

# Materijali i površine dentalnih implantata

---

Ereš, Martina

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Dental Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:127:215915>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported / Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerađivanja 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-10**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb School of Dental Medicine Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
STOMATOLOŠKI FAKULTET

Martina Ereš

**MATERIJALI I POVRŠINE  
DENTALNIH IMPLANTATA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2015.

Diplomski rad je ostvaren na Zavodu za mobilnu protetiku Stomatološkog fakulteta  
Sveučilišta u Zagrebu

Voditelj rada: doc.dr.sc. Nikša Dulčić, Zavod za mobilnu protetiku, Stomatološki  
fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Anamarija Lovaković

prof. hrvatskog jezika i književnosti

Dr.F. Tuđmana 38, Gromačnik, 35252 Sibinj

091/568 – 2968

Lektor engleskog jezika: Andreja Grško

dipl.uč.raz.nast. i engleskog jezika

M.A. Reljkovića 8, 35000 Slavonski Brod

092/286 – 6244

Diplomski rad sadrži:

- 38 stranica
- 1 tablicu
- 19 slika
- 1 CD

*Zahvaljujem svom mentoru doc.dr.sc. Nikši Dulčiću na pomoći, strpljenju  
i korisnim savjetima tijekom izrade ovog diplomskog rada.*

*Posebno zahvaljujem svojoj obitelji koja mi je tijekom studiranja  
pružila bezuvjetnu ljubav, razumijevanje i podršku.*

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. SVRHA RADA</b> .....	<b>4</b>
<b>3. MATERIJALI DENTALNIH IMPLANTATA</b> .....	<b>5</b>
3.1. METALI.....	9
3.1.1. TITAN.....	10
3.1.2. TANTAL.....	12
3.2. KERAMIKA .....	13
3.2.1. CIRKONIJ OKSIDNA KERAMIKA .....	14
<b>4. OBLICI DENTALNIH IMPLANTATA</b> .....	<b>15</b>
4.1. IGLIČASTI IMPLANTATI.....	18
4.2. PLOČASTI IMPLANTATI .....	18
4.3. IMPLANTATI U OBLIKU KORIJENA ZUBA .....	19
<b>5. POVRŠINE DENTALNIH IMPLANTATA</b> .....	<b>22</b>
5.1. ABLATIVNE TEHNIKE .....	23
5.1.1. PJESKARENJE .....	23
5.1.2. JETKANJE KISELINOM.....	23
5.1.3. ANODIZACIJA .....	24
5.1.4. KUGLIČARENJE.....	24
5.1.5. LASER .....	25
5.2. ADITIVNE TEHNIKE .....	25
5.2.1. RASPRŠIVANJE PLAZMOM.....	25
<b>6. RASPRAVA</b> .....	<b>27</b>

<b>7. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>29</b>
<b>8. SAŽETAK.....</b>	<b>30</b>
<b>9. SUMMARY .....</b>	<b>31</b>
<b>10. LITERATURA .....</b>	<b>32</b>
<b>11. ŽIVOTOPIS .....</b>	<b>38</b>

## 1. UVOD

Pokušaji da se zubi nadomjeste drugim zubima ili zubima građenim od drugih materijala stari su vjerojatno koliko i ljudski rod. Takvi se pokušaji pojavljuju i dokumentirani su arheološkim nalazima na onim mjestima u svijetu gdje su cvale civilizacije koje su ostavile prepoznatljive tragove o razvoju kulture suvremenog čovječanstva.

Srednja Amerika bila je mjesto gdje su cvale razvijene kulture brojnih plemena o kojima do dolaska Europljana sredinom XV. stoljeća nije bilo nikakvih podataka. Ta su se plemena koristila postupcima ukrašavanja zuba brušenjem, ugradnjom poludragog kamenja u obliku inleja ili ugradnjom inleja plemenitih kovina, osobito zlata. Među arheološkim nalazima Asteka, Zapoteka, Tolteka, Olmeka, Maja, Inka i drugih plemena koja su zauzimala golema prostranstva Srednje Amerike, osobito današnjeg Meksika i Južne Amerike sve do Urugvaja, postoje brojni primjeri takvog ukrašavanja zuba ugradnjom stranih materijala u zube, ali i podaci o transplantacijama zuba, transplantacijama s resekcijom zubnog korijena ili implantacijama poludragog kamenja na mjesto izvađena zuba.

Slični podaci mogu se naći i u opisima egipatskih mumija. Postoje autori koji spominju uporabu zlatnih folija za prekrivanje zuba, uporabu drvenih i koštanih nadomjestaka na karioznim ili izvađenim zubima. Ima, međutim, i autora koji navode sasvim suprotne tvrdnje. Oni smatraju da strani materijali u mumija nikada nisu primjenjivani za takvu namjenu.

Dosta se autora slaže s pretpostavkom da su te civilizacije ukrašavale tijela umrlih neposredno prije mumifikacije i pokapanja, nadomještajući im izvađene zube raznim materijalima kao što su ukrasni kamen, životinjska kost, kovine itd.

Ima, međutim, arheoloških nalaza koji potvrđuju pretpostavku ugradnje aloplastičnih implantata u alveole izvađenih zuba živim osobama.

Zanimljivo je da je nedavno u Francuskoj pronađena lubanja, stara oko 2.000 godina, s dentalnim implantatom od lijevana željeza. Ovo otkriće pokazuje da je dentalna implantologija jedna od najstarijih stomatoloških grana, a također da su i jednostavni materijali, kao što je u ovom slučaju obično željezo, katkada bili uspješno uporabljivani.

Wilson Popenoe i supruga pronašli su u Hondurasu dio donje čeljusti pripadnika civilizacije Maja iz godine 600. poslije Krista (Slika 1). U alveolama donjih triju sjekutića nalaze se replike zuba izrađene od školjaka. Rentgenska snimanja provedena u Sao Paulu u Brazilu dokazala su novo stvaranje kosti oko implantiranih zuba slično kao što se to nalazi oko lisnatih implantata.

Na temelju arheoloških podataka vidljivo je da ideje zamjene zuba drugim materijalima datiraju još iz vremena prvih razvijenih civilizacija. Te su ideje razvojem čovječanstva privremeno nestale i zamijenile su ih zamisli o zamjeni zuba autotransplantatima (zamjena zuba drugim zubom istog pojedinca), homotransplantatima (zamjena zuba zubom drugog pojedinca iste vrste) ili heterotransplantatima (zamjena zuba zubom izrađenim od koštanog ili zubnog tkiva životinjskog podrijetla).



Stanje se nije bitno mijenjalo sve do kraja XIX. i početka XX. stoljeća, kad se ponovno počinje razmišljati o uporabi anorganskih materijala za dentalnu implantaciju.

U početku su to bili kaučuk, zlato i porculan, a autori koji se spominju jesu Perry 1888., Snamensky 1891. i drugi. Zatim se počinju upotrebljavati metalne slitine ili za nadomjestak pojedinog zuba ili za retenciju fiksnih ili mobilnih protetičkih nadomjestaka kod djelomične ili potpune bezubosti, a bile su oblikovane u obliku šupljeg vijka, punog vijka, cilindrične mrežice, igle i slično. Autori koji se spominju bili su Greenfield 1909., Strock 1939., Formiggini 1947., Scialom 1962. i drugi. Razvoj implantata u obliku vijka nastavili su Tramonte 1965., Linkow 1966. i Heinrich 1971. Nešto prije Dahl 1943. i 1956. i još nekoliko autora izrađuju subperiostalne implantate, a Linkow i Chercheve 1970. prikazuju novi dizajn plosnatih implantata (1,2).



Slika 1. Nalaz donje čeljusti pripadnika civilizacije Maja iz godine 600. poslije Krista. Tri donja sjekutića nadomještena su umjetnim zubima izrađenima od školjaka. Preuzeto: (3)

školjaka. Preuzeto: (3)

## **2. SVRHA RADA**

Svrha ovog diplomskog rada je prikazati najčešće materijale, oblike i tehnike obrade površine dentalnih implantata te usporediti njihove prednosti i nedostatke jer predstavljaju važne čimbenike u postizanju uspješnosti implantološke terapije.

### 3. MATERIJALI DENTALNIH IMPLANTATA

S imunološkog stajališta materijali mogu biti:

- autologni (istog organizma),
- homologni (drugog organizma, pripadnika iste vrste),
- heterologni (pripadnika druge vrste),
- aloplastični (neživa tvar).

Materijali koji se rabe za izradbu implantata pripadaju skupini aloplastičnih, tj. neživih materijala, koji se unose u biološku sredinu. Takvi se materijali nazivaju biomaterijalima, čija je svrha, u optimalnim uvjetima, postizanje interaktivne veze sa živom okolinom.

Temeljni je zahtjev za sve biomaterijale, prema tome i za dentalne implantate, da budu neškodljivi lokalno i u čitavom organizmu. To znači da materijal primjerene biokompatibilnosti ne izaziva bilo koju neželjenu reakciju žive okoline.

Općenito, brojna su svojstva što ih dentalni implantati moraju posjedovati, a ubrajaju se u:

- biološka svojstva,
- mehanička svojstva,
- kemijska svojstva,
- ostala svojstva.

Spominjući biološka svojstva, valja istaknuti kako takvi materijali ne smiju biti toksični, karcinogeni, radioaktivni te uzrokovati upalne ili alergijske reakcije organizma. U kemijskome smislu moraju biti inertni, otporni na koroziju i netopljivi. Od mehaničkih svojstava moraju imati odgovarajuću čvrstoću kako bi pokazali

trajnost te elastičnost sličnu okolnoj kosti. Među ostalim svojstvima navode se ekonomična cijena, mogućnost sterilizacije i obradivost, zatim moraju biti prihvatljive estetske kakvoće, površine koja omogućuje dobru higijenu. Moraju biti rentgenski kontrastni, te praktični za kirurški i protetički dio primjene (1).

Temeljna istraživanja na životinjskome modelu, prije kliničke upotrebe implantata, sastoje se od:

- testiranja toksičnosti implantata,
- istraživanja biokompatibilnosti implantata,
- procjene uspješnosti oblika (dizajna) implantata.

Kriterije za procjenu vrijednosti materijala za izradu dentalnih implantata postavio je na osnovi niza pokusa 1986. European Society of Biomaterials i mjeri se stupnjem njegove biokompatibilnosti. Odlika je toga svojstva da u živu organizmu ne izaziva reakciju na strano tijelo, ne resorbira se, nije toksičan ni kancerogen.

Materijale koji se danas upotrebljavaju u dentalnoj implantologiji dijelimo s obzirom na reakcije koje izazivaju u koštanom metabolizmu te na vrstu tkivnoga cijeljenja po ugradnji na:

- biotolerantne,
- bioinertne,
- bioaktivne materijale.

Do takve se podjele došlo nakon niza pokusa in vitro i in vivo te mjerenjem raznih parametara koštanoga metabolizma.

Kod svakog ispitivanja bilo kojega materijala za ugradnju u kost uvijek se radi niz:

- biokemijskih pretraga (ionski kalcij, anorganski fosfati, aktivnost alkalne i kisele fosfataze, vrijednosti osteokalcina /BGP/),
- standardizirane radiološke pretrage,
- kvantitativne metode za određivanje koštane mase i gustoće na osnovi standardiziranih radioloških snimaka (radiogrametrija, denzitometrija, kompjutorizirana tomografija),
- biopsije kosti,
- histologija,
- statička i dinamička histomorfometrija.

Biotolerantni materijali većinom su kovine (nehrđajući čelik, krom- kobalt-molibden slitina, slitina plemenitih kovina) te plastične mase (polioksimetilen i polimetilmetakrilat). Bioreakcija na takve materijale je fibroosealna inkorporacija.

Kod bioinertnih materijala (titan, tantal, aluminijsko-oksida keramika) ugradnjom u kost ne oštećuje se regenerativnu sposobnost koštanoga tkiva te njegovo kasnije remodeliranje nema imunoloških odgovora pa se implantati mogu inkorporirati neposrednom koštanom vezom. Na takvoj neposrednoj koštanoj vezi, dokazivoj elektronskim mikroskopom, temelji se Brånemarkova koncepcija osteointegracije.

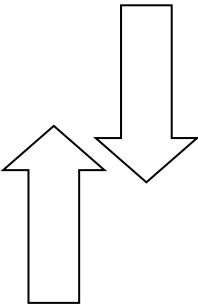
Bioaktivni materijali (staklena keramika, kalcijfosfatna keramika) nakon ugradnje u koštano tkivo pobuđuju osteogenezu. Međutim, osnovni je problem tih materijala njihova resorbilnost, odnosno prodor osteogeneze s površine materijala u

dubinu te inkorporiranje materijala u koštano tkivo domaćina i podložnost tih materijala remodeliranju.

Istraživanja na životinjskome modelu pokazala su da su za uporabu u dentalnoj implantologiji najprihvatljiviji bioinertni materijali. Zato su u današnjoj komercijalnoj upotrebi najčešći implantati od nekog bioinertnoga materijala, presvučeni eventualno slojem nekog bioaktivnoga materijala (4).

Obratna je gradacija kakvoće u mehaničkome smislu: najbolje su slitine Co-Cr-Mo i čelik, a najslabija keramika (Tablica 1). Stoga su titan i njegove slitine, u oba slučaja u središnjoj poziciji, prihvatljivi u smislu mehaničke kakvoće i biokompatibilnosti te se i najčešće primjenjuju (1).

Tablica 1. Biološka i mehanička kakvoća materijala. Preuzeto: (1)

SVOJSTVA	KAKVOĆA
<b>BIOREAKTIVNI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• HA-keramika</li> <li>• TkF-keramika</li> <li>• staklo-keramika</li> </ul>	mehanička 
<b>BIOINERTNI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-keramika</li> <li>• titan</li> <li>• tantal</li> </ul>	
<b>BIOTOLERANTNI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Co-Cr-Mo</li> <li>• čelik</li> </ul>	

### 3.1. METALI

Postoje tri glavna tipa legura za implantate:

- legure kobalt-krom-molibdena
- nehrđajući čelik
- titan.

Legure kobalt-krom-molibdena i nehrđajući čelik mogu se upotrebljavati za izradu individualnih implantata, endodonskih ili subperiostalnih, dok se titanove legure koriste za izradu tvorničkih standardiziranih endoosealnih implantata.

Legure kobalt-krom-molibdena sastavljene su od približno 62% kobalta, 28% kroma i 6% molibdena. Koriste se prvenstveno za izradu implantata postupkom lijevanja. Otpornost na koroziju ovih legura u biološkoj sredini mnogo je bolja nego kod nehrđajućeg čelika

Nehrđajući čelik sadržava 18% kroma i 8-12% nikla. To je tzv. 18/8 nehrđajući čelik. Implantati se izrađuju postupkom lijevanja ili štancanja. Glavne prednosti nehrđajućeg čelika su u tome što ga ima u dovoljnim količinama. Troškovi izradbe implantata su niski jer ne zahtijeva složene postupke oblikovanja u različite oblike. Hladno obrađeni ima izvanredne karakteristike, pogotovo što se tiče zamora materijala. Glavni nedostatak mu je slaba otpornost na rubnu koroziju.

Titan koji se upotrebljava za izradu implantata u stvari je legura titana koja ima znatno bolje mehaničke osobine od čistog titana (5).

### 3.1.1. TITAN

Titan je kovina srebrnobijele boje otkrivena 1791. godine. Po rasprostranjenosti je četvrti strukturni element u Zemljinoj kori, iza aluminija, željeza i magnezija. Dobiva se iz rutila, koji je uz anatas i brukit najrasprostranjeniji i najstabilniji oksid titana. Danas se, međutim, najčešće dobiva metalurškim postupkom toplinskoga raspadanja titan-tetraiodida.

Visoka biokompatibilnost, otpornost na koroziju budući da je stajanjem na zraku sklon stvaranju oksidnog zaštitnog sloja, niska toplinska vodljivost, tvrdoća, velika rastezljivost, otpornost na deformacije, mala gustoća i mala specifična težina, neutralan okus, dobra rendgenska vidljivost i prihvatljiva cijena ubrajaju se u dobre osobine titana (6,7).

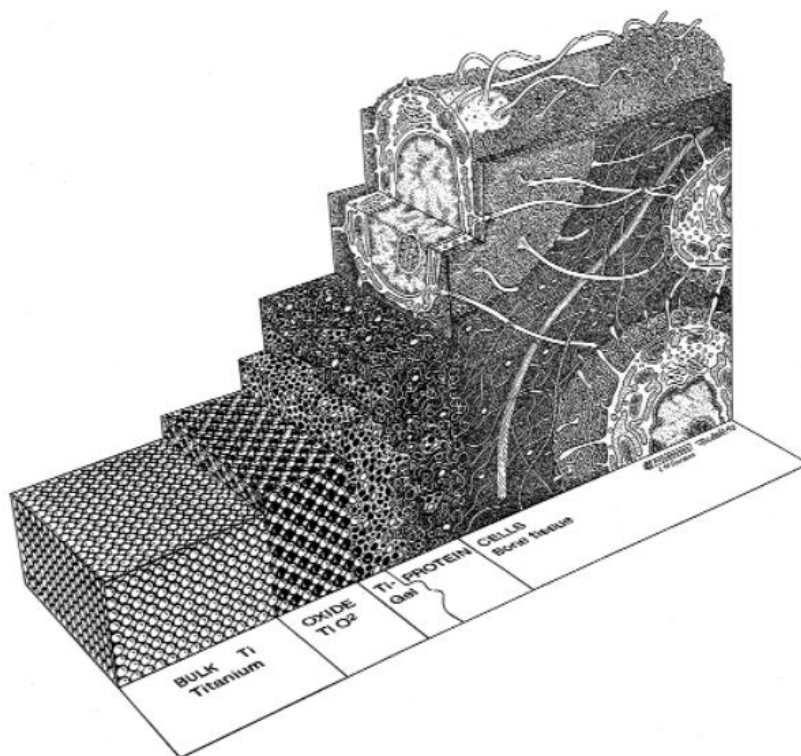
Prva generacija klinički uspješnih strojno izrađenih titanskih implantata korištena je prije pedeset godina nakon što je švedski znanstvenik Brånemark dokazao da titan oseintegrira. Budući da je biokompatibilnost titana bila već otprije poznata iz njegove uporabe u ortopedskoj kirurgiji, a dobra mehanička svojstva iz uporabe u zrakoplovnoj industriji, ranih se 1970-ih godina dogodio nagli razvoj dentalne implantologije te je titan ubrzo postao zlatni standard za izradu dentalnih implantata (4,6,8,9).

Titan se može upotrebljavati kao čista kovina i u slitini s drugim kovinama. Slitiniranjem se poboljšavaju mehanička svojstva titana, kao što su tvrdoća, rastezljivost i elastičnost. U implantologiji se najčešće rabe slitine titana s aluminijem i vanadijem (Ti-6Al-4V). Međutim, vrijednost njihovih modula elastičnosti ipak je značajno viša od vrijednosti modula elastičnosti ljudske kosti.



Osim toga, istraživanja su pokazala da je vanadij izuzetno toksičan pa se iz tog razloga intenzivno radi na razvoju novih legura koje sadrže elemente koji ne bi bili toksični za ljudski organizam. (6,10).

Titan i njegove slitine mehanički su vrlo prihvatljivi materijali, ali posve inertni prema biološkoj sredini. Ipak, zahvaljujući sposobnosti vrlo brze oksidacije ovih materijala, podjednako dobro u suhoj i vlažnoj okolini, stvaraju se uvjeti za oseintegraciju (Slika 2). Mehanizam oseintegracije temelji se na vezivanju nekoliko vrsta titan-oksida s proteinima i kolagenom biološke sredine (1).



Slika 2. Oseintegracija titana. Preuzeto: (11)

Loša su svojstva titana: visoko talište, što zahtijeva posebnu tehnologiju obradbe, niski modul elastičnosti, kemijska reaktivnost taline s kisikom, vodikom i

dušikom te srebrnobijela boja koja daje neestetski izgled. U nekim slučajevima zbog gubitka marginalne kosti i recesije mekih tkiva može doći do otkrivanja metalnog dijela implantata (6,12).

### 3.1.2. TANTAL

„Trabekularni metal“ je biomaterijal čija je struktura najsličnija strukturi spongiozne (trabekularne) kosti. Celularna struktura trabekularnog metala približava se fizičkim i mehaničkim osobinama kosti više nego bilo koji drugi sintetički materijal. Jedinstvena, visokoporozna, trabekularna konfiguracija osigurava brzu i izdašnu infiltraciju koštanog tkiva. Osim što posjeduje izvrsnu biokompatibilnost, odlikuje ga i velika otpornost na koroziju (10).

Porozni tantal koristi se za poboljšanje kontakta između koštanih struktura i dentalnih implantata kako bi se postigla veća stabilnost. Utvrđeno je da ima osteokonduktivna, a možda i osteoinduktivna svojstva koja su posebno korisna u zahtjevnim slučajevima s težim oštećenjima kosti.

Tantal je biološki relativno inertan materijal s ograničenim kapacitetom svezivanja za kost zbog čega mora proći toplinsku obradu u alkalnom okruženju. Ovaj proces dovodi do opsežnog stvaranja hidroksilapatita na njegovoj površini, a time i do bolje integracije implantata. Novo koštano tkivo koje nastaje unutar pora poroznog tantala nakon njegove implantacije ne razlikuje se od normalne kosti (13,14).

### 3.2. KERAMIKA

Keramički materijali obuhvaćaju veliku grupu materijala sličnih osobina, ali različite strukture. Općenito govoreći, keramički materijali se sastoje od složenih kombinacija metalnih i nemetalnih elemenata. Njihova struktura sadrži ionske veze i može imati dugu ili kratku kristalnu strukturu. Keramički su materijali tvrdi i krhki.

Ovi materijali mogu biti čisti kristalni oksidi, kao što je aluminij-oksidi, ili mješavine oksida, kao što su staklo ili porculan. Usprkos lošim mehaničkim osobinama i poteškoćama koje se javljaju kada treba proizvesti složene oblike, keramički materijali imaju velike mogućnosti kao implantacijski materijali zbog njihove glatke površine i zbog povoljne reakcije tkiva. Koriste se za izradu endoosealnih implantata.

Pažljivo kontroliranom karbonizacijom mogu se proizvesti ugljikova vlakna slična staklu. Biougljik ima veliku tvrdoću i otpornost na koroziju. Glavni nedostatak ovog materijala njegova je krtoća. Teško ga je modelirati u željeni oblik nakon same proizvodnje. Koristi se kao tzv. monokristal za izradu transdentalnih implantata (5).

U smislu biokompatibilnosti i oseointegracije keramički su implantati najprihvatljiviji. Kalcijevi i fosfatni spojevi sastavni su dio keramičkih implantata, ostvaruju izmjenu iona s okolnom kosti u oba smjera, što je temelj za kvalitetni mehanizam oseointegracije. Nažalost, zbog mehaničke inferiornosti, keramički i srodni materijali nisu u široj uporabi, ali se zbog svoje biološke vrijednosti nanose na površinu nekih metalnih implantata (1).

### 3.2.1. CIRKONIJ OKSIDNA KERAMIKA

U posljednjih nekoliko desetljeća materijal izbora u dentalnoj implantologiji bio je titan zbog svojih odličnih mehaničkih svojstava i biokompatibilnosti, no njegova sivkasta boja ponekad može dovesti do estetskih problema.

Današnja istraživanja usmjerena su na otkrivanje materijala koji su jednako biokompatibilni i sposobni izdržati jake sile prisutne u usnoj šupljini, a u isto vrijeme poboljšavaju estetski izgled dentalnih implantata.

Keramika bazirana na cirkoniju noviji je materijal koji bi mogao dobrim dijelom zamijeniti uporabu titana. Velika je prednost njegova boja slonovače slična boji prirodnih zuba. Karakterizira ga visoka čvrstoća i žilavost, otpornost na trošenje i savijanje te se može koristiti u situacijama u kojima postoji veliko opterećenje. Otporan je na koroziju, ima dobru biokompatibilnost i nisko prijanjanje plaka na površinu, što je važno za zdravlje periimplantatnih tkiva.

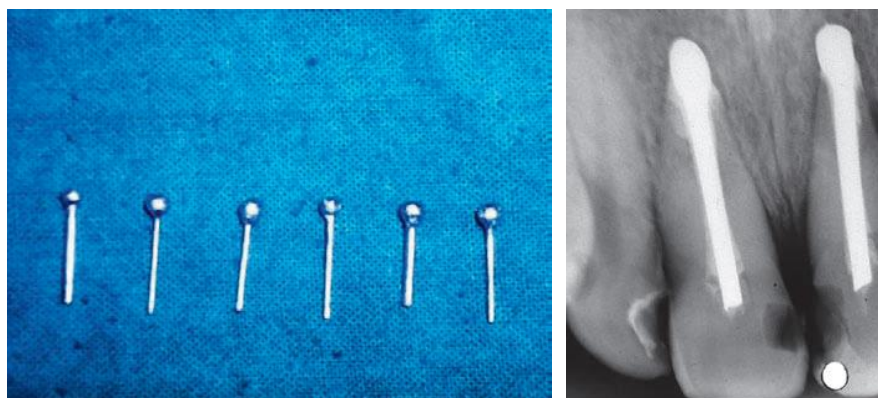
Izaziva biološke reakcije koje su slične onima koje inducira titan. U istraživanjima u kojima su se za kontrolu koristili titanski implantati, itrijem stabilizirani tetragonalni cirkonijevi implantati pokazali su čak i bolja svojstva, međutim potrebno je provesti više dugoročnih kliničkih ispitivanja (12,15,16,17).

#### 4. OBLICI DENTALNIH IMPLANTATA

Tijekom razvoja dentalne implantologije razvijale su se i nove vrste dentalnih implantata, no samo određeni oblici se koriste još i danas. Prema načinu sidrenja dentalne implantate možemo podijeliti na:

- unutarnje i transdentalne,
- subperiostalne,
- transosealne,
- endoosealne (1,18).

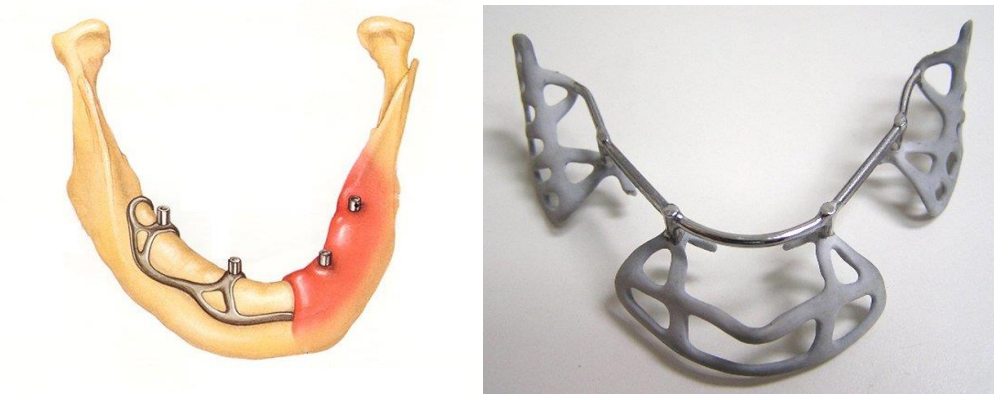
Unutarnji su implantati (Slike 3 i 4) vironski kolčići s kuglastim završetkom na kraju, koji su se ugrađivali u korijen zuba s apikalne strane. Osnovna je ideja bila produžiti uzdužnu os zuba nakon resekcije više od apikalne trećine korijena kod radikularnih cista čeljusti ili pak produžiti vijek replantiranih ili transplantiranih zuba kod kojih se kao komplikacija očekivala lakunarna resorpcija korijena pa je unutarnji implantat trebao preuzeti funkciju korijena. Osim spomenutih indikacija unutarnji implantati primjenjivani su i kod fraktura korjenova (1).



Slike 3 i 4. Unutarnji implantati po Mišeu. Preuzeto: (19)

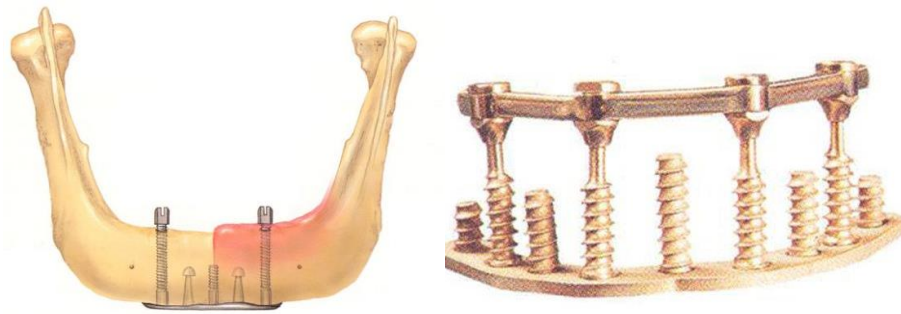
Transdentalni implantati primjenjivali su se u slučajevima proširenih indikacija za apikotomiju, parodontopatija, fraktura korjenova zuba te rjeđe kod replantacija i transplantacija zuba. Najčešće su se upotrebljavali lijevani kolčići od krom-kobaltne slitine izrađeni u laboratoriju ili tvornički kolčići. Postupak je bio lakši zbog ortogradnog pristupa (1).

Subperiostalni implantati (Slike 5 i 6) poput mrežice leže na kosti ispod periosta. Ova vrsta implantata uvedena još 1940-ih godina ima najdužu povijest uporabe u implantologiji. Najbolji rezultati postižu se kod potpune bezubosti kada zbog resorpcije kosti nema dovoljno mjesta za ugradnju endosealnih implantata i pacijent ne može nositi konvencionalnu protezu. Cijena im je visoka jer se izrađuju individualno za svakog pacijenta na temelju otiska čeljusti (1,18,20).



Slike 5 i 6. Subperiostalni implantati. Preuzeto: (17)

Transosealni implantati (Slike 7 i 8) prodiru kroz cijelu kost. Mogu se koristiti samo u donjoj čeljusti, a razvijeni su za pacijente sa snažnom resorpcijom grebena. Ova vrsta implantata rijetko se danas koristi zbog kirurškog postupka koji zahtijeva opću anesteziju i hospitalizaciju (18,20).



Slike 7 i 8. Transosealni implantati. Preuzeto: (18)

Endosealni implantati (Slike 9 i 10) se izravno kirurški ugrađuju u kost kako bi zamijenili korijen jednog ili više zuba koji nedostaju. To je vrsta implantata koja se danas najčešće upotrebljava, a dolaze u različitim oblicima :

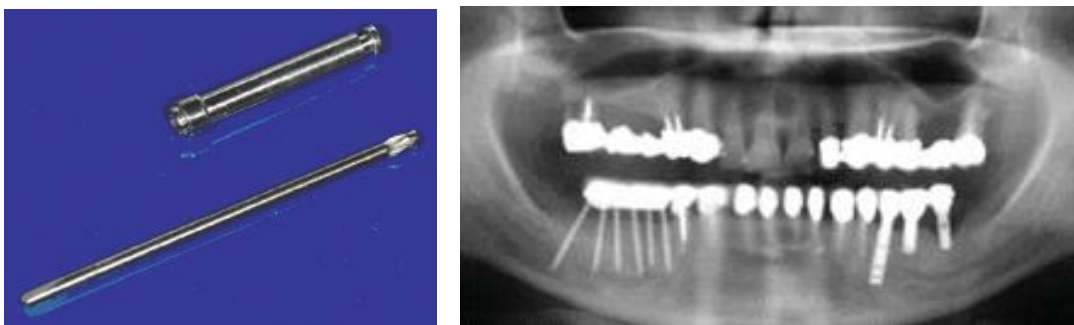
- igličasti,
- pločasti,
- implantati u obliku korijena zuba (20).



Slike 9 i 10. Endosealni implantati. Preuzeto: (18)

#### 4.1. IGLIČASTI IMPLANTATI

Igličasti implantati (Slike 11 i 12) izgledaju poput igle. Dizajnirao ih je i predstavio u ranim 1960-im godinama francuski stomatolog Scialom. Uglavnom su se koristili u slučajevima kad je preostala kost smanjene gustoće i stabilnost implantata se postiže kortikalnim sidrenjem (21).

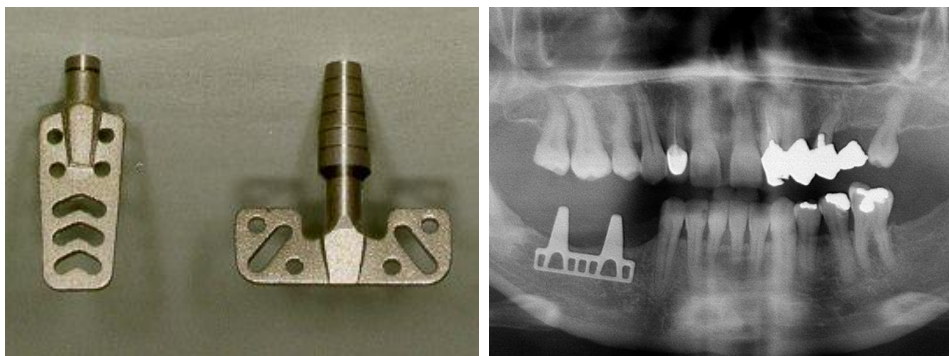


Slike 11 i 12. Igličasti implantati. Preuzeto: (21)

#### 4.2. PLOČASTI IMPLANTATI

Pločasti implantati (Slike 13 i 14) svojim izgledom podsjećaju na oštricu sjekire. Upotrebljavaju se kad je preostali koštani greben preuzak za ugrađivanje implantata oblika korijena i nije moguća augmentacija kosti (20).





Slike 13 i 14. Pločasti implantati. Preuzeto: (18,22)

#### 4.3. IMPLANTATI U OBLIKU KORIJENA ZUBA

Implantati u obliku korijena zuba (Slike 15 i 16) smatraju se standardom u dentalnoj implantologiji. To su najpopularniji i najčešće korišteni implantati diljem svijeta. Indicirani su u slučaju da pacijentu nedostaje jedan ili više zuba ako je prisutan dovoljan volumen kosti, a proizvode se u različitim oblicima i veličinama (18).

Stabilnost dentalnih implantata postiže se izravnim kontaktom između koštanog tkiva i površine implantata, a što je veća primarna stabilnost, to raste i postotak uspješnosti implantološke terapije. Upravo je dizajn, uz svojstva materijala, jedan od najvažnijih čimbenika za postizanje dobre primarne stabilnosti.

Dva su osnovna aspekta dizajna: makrostruktura, karakterizirana oblikom vrata, tijela i apeksa implantata, brojem i nagibom navoja, te mikrostruktura, karakterizirana obradom površine (23,24,25).

Prema obliku tijela implantata razlikujemo:

- cilindrične (s navojima ili bez navoja),
- konične (s navojima ili bez navoja).



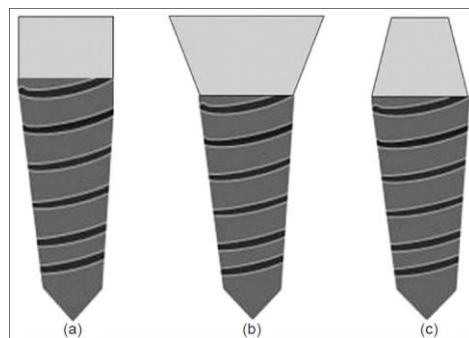
Slike 15 i 16. Cilindrični implantat bez navoja i konični implantat s navojima. Preuzeto: (26,27)

Navojima se postiže povećanje kontaktne površine, kao i dobra mehanička veza s koštanim tkivom (*macro-interlocking*). Pokazalo se da navoji u obliku slova V i širi četvrtasti navoji stvaraju manje stresa i bolje prenose sile u usporedbi s tankim navojima i navojima koji se sužavaju na vrhu.

Danas se u oko 70% slučajeva koriste cilindrični oblici implantata s navojima. No, u situacijama gdje je teže dobiti primarnu stabilnost s cilindričnim oblikom, kao što su slaba koštana mineralizacija, velika konvergentnost susjednih korijena te odmah nakon ekstrakcije zuba, koriste se anatomske implantate koničnog oblika (1,25,28,29).

Vrat implantata (Slika 17) predstavlja područje na kojem je prisutna najveća koncentracija naprezanja. On ima:

- paralelne zidove,
- divergentne zidove,
- konvergentne zidove (25,30).



Slika 17. Oblici vratnog dijela dentalnog implantata. Preuzeto: (30)

Prema izgledu vrha dentalnog implantata (Slika 18), bez obzira na postojanje perforacije razlikujemo:

- ravni,
- zaobljeni,
- V-oblik vrha (31).



Slika 18. Oblici apikalnog dijela dentalnog implantata. Preuzeto: (32)

## 5. POVRŠINE DENTALNIH IMPLANTATA

Površina dentalnih implantata može biti glatka (*as machined*) ili hrapava. Hrapavost se ostvaruje površinskom obradom: pjeskarenjem i jetkanjem, laserskom obradom ili nanošenjem sloja nekog materijala. Hrapavošću se površina implantata poveća oko 6 do 10 puta, ubrzava se proces oseintegracije, a ostvaruje se i dodatna mehanička veza s okolinom (*micro-interlocking*).

Današnji je trend uporabljivati implantate s hrapavom površinom, bez nanošenja sloja drugog materijala. Naime, često se pokazalo da zbog deformacije metalnih implantata pri djelovanju žvačnih sila dolazi do lomljenja i dislokacije fragmenata površinski nanesenog materijala s implantata. Time mogu nastati uvjeti za iritaciju okolnoga tkiva, ulazak mikroorganizama, periimplantitis, s mogućom posljedicom gubitka implantata.

Potpuno metalni implantati hrapave površine (bez površinskoga sloja drugog materijala) imaju slabu stranu zato što su nešto lomljiviji u usporedbi s metalnim implantatima glatke površine (1).

Tehnike modificiranja površine implantata mogu se podijeliti na aditivne i ablativne tehnike (1,16).

## 5.1. ABLATIVNE TEHNIKE

Ablativne tehnike uklanjaju materijal s površine implantata stvarajući pore. To su tehnike hrapavljenja pjeskarenjem, jetkanjem, anodizacijom, kugličarenjem i laserom, a sve imaju za cilj povećanje površine implantata i poboljšanje oseointegracije (33,34).

### 5.1.1. PJESKARENJE

Pjeskarenje je postupak kojim se dobije hrapava površina dentalnog implantata sudaranjem s mikroskopskim česticama koje se nanose velikom brzinom pomoću komprimiranog zraka. Može se dobiti različita površinska hrapavost, a karakteristike površine dobivene pjeskarenjem ovise o vrsti čestica, tvrdoći, veličini i brzini sudara.

Postupak se obično provodi česticama aluminijevog ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ili titanovog oksida ( $\text{TiO}_2$ ) veličine oko 25 nm. Međutim, one mogu kontaminirati površinu implantata i ostati trajno ugrađene čime mogu ugroziti oseointegraciju (33,35).

### 5.1.2. JETKANJE KISELINOM

Jetkanjem kiselinom površina implantata promijeni se subtraktivnim putem, tj. oduzimanjem površinskih čestica titan postaje hrapav. Površina se povećava bez onečišćenja čistog titana mikročesticama. Zajednička primjena klorovodične i sumporne kiseline najpouzdanija je dosada istražena metoda jetkanja koja osigurava

ravnomjerno hrapavu površinu s porama od 0,3-1,5 mikrometara širine i 1-2 mikrometra dubine. Ova struktura odgovara ponašanju koštanog matriksa (34).

Kod najnovijih generacija implantata nahrapavljenih pjeskarenjem i jetkanjem posebnim postupkom, omogućuje se brža oseintegracija. To znači da je vrijeme čekanja između kirurškog i protetičkog zahvata znatno kraće, i to gotovo dvostruko (1).

### 5.1.3. ANODIZACIJA

Anodna oksidacija jedna je od najčešće korištenih tehnika za stvaranje nanostruktura s promjerom manjim od 100 nm na titanskim implantatima. Titan kao anoda i platinska plahta kao katoda povezani su bakrenim žicama i uronjeni u elektrolit. Rezultat anodizacije je zadebljanje oksidnog sloja. Kada se jake kiseline koriste u elektrolitskoj otopini, sloj oksida se rastapa i oblikuje nanoporoznu površinu titana koja pozitivno utječe na koštani odgovor (36).

### 5.1.4. KUGLIČARENJE

Kugličarenje je tehnika slična pjeskarenju. To je proces bombardiranja površine implantata malim sferičnim medijem. Svaki djeluje kao maleni čekić ostavljajući udubine, ali se snaga, intenzitet i smjer hrapavljenja mogu kontrolirati (33).

#### 5.1.5. LASER

Uporaba lasera tehnika je kod koje nema izravnog kontakta, medija ni kontaminacije. Laserska zraka širine 3 do 5 mm visokog intenziteta pulseva ( $5-15\text{W}/\text{cm}^2$ ) u trajanju od 10 do 30 ns uzrokuje nastajanje pravilnog saćastog uzorka s mikroporama (33).

### 5.2. ADITIVNE TEHNIKE

Postoje različite aditivne tehnike kojima se dobiva porozna površina titana i titanijevih legura dodavanjem čestica (33).

#### 5.2.1. RASPRŠIVANJE PLAZMOM

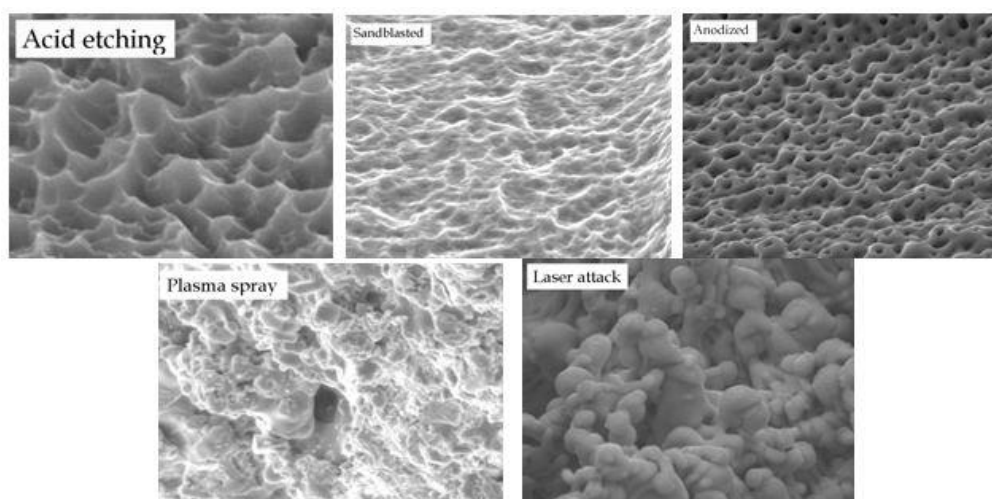
Plazma za obradu površine implantata proizvodi se u uređaju poznatom kao plazma baklja ili jednostavno plazma pištolj. On pretvara električnu energiju u toplinsku energiju plina (argon, vodik ili helij) zbog čega dolazi do njegove ionizacije. Prah titanovih čestica ubrizgava se u plamen plazme, gdje se zagrijava ( $15.000-20.000^\circ\text{C}$ ) i ubrzava do te mjere da se može raspršiti s udaljenosti od 25 do 200 mm. Zagrijane čestice velikom brzinom (3.000 m/s) udaraju o hladnu površinu implantata i hlade se formirajući prevlaku debljine od oko 30 mikrometara. Rezultat je značajno povećanje površine te se preporučuje za područja s niskom gustoćom kosti. Tijekom ovog postupka materijal od kojeg je izrađen implantat ne zagrijava se

čime se izbjegavaju njegove bilo kakve strukturne promjene, koje bi utjecale na promjenu mehaničkih svojstava (1,37,38,39).

Često se za raspršivanje koriste i čestice hidroksilapatita koji svojim sastavom i strukturom omogućava specifičan biološki odgovor organizma na međupovršini materijala implantata i same kosti. Hidroksilapatit zbog svoje biokompatibilnosti, bioaktivnosti koja uzrokuje brže cijeljenje i bolju mehaničku fiksaciju, omogućava manje habanje i veću trajnost implantata.

Mikrostrukturne karakteristike ovise o uvjetima nanošenja prevlake na supstrat, a mogu se poboljšati dodavanjem vezivnog međusloja koji će utjecati na strukturu i smanjiti količinu amorfne faze na granici metal-hidroksilapatit (38).

Bez obzira na kliničku uspješnost postoje i nedostaci plazma raspršivanja, kao što su varijacije u sastavu i debljini nanesenog sloja i nemogućnost dugotrajnog prijanjanja na površinu materijala koji mogu predstavljati opasnost za zdravlje i utjecati na stabilnost implantata (40).



Slika 19. Površina titanskog implantata nakon jetkanja kiselinom, pjeskarenja, anodizacije, raspršivanja plazmom i lasera. Preuzeto: (41)



## 6. RASPRAVA

Dentalni implantati dostupni su u različitim oblicima napravljeni od različitih materijala s različitim površinskim svojstvima. Od svih karakteristika doktori dentalne medicine željeli bi izabrati one koji će osigurati brzu vezu između dentalnog implantata i okolnog tkiva s mogućnošću dobrog održavanja te veze (42).

Znanstvena istraživanja su uglavnom suglasna da titanske legure imaju optimalna mehanička svojstva i biokompatibilnost potrebnu za pouzdanost uporabe dentalnih implantata. Ipak, njihov je najveći nedostatak srebrnobijela boja koja u nekim slučajevima zbog gubitka marginalne kosti i recesije mekih tkiva može uzrokovati neestetski izgled. Noviji materijal koji bi zbog boje slične prirodnim zubima mogao dobrim dijelom zamijeniti uporabu titana keramika je bazirana na cirkoniju. Osim što ima biokompatibilnost jednaku titanu, posjeduje i visoku čvrstoću i žilavost te se može koristiti u situacijama u kojima postoji veliko opterećenje (12).

Stabilnost dentalnih implantata postiže se izravnim kontaktom između koštanog tkiva i površine implantata, a što je veća primarna stabilnost, to raste i postotak uspješnosti implantološke terapije. Povećanje kontaktne površine kao i bolja mehanička veza s koštanim tkivom postiže se povećanjem broja navoja i hrapavljenjem površine implantata (23,24,25).

Hrapave površine implantata poboljšavaju adheziju stanica, ali istodobno povećavaju rizik od upale sluznice odnosno periimplantitisa. Nasuprot tome, dugoročna iskustva s glatkim titanskim implantatima ne pokazuju nikakva oštećenja periimplantatne sluznice, a dobra im je strana i što su manje lomljivi u usporedbi s

potpuno metalnim implantatima hrapave površine.

Današnji je trend uporabljivati implantate s hrapavom površinom, bez nanošenja sloja drugog materijala. Naime, često se pokazalo da zbog deformacije metalnih implantata pri djelovanju žvačnih sila dolazi do lomljenja i dislokacije fragmenata površinski nanesenog materijala s implantata. Time mogu nastati uvjeti za iritaciju okolnoga tkiva, ulazak mikroorganizama, periimplantitis, s mogućom posljedicom gubitka implantata (1,34).

## **7. ZAKLJUČAK**

Materijal, oblik i način obrade površine imaju veliki utjecaj na stabilnost i trajnost dentalnih implantata.

Budući da se suvremena dentalna implantologija temelji na načelu izravnog i strukturnog povezivanja između žive kosti i površine dentalnog implantata, važno je da su oni biokompatibilni, tj. da ne izazivaju neželjene reakcije organizma. Kako bi uspješno podnijeli opterećenje u funkciji moraju posjedovati dobra mehanička svojstva poput čvrstoće i modula elastičnosti sličnog okolnoj kosti.

Zbog često niskog volumena kosti, koji je posljedica uznapredovale resorpcije, provode se brojna istraživanja i modifikacije implantata. Oni su uglavnom usmjereni na oblik i na površinu koja se na razne načine pokušava povećati kako bi se postigla brža i kvalitetnija oseointegracija.

Danas se najviše preporučuju i upotrebljavaju implantati izrađeni od titana ili njegovih slitina, cilindričnog oblika s navojem, hrapave površine bez dodatnog površinskog sloja od drugog materijala.

## 8. SAŽETAK

Pokušaji da se zubi nadomjeste drugim zubima ili zubima građenim od drugih materijala stari su vjerojatno koliko i ljudski rod.

Koristili su se različiti materijali od školjki, ukrasnog kamenja, životinjskih kosti do kaučuka, zlata i porculana. Nakon što je Brånemark 1960-ih otkrio pojam oseintegracije, razvija se suvremena dentalna implantologija u kojoj se do danas zadržao titan kao najpovoljniji materijal za dentalne implantate. Osim što ima izvrsna mehanička svojstva, potpuno je biokompatibilan. Jedini nedostatak predstavlja njegova sivkasta boja zbog čega se u prednjem dijelu čeljusti sve više upotrebljavaju materijali u boji prirodnih zuba poput keramike.

Tijekom razvoja dentalne implantologije razvijale su se i različite vrste i oblici dentalnih implantata, no samo određeni su prisutni još i danas. Obično se koriste implantati oblika korijena zuba. Oni mogu imati navoje koji povećavaju mehaničku stabilnost u kosti, a hrapavljenjem površine različitim tehnikama poput pjeskarenja, jetkanja ili nanošenjem sloja materijala, nastoji im se poboljšati i ubrzati proces oseintegracije.

## **9. SUMMARY**

### **MATERIALS AND SURFACES OF DENTAL IMPLANTS**

Attempts to replace existing teeth with the new ones or with teeth made of other materials are as old as human race.

Various materials were used, such as seashell, precious stones, animal bones, rubber, gold and porcelain. Following the discovery of “osseointegration” by Brånemark in 1960s, modern implantology was founded based on titanium as the most suitable substance for dental implantation. In addition to its superior mechanical characteristics it is absolutely biocompatible. The only drawback is its greyish colour, which has resulted in usage of ceramics for the front jaw, resembling natural white colour of natural teeth.

Throughout the history of dental implantology development, various shapes and types of dental implants were in use, but only a few are presented in today's practise. The most common use of the implant is the shape of the root of the tooth. They can have screws which enhance mechanical stability in the bone; the roughness of its surface can be achieved by applying various substances by number of different techniques such as sandblasting and etching in order to speed up the processes of osseointegration.

## 10. LITERATURA

1. Knežević G i sur. Osnove dentalne implantologije. Zagreb: Školska knjiga; 2002. pp. 9-25.
2. Dental Implants [homepage on the Internet]. New York: Dental Implants.com [cited 2015 Aug 5]. History of dental implants. Available from: <https://dentalimplants.com/history-of-dental-implants.php>
3. Twin Cities Dental Implants [homepage on the Internet]. Hopkins: Twin Cities Dental Center; c2014 [cited 2015 Aug 5]. History and types of Dental Implants. Available from: <http://www.implantmn.com/about-dental-implants/history-and-types-of-dental-implants/>
4. Švajhler T, Filipović-Zore I, Kobler P, Macan D. Uporaba eksperimentalnih životinja u ispitivanju dentalnih implantata. Acta Stomatol Croat. 1997;31(3):213-220.
5. Jerolimov V i sur. Osnove stomatoloških materijala. [monograph on the Internet]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2005. [cited 2015 Aug 5]. Available from: [http://www.sfzg.unizg.hr/\\_download/repository/Osnove\\_stomatoloskih\\_materijala.pdf](http://www.sfzg.unizg.hr/_download/repository/Osnove_stomatoloskih_materijala.pdf)
6. Čatović A, Jerolimov V, Živko-Babić J, Carek V, Dulčić N, Lazić B. Titan u stomatologiji. Acta Stomatol Croat. 1998;32(2):351-365.
7. Živko Babić J, Jerolimov V. Metali u stomatološkoj protetici. Zagreb: Školska knjiga; 2005. pp. 126-128.

8. Palmquist A, Omar OM, Esposito M, Lausmaa J, Thomsen P. Titanium oral implants: surface characteristics, interface biology and clinical outcome. *J R Soc Interface*. 2010;7(5):515–527.
9. Logan N, Brett P. The Control of Mesenchymal Stromal Cell Osteogenic Differentiation through Modified Surfaces. *Stem Cells Int*. 2013;2013:361637
10. Ristić B, Popović Z, Adamović D, Devedžić G. Selection of biomaterials in orthopedic surgery. *Vojnosanit Pregl*. 2010;67(10):847-855.
11. Brånemark R, Brånemark PI, Rydevik B, Myers RR. Osseointegration in skeletal reconstruction and rehabilitation: A review. *J Rehabil Res Dev*. 2001;38(2):175–181.
12. Prithviraj DR, Deeksha S, Regish KM, Anoop N. A systematic review of zirconia as an implant material. *Indian J Dent Res*. 2012;23(5):643-649.
13. Bencharit S, Byrd WC, Altarawneh S, Hosseini B, Leong A, Reside G, Morelli T, Offenbacher S. Development and applications of porous tantalum trabecular metal-enhanced titanium dental implants. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2014;16(6):817-826.
14. Paganias CG, Tsakotos GA, Koutsostathis SD, Macheras GA. Osseous integration in porous tantalum implants. *Indian J Orthop*. 2012;46(5):505-513.
15. Apratim A, Eachempati P, Salian KKK, Singh V, Chhabra S, Shah S. Zirconia in dental implantology: A review. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2015;5(3):147–156.
16. Cho JD, Shin JC, Kim HL, Gerelmaa M, Yoon HI, Ryoo HM, Kim DJ, Han JS. Comparison of the Osteogenic Potential of Titanium and Modified Zirconia-Based Bioceramics. *Int J Mol Sci*. 2014;15(3):4442-4452.

17. Borgonovo AE, Censi R, Vavassori V, Arnaboldi O, Maiorana C, Re D. Zirconia Implants in Esthetic Areas: 4-Year Follow-Up Evaluation Study. *Int J Dent.* 2015;2015:415029.
18. MUDr. Jurkovič [homepage on the Internet]. Bratislava: Richard Jurkovič; c2014 [cited 2015 Aug 16]. Types of Implants. Available from: <http://www.richard-jurkovic.sk/en/dental-implants/types-of-implants/>
19. Knežević G. Ivo Miše – in memoriam. *Acta Stomatol Croat.* 2011;45(1):57-63.
20. Dental-Implants-01 [homepage on the Internet]. Costas Bougalis; c2010 [cited 2015 Aug 16]. Types of Dental Implants. Available from: <http://www.dental-implants-01.com/types-of-dental-implants.htm>
21. Dal Carlo L, Pasqualini ME, Carinci F, Mondani PM, Fanali S, Vannini F, Nardone M. A retrospective study on needle implants positioned in the posterior inferior sector: surgical procedure and recommendations. *Annals of Oral and Maxillofacial Surgery.* 2013;1(2):16.
22. McKeeDental [homepage on the Internet]. Matthews: Matthews Dental Implants; c2015 [cited 2015 Aug 18]. Replacing Teeth With Dental Implants. Available from: <http://mckeedental.com/matthews-dentist-treats-missing-teeth/matthews-dental-implants/>
23. Krhen J, Canjuga I, Jerolimov V, Krhen T. Mjerenje stabilnosti implantata šest tjedana nakon implantacije. *Acta Stomatol Croat.* 2008;43(1):45-51.
24. Granić M, Katanec D. Praćenje cijeljenja dentalnih implantata. *Sonda.* 2007/8(14/15):72-74.



25. Tetè S, Zizzari V, De Carlo A, Sinjari B, Gherlone E. Macroscopic and microscopic evaluation of a new implant design supporting immediately loaded full arch rehabilitation. *Ann Stomatol (Roma)*. 2012;(2):44-50.
26. OsseoSource [homepage on the Internet]. Delray Beach: Meir Yakir [cited 2015 Sep 7]. Available from: [http://osseosource.com/dental-implants/images/products/dentsply/dentsply\\_imz\\_twinplus\\_cylinder\\_40\\_1.jpg](http://osseosource.com/dental-implants/images/products/dentsply/dentsply_imz_twinplus_cylinder_40_1.jpg).
27. MedicalExpo [homepage on the Internet]. [cited 2015 Sep 7]. Available from: [http://img.medicaexpo.com/images\\_me/photo-g/conical-dental-implant-titanium-internal-hexagon-72578-8585811.jpg](http://img.medicaexpo.com/images_me/photo-g/conical-dental-implant-titanium-internal-hexagon-72578-8585811.jpg)
28. Vaše zdravlje [homepage on the Internet]. Zagreb: Oktal Pharma. [cited 2015 Sep 10]. Sović M. Dentalni implantati kruna moderne stomatologije. Available from: <http://www.vasezdravlje.com/printable/izdanje/clanak/764/>
29. Buković D, Barko G. Protetsko-kirurški plan liječenja implantatima s osvrtnom na osseotite sloj implantata. *Medix* 2005;11(59):141-143.
30. Aparna IN, Dhanasekar B, Lingeshwar D, Gupta L. Implant crest module: A review of biomechanical considerations. *Indian J Dent Res*. 2012;23(2):257-263.
31. Sahiwal IG, Woody RD, Benson BW, Guillen GE. Macro Design Morphology of Endosseous Dental Implants. *J Prosthet Dent*. 2002;87(5):543-551.
32. Implant Cosmetic Dental Center [homepage on the Internet]. Maryland: Implant Cosmetic Dental Center; c2011 [cited 2015 Sep 14]. Available from: <http://www.maryland-implants.com/Site/images/dentalimplantnew.jpg>
33. Oshida Y, Tuna EB, Aktören O, Gençay K. Dental Implant Systems. *Int. J. Mol. Sci*. 2010,11(4):1580-1678.

34. Davarpanah M, Martinez H, Kebir M, Tecucianu JF. Priručnik dentalne implantologije. Zagreb: In.Tri d.o.o.; 2006. pp. 209-213.
35. Rosa MB, Albrektsson T, Francischone CE, Schwartz Filho HO, Wennerberg A. The influence of surface treatment on the implant roughness pattern. *J Appl Oral Sci.* 2012;20(5):550-555.
36. Bressan E, Sbricoli L, Guazzo R, Tocco I, Roman M, Vindigni V, Stellini E, Gardin C, Ferroni L, Sivoiella S, Zavan B. Nanostructured surfaces of dental implants. *Int J Mol Sci.* 2013;14(1):1918-1931.
37. Bosco R, Van Den Beucken J, Leeuwenburgh S, Jansen J. Surface modification of metal implants with plasma sprayed layers. *Coatings.* 2012;2(3):95-119.
38. Mihailović MD, Patarić AS, Gulišija ZP, Janjušević ZV, Sokić MD. Mogućnosti primjene atmosferskog plazma-sprej postupka za dobivanje prevlaka hidroksiapatita na uzorcima od nerđajućeg čelika. *Hem.Ind.* 2013;67(5):753–757.
39. Anil S, Anand PS, Alghamdi H, Jansen JA. Dental Implant Surface Enhancement and Osseointegration. In: I. Turkyilmaz , editor. *Implant Dentistry – A Rapidly Evolving Practice* [monograph on the Internet]. InTech; 2011. [cited 2015 Sep 15]. Available from: <http://www.intechopen.com/books/implant-dentistry-a-rapidly-evolving-practice/dental-implant-surface-enhancement-and-osseointegration>
40. Pachauri P, Bathala LR, Sangur R. Techniques for dental implant nanosurface modifications. *J Adv Prosthodont.* 2014;6(6):498–504.
41. Elias CN. Factors Affecting the Success of Dental Implants. In: I. Turkyilmaz , editor. *Implant Dentistry – A Rapidly Evolving Practice* [monograph on the Internet]. InTech; 2011. [cited 2015 Sep 15]. Available from:

<http://www.intechopen.com/books/implant-dentistry-a-rapidly-evolving-practice/factors-affecting-the-success-of-dental-implants>

42. Gupta A, Dhanraj M, Sivagami G. Implant surface modification: review of literature. *The Internet Journal of Dental Science*. 2009;7(1):10

## **11. ŽIVOTOPIS**

Martina Ereš rođena je 14. listopada 1989. godine u Slavonskom Brodu gdje je završila Osnovnu školu „Vladimir Nazor“, a 2008. godine maturira s odličnim uspjehom u Općoj gimnaziji „Matija Mesić“. Iste godine upisuje studij dentalne medicine na Stomatološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Apsolvirala je 2015. godine.