

Damir Jelušić¹, Ivan Puhar², Darije Plančak²

Procjena stabilnosti implantata nakon podizanja dna sinusa i primjene različitih nadomjesnih materijala

Assessment of Implant Stability Following Sinus Lift Procedures with Different Grafting Materials

¹ Dentalna poliklinika *Dr. Jelušić*, Opatija, Hrvatska
Dental Polyclinic "Dr Jelušić", Opatija, Croatia

² Zavod za parodontologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska
Department of Periodontology, School of Dental Medicine, Zagreb, Croatia

Sažetak

Svrha: Željela se istražiti stabilnost implantata nakon podizanja dna sinusa i primjene dvaju nadomjesnih materijala te dobivene rezultate usporediti s implantatima postavljenima u neaugmentirani lateralni dio gornje čeljusti. **Materijali i metode:** Istraživanje je provedeno na 44 zdrava pacijenta s indikacijom za podizanje dna sinusa (ispitivana skupina). Nakon podizanja dna sinusa i primjene čistog beta trikalcijeva fosfata postavljeno je 46 implantata, a 39 je ugrađeno nakon augmentacije sa 60-postotnim hidroksiapatitom i 40-postotnim beta trikalcijevim fosfatom. U kontrolnoj skupini bilo je 48 zdravih pacijenata kojima je 85 implantata postavljeno u neaugmentirani lateralni dio gornje čeljusti. Svim ispitanicima ugrađeni su implantati Astra Tech OsseoSpeed. Njihova stabilnost određivala se metodom analize rezonantne frekvencije. Na temelju triju mjerenja izračunat je kvocijent stabilnosti implantata (ISQ). **Rezultati:** Nije pronađena statistički značajna razlika u ISQ-vrijednosti između implantata koji su postavljeni augmentacijskim postupkom i onih bez njega ($p=0,789$). Statistički značajna razlika nije uočena ni kada su ISQ-vrijednosti implantata postavljenih nakon pojedinog nadomjesnog materijala uspoređene s ISQ-vrijednostima odgovarajućih implantata u neaugmentiranoj kosti ($p=0,697$ i $p=0,402$). **Zaključak:** Ovo istraživanje pokazalo je da je stabilnost implantata usporediva između implantata koji su postavljeni u lateralni dio gornje čeljusti, neovisno o podizanju dna sinusa i nadomjesnom materijalu. Implantati ugrađeni u augmentirani lateralni dio gornje čeljusti mogu se predvidivo protetski opskrbiti kao i implantati postavljeni u neaugmentiranu gornju čeljust.

Zaprimljen: 30. prosinca 2013.
Prihvaćen: 1. ožujak 2014.

Adresa za dopisivanje

Dr. sc. Ivan Puhar
Sveučilište u Zagrebu
Stomatološki fakultet
Zavod za parodontologiju
Gundulićeva 5, 10000 Zagreb, Hrvatska
tel: +38514899219
puhar@sfzg.hr

Ključne riječi

zubni implantati; podizanje dna sinusa; analiza rezonantne frekvencije; beta trikalcij-fosfat; hidroksiapatit

Uvod

U dentalnoj implantologiji lateralni dio gornje čeljusti često je povezan s različitim izazovima. Kako bi se taj dio čeljusti adekvatno opskrbio dentalnim implantatima, potrebna je dovoljna količina kosti u području grebena. No određena anatomska ograničenja koja se mogu susresti uključuju pojačanu pneumatizaciju maksilarnog sinusa, tanku kost s lateralne ili okluzalne strane, plitko nepce i blizinu sinusa u odnosu na alveolarni greben (1). Kod pacijenata s nedovoljnim volumenom kosti u lateralnom dijelu gornje čeljusti indicirano je podizanje dna sinusa kako bi se omogućilo postavljanje implantata. Otkako je tu tehniku sredinom 1970-ih izvorno opisao Tatum, podizanje dna maksilarnog sinusa detaljno se istraživalo s obzirom na različite nadomjesne materijale i usporedbu između srodnih tehnika (2–4).

Najčešće korišteni terapijski modaliteti uključuju dvofaznu lateralnu antrostomiju, jednofaznu lateralnu antrostomiju i osteotomsku tehniku s krestalnim pristupom. Dvofazna lateralna antrostomija indicirana je kada je visina rezidualne

Introduction

The posterior maxilla is often associated with different challenges to the implant dentist. In order to adequately restore posterior maxilla with dental implants, a sufficient bone volume in the maxillary ridge is required. However, certain anatomic limitations can be encountered and these include increased pneumatization of the maxillary sinus, thin lateral and occlusal bone, flat palatal vault, and proximity of the sinus to crestal bone (1). In patients with insufficient bone volume of the posterior maxilla, elevation of the sinus floor is indicated to allow for implant restorations. Since it was originally described by Tatum in the mid 1970s, maxillary sinus floor elevation has been extensively investigated with respect to different grafting materials, and comparison between similar approaches (2–4).

The most widely used treatment modalities include the two-step lateral antrostomy, the one-step lateral antrostomy, and the osteotome technique with crestal approach. The two-step lateral antrostomy is indicated when the residual

kosti manja od 4 milimetra. Jednofazna lateralna antrostomija primjenjuje se za rezidualnu visinu kosti od 4 do 6 milimetara, a manje invazivna osteotomska tehnika preporučuje se kada je visina rezidualne kosti veća od 6 milimetara (5, 6).

Premda se vlastita kost smatra najboljim nadomjesnim materijalom za augmentaciju sinusa, predlažu su i različite alternative kako bi se postupak pojednostavnio – demineralizirana suho smrznuta kost, hidroksiapatit (HA), beta-trikalcijev fosfat (β -TCP), anorganska deproteinizirana goveda kost te kombinacija navedenih i ostalih materijala (7, 8). U preglednom radu je Del Fabbro sa suradnicima određivao stopu preživljavanja implantata postavljenih u augmentirani maksilarni sinus te djelovanje nadomjesnih materijala. Stopa preživljavanja implantata iznosila je 87,70 posto s autogenim materijalima, 94,88 posto kad se koristio autogenom kosti i različitim koštanim nadomjescima te 95,98 posto sa samo koštanim nadomjesnim materijalima. Na taj je način dokazano da su koštani nadomjesni materijali učinkoviti kao i autogena kost kada se primjenjuju sami ili u kombinaciji s autogenom kosti (9).

Stabilnost implantata i uspješna oseointegracija preduvjeti su za njihovo preživljavanje. Stoga je kontinuirano praćenje na ponovljiv i objektivni način ključno za određivanje stabilnosti implantata. Danas za to postoje različite neinvazivne metode: rendgenske slike, obrnuti tork, otpor narezujućeg torca, modalna analiza i analiza rezonantne frekvencije (RFA). Usporedbom različitih metoda mjerenja pronađena je značajna povezanost narezujućeg ili insercijskog torca i RFA-metode (10, 11).

Huang i suradnici proučavali su prirodnu frekvenciju kako bi procijenili sučelje implantata i kosti. Prirodna frekvencija je fizikalna karakteristika strukture koja je usko povezana s njezinim rubnim uvjetima. Zaključili su da se rubni uvjeti implantata mogu pratiti utvrđivanjem njegove prirodne frekvencije (12). U drugom su istraživanju isti autori istaknuli da je RFA-metoda pouzdana i točna kad je riječ o ranoj procjeni procesa oseointegracije. Ova mjerenja mogu poslužiti kao indikator i primarne i sekundarne stabilnosti implantata (13). Proučavanje RFA kod jednofaznih implantata tijekom razdoblja oseointegracije pokazalo je najmanju stabilnost tri do šest tjedana nakon postavljanja navedenih implantata bez protetske opskrbe. Vrijednosti dobivene s pomoću RFA mogu stoga biti korisne za određivanje različitih faza cijeljenja i stabilnosti dentalnih implantata. Ovi rezultati potvrđuju potrebu za kliničkom napravom kojom bi se ocjenjivala stabilnost implantata prije protetske opskrbe (14).

Svrha ovog istraživanja bila je ocijeniti stabilnost implantata nakon podizanja dna sinusa i primjene dvaju nadomjesnih materijala, te dobivene rezultate usporediti s implantatima postavljenima u neaugmentirani lateralni dio gornje čeljusti.

Materijali i metode

U ovom paralelnom istraživanju sudjelovala su 44 zdrava pacijenta s indikacijom za unilateralno ili bilateralno podizanje dna sinusa (ispitivana skupina) te 48 zdravih pacijenata kojima je 85 implantata postavljeno u neaugmentirani

bone height is less than 4 mm. The one-step lateral antrostomy is used for the residual bone height of 4 to 6 mm, and the less invasive osteotome technique is recommended when more than 6 mm of residual bone height is present (5,6).

Although the patient's own bone is considered the best grafting material for sinus augmentation, various alternatives have been proposed to simplify the grafting procedure including demineralized freeze-dried bone, hydroxyapatite (HA), beta-tricalcium phosphate (β -TCP), anorganic deproteinized bovine bone and combination of these and others (7,8). In a systematic review, Del Fabbro et al. determined the survival rate of implants placed in the grafted maxillary sinus, and the effects of grafting materials. Implant survival rate was 87.70% with autogenous grafts, 94.88% when combining autogenous bone with different bone substitutes and 95.98% with bone substitutes alone. Therefore, bone-substitute grafts were shown to be as effective as autogenous bone when used alone or in combination with autogenous bone (9).

Implant stability and successful osseointegration are prerequisites for implant survival. Thus, continuous monitoring in a reproducible and objective manner is crucial in determining the implant stability. Various non-invasive methods are available today for this purpose: radiographs, reverse torque, cutting torque resistance, modal analysis, and resonance frequency analysis (RFA). When different measurements were compared, a significant correlation was found between cutting torque or insertion torque and RFA (10, 11).

Huang et al. evaluated natural frequency to assess implant-bone interface. Natural frequency is a physical characteristic of a structure, which is closely related to its boundary conditions. They concluded that the boundary status of an implant can be monitored by detecting its natural frequency (12). In another study, the same researchers found RFA as a reliable and accurate method for early assessment of osseointegration process. These measurements cannot only be used as an indicator for primary stability, but can also be useful regarding the secondary implant stability (13). Study on RFA of one-stage dental implant stability during the osseointegration period revealed the weakest stability at 3-6 weeks in one-stage non-loaded implants. Values obtained with RFA can be therefore valuable in determining different healing phases and the stability of dental implants. Those results support the need for a clinical device to evaluate implant stability prior to loading (14).

The objective of this research was to evaluate implant stability following sinus lift with two grafting materials, and to compare it with the implants placed in a pristine posterior maxilla.

Materials and methods

This parallel study included 44 healthy subjects with an existing indication for unilateral or bilateral sinus lift procedure (test group), and 48 healthy patients who were treated with 85 implants but without bone augmentation in maxil-

lateralni dio gornje čeljusti (kontrolna skupina). Randomizacija je provedena samo za ispitivanu skupinu u kojoj je 46 implantata postavljeno nakon podizanja dna sinusa i primjene čistoga β -TCP-a, a 39 implantata ugrađeno je nakon augmentacije s HA/ β -TCP-om. Kriteriji za uključivanje u ispitivanu skupinu bili su: dob iznad 18 godina, prekinut ili skraćen zubni luk u lateralnom dijelu gornje čeljusti, rezidualni koštani greben <5 mm i dobra oralna higijena. Kriteriji isključivanja bili su: sistemske kontraindikacije za augmentacijske postupke (trudnoća, narušeno opće zdravlje, nekontrolirana šećerna bolest, liječenje kortikosteroidima i bisfosfonatima, uznapredovala osteoporoza), zračenje maksilofacijalne regije, pušenje > 10 cigareta na dan, loša oralna higijena te infekcije ili tumori u području gornje čeljusti.

Pacijenti su jedan sat prije operacije uzeli oralne antibiotike (1 g amoksicilina ili 600 mg klindamicina u slučaju alergije na penicilin). Nakon ispiranja 0,20-postotnim klorheksidinom i lokalne anestezije, učinjena je krestalna incizija s vertikalnim rasteretnim incizijama kako bi se formirao režanj pune debljine i prikazala bukalna kost maksilarnog sinusa. Koštani zid oprezno je fenestriran uz oblik hladnje fiziološkom otopinom. Predoperativna visina kosti varirala je od 0,6 do 5,7 milimetara. Nakon odvajanja Schneiderove membrane od dna sinusa, ovisno o randomizaciji, postavljen je čisti β -TCP koštani nadomjesni materijal (Bioresorb, Sybron Implant Solutions, Orange, SAD) ili 60 % HA s 40 % β -TCP-a (Maxresorb, Botiss, Berlin, Njemačka) koji su prethodno rehidrirani s 1 do 5 mL sterilne fiziološke otopine. Bukalni prozor prekriven je rehidriranom kolagenom membranom (Jason membrane, Botiss, Berlin, Njemačka). Režanj pune debljine adaptiran je i rana je zašivena. S pomoću konične kompjutorizirane tomografije (CBCT) učinjena je kontrolna snimka kako bi se isključila dislokacija koštanog nadomjesnog materijala. Sljedećih pet dana pacijenti su uzimali 2 x 1000 mg amoksicilina ili 3 x 300 mg klindamicina u slučaju alergije na penicilin. Šavovi su uklonjeni sedam do deset dana nakon operacije. Nakon šestomjesečne faze cijeljenja ponovno je učinjena CBCT snimka kako bi se odredili položaj, duljina i promjer planiranog implantata.

Svim ispitanicima postavljani su implantati Astra Tech OsseoSpeed (Astra Tech AB, Mölndal, Švedska) prema istom postupku bušenja, uzimajući u obzir kvalitetu kosti i upute proizvođača. U objema skupinama bilježilo se insercijski tork u rasponu od *lošeg* do *izvrsnog*. Implantati su opterećeni prema standardnom protokolu četiri mjeseca nakon ugradnje. Imedijatno opterećenje nije se primijenilo, niti je između skupina bilo razlika u postupku opterećenja. Dok je trajalo istraživanje nije bilo gubitka implantata. Tijekom zahvata sanirano je sedam perforacija membrane sinusa, što nije utjecalo na daljnji protokol.

Za određivanje stabilnosti implantata u objema skupinama korištena je metoda RFA (Osstell ISQ, Osstell, Gothenburg, Švedska). Nakon mapiranja rezonantnih frekvencija, ovom metodom dobivena je mjerna ljestvica ISQ-vrijednosti od 1 do 100 (kvocijent stabilnosti implantata). Srednja ISQ-vrijednost svakog implantata izračunata je na temelju triju mjerenja iz različitih smjerova. Kako bi se precizno usporedile srednje ISQ-vrijednosti, svaki implantat u ispitivanoj sku-

la (control group). The study was only randomized in a test group where 46 implants were placed following sinus lift with pure-phase β -TCP, while 39 implants were placed following augmentation with HA/ β -TCP material. The inclusion criteria for test groups were: age > 18 years, interrupted or shortened dental arch in the lateral part of the upper jaw, the amount of residual bone ridge <5mm and a good oral hygiene. The exclusion criteria were: systemic contraindications for augmentation procedures (pregnancy, poor general condition, untreated diabetes, glucocorticoids and bisphosphonates medication, and advanced osteoporosis), radiation of maxillofacial region, smoking > 10 cigarettes per day, poor oral hygiene, and infections or tumors of the maxillary area.

One hour prior to surgery patients took oral antibiotics (1g amoxicillin or 600mg clindamycin if allergic to penicillin). After rinsing with 0.20% chlorhexidine and administration of local anesthesia, a crestal incision with vertical releasing incisions were performed to raise a full thickness flap and to expose a buccal bone wall of the maxillary sinus. Bone wall was carefully fenestrated with copious saline cooling. Preoperative residual bone height varied from 0.6 to 5.7 mm. After lifting the Schneiderian membrane from the sinus floor, depending on the randomization, a pure-phase β -TCP bone grafting material (Bioresorb, Sybron Implant Solutions, Orange, USA) or a 60% HA with 40% β -TCP material (Maxresorb, Botiss, Berlin, Germany) was applied after previous rehydration with 1-5 mL of sterile saline. Buccal window was covered with rehydrated collagen membrane (Jason membrane, Botiss, Berlin, Germany). A full thickness flap was adapted and the wound was sutured. Control cone-beam computed tomography (CBCT) scan was recorded to exclude dislocation of the bone grafting material. Following 5 days after the surgery, patients took 2x1000mg amoxicillin or 3x300mg clindamycin if allergic to penicillin. Sutures were removed 7-10 days after the surgery. After the healing phase of 6 months, a CBCT scan was repeated to determine the position, length and width of the planned implant.

In both groups, Astra Tech OsseoSpeed implants (Astra Tech AB, Mölndal, Sweden) were placed using the same drilling protocol, with regard to bone quality and in accordance with the manufacturer's recommendations. Insertion torque was recorded in a scale from "poor" to "excellent" in both groups. Standard loading protocol, without immediate loading or differences among groups, included loading 4 months after implant placement. No implant loss was observed during the study period. Seven sinus membrane perforations occurred, but they were immediately treated and did not influence the further protocol.

RFA method (Osstell ISQ, Osstell, Gothenburg, Sweden) was used for determining implant stability in both groups. After mapping of resonance frequencies, this method provided a measurement scale of 1-100 ISQ values (implant stability quotient). For each implant, a mean ISQ value was calculated on the basis of 3 ISQ measurements recorded from different directions. To precisely compare mean ISQ values, each implant in the test group was paired with the implant of the same length and diameter in the control group. RFA examinations were performed in both groups 4

pini uparen je s implantatom iste duljine i promjera u kontrolnoj skupini. Isti iskusni doktor dentalne medicine obavio je RFA-mjerenja u objema skupinama četiri mjeseca nakon postavljanja implantata.

Pacijenti u ispitivanoj skupini odabrani su nasumično kako bi se izbjegle pogreške pri odabiru i osigurala normalnost distribucije promatranih varijabli. Istraživanje je odobrilo Etičko povjerenstvo Stomatološkog fakulteta te je provedeno u skladu s etičkim načelima Helsinške deklaracije. Svi sudionici informirani su o prirodi istraživanja i potpisali su pristanak prije početka kliničkog ispitivanja.

Podaci su analizirani u statističkom paketu SPSS v.21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, SAD). Normalnost distribucije ocijenjena je Kolmogorov-Smirnovljevim testom. Wilcoxonov test rangiranih znakova korišten je za procjenu ISQ-vrijednosti implantata postavljenih augmentacijskim postupkom ili bez njega. Statistička značajnost postavljena je na $p < 0,05$.

Rezultati

U obje je skupine većina od 85 uparenih implantata bila promjera 4,0 milimetra (76,5 %) i duljine 11 milimetara (48,2 %) (tablice 1. i 2.). Wilcoxonov test rangiranih znakova pokazao je da nema statistički značajne razlike u ISQ-vrijednostima implantata postavljenih augmentacijskim postupkom ili bez njega ($p=0,789$) (tablica 3.). Statistički značajna razlika nije uočena ni kada su ISQ-vrijednosti implantata postavljenih nakon augmentacije s pojedinim nadomjesnim materijalom uspoređene s ISQ-vrijednostima odgovarajućih implantata u neaugmentiranoj kosti. ISQ-vrijednosti implantata postavljenih nakon augmentacije β -TCP-om bile su manje od kontrolnih vrijednosti, ali bez statističke značajnosti ($p=0,697$) (tablica 4.). Implantati postavljeni nakon augmentacije HA/ β -TCP-om imali su veće ISQ-vrijednosti, ali statistička značajnost nije uočena ($p=0,402$) (tablica 5.).

months after implant placement by one and the same experienced dental examiner.

The patients within the test group were randomly chosen to avoid selection bias and to ensure normal distribution of the sampled variables. This study was approved by the Ethics Committee of the School of Dental Medicine, and it was conducted in accordance with the ethical principles of the Helsinki Declaration. All participants were informed about the nature of the study and gave their written consent prior to clinical protocol.

Data were analyzed with statistical software package SPSS v.21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Normal distribution of the values was evaluated using the Kolmogorov-Smirnov test. Wilcoxon signed ranks test was used to evaluate ISQ values of implants placed with and without augmentation procedure. The statistical significance was set at $p < 0.05$.

Results

Out of 85 implants paired in both groups, most of them were 4.0 mm in diameter (76.5%) and 11 mm in length (48.2%) (Tables 1 and 2). Wilcoxon signed ranks test revealed no statistical difference in ISQ values of implants placed with and without augmentation procedure ($p=0.789$) (Table 3). Statistically significant difference was not found when ISQ values of implants placed following particular grafting material were compared with ISQ values of corresponding implants in a pristine bone. ISQ values of implants placed following β -TCP were lower than in controls, but without significance ($p=0.697$) (Table 4). Implants placed following HA/ β -TCP showed higher ISQ values, but statistical significance was not observed ($p=0.402$) (Table 5).

Tablica 1. Raspodjela promjera implantata u objema skupinama Table 1 Distribution of implant diameter in both groups	Promjer • Diameter mm	β -TCP	HA/ β -TCP	Neaugmentirana kost • Pristine bone
	3.5	1	1	2
	4.0	33	32	65
	4.5	2	0	2
	5.0	10	6	16
		46	39	85

Tablica 2. Raspodjela duljine implantata u objema skupinama Table 2 Distribution of implant length in both groups	Duljina • Length mm	β -TCP	HA/ β -TCP	Neaugmentirana kost • Pristine bone
	8	4	0	4
	9	19	7	26
	11	22	19	41
	13	1	13	14
		46	39	85

Tablica 3. Usporedba ISQ-vrijednosti implantata u augmentiranoj i neaugmentiranoj gornjoj čeljusti
Table 3 Comparison of ISQ values of implants placed in augmented and pristine maxilla

	N	Srednja vrijednost • Mean	SD	Minimum • Minimum	Maksimum • Maximum	P
ISQ augmentirana kost • ISQ augmented bone	85	78.9	6.3	60.0	90.0	0.789
ISQ neaugmentirana kost • ISQ pristine bone	85	78.7	6.1	59.6	90.0	

Wilcoxonov test, SD = standardna devijacija, p = statistička značajnost
 Wilcoxon signed ranks test, SD = standard deviation, p = statistical significance

Tablica 4. ISQ-vrijednosti implantata u sinusu koji je augmentiran β -TCP-om
Table 4 ISQ values of implants placed in sinus augmented with β -TCP

	N	Srednja vrijednost • Mean	SD	Minimum • Minimum	Maksimum • Maximum	P
ISQ β -TCP	46	78.3	5.9	61.0	87.0	0.697
ISQ neaugmentirana kost • ISQ pristine bone	46	78.9	5.7	65.6	90.0	

Wilcoxonov test, SD = standardna devijacija, p = statistička značajnost
 Wilcoxon signed ranks test, SD = standard deviation, p = statistical significance

Tablica 5. ISQ-vrijednosti implantata u sinusu koji je augmentiran HA/ β -TCP-om
Table 5 ISQ values of implants placed in sinus augmented with HA/ β -TCP

	N	Srednja vrijednost • Mean	SD	Minimum • Minimum	Maksimum • Maximum	P
ISQ HA/ β -TCP	39	79.8	6.8	60.0	90.0	0.402
ISQ neaugmentirana kost • ISQ pristine bone	39	78.4	6.6	59.6	88.3	

Wilcoxonov test, SD = standardna devijacija, p = statistička značajnost
 Wilcoxon signed ranks test, SD = standard deviation, p = statistical significance

Rasprava

RFA-mjerenja pokazala su da nema razlike u stabilnosti implantata s obzirom na augmentacijski postupak i korišteni nadomjesni materijal. Srednje vrijednosti stabilnosti implantata postavljenih u lateralni dio gornje čeljusti augmentacijskim postupkom ili bez njega iznosile su $78,9 \pm 6,3$ i $78,7 \pm 6,1$. Prema znanstvenoj literaturi, ISQ-vrijednosti iznad 70 upućuju na visoku stabilnost i uspješnu oseointegraciju postavljenih implantata. Adekvatna stabilnost implantata osnovni je preduvjet za njihovo imedijatno i rano opterećenje (15, 16).

Različiti klinički čimbenici koji mogu utjecati na vrijednosti rezonantne frekvencije proučavani su istraživanju Degidija i suradnika. Statistički značajna pozitivna korelacija uočena je između ISQ-vrijednosti i promjera i duljine implantata (17). Zato smo analizirali samo implantate jednako promjera i duljine između ispitivane i kontrolne skupine kako bi se dobile usporedive ISQ-vrijednosti. Implantati koji su najčešće postavljeni bili su promjera 4,0 milimetra i duljine 11 milimetara.

Ersanli i suradnici istaknuli su da je ISQ-vrijednosti potrebno kalibrirati s obzirom na pojedini implantološki sustav jer je teško definirati općenite standardizirane raspone ISQ-vrijednosti uspješno integriranih implantata različitih sustava (14). Stoga se mjerenja dobivena u ovom istraživanju mogu primijeniti samo na implantate *Astra Tech OsseoSpeed*. Statistička analiza pokazala je da nema razlike u ukupnim ISQ-vrijednostima implantata postavljenih u lateralni dio gornje čeljusti augmentacijskim postupkom ili bez njega ($p=0,789$).

Discussion

RFA revealed no difference in implant stability with regard to grafting procedure or grafting material used. The mean values of stability of implants that were inserted in the posterior maxilla with or without augmentation procedure were 78.9 ± 6.3 and 78.7 ± 6.1 , respectively. According to the scientific literature, ISQ values above 70 indicate high implant stability and successful osseointegration of inserted implant. Adequate implant stability value is the main prerequisite for immediate and early loading protocol (15, 16).

Various clinical factors that could influence resonance frequency values were assessed in a study by Degidi et al. A statistically significant positive correlation was observed between ISQ values and implant diameter and length (17). For that reason, we only analyzed implants of the same diameter and length between test and control sites to obtain comparable ISQ values. Implants mostly used in the present study were 4.0 mm in diameter and 11 mm in length.

Ersanli et al. emphasized that ISQ level should also be calibrated for each implant system separately, since it is difficult to define a general standardized range of ISQ values for successful implant integration for various implant systems (14). Stability measurements obtained with the present study, consequently, can only be applied to Astra Tech OsseoSpeed implants. Statistical analysis of measurements revealed no difference in overall ISQ values of implants that were inserted in posterior maxilla with or without augmentation procedure ($p=0.789$). Similar results were found with Astra Tech TiOblast implants that were inserted in grafted

Rezultati se mogu usporediti s implantatima Astra Tech Ti-Oblast koji su postavljeni u augmentiranu i neaugmentiranu gornju čeljust, pri čemu se pokazala slična stabilnost u ranoj fazi oseointegracije (18).

Pregledom literature, kad je riječ o materijalima korištenima za podizanje dna sinusa, utvrđeno je da je inicijalna oseointegracija neovisna o primijenjenom biomaterijalu za augmentaciju (19). U našem istraživanju korištena su dva različita nadomjesna materijala (β -TCP i HA/ β -TCP) koja su se prije toga pokazala pouzdanima u podizanje dna sinusa. Suba i suradnici uspoređivali su histomorfometrijom učinak β -TCP-a i autogenoga koštanog materijala. Šest mjeseci nakon postavljanja materijala pokazalo se da je augmentirana kost u području sinusa čvrsta i prikladna za postavljanje implantata bez obzira na to je li korišten aloplastični ili autogeni materijal (20). Slično su uočili i Zijderveld i suradnici na temelju kliničkog i histološkog praćenja β -TCP-a i autogene kosti uzete s brade (21). Osim toga, HA i β -TCP zasebno su se uspoređivali tijekom augmentacijskih postupaka u području sinusa. Pokazalo se da je stvaranje nove kosti izraženije u HA-skupini s manje područja rezidualnih čestica materijala. Iako su oba materijala pokazala uspješnu osteokonduktivnost i biokompatibilnost za postupke podizanje dna sinusa, čini se da je HA učinkovitiji u osteokonduktivnosti u odnosu na β -TCP (22). Unatoč ovim razlikama, na naše ISQ-vrijednosti nije utjecao pojedini nadomjesni materijal s obzirom na to da nisu uočene značajne razlike u odnosu na ISQ-vrijednosti odgovarajućih implantata u neaugmentiranim područjima.

Razlike uočene u vrijeme postavljanja implantata mogu se vjerojatno očekivati u tijekom dugoročnog praćenja. Degidi i suradnici proučavali su razvoj ISQ-vrijednosti nakon šest i dvanaest mjeseci od postavljanja implantata u augmentirano i neaugmentirano područje sinusa. Na temelju ovih mjerenja utvrđeno je da mjesta tretirana podizanjem dna sinusa mogu pružiti dobru dugoročnu stabilnost (23). U sličnoj 12-mjesečnoj kliničkoj studiji nisu nađene statistički značajne razlike u ISQ-vrijednostima implantata postavljenih u augmentirana i neaugmentirana područja sinusa, ni nakon operacije ni nakon šest i dvanaest mjeseci (24).

Naši rezultati također upućuju na to da se implantati postavljeni u augmentirani sinus, neovisno o nadomjesnom materijalu, mogu protetski opskrbiti kao i implantati postavljeni u nativnu, neaugmentiranu gornju čeljust. U prethodnim istraživanjima zaključeno je da na prognozu implantata postavljenih u augmentirane sinuse i fiksnih nadomjestaka na istim implantatima ne utječu čimbenici kao što su nadomjesni materijal, vrsta nadomjestka, rezidualna visina kosti u vrijeme postavljanja implantata (25). Stoga se RFA-mjerenja mogu preporučiti, posebice ako se razmatra imedijatno ili rano opterećenje implantata.

Zaključak

Rezultati ovog istraživanja jasno su pokazali da je stabilnost promatranih implantata usporediva između implantata postavljenih u lateralni dio gornje čeljusti, neovisno o podizanju dna sinusa ili augmentacijskom postupku. Može-

and non-grafted maxillary bone, and demonstrated similar stability during the early phase of osseointegration (18).

A literature review on biomaterials in sinus augmentation procedures evidenced that initial osseointegration of dental implants seems to be independent of the biomaterial used in grafting procedure (19). In the present study, we used two different grafting materials (β -TCP and HA/ β -TCP) that were previously shown to be reliable substitutes for sinus augmentation. Suba et al. compared the effects of β -TCP and of autogenous bone graft using histomorphometry. The results showed that, 6 months after insertion of the grafts, the augmented sinus floor bone was strong and suitable for dental implant placement, regardless of whether alloplastic or autogenous graft had been applied (20). Similar findings were observed by Zijderveld et al. on the basis of the clinical and histologic formation ability of β -TCP and autogenous chin bone (21). Also, HA and β -TCP were separately compared when used for sinus augmentation procedures. It was demonstrated that a new bone formation was more pronounced in the HA group with less residual graft particle areas. Although both materials showed successful osteoconductivity and biocompatibility for the sinus floor elevation, HA appeared to be more efficient in osteoconduction when compared with β -TCP (22). Despite these differences, our ISQ values were shown not to be influenced by a particular grafting material, because no significance was observed in comparison to ISQ values of corresponding implants in non-augmented sites.

No difference that we observed at the time of implant placement can probably be expected in a long-term follow-up. Degidi et al. evaluated the evolution of ISQ values at 6 and 12 months from the implant insertion in sinus grafted and non-grafted sites. Using this method, it was found that sites treated with sinus lift can offer good long-term stability (23). In a similar 12-month clinical study, no statistically significant difference was found in ISQ values of implants placed in sinus-grafted and non-grafted sites after the surgery as well as at 6 and 12 months (24).

Our results also indicate that implants inserted in a grafted sinus, regardless of the substitute material, can be predictably loaded as the implants inserted in a pristine, non-grafted maxilla. Previous studies concluded that the prognosis of implants inserted in augmented sinuses and fixed restoration supported by these implants seemed not to be influenced by factors such as graft material, type of restoration, residual bone height and time of implant placement (25). RFA measurements are therefore highly recommended, especially if a clinician is considering immediate or early implant loading.

Conclusion

The results observed in this study clearly demonstrated that the examined implant stability is comparable among implants placed in the posterior maxilla regardless of sinus lift or grafting procedure. In conclusion, the implants placed

mo zaključiti da se implantati postavljeni u augmentirani sinus mogu predvidljivo protetski opskrbiti kao i implantati postavljeni u nativnu, neaugmentiranu gornju čeljust. RFA može poslužiti kao vrijedna klinička metoda za određivanje njihove stabilnosti.

Zahvala

Istraživanje je rađeno u sklopu projekta 065-0650444-0415 (*Sistemni aspekti u etiologiji parodontnih bolesti*, voditelj Darije Plančak) Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske.

Izjava

Autori negiraju bilo kakav sukob interesa.

in the grafted maxilla following sinus lift can be predictably loaded as the implants placed in a non-grafted, pristine maxilla. RFA can serve as a valuable clinical method for determining implant stability of the dental implant.

Acknowledgements

This paper was supported by the Ministry of Science, Education and Sport of the Republic of Croatia Grant No. 065-0650444-0415 (chief investigator Darije Plančak, project "Systemic aspects in the etiology of periodontal diseases").

Transparency declaration

The authors deny any conflicts of interest.

Abstract

Objective: The objective of this research was to evaluate implant stability following sinus lift with two grafting materials, and to compare it with the results obtained for the implants placed in a pristine posterior maxilla. **Materials and methods:** The study included 44 healthy patients with an existing indication for sinus lift procedure (test group). 46 implants were placed following sinus lift with a pure-phase beta-tricalcium phosphate, while 39 implants were placed following augmentation with 60% hydroxyapatite with 40% beta-tricalcium phosphate material. The control group consisted of 48 healthy patients who were treated with 85 implants but without bone augmentation in posterior maxilla. Astra Tech OsseoSpeed implants were placed in all subjects. Resonance frequency analysis was used in both groups for determining implant stability 4 months after insertion. A mean implant stability quotient (ISQ) was calculated on the basis of 3 measurements. **Results:** No statistical difference was observed in ISQ values of implants placed with and without augmentation procedure ($p=0,789$). Statistically significant difference was not found when ISQ values of implants placed following particular grafting material were compared with ISQ values of corresponding implants in a pristine bone ($p=0,697$ and $p=0,402$). **Conclusions:** This study demonstrated that the implant stability is comparable among implants placed in the posterior maxilla regardless of sinus lift and grafting procedure. Implants placed in the grafted posterior maxilla can be predictably loaded as the implants placed in a non-grafted, pristine maxilla.

Received: December 30, 2013
Accepted: March 1, 2014

Address for correspondence

Ivan Puhar, DMD, PhD
University of Zagreb
School of Dental Medicine
Department of Periodontology
Gundulićeva 5
HR-10000 Zagreb, Croatia
Tel: +38514899219
puhar@sfzg.hr

Key words

Dental Implants; Sinus Floor Augmentation; Resonance frequency analysis; Beta-tricalcium phosphate; Hydroxyapatites

References

1. Woo I, Le BT. Maxillary sinus floor elevation: review of anatomy and two techniques. *Implant Dent.* 2004;13(1):28-32.
2. Tatum H Jr. Maxillary and sinus implant reconstructions. *Dent Clin North Am.* 1986 Apr;30(2):207-29.
3. Stern A, Green J. Sinus lift procedures: an overview of current techniques. *Dent Clin North Am.* 2012 Jan;56(1):219-33.
4. Garofalo GS. Autogenous, allogenic and xenogenic grafts for maxillary sinus elevation: literature review, current status and prospects. *Minerva Stomatol.* 2007 Jul-Aug;56(7-8):373-92.
5. Zitzmann NU, Schärer P. Sinus elevation procedures in the resorbed posterior maxilla. Comparison of the crestal and lateral approaches. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral RadiolEndod.* 1998 Jan;85(1):8-17.
6. Summers RB. A new concept in maxillary implant surgery: the osteotome technique. *Compendium.* 1994 Feb;15(2):152-60.
7. Browaeys H, Bouvry P, De Bruyn H. A literature review on biomaterials in sinus augmentation procedures. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2007;9(3):166-77.
8. Handschel J, Simonowska M, Naujoks C, Depprich RA, Ommerborn MA, Meyer U, et al. A histomorphometric meta-analysis of sinus elevation with various grafting materials. *Head Face Med.* 2009 Jun11;5:12.
9. Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Systematic review of survival rates for implants placed in the grafted maxillary sinus. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2004 Dec;24(6):565-77.
10. Atsumi M, Park SH, Wang HL. Methods used to assess implant stability: current status. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2007 Sep-Oct;22(5):743-54.
11. Cehreli MC, Karasoy D, Akca K, Eckert SE. Meta-analysis of methods used to assess implant stability. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009 Nov-Dec;24(6):1015-32.
12. Huang HM, Pan LC, Lee SY, Chiu CL, Fan KH, Ho KN. Assessing the implant/bone interface by using natural frequency analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral RadiolEndod.* 2000 Sep;90(3):285-91.
13. Huang HM, Chiu CL, Yeh CY, Lin CT, Lin LH, Lee SY. Early detection of implant healing process using resonance frequency analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2003 Aug;14(4):437-43.
14. Ersanli S, Karabuda C, Beck F, Leblebicioğlu B. Resonance frequency analysis of one-stage dental implant stability during the osseointegration period. *J Periodontol.* 2005 Jul;76(7):1066-71.
15. Kokovic V, Jung R, Feloutzis A, Todorovic VS, Jurisic M, Hämmerle CH. Immediate vs. early loading of SLA implants in the posterior mandible: 5-year results of randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* 2014 Feb;25(2):e114-9.
16. Bornstein MM, Hart CN, Halbritter SA, Morton D, Buser D. Early loading of nonsubmerged titanium implants with a chemically modified sand-blasted and acid-etched surface: 6-month results of a prospective case series study in the posterior mandible focusing on peri-implant crestal bone changes and implant stability quotient (ISQ) values. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2009 Dec;11(4):338-47.
17. Degidi M, Daprile G, Piattelli A, Carinci F. Evaluation of factors influencing resonance frequency analysis values, at insertion surgery, of implants placed in sinus-augmented and nongrafted sites. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2007 Sep;9(3):144-9.
18. Rasmusson L, Thor A, Sennerby L. Stability evaluation of implants integrated in grafted and nongrafted maxillary bone: a clinical study from implant placement to abutment connection. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012 Mar;14(1):61-6.
19. Browaeys H, Bouvry P, De Bruyn H. A literature review on biomaterials in sinus augmentation procedures. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2007 Sep;9(3):166-77.

20. Suba Z, Takács D, Matusovits D, Barabás J, Fazekas A, Szabó G. Maxillary sinus floor grafting with beta-tricalcium phosphate in humans: density and microarchitecture of the newly formed bone. *Clin Oral Implants Res.* 2006 Feb;17(1):102-8.
21. Zijdeveld SA, Zerbo IR, van den Bergh JP, Schulten EA, ten Bruggenkate CM. Maxillary sinus floor augmentation using a beta-tricalcium phosphate (Cerasorb) alone compared to autogenous bone grafts. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2005 May-Jun;20(3):432-40.
22. Kurkcu M, Benlidayi ME, Cam B, Sertdemir Y. Anorganic bovine-derived hydroxyapatite vs β -tricalcium phosphate in sinus augmentation: a comparative histomorphometric study. *J Oral Implantol.* 2012 Sep;38 Spec No:519-26.
23. Degidi M, Daprile G, Piattelli A. RFA values of implants placed in sinus grafted and nongrafted sites after 6 and 12 months. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2009 Sep;11(3):178-82.
24. Di Lallo S, Ricci L, Orecchioni S, Piattelli A, Iezzi G, Perrotti V. Resonance Frequency Analysis Assessment of Implants Placed with a Simultaneous or a Delayed Approach in Grafted and Nongrafted Sinus Sites: A 12-Month Clinical Study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012 Sep 11. [Epub ahead of print]
25. Tuna T, Yorgidis M, Strub JR. Prognosis of implants and fixed restorations after lateral sinus elevation: a literature review. *J Oral Rehabil.* 2012 Mar;39(3):226-38.