ostvarile dobru implantatnu stabilnost. Utvrđen je porast ISQ vrednosti kod svih implantata u mandibuli i delimičan pad ISQ vrednosti za implantate u maksili, nakon šest meseci funkcionalnog opterećenja fiksnim zubnim nadoknadama. **Zaključak.** Ispitivani endosealni implantati nisu pokazali različit stepen oseointegracije jer se rezultati merenih parametara hirurških (ISQh) i protetkih (ISQp), nisu statistički značajno razlikovali između implantatnih sistema.

#### Ključne reči:

implantati, stomatološki; stomatološka enosalna implantacija; oseointegracija; zubna proteza, parcijalna, fiksna; psi; zubna proteza, retencija.

#### Abstract

**Background/Aim.** Immediate loading is considered to be the most innovative technique in contemporary implant dentistry. Recent clinical and experimental findings have demonstrated that only implants with high primary stability can be subjected to immediate loading protocol with predictable results. It is generally accepted that the most important prerequisite for successful osseointegration is achievement and maintenance of implant stability. The aim of this *in vivo* study was to investigate the possibility for successful application of immediate loading protocol in implant systems with different surface properties. **Methods.** In the experimental study 2 mongrel dogs were edentulated bilaterally in the mandibular and

maxillary premolar areas. After 3 months implants were placed in a pattern 4 different commercially available implants per quadrant ( $n = 32$ ): Mk III TiUnite (Nobel Biocare, Sweden), ITI TPS (Straumann, Switzerland), 3I-Osseotite (Implant Innovation, USA) and XiVE Cell-Plus (Friadent, Germany). Implants were subjected to immediate loading with 4 unit gold cast bridges, 2 days post implantation. The assessment of implant stability and immediate loading possibilities were done by performing Resonance frequency analysis (RFA). **Results.** After a 6-month loading period all bridges were in function and all implants occurred well osseointegrated. When summarizing the Implant Stability Quotient (ISQ) values, it was noted that resonance frequency was significantly higher for mandibular implants. The results of this experimental

setting showed that all evaluated surfaces achieved good implant stability. Increase of ISQ values was found for all implants in the mandible and partially decrease of ISQ values for maxillary implants after 6 months of functional loading with 4 unit bridges. **Conclusions.** Investigated endosseal implants did not show different degree of osseointegration, because there was not statistically signifi-

cant difference among observed parameters (ISQh i ISQp) between implant systems.

**Key words:**  
**dental implants; dental implantation endosseous; osseointegration; denture, partial, fixed; dogs; denture retention.**

## Uvod

Oralna implantologija je, zahvaljujući multidisciplinarnom pristupu, razvila niz različitih terapijskih opcija, tako da endossealni implantati imaju široko indikaciono područje, od zamene jednog izgubljenog zuba do zbrinjavanja različitih oblika krezubosti i bezubosti. Izrada zubnih nadoknada na implantatima danas je široko prihvaćen modalitet protetske terapije.

Brånemark i sar.<sup>1</sup> 1977. godine definisali su konvencionalni koncept zarastanja bez funkcionalnog opterećenja implantata u trajanju od četiri meseca za donju i šest meseci za gornju vilicu, kao najbolji način za promociju oseointegracije. Protetski protokol se pokazao uspešnim u višedecenijskoj kliničkoj praksi. Međutim, brojne histološke i kliničke studije omogućile su preispitivanje koncepta koji je utemeljila švedska škola.

Usavršavanjem implantatnih materijala i primenom atraumatske hirurģije sa novim tehnikama<sup>2-4</sup>, kao i ugradnjom bez odizanja tkivnog reznja<sup>5,6</sup>, stvoreni su uslovi da se ubrza proces oseointegracije, a samim tim i ranije opterete implantati zubnom nadoknadom. Zahvaljujući tome, implantolozima su, zavisno od indikacije, danas na raspolaganju tri osnovna protokola: imedijatno, neposredno opterećenje implantata (*immediate loading*) privremenom ili definitivnom zubnom nadoknadom, neposredno po hirurģskoj ugradnji i rano opterećenje implantata (*early loading*) koje podrazumeva definitivnu protetsku rehabilitaciju pacijenta za 6 do 8 nedelja postoperativno<sup>7</sup>. Stav grupe eminentnih stručnjaka<sup>8</sup> jeste da se svako zbrinjavanje implantata zubnom nadoknadom u vremenskom intervalu od tri dana do maksimum tri meseca nakon implantacije može smatrati ranim opterećenjem. Kasno, odloženo opterećenje implantata (*delayed loading*) zubnom nadoknadom nakon 3–4 meseca za donju vilicu i šest meseci za implantate u gornjoj vilici, odgovara konvencionalnom Brånemark-ovom konceptu.

Koncept imedijatnog opterećenja implantata zubnom nadoknadom je značajna inovacija oralne implantologije, jer nas približava ostvarenju ideala jednoseansne implantatne hirurģsko-protetske terapije, kojoj teži savremena rekonstruktivna stomatologija.

Za uspeh imedijatnog i ranog opterećenja implantata zubnom nadoknadom imperativ je primarna, inicijalna stabilnost postignuta u toku hirurģske insercije. Primarna stabilnost podrazumeva odsustvo mobilnosti u momentu hirurģske ugradnje implantata i zavisi od nivoa primarnog kontakta sa periimplantatnim koštanim tkivom<sup>9</sup>. Sekundarna implantatna stabilnost je zapravo klinička manifestacija oseointegracije, determinisana biološkim odgovorom perimplantatnog tkiva na hirurģsku traumu i implantat.

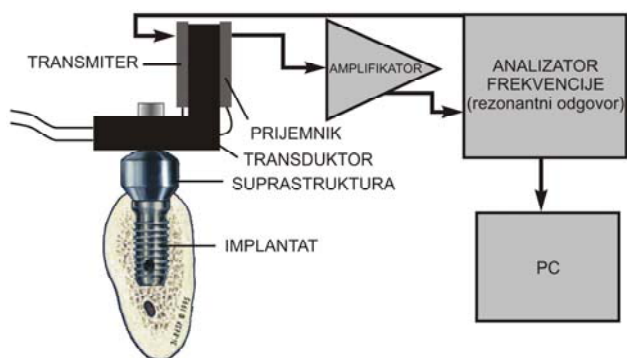
Trebalo bi, takođe, napomenuti da su kontrola okluzalnih sila i odsustvo štetnih navika i parafunkcija bitan faktor uspeha imedijatnog opterećenja implantata. Uravnotežena okluzija je rezultat uravnoteženja okluzalnih sila i otpornosti tkiva na koje deluju. Prema savremenim shvatanjima, fiziološki optimalna i stabilna okluzija je okluzija koja obezbeđuje nesmetano i efikasno odvijanje funkcija orofacijalnog sistema bez senzacija bola ili nelagodnosti, kao i bez znakova oštećenja orofacijalnih struktura<sup>10</sup>.

Osnovni cilj ovog istraživanja, kao dela jedne obimnije studije, bio je da se ispitata mogućnost uspešne primene protokola imedijatnog opterećenja implantata različitog mikrodizajna fiksnim zubnim nadoknadama.

## Metode

U istraživanju su korišćena četiri različita implantatna sistema vodećih svetskih proizvođača, predviđena za imedijatno i rano opterećenje: Mk III(RP) TiUnite (Nobel Biocare, Sweden), ITI-solid-Screw *Titanium plasma-sprayed* (TPS) (ITI Straumann, Switzerland), 3I-Osseotite (*Implant Innovation*, USA) i XiVE Cell plus (Dentsply, Germany). Osam implantata iz svakog sistema, ukupno 32, ugrađeno je u vilice eksperimentalnih životinja. U eksperimentalnu studiju uključena su dva psa mešanca, ženskog pola, mase približno od po 15 kg, starosti 20 meseci, koštano zreli, kompletnog zubala i pravilnog zagrižaja, vakcinisani, dehelmintisani i očišćeni od ektoparazita. Za vreme trajanja eksperimenta, životinje su držane u pojedinačnim kavezima, hranjene komercijalnom (peletiranom) hranom obročno jednom dnevno, s upotrebom vode *ad libitum*, uz svakodnevnu kliničku opservaciju. Merenje primarne i sekundarne implantatne stabilnosti učinjeno je metodom analize rezonantne frekvencije (RFA) (Osstell<sup>™</sup>, *Integration Diagnostics*, Sävedalen, Sweden), a dobijene vrednosti predstavljene su koeficijentom stabilnosti implantata (ISQ), kao hirurģski (ISQh) i kao protetski (ISQp). Metoda je zasnovana na sofisticiranoj tehnologiji sa kompjuterskim merenjima rezonantne frekvencije (RF), koju određuju dva parametra: stepen gustine kosti na međuspoju implantat/kost i nivo marginalne alveolarne kosti oko transduktora.

Aparaturu čine Osstell transduktor i Osstell analizator koji je povezan sa personalnim računom (slika 1). Izmerna amplituda rezonantne frekvencije prikazuje se numerički i grafički na Osstell analizatoru, a njen maksimum reprezentuje stabilnost implantata kvantifikovanu kroz ISQ jedinice. Vrednost ISQ je odraz krutosti sistema transduktor-implantat-kost i kalibracionih parametara transduktora. Merena na skali od 0 ISQ (3 500 Hz) do 100 ISQ jedinica (8 500 Hz), veća vrednost ISQ označava veću stabilnost implantata.



Sl. 1 – Šematski dijagram aparature za analizu rezonantne frekvencije implantata  
PC – personalni računar

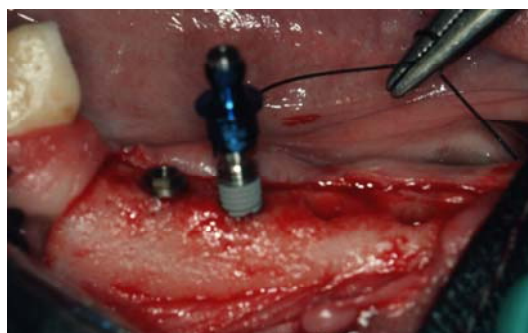
socijativni anestetik ketamin-hidrohlorid *im* 16,8 mg/kg TM, 5% Ralatek (Hemofarm, SCG), a za lokalnu anesteziju 2% lidokain (Xylocaine, Astra, Sweden).

Zatim su ekstrahovana četiri premolara po svakom kvadrantu donje i gornje vilice. Hirurškoj fazi implantacije pristupljeno je tri meseca posle ekstrakcije zuba.

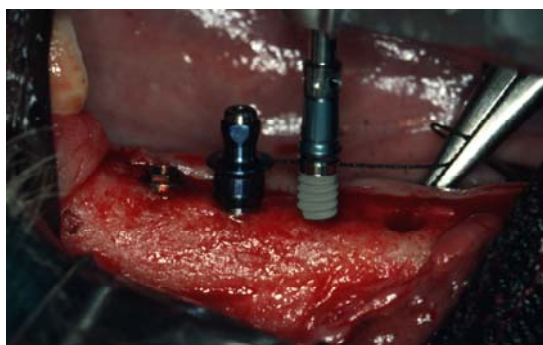
Nakon incizije i odizanja mukoperiostalnog režnja, izvršena je preparacija koštanih ležišta odgovarajućim svrdlima. Ugrađena su četiri različita implantata po kvadrantu u bezubim poljima premolarnih regija (slike 2–5). Intraoperativno, neposredno nakon implantacije, izmerena je primarna, hirurška stabilnost ugrađenih implantata, ISQh, RFA-metodom (analiza rezonantne frekvencije) (slika 6). Nakon operativnog zahvata adaptiran je tkivni režanj i zašiven pojedinačnim šavom sa resorptivnim koncem (Vicryl 2–0, Eth-



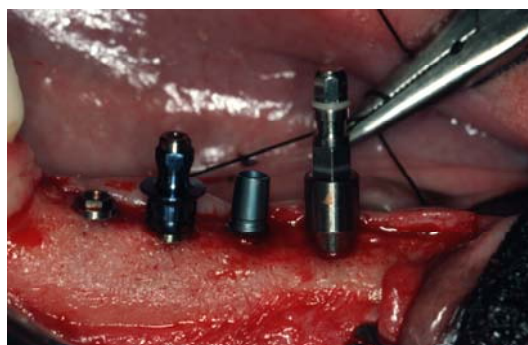
Sl. 2 – Ugradnja TiUnite implantata (Nobel Biocare)



Sl. 3 – Ugradnja 3I-Osseotite implantata (Implant Innovation)



Sl. 4 – Ugradnja XiVE implantata (Dentsply Friadent)

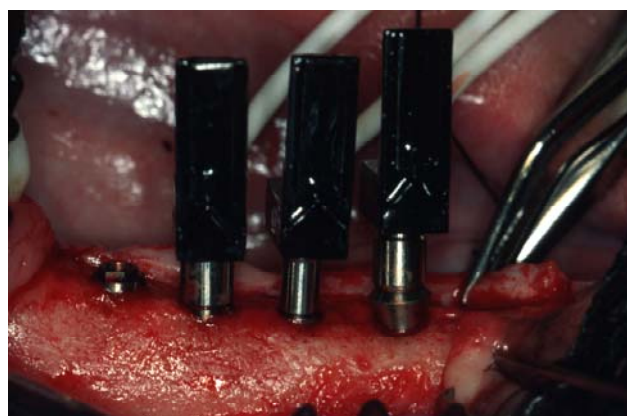


Sl. 5 – Ugradnja Titanium Plasma-sprayed (TPS) implantata (ITI Straumann)

Eksperimentalni deo rada na psima urađen je na Fakultetu veterinarske medicine u Beogradu, a odobren od strane Etičkog komiteta Stomatološkog fakulteta u Beogradu.

Istraživanje na eksperimentalnim životinjama sprovedeno je prema sledećem protokolu: uzeti su otisci zuba gornje i donje vilice eksperimentalnih životinja kondenzacionim silikonom (Zetaplus, Zhermack®SpA, Italy) i izliveni studijski modeli od tvrdog gipsa; na modelima su izrađene individualne kašika od fotopolimerizujućeg akrilata (*light tray-light curing plates*, Ivoclar Vivadent AG, Germany) za potrebe kasnijeg otiskivanja implantata.

U premedikaciji eksperimentalnih životinja, korišćeni su atropin sulfat *sc* u dozi 0,5 mg/10 kg telesne mase (TM) (DP Sanofarm, Bosna) i propionil-promazin *iv* 4,25 mg/10 kg TM (Combelen, Germany). Za hiruršku anesteziju korišćen je di-



Sl. 6 – Transduktori Osstell instrumenta fiksirani za implantate tokom rezonantnih funkcija merenja (RFA)

con GmbH). Postavljene su transfer kapice (prenosnici položaja implantata) i uzeti su otisci za izradu definitivne zubne nadoknade. Implantati su otisnuti jednofaznom tehnikom, elastomernim materijalom iz grupe adicijonih silikona srednje viskoznosti (Elite HD *regular body*, Zhermack®SpA, Italy). Za otiskivanje su korišćene individualne kašike sa međuprostorom. Celokupna procedura obavljena je pod opštom anestezijom i u maksimalno sterilnim uslovima. Hirurška i protetska procedura su izvedene instrumentima iz originalnih setova proizvođača, po standardnom protokolu predviđenom za svaki od korišćenih sistema.

Ekperimentalne životinje zbrinute su fiksnim zubnim nadoknadama dva dana posle implantacije. Nakon postavljanja suprastruktura, implantati su imedijatno opterećeni četvo-ročlanim mostovima od plemenite legure (*gold-platin* Legierung, type IV *extrahard*, Degulor®M, Degussa, Germany – AuPt) (slika 7). Mostovi su retinirani za suprastrukture na implantatima fiksacionim zavrtnjima, koji su moment ključem zategnuti silom od 24 Ncm za XiVE i ITI sistem, a 32 Ncm za MK III i Osseotite implantate, po preporuci proizvođača.



Sl. 7 – Izgled mostova na radnom modelu i u ustima eksperimentalnih životinja

Šest meseci nakon implantacije i imedijatnog opterećenja, uklonjene su fiksne zubne nadoknade i suprastrukture i sprovedena su RFA merenja sekundarne protetske stabilnosti svih implantata (ISQp).

Za statističku analizu dobijenih podataka korišćene su metode deskriptivne statistike: mere centralne tendencije (srednja vrednost i medijana), mere varijabiliteta (standardna devijacija, min i max), interval poverenja, i metode interferencijalne statistike (*t*-test, Mann Whitney *U*-test, jednofaktorska analiza varijanse, Kruskal Wallis-ov test). Statistička analiza obavljena je pomoću softverskog paketa SPSS 11.0.

## Rezultati

Rezultati RFA merenja u donjoj vilici eksperimentalnih životinja, prikazani u tabeli 1, ukazuju da su svi implantati po hirurškoj ugradnji ostvarili stabilnost optimalnu za primenu protokola imedijatnog opterećenja ( $ISQ > 60$ ).

Kod prvog psa vrednosti ISQh parametra bile su u intervalu od 65 do 81, a kod drugog od 62 do 80 ISQ jedinica. Nakon šestomesečnog funkcionalnog opterećenja fiksnim zubnim nadoknadama, implantatima u mandibuli eksperimentalnih životinja porasla je stabilnost. Svi implantati su dostigli odličnu stabilnost,  $ISQp > 80$  i ostvarene su ujednačene vrednosti, bez obzira na tip površine. Najveća razlika između protetske i hirurške stabilnosti zabeležena je kod Osseotite (27 ISQ jed) i ITI TPS (24 ISQ jed), a najmanja kod XiVE (2 ISQ jed) i TiUnite sistema (7 ISQ jed).

Rezultati RFA merenja u gornjoj vilici eksperimentalnih životinja prikazani su u tabeli 2. Najveću stabilnost posle ugradnje ostvarili su implantati u I kvadrantu drugog psa od 72 do 77 ISQ jedinica. Najniža vrednost ISQh izmerena je kod Osseotite implantata, 59 ISQ jedinica. Implantati u gornjoj vilici druge eksperimentalne životinje postigli su veći protetski koeficijent implantatne stabilnosti (76–84 ISQ jed). U maksili prve eksperimentalne životinje, kod 50% implantata registrovan je pad stabilnosti posle perioda okluzalnog opterećenja implantata fiksnim zubnim nadoknadama.

Tabela 1

Prikaz rezultata analize rezonantnih frekvencija (RFA) dobijenih merenjima u donjoj vilici eksperimentalnih životinja

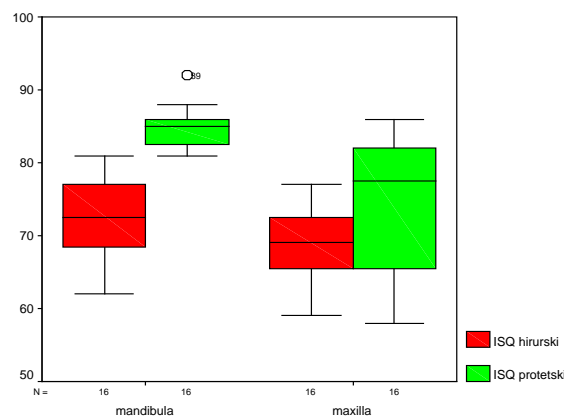
Vilica	Pas	Položaj	Kvadrant	Sistem	ISQh	ISQp	Razlika
Mandibula	1	1P	III	ITI	68	88	20
		2P		XiVE	78	85	7
		3P		Osseotite	65	92	27
		4P		TiUnite	81	88	7
		1P	IV	Osseotite	74	84	10
		2P		TiUnite	76	83	7
		3P		ITI	73	85	12
		4P		XiVE	72	82	10
	2	1P	III	XiVE	79	81	2
		2P		ITI	62	86	24
		3P		TiUnite	66	84	18
		4P		Osseotite	69	81	12
1P		IV	TiUnite	70	85	15	
2P			Osseotite	69	81	12	
3P			XiVE	80	86	6	
4P			ITI	74	86	12	

**Tabela 2**  
**Prikaz rezultata analize rezonantnih frekvencija (RFA) dobijenih merenjima u gornjoj vilici**  
**eksperimentalnih životinja**

Vilica	Pas	Položaj	Kvadrant	Sistem	ISQh	ISQp	Razlika
Maksila	1	1P	I	TiUnite	69	62	-7
		2P		XiVE	73	85	12
		3P		Osseotite	69	86	17
		4P		ITI	68	58	-10
	2	1P	II	Osseotite	59	65	6
		2P		ITI	63	67	4
		3P		TiUnite	69	66	-3
		4P		XiVE	68	63	-5
Mandibula	1	1P	I	XiVE	76	78	2
		2P		TiUnite	72	82	10
		3P		ITI	77	77	0
		4P		Osseotite	74	76	2
	2	1P	II	ITI	63	84	21
		2P		Osseotite	59	82	23
		3P		XiVE	69	78	9
		4P		TiUnite	68	82	14

Rezultati statističke analize vrednosti hirurškog i protetskog koeficijenta imlantatne stabilnosti ISQh i ISQp, kao i njihove razlike (ISQp – ISQh), kod različitih implantatnih sistema u gornjoj i donjoj vilici eksperimentalnih životinja prikazani su u tabeli 3. Između vrednosti ISQh u mandibuli i maksili nije uočena statistički značajna razlika ( $t$ -test,  $p = 0,064$ ). Vrednost ISQp statistički se značajno razlikovala između donje i gornje vilice (Mann-Whitney  $U$ -test,  $p = 0,000$ ) Vrednosti ISQh i ISQp za implantate u donjoj i gornjoj vilici prikazane su na slici 8. Hirurški koeficijent implantatne stabilnosti (ISQh) nije se statistički značajno razlikovao između različitih implantatnih sistema (jednofaktorska analiza varijanse,  $p = 0,053$ ).

Analizom vrednosti ISQp različitih implantatnih sistema nije nađena statistički značajna razlika (Kruskal Wallisov test,  $p = 0,958$ ). Vrednosti ISQh i ISQp po sistemima im-



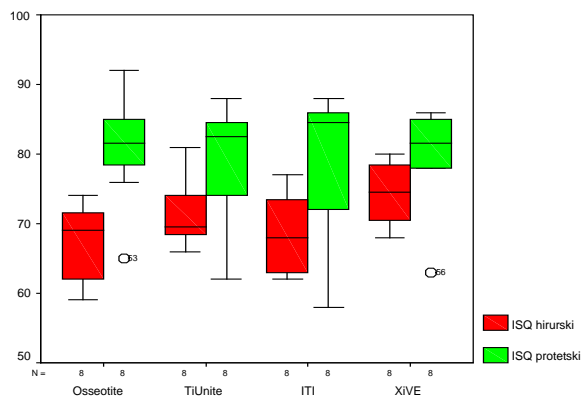
**Sl. 8 – Vrednosti koeficijenta stabilnosti implantata-hirurškog (ISQh) i implantata-protetskog (ISQp) za implantate u donjoj i gornjoj vilici**

**Tabela 3**  
**Rezultati statističke obrade vrednosti koeficijenta stabilnosti implantata-hirurških (ISQh) i implantata-protetskih (ISQp) i njihove razlike**

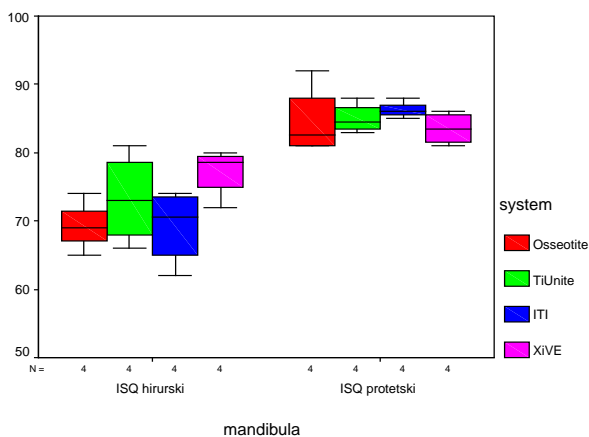
Posmatrani parametri	$\bar{x}$	Med	SD	Min	Max	CI 95%
ISQ hirurški (ISQh)	70,38	69,00	5,75	59	81	68,30–72,45
Mandibula	72,25	72,50	5,64	62	81	69,25–75,25
Maksila	68,50	69,00	5,38	59	77	65,63–71,37
Osseotite	67,25	69,00	5,87	59	74	62,34–72,16
TiUnite	71,38	69,50	4,90	66	81	67,28–75,47
TPS	68,50	68,00	5,68	62	77	63,75–73,25
XiVE	74,38	74,50	4,57	68	80	70,56–78,19
ISQ protetski (ISQp)	79,63	82,00	8,63	58	92	76,51–82,74
Mandibula	84,81	85,00	2,97	81	92	83,23–86,40
Maksila	74,44	77,50	9,36	58	86	69,45–79,42
Osseotite	80,88	81,50	7,90	65	92	74,27–87,48
TiUnite	79,00	82,50	9,52	62	88	71,04–86,96
TPS	78,88	84,50	10,88	58	88	69,78187,97
XiVE	79,75	81,50	7,44	63	86	73,53–85,97
Razlika: ISQp-ISQh	9,25	10,00	8,98	-10	27	6,01–12,49
Mandibula	12,56	12,00	6,79	2	27	8,94–16,18
Maksila	5,94	5,00	9,86	-10	23	0,68–11,19
Osseotite	13,63	12,00	8,37	2	27	6,63–20,62
TiUnite	7,63	8,50	8,75	-7	18	0,31–14,94
TPS	10,38	12,00	11,71	-10	24	0,59–20,16
XiVE	5,38	6,50	5,50	-5	12	0,78–9,97

X – aritmetička sredina; Med – medijana; SD – standardna devijacija; Min – minimum; Max – maksimum; CI – interval poverenja

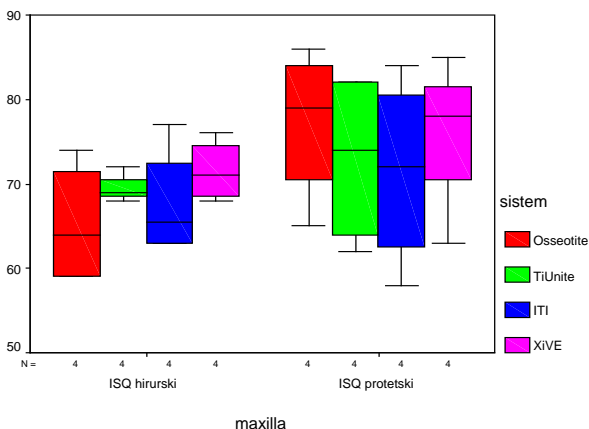
plantata prikazane su na slici 9, a vrednosti ISQ implantatnih sistema u mandibuli i maksili na slikama 10 i 11. Analizom razlike protetskog i hirurškog koeficijenta implantatne stabilnosti, ISQp–ISQh, utvrđena je statistički značajna razlika između mandibularnih i maksilarnih implantata ( $t$ -test,  $p = 0,035$ ) (slika 12). Statistički značajna razlika nije uočena kod parametra ISQp–ISQh, posmatrano kod korišćenih implantatnih sistema (jednofaktorska analiza varijanse,  $p = 0,296$ ).



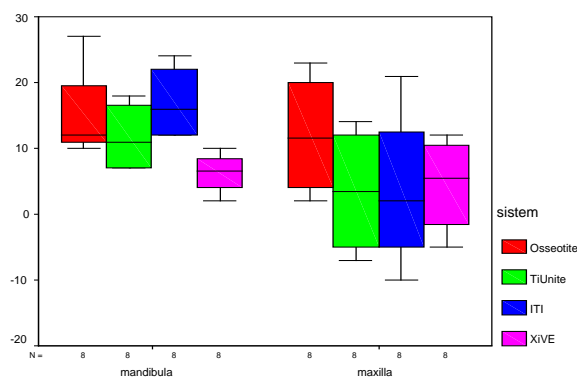
**Sl. 9 – Vrednosti koeficijenta stabilnosti implantata-hirurškog (ISQh) i implantata-protetskog (ISQp) po sistemima implantata**



**Sl. 10 – Vrednosti koeficijenta stabilnosti implantata (ISQ) implantatnih sistema u mandibuli**



**Sl. 11 – Vrednosti koeficijenta stabilnosti implantata (ISQ) implantatnih sistema u maksili**



**Sl. 12 – Distribucija vrednosti razlike koeficijenta stabilnosti implantata-protetskog (ISQp) i implantata-hirurškog (ISQh) po sistemima i vilicama**

**Diskusija**

Imedijatno opterećenje implantata već duže vreme zaoкупlja pažnju implantološke stručne javnosti, ali i pobuđuje izvesne nedoumice zbog pitanja razlika između imedijatne implantacije/restauracije, imedijatnog/ranog i odloženog opterećenja.

Bez obzira na činjenicu da proces oseintegracije zah-teva prosečno šest meseci u gornjoj i tri meseca u donjoj vilici, ipak postoji potreba za imedijatnim opterećenjem, zbog brže rehabilitacije bezubih i krezubih pacijenata<sup>11, 12</sup>. Visok stepen predvidivosti konvencionalnog koncepta opterećenja implantata u mandibuli, doveo je do reevaluacije hirurškog i protetskog protokola<sup>13</sup>.

Brojna klinička<sup>14-23</sup> i eksperimentalna istraživanja<sup>24-27</sup> pokazala su da RFA tehnika može biti uspešno korišćena u proceni implantatne stabilnosti odmah posle ugradnje, u toku zarastanja i u funkciji implantata sa zubnom nadoknadom. Preporuka implantologa<sup>28</sup> sa značajnim iskustvom u primeni RFA metode je da se implantati ne opterećuju neposredno posle ugradnje ako je inicijalna stabilnost manja od 45 ISQ jedinica. U ISQ intervalu od 45 do 60 imedijatno opterećenje je moguće, ali sa izvesnim rizikom, uz neophodnu kontrolu pacijenata i ponovna merenja, kako bi se pratila stabilnost funkcionalno opterećenih implantata. Empirijski podaci sugerišu da su vrednosti ISQ  $\geq 65$  optimalne za opterećenje implantata posle hirurške ugradnje<sup>29, 30</sup>. Iskustvo u primeni RFA metode u ovom istraživanju pokazalo je da ISQ vrednosti realnije prikazuju stabilnost implantata u donjoj nego u gornjoj vilici, najverovatnije zbog kompaktnije građe koštano-g tkiva mandibule, što se odražava na kvalitet merenja. Kod implantata ugrađenih u kost lošeg kvaliteta, mogu se dobiti dve potpuno različite ISQ vrednosti, grafički predstavljene sa dva maksimuma, što je znak netačnog merenja. Brojne kliničke<sup>31-38</sup> i eksperimentalne studije<sup>39, 40</sup> pokazale su da se imedijatno opterećenje dentalnih implantata može uspešno ostvariti i sa mobilnim<sup>41, 42</sup> i fiksnim zubnim nadoknadama<sup>43-45</sup>. Mikronaprezanja mogu biti stimulativna za vreme perioda zarastanja, jer mogu da doprinesu povećanju gustine i mineralizaciji periimplantatne kosti, što je poznato iz istraživanja osteoporotične kosti<sup>46</sup>. Postoje i studije<sup>39</sup> u

kojima imedijatno opterećenje nije doprinelo porastu gustine periimplantatnog koštanog tkiva, ali nije ni narušilo oseointegraciju implantata. Poznato je da endoosealni implantati prenose okluzalno opterećenje na periimplantatno ležište u vidu kompresivnih sila i sila smicanja malog intenziteta, bez pojave intenzivnih naprezanja u zoni međuspoja implantata i kosti<sup>47</sup>. Ova činjenica još jednom ističe da je za imedijatno opterećenje implantata fiksnim zubnim nadoknadama, sem primarne stabilnosti, potrebno rigidno povezati implantate blok konstrukcijom i isključiti parafunkcionalne aktivnosti mandibule.

Adekvatna oralna higijena je, takođe, bitan faktor tokom zarastanja imedijatno opterećenih implantata<sup>40</sup>. Za vreme trajanja naše studije nije sprovedena kontrola plaka, što se nije negativno odrazilo na tok oseointegracije, pa se čini da kod životinja, kao eksperimentalnih modela, oralna higijena nije presudna za uspešnost implantacije.

U našem istraživanju, poređenjem rezultata implantatne stabilnosti različitih površina implantata, nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih sistema. Vrednosti ISQh nije se značajno razlikovala između sistema, što navodi na zaključak da različit tip površinske hrapavosti ne uslovljava različite vrednosti primarne stabilnosti implantata, što je u skladu sa istraživanjem koje su sproveli Rompen i sar.<sup>48</sup>. Rezultati naših eksperimentalnih merenja u donjoj vilici životinja pokazali su, da su svi implantati po hirurškoj ugradnji ostvarili stabilnost optimalnu za primenu protokola imedijatnog opterećenja ( $ISQ > 60$ ). Neposredno nakon ugradnje implantata najveće vrednosti primarne stabilnosti pokazali su implantati XiVE sistema i u donjoj ( $77,25 \pm 3,59$ ) i u gornjoj vilici ( $71,50 \pm 3,70$ ) eksperimentalnih životinja.

U studiji na zečevima, koja je metodološki slična našoj, Gottlow i sar.<sup>49</sup> su dobili statistički značajno veće vrednosti primarne i sekundarne stabilnosti nakon šest nedelja zarastanja, kod TiUnite u poređenju sa Osseotite implantatima. Sennerby i Miyamoto<sup>50</sup> poredili su stabilnost implantata sa TiUnite (NobelBiocare) i SLA (ITI Straumann) površinom, posle ugradnje i nakon tri nedelje zarastanja. Nisu utvrdili statistički značajnu razliku između ovih implantatnih sistema, što potvrđuju i rezultati našeg istraživanja.

Nakon šest meseci okluzalnog opterećenja zubnom nadoknadom u našem istraživanju najveće vrednosti ISQp su zabeležene kod ITI TPS implantata u mandibuli ( $86,25 \pm 1,26$ ) i Osseotite sistema u maksili ( $77,25 \pm 9,14$ ) eksperimentalnih životinja. Najmanja varijacija ISQ očitavanja nađena je kod XiVE sistema, koji je ujedno ostvario najveću srednju vrednost ISQh parametra  $74,38 \pm 4,57$ . Maksimalan rezultat za ISQp, ostvarili su Osseotite implantati ( $80,88 \pm 7,90$ ).

Merenjima RFA u istraživanju utvrđena je razlika između protetske i hirurške stabilnosti implantata. Svi implantati ugrađeni u donju vilicu eksperimentalnih životinja imali su veću stabilnost nakon 6-mesečnog funkcionalnog opterećenja od one izmerene posle hirurške ugradnje,  $ISQp > ISQh$ . Porast ISQ vrednosti imedijatno opterećenih implantata tokom vremena, zabeležen je i u sličnim istraživanjima<sup>18, 26, 48</sup>. Implantati su, takođe, dostigli ujednačene vrednosti protetskog koeficijenta stabilnosti ( $ISQp > 80$ ), bez obzira na različite početne vrednosti hirurškog ISQh. Veći porast stabilnosti zabeležen je

kod implantata koji su imali niže vrednosti ISQh, što potvrđuju i rezultati studije koju su sproveli Friberg i sar.<sup>51</sup>.

Kod pojedinih implantata u gornjoj vilici (TiUnite, XiVE i ITI TPS sistema) registrovan je pad ili stagnacija stabilnosti i pored uspešne oseointegriranosti. Najveća razlika između protetskog i hirurškog koeficijenta implantatne stabilnosti utvrđena je kod Osseotite sistema, a najmanja kod XiVE implantata.

Veći ISQ su ostvarili implantati u donjoj vilici, što je i očekivano, zbog kompaktnije koštane građe mandibule. Sumiranjem rezultata RFA merenja, ustanovljena je veća stabilnost implantata u mandibuli u poređenju sa implantatima u maksili, statistički značajna za ISQp. U donjoj vilici prosečna vrednost za ISQh bila je  $72,25 \pm 5,64$ , a za ISQp  $84,81 \pm 2,97$ , u poređenju sa implantatima u gornjoj vilici kod kojih je ISQh iznosio  $68,50 \pm 5,38$ , a ISQp  $74,44 \pm 9,36$ . Nakon perioda okluzalnog opterećenja standardna devijacija kod implantata u donjoj vilici redukovala se, a kod onih u maksili povećala.

Rompen i sar.<sup>24</sup> su u svojoj studiji RFA metodom merili primarnu stabilnost TiUnite MKIII i MKIV(NBC) implantata ugrađenih u mandibule pasa. Dobijene ISQ vrednosti MKIII ( $80,0 \pm 5,9$ ) i MKIV ( $77,8 \pm 5,7$ ) komparabilne su sa rezultatima našeg istraživanja za TiUnite implantate ISQh,  $71,38 \pm 4,90$ .

Dosadašnja istraživanja pokazala su da primena protokola imedijatnog opterećenja implantata zubnom nadoknadom u svakodnevnom kliničkom radu, zahteva opreznost u proceni opravdanosti i rizika. Prednosti analize rezonantne frekvencije su jednostavnost primene u kliničkim uslovima, prilagođenost svakom implantološkom sistemu i odsustvo senzacija pacijenta za vreme merenja, koje traje nekoliko sekundi. Značajna prednost RFA metode u odnosu na ostale je, što se merenja mogu izvoditi u bilo kom trenutku za vreme zarastanja ili opterećenja implantata mobilnom ili fiksnom zubnom nadoknadom fiksiranom zavrtnjem, što omogućava kontinuiranu opservaciju razvoja oseointegracije implantata.

U prethodnim istraživanjima nedovoljno je razmatran uticaj okluzalnog faktora na odgovor periimplantatnog tkiva u procesu zarastanja. Takođe, nedostaju studije u kojima bi se analizirale razlike u stabilnosti implantata imedijatno opterećenih mobilnim vs fiksnim zubnim nadoknadama, pojedinačnim krunama sa povezivanjem implantata u blok rigidnom vezom. Pouzdanost primene protokola imedijatnog opterećenja implantata mora se potvrditi rezultatima dugoročnih, multicentričnih studija, jer se retko prikazuje detaljna klinička i radiografska procena implantata praćenih tokom pet i više godina. Za vrednovanje dobijenih rezultata neophodna je standardizacija kriterijuma za procenu uspešnosti implantatne terapije, hirurške i protetske faze.

## Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata ovog istraživanja može se zaključiti da ispitivani endoosealni implantati nisu pokazali različit stepen oseointegracije jer se rezultati merenih parametara (ISQh i ISQp) nisu statistički značajno razlikovali između implantatnih sistema, kao i da lokalizacija implantata u gornjoj ili

donjoj vilici statistički značajno utiče na merene parametre; analiza rezonantne frekvencije omogućava merenje implantatne stabilnosti, ali samo kao pomoćna dijagnostička metoda pri izboru protokola opterećenja. Konačnu odluku o primeni pro-

tokola imedijatnog opterećenja implantološki tim bi trebalo da donese na osnovu procene svih faktora oseointegracije, naročito očekivanog individualnog odgovora zarastanja tkiva i uslova funkcionalnog opterećenja kod svakog pacijenta.

## L I T E R A T U R A

1. *Branemark PI, Zarb GA, Albrektsson T.* Tissue-integrated prostheses: Osseointegration in clinical dentistry. Chicago: Quintessence; 1985.
2. *Summers RB.* A new concept in maxillary implant surgery: the osteotome technique. *Compendium* 1994; 15(2): 152, 154-6, 158 passim; quiz 162.
3. *Nkenke E, Kloss F, Wiltfang J, Schultze-Mosgau S, Radespiel-Tröger M, Loos K, et al.* Histomorphometric and fluorescence microscopic analysis of bone remodelling after installation of implants using an osteotome technique. *Clin Oral Implants Res* 2002; 13(6): 595-602.
4. *Santagata M, Guariniello L, Rauso R, Tartaro G.* Immediate loading of dental implant after sinus floor elevation with osteotome technique: a clinical report and preliminary radiographic results. *J Oral Implantol* 2010; 36(6): 485-9.
5. *Babat O, Sullivan RM.* Parameters for successful implant integration revisited part I: immediate loading considered in light of the original prerequisites for osseointegration. *Clin Implant Dent Relat Res* 2010; 12 Suppl 1: e2-12.
6. *Meloni SM, De Rin G, Pisano M, Cattina G, Tullio A.* Implant treatment software planning and guided flapless surgery with immediate provisional prosthesis delivery in the fully edentulous maxilla. A retrospective analysis of 15 consecutively treated patients. *Eur J Oral Implantol* 2010; 3(3): 245-51.
7. *Martinez H, Davarpanah M, Lazgara R, Beaty K.* Loading concepts. In: *Davarpanah M, Martinez H, Kebir M, Tecucianu JF.* Clinical Manual of Implant Dentistry: Contraindication for Dental Implants. St. Louis: Quintessence Publishing Co Ltd; 2003. p. 213-7.
8. *Cochran DL, Morton D, Weber HP.* Consensus statements and recommended clinical procedures regarding loading protocols for endosseous dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19 Suppl: 109-13.
9. *Cochran DL, Senek RK, Lussi A, Higginbottom FL, Buser D.* Bone response to unloaded and loaded titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: a histometric study in the canine mandible. *J Biomed Mater Res* 1998; 40(1): 1-11.
10. *Stanišić-Sinobad D.* Osnovi gnatologije. Belgrade: Beogradsko mašinsko-grafičko preduzeće; 2001.
11. *Brånemark PI.* Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent* 1983; 50(3): 399-410.
12. *Ledermann PD.* More than 20 years of experience with immediate loading of implant borne cantilever prostheses in the interforaminal region. *Z Zahnärztl Impl* 1996; 12:123-36.
13. *Tarnow DP, Emihaz S, Classi A.* Immediate loading of threaded implants at stage 1 surgery in edentulous arches: ten consecutive case reports with 1- to 5-year data. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997; 12(3): 319-24.
14. *Balleri P, Cozzolino A, Gbelli L, Momicchioli G, Varriale A.* Stability measurements of osseointegrated implants using Osstell in partially edentulous jaws after 1 year of loading: a pilot study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2002; 4(3): 128-32.
15. *Han J, Lulic M, Lang NP.* Factors influencing resonance frequency analysis assessed by Osstell mentor during implant tissue integration: II. Implant surface modifications and implant diameter. *Clin Oral Implants Res* 2010; 21(6): 605-11.
16. *Sim CP, Lang NP.* Factors influencing resonance frequency analysis assessed by Osstell mentor during implant tissue integration: I. Instrument positioning, bone structure, implant length. *Clin Oral Implants Res* 2010; 21(6): 598-604.
17. *Degidi M, Daprile G, Piattelli A.* Determination of primary stability: a comparison of the surgeon's perception and objective measurements. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010; 25(3): 558-61.
18. *Glauser R, Lundgren AK, Gottlow J, Sennerby L, Portmann M, Ruhstaller P, et al.* Immediate occlusal loading of Brånemark Ti-Unit implants placed predominantly in soft bone: 1-year results of a prospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003; 5 Suppl 1: 47-56.
19. *Glauser R, Portmann M, Ruhstaller P, Gottlow J, Schärer P.* Initial implant stability using different implant designs and surgical techniques. A comparative clinical study using insertion torque and resonance frequency analysis. *Applied Osseointegration Research* 2001; 2(1): 6-8.
20. *Glauser R, Portmann M, Ruhstaller P, Lundgren AK, Hammerle CHF, Gottlow J.* Stability measurements of immediately loaded machined and oxidized implants in the posterior maxilla. A comparative clinical study using RFA. *Appl Osseointegration Res* 2001; 2(1): 27-30.
21. *Huang HM, Lee SY, Yeh CY, Lin CT.* Resonance frequency assessment of dental implant stability with various bone qualities: a numerical approach. *Clin Oral Implants Res* 2002; 13(1): 65-74.
22. *Schubert S, Schubert T.* Evaluation of implant stability by resonance frequency analysis. *Starget* 2003; 1: 16-9.
23. *Melo AC, de Freitas MC, Bernardes SR, de Mattias Sartori LA, Bassi AP, Thomé G.* A prospective follow-up study of 44 mandibular immediately loaded implants using resonance frequency analysis: preliminary 1-year results. *Implant Dent* 2009; 18(6): 530-8.
24. *Rompen E, DaSilva D, Hockers T, Lundgren AK, Gottlow J, Glauser R, et al.* Influence of implant design on primary fit and stability. A RFA and histological comparison of MkIII and MkIV Brånemark implants in the dog mandible. *Applied Osseointegration Research* 2001; 2(1): 9-11.
25. *Degidi M, Perrotti V, Piattelli A, Iezzi G.* Mineralized bone-implant contact and implant stability quotient in 16 human implants retrieved after early healing periods: a histologic and histomorphometric evaluation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010; 25(1): 45-8.
26. *Salata LA, Rasmusson L, Novaes AB, Papalexion V, Sennerby L.* The influence of anodic oxidation on implant integration and stability in bone defects. An RFA study in the dog mandible. *Appl Osseointegration Res* 2002; 3: 32-4.
27. *Bardyn T, Gédet P, Hallermann W, Büchler P.* Quantifying the influence of bone density and thickness on resonance frequency analysis: an in vitro study of biomechanical test materials. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009; 24(6): 1006-14.
28. *Glauser R, Meredith N.* Diagnostic possibility for the evaluation of the implant stability. *Implantologie* 2001; 9(2): 147-59. (German)
29. *Meredith N, Alleyne D, Cawley P.* Quantitative determination of the stability of the implant-tissue interface using resonance frequency analysis. *Clin Oral Implants Res* 1996; 7(3): 261-7.
30. *Meredith N.* Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *Int J Prosthodont* 1998; 11(5): 491-501.
31. *Calandriello R, Tomatis M, Rangert B.* Immediate functional loading of Brånemark System implants with enhanced initial stability: a prospective 1- to 2-year clinical and radiographic study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003; 5 Suppl 1: 10-20.



32. *Degidi M, Piattelli A.* Immediate functional and non-functional loading of dental implants: a 2- to 60-month follow-up study of 646 titanium implants. *J Periodontol* 2003; 74(2): 225–41.
33. *Grunder U.* Immediate functional loading of immediate implants in edentulous arches: two-year results. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001; 21(6): 545–51.
34. *Peñarrocha M, Boronat A, Garcia B.* Immediate loading of immediate mandibular implants with a full-arch fixed prosthesis: a preliminary study. *J Oral Maxillofac Surg* 2009; 67(6): 1286–93.
35. *Maló P, Rangert B, Nobre M.* "All-on-Four" immediate-function concept with Brånemark System implants for completely edentulous mandibles: a retrospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003; 5 Suppl 1: 2–9.
36. *Rocci A, Martignoni M, Gotlow J.* Immediate loading in the maxilla using flapless surgery, implants placed in predetermined positions, and prefabricated provisional restorations: a retrospective 3-year clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003; 5 Suppl 1: 29–36.
37. *Tarnow DP, Emtiaz S, Classi A.* Immediate loading of threaded implants at stage 1 surgery in edentulous arches: ten consecutive case reports with 1- to 5-year data. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997; 12(3): 319–24.
38. *Crespi R, Cappare P, Gherlone E, Romanos GE.* Immediate occlusal loading of implants placed in fresh sockets after tooth extraction. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007; 22(6): 955–62.
39. *Nkenke E, Lebner B, Weinzierl K, Thams U, Neugebauer J, Steveling H, et al.* Bone contact, growth, and density around immediately loaded implants in the mandible of mini pigs. *Clin Oral Implants Res* 2003; 14(3): 312–21.
40. *Romanos G, Tob CG, Siar CH, Swaminathan D, Ong AH, Donath K, et al.* Peri-implant bone reactions to immediately loaded implants. An experimental study in monkeys. *J Periodontol* 2001; 72(4): 506–11.
41. *Chiapasco M, Gatti C.* Implant-retained mandibular overdentures with immediate loading: a 3- to 8-year prospective study on 328 implants. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003; 5(1): 29–38.
42. *Gatti C, Haefliger W, Chiapasco M.* Implant-retained mandibular overdentures with immediate loading: a prospective study of ITI implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000; 15(3): 383–8.
43. *Ganeles J, Rosenberg MM, Holt RL, Reichman LH.* Immediate loading of implants with fixed restorations in the completely edentulous mandible: report of 27 patients from a private practice. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001; 16(3): 418–26.
44. *Ericsson I, Nilson H, Lindb T, Nilner K, Randow K.* Immediate functional loading of Brånemark single tooth implants. An 18 months' clinical pilot follow-up study. *Clin Oral Implants Res* 2000; 11(1): 26–33.
45. *Ericsson I, Randow K, Nilner K, Peterson A.* Early functional loading of Brånemark dental implants: 5-year clinical follow-up study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2000; 2(2): 70–7.
46. *Matsumoto H, Ochi M, Abiko Y, Hirose Y, Kaku T, Sakaguchi K.* Pulsed electromagnetic fields promote bone formation around dental implants inserted into the femur of rabbits. *Clin Oral Implants Res* 2000; 11(4): 354–60.
47. *Hobkirk J, Watson R, Searson L.* Introducing dental implants. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2003.
48. *Rampen E, DaSilva D, Lundgren AK, Gotlow J, Sennerby L.* Stability measurements of a double-threaded titanium implant design with turned or oxidized surfaces. An experimental resonance frequency analysis study in the dog mandible. *Appl Osseointegration Res experimental RFA study in the dog mandible.* *Appl Osseointegration Res* 2000; 1(1): 18–20.
49. *Gotlow J, Johansson C, Albrektsson T, Lundgren AK.* Biomechanical and histologic evaluation of the TiUnite and Osseotite implant surfaces in rabbits after 6 weeks of healing. *Appl Osseointegration Res* 2000; 1(1): 25–7.
50. *Sennerby L, Miyamoto I.* Insertion torque and RFA analysis of TiUnite and SLA implants. A study in rabbit. *Appl. Osseointegration Res* 2000; 1(1): 31–3.
51. *Friberg B, Sennerby L, Linden B, Gröndahl K, Lekholm U.* Stability measurements of one-stage Brånemark implants during healing in mandibles. A clinical resonance frequency analysis study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1999; 28(4): 266–72.

Primljen 3. XI 2010.  
Prihvaćen 8. XII 2010.