Načini okluzijskog opterećenja kod protetskih radova nošenih implantatima

Lukšić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:127:795754

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno 3.0

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb School of Dental Medicine Repository

Sveučilište u Zagrebu
Stomatološki fakultet

Ivan Lukšić

Načini okluzijskog opterećenja kod protetskih radova nošenih implantatima

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2019.

Rad je ostvaren na Stomatološkom fakultetu u Zagrebu , Zavod za mobilnu protetiku

Mentor rada: docent Samir Čimić, Stomatološki fakultet Zagreb

Lektor hrvatskoga jezika: Milena Stanković, prof.

Lektor engleskoga jezika: Ljerka Radić, prof.

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

(za svakog člana Povjerenstva naknadno se rukom na za to predviđeno mjesto upisuju ime i prezime, akademsko zvanje i ustanova)

1. _____

2. _____

3. _____

Datum obrane rada: _____

Rad sadrži: 46 stranica

1 tablica

5 slika

CD

Rad je vlastito autorsko djelo, koje je u potpunosti samostalno napisano uz naznaku izvora drugih autora i dokumenata korištenih u radu. Osim ako nije drukčije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu su izvorni doprinos autora diplomskog rada. Autor je odgovoran za pribavljanje dopuštenja za korištenje ilustracija koje nisu njegov izvorni doprinos, kao i za sve eventualne posljedice koje mogu nastati zbog nedopuštenog preuzimanja ilustracija odnosno propusta u navođenju njihovog podrijetla.

Zahvala

Zahvaljujem svom mentoru doc.dr.sc. Samiru Čimiću na podršci i prenesenom znanju prilikom izrade ovoga rada, ali i svim zajedničkim radovima tijekom mojeg studiranja.

Zahvaljujem svojim roditeljima i sestri na svoj podršci tijekom studiranja i što su mi omogućili ostvarenje želje za školovanjem u glavnom gradu Hrvatske na prekrasnom fakultetu.

Zahvaljujem svim prijateljima na potpori i nezaboravnim trenucima tijekom studiranja.

Najviše zahvaljujem Onom koji je zaslužan za sve. Hvala na talentima i nadam se da neće ostati zakopani.

Načini okluzijskog opterećenja kod protetskih radova nošenih implantatima

Sažetak

Dokazana uspješnost dentalnih implantata revolucionirala je protetsku terapiju i pridonijela funkcijskoj, estetskoj, i psihološkoj rehabilitaciji pacijenata nakon gubitka zubi. Zbog nedostatka parodontnog ligamenta, dentalni implantati biomehanički drugačije reagiraju od zuba za vrijeme opterećenja. Prilikom planiranja implantoprotetske sanacije potrebno je poznavati biomehaničke principe implantata. Svakog pacijenta treba promatrati kao zaseban slučaj te koristiti smjernice iz literature kako bi se zadovoljila funkcija i estetika, a mogućnost komplikacija svela na najmanju razinu. Definiranje okluzijskih shema i okluzijskog koncepta implantatima nošenih radova iznimno je važno te zahtijeva razmatranje. Pri planiranju okluzije u sklopu implantoprotetske terapije treba uzeti u obzir sve bitne činjenice i držati se smjernica iz literature. U literaturi ne postoji konsenzus koji bi izabrao točno određeni koncept okluzije za implantoprotetske nadomjeske. Razlog tomu je nedostatak znanstvenih dokaza. Većina današnjih smjernica bazira se na konceptu implantat-zaštićene okluzije te uzajamno zaštićene okluzije prilikom funkcijskih kretnji donje čeljusti. Dobrim planiranjem okluzije i dizajnom protetske suprastrukture izbjegavaju se rizični faktori koji dovode do okluzijskog preopterećenja. Ovaj rad opisuje smjernice za dizajn okluzijskih shema različitih tipova implantoprotetskih radova uzimajući u obzir bitne čimbenike kako bi se izbjegao nastanak okluzijskog preopterećenja i vezanih komplikacija .

Ključne riječi: biomehanika implantata, koncepti okluzije, dizajn protetske suprastrukture, okluzijsko preopterećenje.

Occlusal schemes for implant supported prosthetic rehabilitation

Summary

The proven success of dental implants has revolutionized prosthetic therapy and contributed to the functional, aesthetic, and psychological rehabilitation of patients after tooth loss. Due to the lack of a periodontal ligament, dental implants biomechanically respond differently, compared to teeth, during occlusal loading. For planning implant-prosthetic rehabilitation, it is necessary to know biomechanical principles for dental implants. Therapy plan for each patient should be approached as an individual case and literature guidance should be used to satisfy function and aesthetics, minimizing the potential overloading and other complications. Defining occlusal schemes and the occlusal concept for implant supported prosthetic rehabilitation is extremely important and requires consideration. All relevant facts should be considered and guidelines from the literature should be followed as part of planning occlusion for implant supported prosthetics. There is no consensus in the literature on a specific occlusion concept for implant prosthetic restorations. The reason for this is the lack of scientific evidence. Most of today's guidelines are based on the concept of implant-protected occlusion and mutually protected occlusion during functional movements of the lower jaw. With good occlusion planning and good prosthetic superstructure design, we can avoid the risk factors that lead to occlusal overload. This paper describes the guidelines for the design of occlusion schemes for different types of implant prosthetics, taking into account important factors to avoid occlusion overload and the complications it carries.

Key words: biomechanics of implants, concepts of occlusion, prosthetic suprastructure design, occlusal overload.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. BIOMEHANIKA IMPLANTATA, ZNAČAJ I PRIMJENA.....4
3. KONCEPTI OKLUZIJE I MORFOLOGIJA PROTETSKE SUPRASTRUKTURE.....9
3.1 Okluzijski koncepti.....10
3.1.1 Balansirana okluzija.....10
3.1.2 Lingvalizirana okluzija.....11
3.1.3 Koncept grupne funkcije (unilateralno uravnotežena okluzija).....11
3.1.4 Uzajamno zaštićena okluzija (okluzija vođena očnjakom).....11
3.1.5 Koncept implantat-zaštićene okluzije.....12
3.2 Morfologija suprastrukture..... 12
4. VRIJEME OPTEREĆENJA IMPLANTATA.....15
5. PROTETSKI RADOVI NOŠENI IMPLANTATIMA.....18
5.1 Djelomična bezubost.....19
5.1.1 Nadomjestak jednog zuba krunom nošenom implantantom (solo kruna).....19
5.1.2 Mostovi nošeni implantatima.....20
5.1.3 Mostovi nošeni vezom implantat-zub.....22
5.2 Potpuna bezubost.....23
5.2.1 Fiksni radovi.....23
5.2.2 Mobilni radovi.....24
6. KOMPLIKACIJE IZAZVANE OKLUZIJSKIM PREOPTEREĆENJEM IMPLANTATA.....27
7. RASPRAVA.....31
8.ZAKLJUČAK.....35
9. LITERATURA 37
10.ŽIVOTOPIS.....45

Popis skraćenica

FP - *fixed prostheses*

RP-*removable prostheses*

ICOI - *International Congress of Oral Implantologists*

PDL- parodontni ligament

F- sila

M- moment sile

l - dužina

ISQ- *Implant Stability Quotient*

IT- *Implant insertion torque*

CBCT- *Cone-Beam Computer Tomography*

1. UVOD

Pokušaji nadomještanja zuba različitim materijalima stari su vjerojatno koliko i ljudski rod. Takvi pokušaji javljaju se i dokumentirani su arheološkim nalazima na onim mjestima u svijetu gdje su cvale civilizacije koje su ostavile prepoznatljive tragove u razvoju kulture suvremenog čovječanstva (1). Implantati u obliku korijena zuba povijesno se pojavljuju prije nekoliko tisuća godina, npr. u drevnim civilizacijama Kineza prije 4000 godina, u drevnom Egiptu prije 2000 godina, u civilizaciji Inka prije 1500 godina (2). Od samog početka dentalne implantologije pa sve do danas, prisutni su stalni napori istraživača i kliničara da se implantoprotetska terapija unaprijedi, što je rezultiralo stalnim inovacijama na polju dizajna implantata, materijala za implantate, protetskih komponenti, kao i terapijskih, kirurško-protetskih protokola (3).

Dentalni implantat nadomjestak je od aloplastičnog materijala kirurški ugrađen u čeljusnu kost kako bi bio potpora fiksnim ili mobilnim protetskim nadomjescima (4). Dentalni implantat u obliku korijena zuba najčešće je korišten oblik implantata u oralnoj rehabilitaciji djelomično ili potpuno bezubih pacijenata (5). Misch je klasificirao pet protetskih mogućnosti dostupnih u implantologiji. Prve tri opcije vezane su uz fiksne radove, *fixed prostheses (FP1-3),* koje se razlikuju ovisno o nadoknadi tvrdih i mekih tkiva, dok su preostale dvije vezane za mobilne radove, *removable prostheses (RP4-5),* koje se razlikuju ovisno o količini poduprtosti rada implantatom.

„*Journal of Prosthetic Dentistry*“ u svojemu rječniku definira okluziju kao statični odnos između incizalnih ili okluzijskih ploha zubi antagonista (4). Hrvatski Leksikografski zavod Miroslav Krleža definira okluziju kao svaki dodir griznih ploha ili bridova zuba dviju čeljusti tijekom pokreta donje čeljusti ili artikulacije (6). Koncepti okluzije definiraju se kao specifični zubni dodiri koji se zbivaju tijekom svih mandibularnih funkcijskih kretnji (7). Profesor Jeffrey P. Okeson definirajući okluziju sugerira nam njezinu važnost za dentalnu medicinu te tvrdi: "okluzija je statistički odnos zuba i osnova je svim aspektima stomatologije" (8).

Svaki gnatološki princip, koji se temelji na besprijekornoj okluziji i omogućuje nesmetane kretnje mandibule, načelno je prihvatljiv u implantoprotetskoj terapiji. Da bi se ovaj cilj ostvario treba uspostaviti stabilne međučeljusne odnose s obostranim istodobnim dodirima u položaju maksimalne interkuspidacije; harmonične kretnje mandibule s dodirima na pojedinačnim zubima ili grupi zuba u protruziji i laterotruziji (1). Cilj okluzije implantatima nošenih radova je fiziološka, harmonična okluzija te izbjegavanje okluzijskog preopterećenja

(*occlusal overload*), koje može prouzročiti nepotrebne komplikacije (9). *International Congress of Oral Implantologists* (ICOI) u svom rječniku definira preopterećenje kao situaciju u kojoj mastikatorne sile premošćuju kapacitet veze implantata i kosti (10). U fazi planiranja implantoprotetske terapije biomehanička procjena ključna je za funkcijsku trajnost terapije i ima za cilj smanjenje rizika od preopterećenja i posljedičnog neuspjeha terapije. Ona uključuje: a) procjenu minimalnog broja, položaja i angulacije implantata; b) procjenu smjera i načina djelovanja sila nastalih žvačnim i nežvačnim kontaktima; c) obilježja koštane potpore; d) dizajn i morfologiju okluzalne plohe i shemu okluzalnih kontakata (11).

Protetska opskrba implantata može biti provedena unutar različitog vremena računajući od trenutka implantacije. Tako razlikujemo imedijatno opterećenje (privremeno ili definitivno), rano opterećenje i odgođeno opterećenje (11). Imedijatno izrađeni i opterećeni nadomjesci fiksirani su na implantat unutar 48 sati od implantacije. Rano opterećenje implantata odnosi se na period od 48 sati do 8 tjedana nakon implantacije. Odgođeno opterećenje uključuje izradu trajnog nadomjeska nošenog implantatom nakon završenog perioda oseointegracije implantata, kojim se smatra vrijeme od 3 mjeseca nakon implantacije.

Indikacija za implantoprotetsku terapiju svaki je oblik bezubosti te je cilj implantoprotetske terapije nadomjestiti izgubljene zube i žvačne jedinice čime se pacijentu vraća pravilna funkcija, fonacija i estetika te se uspostavlja harmoničan i stabilan žvačni sustav.

Svrha ovoga rada opisati je smjernice okluzijskih shema različitih tipova implantoprotetskih radova opisujući bitne čimbenike koje prilikom planiranja okluzijskih koncepata treba uzeti u obzir kako bi se izbjegao nastanak okluzijskog preopterećenja i komplikacija koje ono nosi.

2. BIOMEHANIKA IMPLANTATA, ZNAČAJ I PRIMJENA

Biomehanika je medicinska disciplina koja zakone mehanike primjenjuje na žive organizme, posebno na lokomotorni sustav. Nadalje, dentalna biomehanika iste zakone primjenjuje kako bi opisala ponašanje oralnih struktura i fizikalni utjecaj protetskih nadomjestaka (4). Principi biomehanike mogu se koristiti za pojašnjenje i utvrđivanje međuovisnosti između apliciranog opterećenja i procesa preoblikovanja i pregradnje kosti (12).

Zubni implantati podvrgavaju se okluzalnim opterećenjima kada se postavljaju u funkciju. Takva opterećenja mogu se dramatično razlikovati po veličini, učestalosti i trajanju, ovisno o pacijentovim parafunkcijskim navikama. Sile jezika i muskulature obraza mogu generirati niska, ali česta horizontalna opterećenja na implantatima. Ova opterećenja mogu biti veća kod osoba s parafunkcijskim oralnim navikama. Postoji mnogo faktora u tretmanu implantata, tako da je gotovo nemoguće usporediti jednu filozofiju liječenja s drugom. Međutim, osnove mehanike mogu se upotrijebiti za razumijevanje takvih fizioloških (i nefizioloških) opterećenja. Biomehanički pristup može odrediti koji tretman dugoročno povećava rizik neuspjeha protetskom terapijom na implantatima (5).

Silu je opisao Isaac Newton 1687. godine u svom drugom zakonu gibanja (13). Sile se mogu opisati veličinom, trajanjem, smjerom, tipom i faktorima povećanja. Sile koje djeluju na implantate nazivaju se vektorske veličine, to jest, posjeduju jačinu i smjer (5). Svaka takva sila može se trodimenzionalno vektorskom raščlambom rastaviti na tri komponente koje se pružaju u bukolingvalnom, meziodistalnom i okluzoapikalnom (aksijalnom) smjeru. Pozicija okluzijskog kontakta suprastrukture implantata direktno određuje distribuciju komponenti sile kroz implantološki sustav, pri čemu je najopasnija povećana lateralna komponenta sile. Zbog navedenog angulirani bataljci nose povećani rizik štetnih transverzalnih sila. Implantati bi trebali biti kirurški postavljeni tako da im okluzijsko opterećenje bude usmjereno aksijalno kroz njihovo tijelo. Angulirani bataljci koriste se za poboljšanje estetike ili smjera insercije restauracije, a ne za određivanje smjera opterećenja. (5). Postoje tri vrste sila: tlačne, vlačne i smične. Kortikalna kost najbolje podnosi tlačne, a najgore smične sile. Također, cement i pričvrsni vijak te dijelovi implantata najbolje podnose kompresijske sile, a najgore smične sile (14). Misch navodi da štetne smične i vlačne sile mogu biti reducirane oblikom implantata, te njegovu tezu potvrđuju i druga istraživanja (5, 15).

Važan pojam u biomehanici implantoprotetskih radova nošenih na dva ili više implantata ili rada vezanog implantatom i zubom jest moment sile. Moment sile definiran je kao vektor koji nastoji rotirati objekt, a čini ga umnožak sile s krakom djelovanja sile (udaljenošću od centra

rotacije); M= F x l. Postoji šest vrsta rotacije u tri kliničke ravnine, a to su: okluzalnoapikalna, faciolingvalna i meziodistalna. Djelovanjem sila mogu se inducirati mikrorotacije implantata što proizvodi koncentraciju stresa na kost te njenu resorpciju. Također, to može prouzročiti puknuće protetskog rada (5). Misch navodi tri čimbenika koje naziva *clinical moment arms*, čije su dimenzije važne za iznos veličine momenta, a to su: visina suprastrukture, širina okluzalne plohe te raspon/dužina rada. Smanjenje tih komponenti na minimum potrebno je kako bi se spriječilo odcementiravanje rada, frakture komponenti, gubitak krestalne kosti i kompletni neuspjeh implantoprotetskog rada (5). Odnos dužine implantata i visine krune ima veliku važnost. Djelovanje transverzalnih sila na implantat veće je ako je izrađena kruna duža od tijela implantata (12).

Način na koji se sila distribuira preko površine referira se kao mehanički stres. U biomehanici važne su dvije varijable koje određuju količinu stresa: ukupna aplicirana sila i takozvani, *cross-sectional area,* površina koju zatvaraju povezane linije implantata (5) Na nju se može utjecati korištenjem većega broja implantata, implantata većega promjera, a i samo usmjerenje sila utječe na površinu distribucije sila. Aksijalno opterećenje donekle ravnomjerno prenosi sile na navoje duž implantata dok opterećenje ostaloga usmjerenja uzrokuje koncentraciju sila na vratu implantata i krestalnoj kosti. Smične sile mogu se reducirati postavom implantata u tripodizacijski položaj kako bi se smanjila mogućnost rotacije protetskog nadomjeska (16).

Opterećenje aplicirano na dentalni implantat može prouzročiti deformaciju implantata, ali i okolnog tkiva. Tkivo, prvenstveno kost, sposobno je prepoznati deformaciju te odgovoriti na nju remodelacijom. Vezano uz deformaciju javlja se koncept naprezanja, parametar za koji se vjeruje da je ključan medijator koštane aktivnosti (5). Naprezanje se definira kao promjena dužine tijela nakon primjene sile, odnosno količina deformacije (1). Postoji i unutarnje naprezanje koje može uzrokovati mehaničke komplikacije konstrukcije. Naprezanje svih materijala određeno je karakteristikama samog materijala, modulom elastičnosti te maksimalnom vlačnom čvrstoćom. Što je modul elastičnosti implantata sličniji kosti, manja je mogućnost kretnji između kosti i implantata, odnosno manje se narušava oseointegracija (17).

Kako bi se biomehanika implantata primijenila i shvatila, potrebno je razumijevanje kontrasta biofiziologije zuba i endoosealnog implantata kako bismo shvatili njihovo funkcioniranje prilikom okluzijskih i ostalih sila u stomatognatom sustavu (9). Glavna razlika zuba i implantata vezana je za alveolarnu kost. Zubi su pričvršćeni s parodontnim ligamentom (PDL), dok su implantati direktno povezani za kost oseointegracijom ili takozvanom

funkcijskom ankilozom (18). Oseointegracija predstavlja izravnu vezu kosti i implantata, bez umetnutih slojeva mekog tkiva. Ipak, ne dolazi do stopostotnog razvoja veze kosti i implantata. Problemi u detekciji stupnja pričvršćenja kosti za implantat koji se može smatrati oseointegracijom doveli su do nastanka definicije oseointegracije koja se temelji na stabilnosti, umjesto na histološkim kriterijima, a glasi: "proces postizanja rigidne fiksacije aloplastičnog materijala u kosti, tijekom funkcijskog opterećenja" (19). PDL funkcionira kao apsorber sile (*shock absorber*), znatno reducirajući količinu stresa apliciranog na zub, prenoseći silu na okolnu kost pogotovo krestalne zone (20). Nadalje, mehanoreceptori koji se nalaze u PDL-u šalju središnjem živčanom sustavu informacije o okluzijskom opterećenju (21, 22). Dokazan je i senzorni aparat na području remodelacije kosti oko implantata, međutim, njegov mehanizam treba još istražiti. Određena propriocepcija implantata nastaje nakon mehaničke stimulacije na kost u kojoj se nalaze udaljeni mehanoreceptori. Oni bolje percipiraju vibracije i dinamička nego statička opterećenja. U percepciji položaja i sila na implantat sudjeluju i ostali receptori u usnoj šupljini kao što su živčani završeci periosta, mukozni receptori i receptori temporomandibularnoga zgloba (23, 24). Zbog toga implantat ima manjak propriocepcije, odnosno taktilnog osjećaja, i to u prosjeku 8,75 puta veći prag osjetljivosti naspram zuba (21). Pomak zuba u aksijalnom smjeru može iznositi od 25 do 100µm, a 56 do 150µm u horizontalnom (25). Veličina pomaka ovisi i o anatomiji i stanju korijena (broj, promjer i oblik korijena, pozicija, zdravlje parodonta, itd.) (20). Zbog svoje rigidne sveze, pomak implantata znatno je manji te iznosi 3 do 5µm aksijalno i 10 do 50µm horizontalno (20, 23). Nadalje, postoji i razlika u samom kretanju zuba i implantata. Mehanizam pokreta zuba je nelinearnog karaktera, sastoji se od inicijalne faze, gdje se zub kreće u granicama PDL-a, te sekundarne faze koja uključuje elastičnu deformaciju alveolarne kosti (26). S druge strane karakter pokreta implantata ovisi o karakteristikama kosti.

Karakteristike	Zub	Implantat
Veza s alveolom	PDL	Oseointegracija
Propriocepcija	Mehanoreceptori u PDL-u	Oseopropriocepcija
Vertikalni pomak	25-100µm	3-5µm
Horizontalni pomak	56-150µm	10-50µm
Odgovor na opterećenje	Rotacija oko apikalne trećine korijena Sila se raspoređuje cijelom dužinom	Centar rotacije bliže cervikalnoj trećini Veća razina i koncentracija opterećenja grebena
Mehanizam pokreta	Dvije faze	Linearan pokret
Modul elastičnosti	Slična krestalnoj kosti	5-10 x kortikalna kost

Tablica1. Razlika zuba i implantata

Mehanizam koštanog odgovora na opterećenja bitan nam je za primjenu i shvaćanje biomehanike implantata. Wolffov zakon predstavio je ideju kako se koštano tkivo adaptira na mehanički stres (27). Roux tvrdi da je remodelacijski mehanizam reguliran staničnim mehanizmom (28). Frost iznosi teoriju mehanostata. On postulira da je kvaliteta i kvantiteta kosti rezultat mehaničke upotrebe skeleta (29). Frost u svojem modelu koristi varijable stresa (sile) i naprezanje, te kaže da je potrebno 1000 jedinica mikronaprezanja za deformaciju kosti od 0,1%. Povezuje naprezanja unutar kosti s metaboličkim odgovorom kosti na taj stres. Sile od 3000-4000 jedinica mikronaprezanja dovode do zone preopterećenja, dok sile iznad 4000 jedinica mikronaprezanja dovode do patološkog odgovora. Frost je svoja istraživanja vršio na tibiji, no neka istraživanja potvrđuju Frostov model i na periimplantatnoj kosti (9). Melsen i Lang u svojem istraživanju provedenom na majmunima zaključuju da apozicija kosti oko implantata nastaje kod 3400-6600 jedinica mikronaprezanja, dok se gubitak kosti uočio nakon primjene sila viših od 6700 jedinica mikronaprezanja (30). Ipak normalna razina sila za vrijeme okluzije dovodi do adaptivnog mehanizma kosti, povećanja kontakta kost-implantat te poboljšanja oseointegracije (31-33). Nadalje, trabekularna i kortikalna kost drugačije reagiraju na sile unutar stomatognatog sustava. Kvaliteta kosti utječe na modul elastičnosti kosti i s time na samu njegovu funkciju (5). Qu i suradnici svojim su eksperimentom dokazali različitost kvalitete kosti prednjeg i stražnjeg dijela mandibule, što se odrazilo na vrijednostima modula elastičnosti i kompresivne snage kosti, dobivši 47% - 68% veće vrijednosti za prednju od srednje ili stražnje regije mandibule. Povećanjem udjela kortikalne kosti smanjuje se modul elastičnosti (34).

Doktor dentalne medicine, nakon što je odabrao implantološki sustav koji će koristiti, može kontrolirati naprezanje tkiva i unutarnje naprezanje implantata na dva načina (5). Prvo, kontrolom razine stresa (sile raspodijeljene na određenu površinu) ili drugo, promjenom kvalitete kosti *(bone density)* oko implantata. Na razinu stresa može utjecati dizajn implantata, veličina implantata, njihov broj, angulacija te suprastruktura. Augmentacijskim postupcima može se poboljšati kvaliteta kosti kvalitativno i kvantitativno, što omogućuje ugradnju većih implantata. Suprastruktura, odnosno rad nošen implantatima, također utječe na razinu stresa. Na njega utječu i oblik kvržica, korištenje ublaživača sile (*stress breakers*), odabir fiksnog ili mobilnog rada te dizajn okluzalnih kontakata, o čemu će biti riječ u sljedećim poglavljima.

3. KONCEPTI OKLUZIJE I MORFOLOGIJA PROTETSKE SUPRASTRUKTURE

Definiranje okluzijskih shema i okluzijskog koncepta implantatima nošenih radova iznimno je važno te zahtijeva razmatranje. Ova tvrdnja utemeljena je na činjenici da je nakon oseointegracije, mehaničko opterećenje iznad fizioloških granica kosti primarni razlog inicijalnog, ali i dugoročnog gubitka kosti oko implantata (35, 36). Okluzijski koncepti u implantoprotetici bazirani su na okluzijskim konceptima prirodne denticije uz neke modifikacije. Razlog leži u obrascima pokreta i općenito funkcijama stomatognatog sustava koji nisu isti kod pacijenata s implantatima i prirodnom denticijom (37).

Većina literature o okluzijskim konceptima implantata temelji se na stručnom mišljenju, anegdotskim iskustvima, te *in vitro* i studijama na životinjama (38). Nadalje, malo znanstvenih dokaza podržava određene okluzijske koncepte implantatima nošenih radova. Koncepti okluzije koji se spominju u literaturi primjenjivani u implantoprotetici jesu: balansirana okluzija, uzajamno zaštićena okluzija, lingvalizirana okluzija, koncept grupne funkcije te koncept okluzije koja štiti implantat (9, 12, 26, 39-41). Iako neki od autora favoriziraju određene koncepte, svi zaključci navode na nedostatak znanstvene vjerodostojnosti.

3.1. Okluzijski koncepti

3.1.1. Balansirana okluzija

Načelo bilateralno uravnotežene okluzije zasniva se na istraživanjima von Speea i Monsona (42, 43). Prema ovoj koncepciji, prilikom funkcijskih kretnji mandibule što veći broj zubi antagonista trebao bi biti u kontaktu. To znači da su prilikom lateralnih kretnji svi zubi antagonisti radne strane u kontaktu, dok je na neradnoj strani barem jedan par antagonista u kontaktu . Kod protruzijske kretnje svi su prednji zubi u kontaktu, dok je distalno barem po jedan par antagonista svake strane u kontaktu, najčešće drugi ili treći molari (44). Iako se u nekim radovima navodi da balansirana okluzija ne postoji u prirodnoj denticiji ili je rezultat opsežne atricije (45, 46), istraživanje Ogawe i suradnika na osamdesetšest mladih ljudi pokazalo je da čak 41,9% njih ima balansiranu okluziju, 45,3% grupno vođenje te samo 9,3% vođenje očnjakom (47). Kod implantoprotetske sanacije potpune bezubosti neki autori predlažu bilateralno uravnoteženu okluziju zbog ravnomjerne distribucije sile na sve implantate te tako nastoje izbjeći preopterećenje i moguće komplikacije pojedinačnih implantata (40, 48). Prethodnu hipotezu potvrdilo je istraživanje Hobkirka i Brouziotou-

Davasa, koji su ustvrdili manje opterećenje kod bilateralno uravnotežene okluzije nego kod koncepta grupne funkcije pri žvakanju krute hrane (orašasti plodovi, mrkva) (49).

3.1.2. Lingvalizirana okluzija

Lang i Razzoog definiraju lingvaliziranu okluziju kao varijantu balansirane okluzije. Kontakt između zubi nalazi se oralnije te je palatinalna kvržica maksilarnih zubi u kontinuiranom kontaktu s modificiranim mandibularnim zubima (50). Bukalne kvržice gornjih zuba podižu se iznad okluzijske ravnine i nemaju ulogu funkcijskih kvržica, dok se za mandibularne zube koristi poluanatomski oblik s nagibom kvržica od 20º ili neanatomski zubi bez kvržica (44). Navedene su kao prednosti ove koncepcije: eliminacija potencijalno štetnih lateralnih okluzalnih interferenci te potreba za manjim okluzalnim silama prilikom razgradnje bolusa hrane (40). Neki autori predlažu lingvaliziranu okluziju kao standard za proteze nošene implantatima, pogotovo kod implantatima nošenih mandibularnih mobilnih proteza (51-53).

3.1.3. Koncept grupne funkcije (unilateralno uravnotežena okluzija)

Ova koncepcija vuče svoje korijene još iz istraživanja Schylera i drugih autora koji su primijetili destruktivnu prirodu kontakata zuba na neradnoj strani (54). Koncept se zasniva se na međusobnim kontaktima zuba isključivo na radnoj strani, prilikom lateralnih kretnji mandibule zaključno s meziobukalnom kvržicom prvog molara. Razlog je tome što oba premolara i prvi molar sudjeluju u žvakanju hrane, dok drugi i eventualno treći molari imaju funkciju zatvaranja prostora i ne sudjeluju neposredno u žvakanju (55). Prijašnja istraživanja navode da je grupna funkcija prihvatljivija pacijentima te se lakše priviknu na nju u prvim mjesecima od okluzije vođene očnjakom (56). Ova okluzija koristi se prvenstveno kod kompromitiranih očnjaka kako bi se pritisak rasporedio na stražnje zube umjesto očnjaka (57).

3.1.4. Uzajamno zaštićena okluzija (okluzija vođena očnjakom)

Temelji se na radu D'Amica, Stuarta, Stallarda i Stuarta, Lucie i članova Gnatološkog društva (58-62). Oni su uočili da, u ustima u kojima su zubi sa zdravim parodontom, prednji zubi štite stražnje zube prilikom funkcijskih kretnji mandibule na način da stražnji zubi nemaju kontakte niti na radnoj niti na neradnoj strani, odnosno stražnji zubi su u diskluziji. Prema ovoj koncepciji, prednji zubi prenose žvačno opterećenje dok su stražnji zubi u diskluziji u svim položajima mandibule tijekom laterotruzije. Željeni je rezultat ove koncepcije odsutnost neželjenih parafunkcijskih kretnji. Položaj maksimalne interkuspidacije poklapa se s

optimalnim položajem kondila mandibule. U tom položaju svi stražnji zubi su u kontaktu i prenose žvačno opterećenje uzduž svojih dužinskih osi. Istovremeno, prednji zubi su izvan kontakata (prosječno 25 do 75 mikrona), izbjegavajući pritom djelovanje nepoželjnih kosih žvačnih sila. Prilikom lateralnih kretnji okluziju vodi očnjak koji diskludira i štiti i prednje i stražnje zube. Očnjak je idealan za ovu svrhu jer ima dobar omjer kliničke krune i korijena, okružen je kompaktnom kosti, parodont mu je bogat receptorima, a s obzirom na to da je udaljen od temporomandibularnoga zgloba, i iznos sila koje nastaju prilikom klizne kretnje je manji nego na stražnjim zubima (63). Smanjena mišićna aktivnost dokazana je kod okluzije vođene očnjakom (1). Međutim, treba imati na umu razlike između zuba, očnjaka, i implantata. Smanjena senzorna svojstva implantata smanjuju i mogućnost kontroliranja sila kretanja. Stoga neki autori kažu da treba biti oprezan kod ovog koncepta kako se implantat koji je zamjena za očnjak ne bi preopteretio smičnim silama (9, 39).

3.1.5. Koncept implantat-zaštićene okluzije

Koncept okluzije koja štiti implantat razvili su Misch i Bidez, a temelji se na biomehaničkim činiteljima rizika (17). U položaju maksimalne interkuspidacije ne smije biti preranih dodira, posebno na kruni na implantatu. Pri malim žvačnim silama, okluzijski dodiri krune na implantatu moraju biti slabi dok su inicijalni dodiri okolnih zuba jači. Pri jačim žvačnim silama djelovanje sile mora biti usmjereno aksijalno na tijelo implantata, a opterećenje mora biti jednako raspoređeno na implantate i ostale prirodne zube. Za vrijeme lateralnih kretnji mandibule kontakt kruna na implantatima mora biti minimalan ili ga uopće ne smije biti (64). U konceptu su opisane i druge smjernice kako bi se smanjio rizik komplikacija: vrijeme okluzijskih dodira, utjecaj površine implantata, kut nagiba implantata, morfologija krune itd. (12).

3.2. Morfologija suprastrukture

Razvijanje morfologije zuba za postizanje aksijalnog opterećenja važan je implantoprotetski čimbenik (26). Anatomija krune nošene implantatom jako utječe na smjer, veličinu, i distribuciju sila. Čimbenici koji se uzimaju u obzir nagib je kvržice, veličina okluzalne plohe te broj kontaktnih točaka (9).

Prvi važan čimbenik koji se mora poštovati je da ne smije biti preranih kontakata, ni u maksimalnoj interkuspidaciji, ni pri funkciji (9, 26, 45). Istraživanje Miyata i suradnika na majmunima pokazalo je kvantitativni i kvalitativni utjecaj preuranjenih kontakata na gubitak

kosti te gubitak samog implantata (65). Za izbjegavanje preuranjenih kontakata važan je u implantoprotetici pojam slobode u centriku, u literaturi poznat kao *wide freedom* (u slobodnom prijevodu široka sloboda). Sloboda u centriku prema svojoj definiciji je, onaj odnos gornje i donje čeljusti, pri kojem je moguće neometano klizanje kvržice između retrudiranoga kontaktnog položaja i interkuspidacijskog položaja (1). U dubini fisure izradi se jedan plato od 1-1,5mm, po kojem su moguće ekscentrične kretnje bez obzira na visinu kvržica. Slobodu u centriku kao metodu izbjegavanja preuranjenih kontakata potvrdila su znanstvena istraživanja (66).

Weinberg je tvrdio da je nagib kvržica jedan od najznačajnijih čimbenika u proizvodnji nepovoljnih momenata sila (66). Znanstveni pokazatelji su ustvrdili da strmije kvržice povećavaju veličinu sile te da povećanje nagiba od 10º povećava razinu torka (okretnog momenta) za 30º (67, 68). Prema istraživanju Kaukinena i suradnika dokazano je da je opterećenje na implantatima ravnih okluzijskih ploha u odnosu na kosinu kvržica od 33º znatno manje (1,94 kilograma prema 3,85 kilograma) (69). Stoga možemo zaključiti da reduciranjem nagiba kvržica štitimo implantat i vezu implantat-bataljak od nepovoljnih sila (9, 45, 66-69).

Uža, smanjena širina okluzijske plohe osigurava aksijalno opterećenje, prevenira savijanje i efekt poluge (17, 33, 70, 71). Suženje okluzijske plohe za 30% smanjuje veličinu lateralnih sila za skoro 50% (72). Nadalje, veliki značaj utjecaja površine okluzalne plohe ima privjesni član o čemu će biti govora u sljedećim poglavljima.

Sheridan i suradnici u svom sustavnom pregledu literature navode da je najvažniji čimbenik (*"The most vital anatomical consideration"*) za raspodjelu sila broj kontaktnih točaka na suprastrukturi (9). Okluzalna teorija Petera K. Thomasa sugerira tripoidni kontakt (trotočkasti) na svakoj centralnoj kvržici, svakom marginalnom rubu te svakoj centralnoj fisuri (73). Studije su pokazale povećani stres kosti kad suprastruktura dentalnog implantata ima jedan kontakt nasuprot višestrukih kontakata, nadalje kontakti bi trebali biti što centralnije, odnosno iznad projekcije implantata kako bi se postiglo aksijalno opterećenje i izbjegli momenti poluge (1, 74).

Važna stavka u dizajnu suprastrukture je njena visina, odnosno omjer kruna/implantat. U ovom odnosu kruna djeluje kao poluga, što je kruna viša duži je krak poluge (75). Omjer krune/implantata vrijednosti 2-3 pokazao je visoke vrijednosti uspjeha (kod vrijednosti više od 2, uspješnost 94,1% kod 6 godina praćenja) (76). Zanimljivost je iste studije da su našli

veći gubitak marginalne kosti kod implantata s manjim omjerom. Na navedeni omjer mogu utjecati međučeljusni odnosi, odnosno vertikalna dimenzija okluzije te estetika zuba. Rehabilitacija stražnjih zubi može zahtijevati povećanje vertikalne dimenzije. Uznapredovala atrofija čeljusnih kostiju, veliki međučeljusni razmak dovode do nepovoljnog omjera kruna/implantat. Zbog toga se mora razmišljati o kompromisima smanjenja vertikalne dimenzije i smanjene vrijednosti estetike (39).

4. VRIJEME OPTEREĆENJA IMPLANTATA

Za mogućnost opterećenja implantata važna je njegova stabilnost. Razlikujemo primarnu i sekundarnu stabilnost. Primarna stabilnost je mehaničkog tipa i što je kost kompaktnija, to je stabilnost veća, dok je sekundarna stabilnost biološkog tipa te ovisi o oseointegracijskom tijeku, kvaliteti spoja kost-površina implantata i stabilnosti periimplantatnog mekog tkiva (11). Od vremena implantacije tijekom oseointegracijskog procesa primarna stabilnost "stare" kosti pada, dok biološka stabilnost apozicijom nove kosti raste. Krivulja stabilnosti pokazuje najniže razine 2-3 tjedna nakon implantacije.

Primarna stabilnost implantata može se kvantificirati primjenom više metoda od kojih su općeprihvaćene mjerenje kvocijenta stabilnosti implantata (*Implant Stability Quotient-ISQ*). Primarna stabilnost implantata ključan je čimbenik u odluci hoće li se implantat imedijatno opskrbiti suprastrukturom (11). *Implant insertion torque -IT,* okretni moment ugradnje implantata intraoperativni je indikator o stabilnosti implantata koji služi u svrhu donošenja odluke o mogućnosti imedijatnog opterećenja implantata (77).

"Tradicionalni/klasični" protokol ugradnje i opterećenja implantata zahtijeva dvije faze, fazu implantacije nakon koje slijedi faza oporavka čekajući od tri (mandibula) do 6 (maksila) mjeseci da implantat u potpunosti oseointegrira (76). Takav protokol zahtijeva mnogo vremena te su se kliničari i znanstvenici upustili u traženje novih rješenja. Prvi pokušaji ranih opterećenja su bili povezani s većim neuspjehom. Protokoli imedijatnog i ranog opterećenja kod ugradnje implantata predstavljaju privlačno rješenje za pacijente i kliničare zbog smanjenja ukupnog vremena terapije (77).

U Cochraneovom sistematskom pregledu se tvrdi da ne postoji uvjerljivi dokaz koji bi sugerirao klinički važne razlike između navedenih načina vremena opterećenja implantata. Čimbenici koji su uzeti u obzir u navedenom sistemskom pregledu su neuspjeh protetskog rada, neuspjeh/gubitak implantata ili gubitak marginalne kosti (77). Mnoga istraživanja potvrđuju tu tezu (80). Isto istraživanje također je došlo do zaključka da imedijatno opterećeni implantati, koji nisu u funkciji, nemaju prednost pred onima koji su okluzijski opterećeni. Smatra se da iako implantati nisu u direktnoj okluziji, oni su funkcijski opterećeni za vrijeme žvakanja i ostalih funkcija.

Za imedijatno opterećenje mnogim autorima najvažnije su vrijednosti IT-a i ISQ-a, a u svojim su istraživanjima došli do određenih vrijednosti koje predlažu (79). U istraživanju Ottonia i suradnika od deset implantata ugrađenih s vrijednošću IT-a od 20 Ncm, devet ih se nije uspjelo oseointegrirati, dok samo jedan od deset implantata pri IT vrijednosti od 32 Ncm nije

uspješno oseointegriran (81). Grandi i suradnici predlažu minimalnu vrijednost IT-a od 45 Ncm za uspješno i sigurno imedijatno opterećenje implantata (82).

Analize Zhanga i suradnika također zaključuju da nema velikih razlika među protokolima, no da one ipak postoje. Odgođeni, klasični protokol opterećenja, nosi manji rizik od neuspjeha uspoređujući ga s imedijatnim. Zanimljivo je da je gubitak marginalne kosti i općenito stabilnost marginalne kosti bolja kod imedijatno opterećenih implantata. ISQ je pokazao niže vrijednosti kod imedijatno opterećenih implantata uspoređujući ih sa klasičnim načinom, no nije bilo razlike između imedijatnog i ranog opterećenja (80).

Također, zanimljiva je razlika među protokolima gledajući estetiku, koja je veoma bitna u frontalnom području. De Rouck i suradnici ustvrdili su da je pojava recesija 2,5-3 puta češća kod klasičnog protokola, uspoređujući ga sa imedijatnim načinom unutar prve godine (83). Za razliku od De Roucka i suradnika, Grandi i suradnici dobili su suprotne rezultate gdje je stabilna gingivalna razina najbolje postignuta klasičnim postupkom opterećenja (84).

Nadalje, faktori kao što su smještaj implantata, broj implantata, vrsta nadomjeska, koncepti okluzije mogu utjecati na rezultate. Fiksni nadomjestak imedijatno opterećen kod rehabilitacije potpune bezubosti, biomehanički negativnije utječe na implantate od mobilnog rada (80). Implantati s imedijatnim opterećenjem imaju u različitim objavljenim istraživanjima veću stopu neuspjeha u stražnjim (0,54%) negoli u prednjim (0,45%) područjima kada se procjenjuju zajedno. S implantatima u maksili bilo je više neuspjeha negoli s onima u mandibuli (85).

5. PROTETSKI RADOVI NOŠENI IMPLANTATIMA

U ovom će poglavlju biti opisani protetski radovi nošeni implantatima kojima se saniraju djelomična i potpuna bezubost. Opisat će se smjernice iz literature prvenstveno razmatrajući okluziju i biomehaničke parametre. Svaki je pacijent, pa tako i svaki rad, jedinstven te ovisi o mnogo parametara počevši od dijagnostike preko kirurške implantacije do završnog protetskog rada. Stoga su navedeni primjeri osnovni načini rehabilitacije (pojednostavljeni).

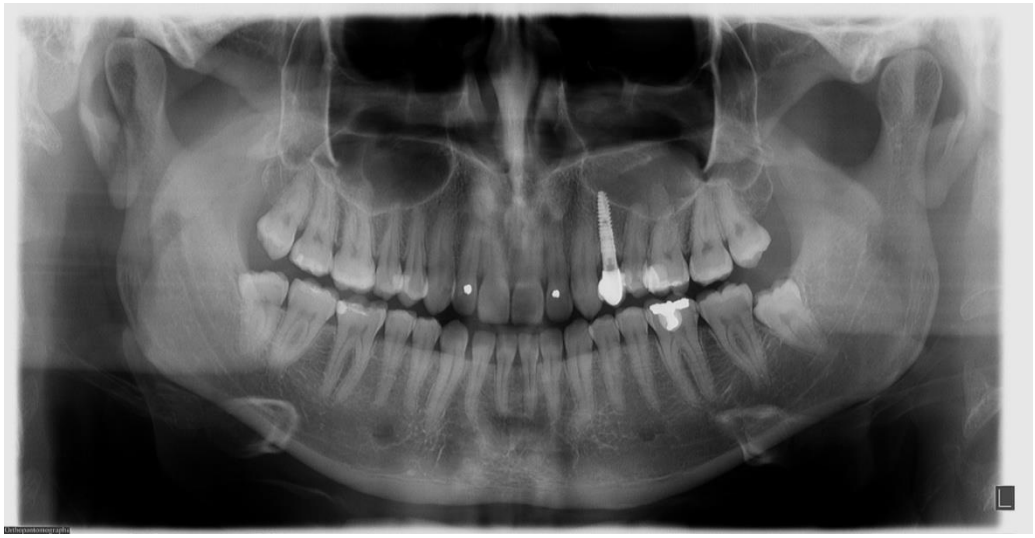
Brojne su prednosti implantoprotetske terapije u usporedbi sa klasičnim postupcima nadoknade izgubljenih žvačnih jedinica izradom mostova ili proteza, a čine ih mogućnost rekonstrukcije prirodnog položaja, oblika, izgleda i funkcije zubi bez potrebe za brušenjem susjednih zubi, pri čemu se oni nepovratno oštećuju; funkcijski podražaj kosti alveolarnog nastavka, čime se sprječava njegova resorpcija kao posljedica gubitka zubi; zadržavanjem kosti zadržava se i arhitektura mekih tkiva, čime se zub nadomješta na način blizak prirodnom te smanjena mogućnost nastanka karijesa uporišnog zuba (11).

5.1. Djelomična bezubost

5.1.1. Nadomjestak jednog zuba krunom nošenom implantatom (solo kruna)

Za protetsko nadoknađivanje jednog izgubljenog zuba na raspolaganju su sljedeće mogućnosti: konvencionalni fiksni most, mobilna djelomična proteza, ortodontsko zatvaranje bezubog prostora, lijepljeni most te pojedinačna kruna na implantatu (12). Ugradnja implantata mlađim osobama dolazi u obzir kada je rast čeljusti potpuno završen.

Implantoprotetska rehabilitacija postala je uvriježen način nadoknade izgubljenog zuba, posebno u situacijama pri kojima su susjedni zubi intaktni, nepogodni za uporišni zub ili pacijent ne dopušta brušenje susjednih zuba. Najčešći slučajevi nadoknade jednog zuba implantoprotetskom terapijom uključuju nadoknadu gornjih sjekutića izgubljenih traumom ili onih koji nedostaju zbog genetskih poremećaja te nadoknadu zubi u lateralnom segmentu izgubljenih zbog različitih bioloških i mehaničkih uzroka (vertikalne frakture korijena, kronični neliječeni periapikalni upalni procesi, opsežni karijesi korijena, oštećenja potpornog zubnog aparata itd.) (11). Slika 1 prikazuje ortopantomogram nadoknade prvog pretkutnjaka solo krunom nošenom implantatom.



Slika 1. Solo kruna nošena implantatom 24. Preuzeto s dopuštenjem: doc. dr. sc. Samir Čimić.

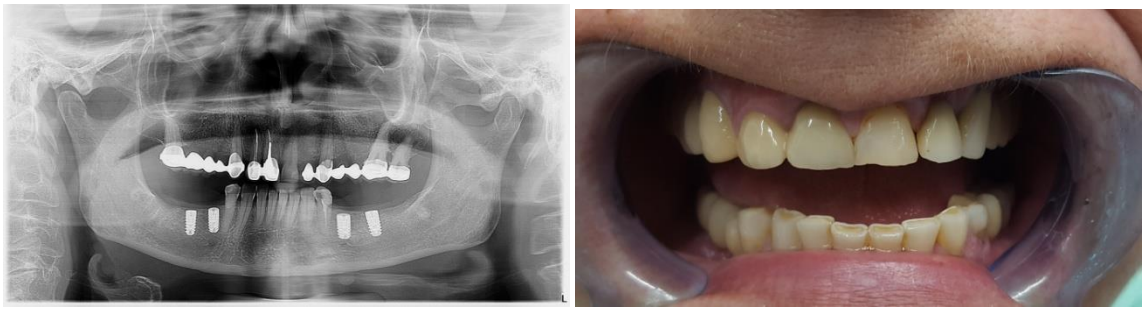
Okluzija bi trebala biti dizajnirana tako da se smanje okluzijske sile na minimum te da se sve sile optimalno rasporede na prirodne zube (5). Stoga bi sve kretnje mandibule trebale biti vođene prirodnim zubima, bez ikakvih kontakta na krunici za vrijeme funkcijskih kretnji (26). Važno je osigurati opterećenje po aksijalnoj osi, smanjenje nagiba kvržica, široke fose 1-1,5mm (sloboda u centriku) i okluzalne plohe manje površine (uže) (9, 11, 26). Da je širina okluzalne plohe važna pokazalo je istraživanje Balshia i suradnika gdje je za nadoknadu jednog molara bolje rezultate pokazalo korištenje dva implantanta (86). Pri nadoknadi jednog zuba preporučuje se 10µm slobode od antagonista u položaju maksimalne interkuspidacije/habitualne okluzije (11).

Gross daje jednake smjernice, no predlaže i veličinu implantata koja bi se trebala koristiti za nadoknade zuba u stražnjoj regiji. Njegova dužina bi trebala biti minimalno 10mm i promjer od 3,75mm (39).

5.1.2. Mostovi nošeni implantatima

Pacijenti koji spadaju u Kennedy klasu I i II često dobro prihvaćaju djelomičnu mobilnu protezu. Međutim, proteza koja nije dobro planirana i održavana preopterećuje uporišne zube i tkivna ležišta, što za posljedicu može imati rasklimavanje preostalih prirodnih zubi (12). Kod pacijenata koji imaju bilo koji oblik djelomične bezubosti osim konvencionalnih rješenja moguća je i izrada kruna i fiksnih mostova na dentalnim implantatima (Slika 2 i 3). Visoka stopa uspješnosti i visoka predvidljivost trajnosti rada su potvrđeni istraživanjima (87).

Predvidivo trajanje fiksnih mostova poduprtih implantatima 25% je veće od fiksnih mostova na prirodnim zubima (12).



Slika 2. i Slika 3. Implantoprotetska rehabilitacija Kennedy klase I. Preuzeto s dopuštenjem: doc. dr. sc. Samir Čimić.

Preporuka za oblikovanje okluzije jednaka je kao i za pojedinačne krune (87). Naglasak je također na veličini okluzalne plohe molara te se sugerira smanjenje od 30% do 40%. Postizanje aksijalnog opterećenja i što manja udaljenost među implantatima cilj je pri planiranju rada, kako bi se smanjile moguće komplikacije preopterećenja (26). Ako su implantati postavljeni palatinalnije zbog nedostatka kosti bukalno, Misch predlaže križni zagriz samo da se izbjegne neaksijalno opterećenje (5).

Zbog različitih mogućih situacija autori se nisu odlučili za jednu koncepciju okluzije. Dapače, predlažu više rješenja za specifične situacije (5, 9, 26, 39, 87). Svi se prijedlozi baziraju na konceptu okluzije koja štiti implantat. Važno je koliko god je moguće izbjeći kontakte prilikom funkcijskih kretnji, čak i prilikom maksimalne interkuspidacije. Veoma bitnu ulogu u planiranju ima očnjak: ako je očnjak očuvan i nije parodontološki kompromitiran teži se konceptu okluzije vođene očnjakom ili prednjim zubima. Ako je očnjak nadomješten radom cilj je rasteretiti implantat koji ga nadoknađuje od prekomjernih lateralnih sila pa se sugerira grupna funkcija.

Kod Kennedy klase IV biomehanički je važna funkcija protruzije. Biomehaničke studije pokazale su da neaksijalno opterećenje i povećani vertikalni prijeklop povećavaju razinu stresa na kost (39). No, s druge strane, trebaju biti zadovoljeni kriteriji estetike. Gross u svom radu naglašava važnost kvalitete bukalne kosti te daje i smjernice za prednje vođenje pri različitim skeletnim klasama.

Treba biti oprezan prilikom odluke o postavi privjesnih članova. Upotrebu velikih privjesaka povezuju s produkcijom latelarnih sila, gubitkom kosti i neuspjehom restauracije (9). Novija

su istraživanja pokazala jednaku uspješnost radova sa i bez privjeska (87). Biološke komplikacije kao što je gubitak marginalne kosti jednakih su vrijednosti. Utvrđena je razlika tehničke prirode, gubitak vijka i frakture suprastrukture. Više je neuspjelih radova primijećeno kad je privjesak bio duži od 15mm (26). Mezijalno postavljeni privjesak biomehanički je povoljniji od distalnog (39). Preporuka je da se privjesak ostavi u blagoj infraokluziji od 100μm te da ne bude u kontaktu prilikom kliznih kretnji mandibule (26). Potrebno je izbjegavati upotrebu privjeska kad god je to moguće (39).

5.1.3. Mostovi nošeni vezom implantat-zub

Ankilotička veza implantata s kosti u suprotnosti je s fiziološkom pokretljivošću zuba. Općenito korištenje hibridnih mostova u sanaciji djelomične bezubosti je kontroverzno.

Brojna istraživanja potvrđuju da je kruto spajanje sa zdravim zubima moguće (12). Koyano i Esaki su usporedili četiri randomizirana kontrolirana istraživanja koja nisu pokazala značajnu razliku u gubitku marginalne kosti između veze implantat-zub i implantat-implantat (88). Međutim utvrđena je visoka vjerojatnost intruzije zuba, koja može iznositi čak 7,3% (88, 89).

Postoje u literaturi tri škole koje razmatraju vezu implantat-zub (89). Prva sugerira ne-rigidnu vezu, druga rigidnu, a treća stav kako se zub i implantat uopće ne bi smjeli povezivati. O tome u kojoj mjeri treba prilagoditi pomičnost dentalnih implantata i prirodnih zuba, nosača fiksnih mostova, postoje različita i često suprotstavljena mišljenja (12). Mjerenja provedena *in vivo* pokazala su da pri opterećenjima koja su u fiziološkim granicama, prilagođavanja pomičnosti između prirodnih uporišnih zubi i implantata u kliničkoj praksi nisu potrebna. Izgleda da se ležište implantata i čeljusna kost dovoljno deformiraju, tako da se prilagođavanje elastičnosti u pravilu može zanemariti. Međutim, potrebno je naglasiti da je amplituda pomičnosti implantata direktno ovisna o apliciranoj sili koju je u praksi teško kontrolirati.

Kliničari bi trebali biti svjesni ograničenja i nedostataka veze implantat-zub kako bi mogli pravilno planirati rad (89). Nesklad pokretljivosti između korijena zuba i implantata može dovesti do preopterećivanja implantata što ugrožava oseointegraciju (12). Al-Omiri i suradnici iznose zaključke pregledom literature na ovu temu: kad god je moguće treba koristiti implantat-implantat vezu jer se mostovi nošeni vezom implantat-zub češće popravljaju i održavaju; treba izbjegavati kratke implantate, kost loše kvalitete te endodontski liječene zube; rigidna veza i implantati sa cementiranom suprastrukturom pokazali su rjeđu

intruziju zuba i manje komplikacija (90). Knežević i suradnici sugeriraju izbjegavanje mostova nošenih vezom implantat-zub kad god je to moguće (1).

5.2. Potpuna bezubost

Bezubost uvelike vodi do narušenosti stomatognatog sustava, smanjene funkcije i estetike te je uzrok velikog nezadovoljstva i smanjene kvalitete života pacijenata. Istraživanja gubitka zuba od 1826 osoba starije životne dobi, štićenika domova umirovljenika na području grada Zagreba, utvrdilo je potpunu bezubost kod 33,6% ženskih i 23,9% muških ispitanika (91). Mogućnosti sanacije potpune bezubosti implanto-protetskim rješenjima su fiksni radovi nošeni implantatima te mobilne pokrovne proteze na implantatima (5).

5.2.1. Fiksni radovi

Broj implantata potreban za izradu fiksnog protetskog rada potpuno poduprtog implantatima, kojeg literatura predlaže, mijenjao se tijekom vremena (39). Tako Gross u svojim smjernicama navodi minimalan broj implantata za maksilu od šest dok za mandibulu pet implantata, a sve manje od tog smatra kontroverznim. Misch čak spominje i više implantata, za mandibulu sedam do osam te maksilu osam do deset (5). Međutim novija istraživanja govore u prilog manjeg broja (88). Usporedbom četiri ili više implantata u mandibuli nije utvrđena nikakva statistički značajna razlika u gubitku marginalne kosti i preživljenju implantata/rada. Također nije utvrđena razlika pri korištenju četiri ili šest implantata u maksili.

Okluzijski odnosi trebali bi težiti navedenome: stabilnost habitualne okluzije, sloboda u centriku, uska okluzalna ploha, minimalna visina i nagib kvržica te nesmetane kretnje (17).

Međutim, sve varijable i izbor okluzijskog koncepta su individualne te ovise o mnogim čimbenicima kao što su: skeletna klasa i relacija, distribucija implantata, vertikalna dimenzija, međučeljusna udaljenost, omjer kruna-implantat, angulacija implantata, estetika linije smijeha, poduprtost usne itd. (39). Važan čimbenik o odluci po kojem će se konceptu okluzije planirati rad je i kakvo je stanje nasuprotne čeljusti, da li su u njoj svi prirodni zubi, djelomična bezubost, potpuna proteza ili također fiksni rad nošen implantatima (26).

Grupna funkcija te uzajamno zaštićena okluzija su predloženi koncepti okluzije (5, 26, 39). Dva ili više implantata bi trebala biti opterećena prilikom lateralnih kretnji kako bi se sila bolje raspodijelila (5). Wie je ustvrdio da okluzija vođena samo jednim implantatom koji

mijenja očnjak povećava rizik puknuća vijka i povećava koncentraciju stresa u tom području (92). Prilikom prednjeg vođenja treba se paziti na dizajn palatinalne plohe suprastrukture fronte maksile, te je što blaži i ravniji nagib poželjan (39). Bilateralno balansirana okluzija je predložena kad je u suprotnoj čeljusti potpuna proteza (26).

Autori ističu smjernice za oblik i primjenu privjeska (26, 39). Distalni privjesak ne bi smio biti veći od proporcija jednog premolara. Trebao bi biti u infraokluziji (100μm) te ne bi smjelo biti dodira prilikom funkcijskih kretnji. Mezijalni privjesci su prihvatljiviji od distalnih, ali ne smiju biti suviše odmaknuti od implantata.

Anatomske strukture koje treba paziti prilikom ugradnje implantata su mandibularni kanal s donjim alveolarnim živcem, foramen mentale, maksilarni sinus te općenito količina dostupne kosti za ugradnju (12). U nekim slučajevima ugradnja implantata zbog anatomskih struktura je nemoguća bez kompleksnih tehnika augmentacije ili premještanja živca (93). Da bi se izbjegle te zahtjevne kirurške tehnike Paulo Malo je izumio "*All-on-4®*" koncept. U tom konceptu postavljaju se četiri implantata pri čemu su dva uspravno postavljena, a dva postavljena pod kutom od 30º-45º koji imaju angulirane bataljke. Radi se imedijatna restauracija. Uspješnost koncepta je vrlo visoka te iznosi prema istraživanju provedenom na 242 pacijenta visokih 93% u periodu od pet godina. Okluzijska shema koncepta koristi iste smjernice koje su navedene prije, no vrijede za imedijatno opterećeni "*All-on-4®*" koncept. Za definitivni rad "*All-on-4®*" koncepta sugeriraju bilateralno balansiranu okluziju; ako je u suprotnoj čeljusti prirodna denticija sugeriraju okluziju vođenu očnjakom te ukoliko je u suprotnoj čeljusti most nošen implantatima predlažu grupnu funkciju. Taruna i suradnici navode važnost dužine distalne ekstenzije (privjesnog dijela) sugerirajući da on zauzme što manje prostora. Nadalje, sugeriraju da se privjesni dio izuzme iz okluzije.

Količina i razina stresa te gubitak marginalne kosti oko distalnih implantata ugrađenih pod različitim kutom istraženi su i opisani u literaturi. Implantati postavljeni pod kutom od 0º, 15º, 30º pokazali su sličnu količinu naprezanja dok je povećanje naprezanja utvrđeno kod implantata ugrađenih pod kutom od 45º (93). Browaeysi i suradnici su opisali neprihvatljiv gubitak kosti u 49,2% slučajeva (94).

5.2.2. Mobilni radovi

Prema Mischu postoje dva oblika mobilnih proteza nošenih implantatima RP-4 i RP-5 (5). Prvi oblik se odnosi na onu situaciju u kojoj primjenjujemo više implantata, pri čemu se

žvačno opterećenje potpuno prenosi na čeljusni greben preko implantata, a protezu pacijent samo skida i namješta (1). Drugim se tipom proteze prenosi žvačno opterećenje preko manjeg broja implantata i preko mukoperiosta (mješovito opterećenje). Uglavnom je riječ o pokrovnim protezama.

U tipične se indikacije ubrajaju: nadomještanje tvrdih i mekih dijelova ležišta proteze, nepravilna morfologija čeljusnog grebena, nepravilno i neparalelno orijentirani implantati, nerealno očekivanje od fiksno-protetskog rješenja, financijska komponenta te izričita želja pacijenta za mobilnim nadomjeskom (1).

S obzirom na veliko nezadovoljstvo pacijenata konvencionalnim potpunim protezama, na protetskom kongresu održanom 2012. godine u Montrealu u Kanadi donesen je McGillov konsenzus koji pokrovnu protezu retiniranu na dva implantata navodi kao zlatni standard u terapiji bezubosti donje čeljusti, uzimajući pritom u obzir zdravstveno stanje, dob te nižu platežnu moć starijih pacijenata (95).

Broj implantata potrebnih za RP-4 tip implanto-protetskog nadomjeska jednak je broju implantata za potpuno fiksni rad. Stoga smjernice su jednake navedenima u potpoglavlju prije. Dok za RP-5 tip implanto-protetskog rada se koristi manji broj implantata, uglavnom dva (1). Retencijska i stabilizacijska sredstva koja se danas najčešće koriste su: prečke, kuglaste zglobne veze, magneti i teleskopski sustavi (12, 95). Kod mandibularnih pokrovnih proteza, nošenih s dva implantata retiniranim prečkama ili kuglastim zglobnim vezama, nije pronađena statistički značajna razlika u gubitku marginalne kosti ili preživljenju implantata (88). Nadalje, nije pronađena ni značajna razlika u navedenim parametrima između pokrovnih proteza nošenih s dva ili četiri implantata. Koyano i Esaki zaključuju da je za dobre rezultate pokrovne proteze nošene implantatima u mandibuli dovoljno ugraditi dva implantata između lijevog i desnog mentalnog otvora. Jedan od razloga je i dobra kvaliteta kosti u tom području mandibule. S druge strane minimalan broj implantata u maksili jest četiri. Nije utvrđena statistički značajna razlika u gubitku marginalne kosti i preživljenju implantata kod pokrovnih proteza retiniranih s četiri ili šest implantata.

Koncept okluzije koji se najčešće predlaže za pokrovne proteze retinirane implantatima je bilateralno balansirana okluzija (26, 39, 40, 95). Sljedeći koncept koji je jednako sugeriran je lingvalizirana okluzija. Mnogo autora sugerira drugačije koncepte ovisno o razini bezubosti maksile i mandibule (26, 95). Okluzija vođena očnjakom se predlaže kad su maksila i

mandibula rehabilitirane pokrovnom protezom retiniranom implantatima. *Monoplane occlusion* se predlaže kod jako resorbiranih zubnih grebena.

Gross upozorava na vertikalnu udaljenost retencijskih elemenata od implantata (39). U slučajevima velike međučeljusne udaljenosti postoji potreba za nadoknadom velike količine mekih i tvrdih izgubljenih tkiva. Međutim, retencijski elementi (uglavnom prečke) trebaju biti što bliže implantatima kako bi se izbjegao nepovoljni okretni moment i smanjio biomehanički rizik gubitka implantata. Nadalje, Gross upozorava na veličinu distalnog sedla, koje bi trebalo biti što manje i bliže implantatu ili kvalitetno poduprto tkivnim ležištem. Slike 4 i 5 prikazuju donju pokrovnu protezu na implantatima.



Slika 4 i Slika 5. Pokrovna proteza nošena implantatima, RP-5. Preuzeto s dopuštenjem: doc. dr. sc. Samir Čimić.

6. KOMPLIKACIJE IZAZVANE OKLUZIJSKIM PREOPTEREĆENJEM IMPLANTATA

Klinički uspjeh i vrijeme preživljenja implantata u velikoj mjeri ovisi o mehaničkim silama (12). Neuspjehu pridonose sljedeći čimbenici: neravnomjerno djelovanje sila, prekomjerno opterećenje te neodgovarajući broj implantata (1). Oštećenje suprastrukture, bataljka, vijka, samog implantata te oštećenje i gubitak alveolarne kosti pripisuju se okluzijskom preopterećenju (9).

Okluzijskim preopterećenjem se smatra aplikacija sile na implantat, za vrijeme normalne funkcije ili parafunkcija, koja dovodi do bioloških i strukturalnih oštećenja (9). Primjenom Frostovog modela mehanostata, okluzijsko preopterećenje bi se moglo definirati kao razina mikronaprezanja potrebna za aktivaciju kataboličkog odgovora kosti. Zbog razlike u modulu elastičnosti kosti i titanskog implantata sile su usmjerene u područje njihovog prvog međusobnog dodira, to jest na krestalnu kost. Mikrofrakture u tom području induciraju gubitak marginalne kosti. Četiri karakteristike sile (smjer, veličina, trajanje i distribucija), su nam bitne za smještaj implantata i suprastrukture (9). Sile koje djeluju pod kutom na osovinsku os implantata, povećavaju tlačno-vlačno djelovanje na vrh grebena (1). Što je kut djelovanja sile veći, to je manji otpor kosti na nastala naprezanja i veće potencijalno oštećenje na vrhu alveolarnog grebena.

Čimbenici koji mogu dovesti do okluzijskog preopterećenja su: neadekvatan broj implantata, veličina privjesnog dijela rada (distalne ili mezijalne ekstenzije), parafunkcijske navike pacijenta (naročito bruksizam), dizajn suprastrukture, okluzalne interference i loša kvaliteta kosti (9).

U slučajevima kada anatomska ograničenja otežavaju postavljanje implantata, protetska suprastruktura može sadržavati privjesnu ekstenziju (88). Iako u mnogim već spomenutim radovima velika važnost se daje privjesnom dijelu protetskog rada, sistematski radovi kao i meta analize nisu pronašle statistički značajnu razliku u gubitku marginalne kosti kod radova s privjesnim dijelom ili bez njega (88, 97). Ipak utvrđena je veća učestalost tehničkih komplikacija. Sugeriraju se češće kontrole radova s privjesnim članom. Dizajn privjesnog člana je jako bitan, njegova dužina te okluzalna ploha. Starija istraživanja sugeriraju da ekstenzija privjesnog člana ne bi smjela biti veća od 15mm kod radova u mandibuli te 12mm u maksili (26). Novije istraživanje je ustvrdilo da radovi s privjesnim članom dužim od 8mm vode ka gubitku marginalne kosti i periimplantitisu. Dizajn okluzalne plohe, broj i smještaj dodira jako utječe na distribuciju sile između privjesnog dijela i područja poduprtog

implantatima (26). Nepoželjna distribucija sila može dovesti do gubitka marginalne kosti i navedenih mehaničkih komplikacija.

Bruksizam je poremećaj parafunkcijskih kretnji stiskanja i škripanja zubima (8). Postotak pacijenata s bruksizmom koji mogu proizvesti toliko velike sile da izazovu mikrofrakture kosti i dovedu do gubitka implantata iznosi 20% - 35,9% (97). Vjerojatnost neuspjeha implantata je 2,71 puta veća kod pacijenata s bruksizmom, dok se u drugoj meta-analizi navodi vjerojatnost neuspjeha implantata 3,83 puta veća (9, 97). Stopa preživljenja implantata kod pacijenta s bruksizmom nakon prve godine iznosila je 90%, a nakon pete godine 72% (97). Sile kod pacijenata s bruksizmom s kojima su opterećeni implantati su vjerojatno i veće od sila koje pacijenti proizvode kad imaju vlastite zube i bruksizam. Razlog je nedostatak parodontnog ligamenta, odnosno ne postoji refleksni mehanizam koji inače štiti zube. Pacijentima s bruksizmom savjetuje se upotreba udlage tijekom noći (39, 87).

Okluzalna interferenca, preuranjeni kontakt, utvrđena je kao razlog gubitka marginalne kosti i oseointegracije implantata u nekoliko studija provedenih na životinjama (26). U studiji gdje su korištene tri vrijednosti hiperokluzije; 100µm, 180µm te 250µm, zamijećen je gubitak kosti u grupama s interferencom od 180µm i 250µm. Može se zaključiti da postoji granica visine okluzalne interference pri kojoj neće doći do promjena razine kosti. Prisutnost preuranjenih kontakata, čak i ako su manja od 100µm, može značajno povećati sile zagriza (89).

Kvaliteta kosti je jedan od važnijih čimbenika za uspjeh implantata, kako kirurški gledano tako i protetski (26). Mnogi radovi to znanstveno potvrđuju. Kombinacija loše kvalitete kosti i okluzijskog preopterećenja se smatra jednim od vodećih razloga kasnog propadanja implantata. Misch kao rješenje predlaže progresivno opterećenje implantata ugrađenog u kost loše kvalitete tijekom šest mjeseci. Implantat se postepeno opterećuje s višim silama mijenjajući suprastrukturu. Mischov koncept progresivnog opterećenja implantata potvrđen je drugim istraživanjima, te zato možemo zaključiti da nam produženo vrijeme oporavka i pažljivo povećanje opterećenja implantata omogućuje primjenu implantata u kosti loše kvalitete. Ipak, Mischov koncept nije potvrđen u studiji provedenoj na životinjama zbog čega neki autori sumnjaju da ostvarenje navedenog koncepta nije realno (98).

Na gubitak marginalne kosti može utjecati i prisustvo infekcije (99). Istraživanje provedeno na psima nije utvrdilo gubitak marginalne kosti i povećanje dubine sondiranja kod implantata koji su bili okluzijski preopterećeni, ali bez prisustva upale. Suprotne rezultate pokazalo je istraživanje provedeno na majmunima. Okluzijsko preopterećenje na implantatima gdje je

provedena kontrola plaka rezultiralo je gubitkom kosti, a gubitak kosti je izazvala i infekcija bez okluzijskog preopterećenja. Znanstvenici su 2013. godine histološki dokazali traumatološki efekt okluzijskog preopterećenja u odsutnosti infekcije. Postoji mišljenje da okluzijsko preopterećenje dovodi do gubitka marginalne kosti te zbog mikropokreta dovodi do ili pospješuje nastanak periimplantitisa.

Dva glavna razloga puknuća implantata su okluzijsko preopterećenje i marginalni gubitak kosti zbog periimplantitisa. Mogući razlog puknuća implantata je i tvornička pogreška pri proizvodnji (100). Incidencija frakture implantata se kreće između 0,16% - 1,5% ovisno o literaturi. Razlike su primijećene u smještaju implantata, dijametru te da li se nalazi u maksili ili mandibuli. Incidencija puknuća vijka također raste s povećanjem sile. Sistematski pregled je ustvrdio kumulativnu incidenciju gubitka vijka od 7,3% tokom pet godina praćenja. Postavljanje rada na što više implantata smanjuje biomehanički rizik komplikacija (39).

7. RASPRAVA

Temeljem do sad navedenih znanstvenih činjenica o razlici zuba i implantata, zakonima biomehanike primjenjivim u implantologiji te dokazanim vrijednostima različitih okluzijskih koncepcija, ovaj rad je pokušaj utvrđivanja trenutnih smjernica i preporuka za planiranje okluzije radova nošenih implantatima. Zbog veoma raznolikih smjernica u literaturi iznesena su znanstveno potkrijepljena rješenja za razne moguće situacije.

Okluzijski odnosi na prirodnim zubima su definirani znanstvenim dokazima iznesenim u literaturi (9). Međutim, najvažnija razlika implantata i zuba je prisutnost parodontnog ligamenta. To je činjenica od koje svako promišljanje o implantoprotetskoj sanaciji kreće. PDL u vidu zaštitnog refleksnog mehanizma štiti zub od potencijalnih štetnih sila. Iako je dokazan senzorni aparat oko implantata, njegova taktilna vrijednost je značajno niža od PDL-a. Druga karakteristika PDL-a je što on ima mogućnost apsorpcije sile. Važna razlika između zuba i implantata je u količini pokretljivosti. Različite skupine zuba mogu imati različite stupnjeve pokretljivosti. Zadnji zubi obično imaju manju pokretljivost od prednjih. Očnjaci pokazuju manju pokretljivost od sjekutića. S druge strane, implantati nemaju pokretljivost (89).

Upotreba biomehaničkih zakona je veoma važna i neizbježna prilikom dizajniranja implantata, mjesta insercije, dizajna nadomjeska te određivanja okluzijske koncepcije (9). Biomehanički pristup može odrediti koji tretman dugoročno povećava rizik neuspjeha protetskom terapijom na implantatima (5). Konačni se protetski nadomjestak mora planirati prije ugradnje implantata (12). Pravilan smještaj implantata u zubnom luku najvažniji je uvjet za planiranje i izradu protetskog rada, koji će zadovoljiti biomehaničke principe. Za pravilan smještaj implantata danas uvelike pomaže moderna tehnologija. *Cone-Beam Computer Tomography* (CBCT) omogućuje liječniku da dobije 3-D podatke koštanog grebena, što mu omogućuje mjerenje za metričku analizu i planiranje smještaja implantata. Uz detaljnu analizu CBCT snimke može se planirati protetski vođena implantacija, odnosno izrada kirurških šablona koja pomaže terapeutu pri inserciji implantata gdje su oni i planirani.

Vektorskom analizom sila Misch navodi tri čimbenika čije su dimenzije važne za iznos veličine momenta, a to su: visina suprastrukture, širina okluzalne plohe te raspon/dužina rada (5). Razmatranjem tih čimbenika Misch i Bidez su 1994 godine ponudili koncept implantat-zaštićene okluzije. Nadalje, zaključili su da smanjenje navedenih čimbenika na minimum smanjuje rizik od mnogih komplikacija. Razmatrajući literaturne smjernice i prijedloge drugih autora, vidljivo je da se i one baziraju na konceptu implantat-zaštićene okluzije. Drugi

zaključak koji je zajednički većini autora je da trenutačno nema dovoljno dokaza na kojem bi se definitivne smjernice bazirale.

Idealna okluzija osigurava funkciju, efektivnu mastikatornu vrijednost stomatološkog sustava te dobru estetiku (45). Okluzija implantata trebala bi stvoriti fiziološku i skladnu okluziju, kako bi se izbjeglo okluzijsko preopterećenje (9). Okluzija bi trebala biti dizajnirana tako da se smanje okluzijske sile na minimum i da se sile optimalno raspodijele (5). Stoga bi sve kretnje mandibule trebale biti vođene prirodnim zubima, bez ikakvih kontakta na suprastrukturi nošenom implantatom za vrijeme funkcijskih kretnji, ukoliko to dozvoljava položaj i smještaj implantata (26).

Pregledom literature većina autora predlaže iste ili jako slične smjernice za dizajn okluzije implantatom nošene krune ili mosta:

- uzajamno zaštićena okluzija
- grupna funkcija ukoliko nema očnjaka ili je u lošem stanju
- kontakt u sredini okluzalne plohe, sloboda u centriku (širina centralne fisure 1-1,5 mm), postizanje aksijalnog opterećenja
- uža okluzalna ploha (30%-40%)
- smanjena visina i nagib kvržica
- blagi kontakt u maksimalnoj interkuspidaciji ili infraokluzija (10 μm)
- izbjeći kontakt za vrijeme funkcijskih kretnji
- izbjeći upotrebu privjesnog člana ili njegovu veličinu svesti na minimum, izbjeći kontakte na privjesnom članu
- ukoliko je potrebno stražnje zube postaviti u križni zagriz da se postigne aksijalno opterećenje

S druge strane, kod rehabilitacije potpune bezubosti postoje drugačija stajališta i smjernice u literaturi. U slučaju potpune bezubosti zube je moguće nadomjestiti fiksnim radom cementiranim ili vijčano fiksiranim na implantatima, ili mobilnim radom u obliku pokrovne proteze koja se stabilizira i fiksira na implantate pomoću prečke, kugli ili neke druge vrste pričvrska. Imedijatno opterećenje rada pokazalo je jednake rezultate kao i odgođeno opterećenje, za sve vrste radova nošenih implantatima (77-85). Međutim, velika razlika među protokolima je vrijeme. Pacijentima i terapeutima je privlačniji protokol imedijatnog opterećenja zbog velike uštede na vremenu (2 dana nasuprot 90 dana) i rezultatu koji je odmah vidljiv. U literaturi se tokom vremena predlagalo različiti broj implantata potrebnih za

fiksne ili mobilne radove u potpuno bezuboj čeljusti. Starija istraživanja su sugerirala veći broj implantata potrebnih za navedene radove od novijih. Manji broj implantata smanjuje troškove rada što je pacijentima prihvatljivije.

Važan čimbenik o odluci po kojem će se konceptu okluzije planirati fiksni ili mobilni rad u potpuno bezuboj čeljusti je stanje nasuprotne čeljusti (26). Izbor okluzijskog koncepta je individualan te ovisi o mnogim čimbenicima kao što su: skeletna klasa i relacija, distribucija implantata, vertikalna dimenzija, međučeljusna udaljenost, omjer kruna-implantat, angulacija implantata, estetika linije smijeha, poduprtost usne itd (39). Bilateralno balansirana okluzija je predložena kad je u suprotnoj čeljusti potpuna proteza (5, 26, 39). Grupna funkcija te uzajamno zaštićena okluzija su predloženi koncepti okluzije ukoliko su u suprotnoj čeljusti prirodni zubi. Vođenje očnjakom u ovoj situaciji može biti potencijalno riskantno zbog povećane mogućnosti preopterećenja implantata u poziciji očnjaka i njegovih mehaničkih komplikacija. Kao moguća alternativa balansiranom konceptu okluzije predložena je lingvalizirana okluzija kod mobilnih radova. Ostale smjernice u literaturi su slične navedenim za fiksne radove. Morfologija okluzalne plohe je istovjetna smjernicama navedenim prije. Važno je napomenuti u kontekstu dizajna okluzijske sheme, da neurofiziološki dokazi ističu da se živčani sustav prilagođuje manjim i većim promjenama u okluziji i međučeljusnim odnosima (11).

Sve navedene smjernice u literaturi imaju zajednički cilj, a to je smanjenje rizika okluzijskog preopterećenja implantata, opterećenje implantata održati u fiziološkim razmjerima i na kraju osigurati dugoročnu stabilnost i uspjeh implantata i suprastrukture. Utjecaj okluzijskog opterećenja na gubitak marginalne kosti histološki je dokazan (99). Utjecaj okluzijskog opterećenja na mnoge biološke i mehaničke komplikacije implantata utvrđen je u literaturi. Čimbenici koji mogu dovesti do okluzijskog preopterećenja su: neadekvatan broj implantata, veličina privjesnog dijela rada, parafunkcijske navike pacijenta, dizajn suprastrukture, okluzalne interference i loša kvaliteta kosti (9).

8. ZAKLJUČAK

Oralna rehabilitacija i nadoknada izgubljenih zubi utječe na općezdravstveno stanje, neovisno o tome je li riječ o nadoknadi jednog ili više izgubljenih zuba nadomjeskom nošenim prirodnim zubima ili implantatima. Svrha je implantoprotetske terapije nadomještanje izgubljenih zubi i žvačnih jedinica, vraćajući pacijentu normalnu funkciju. Kako bi se ostvarila dugotrajnost rada potrebno je poštivati određena pravila i smjernice te izbjegavati potencijalno rizične situacije i čimbenike prilikom planiranja terapije.

Biomehanika implantata u dobroj mjeri se razlikuje od biomehanike zuba. U fazi planiranja implantoprotetske terapije je bitno poštivanje biomehaničkih načela. Biomehanička procjena ključna je za funkcijsku trajnost nadomjestka, a za cilj ima smanjenje rizika od preopterećenja i mogućih komplikacija.

Dizajn okluzalne plohe, shema okluzalnih kontakata te odabir koncepta okluzije mogu znatno utjecati na uspjeh implantoprotetske terapije. Uspjeh implantoprotetske terapije znatno se povećava osiguranjem aksijalnog opterećenja implantata te izbjegavanjem kontakata tijekom funkcijskih kretnji mandibule.

Nijedan koncept okluzije nije znanstveno dokazan kao idealan za implantoprotetsku terapiju. Potrebna su daljnja istraživanja koja će znanstveno argumentirati favoriziranje određenog koncepta okluzije u određenoj situaciji. Danas je većina smjernica bazirana na konceptu implantat-zaštićene okluzije.

Prilikom plana terapije treba uzeti u obzir: veličinu bezubog prostora, visinu budućega nadomjestka, broj zubi koji se nadomješta, intenzitet i trajanje sile koje pacijent proizvodi. Napredak tehnologije je vidljiv u svim granama dentalne medicine. U implatoprotetici od iznimne je važnosti upotreba CBCT-a i raznih programa za planiranje smještaja implantata. Nadalje, upotrebom virtualnih arikulatora, digitalnim dizajnom suprastrukture te izradbom suprastrukture glodanjem ili 3D ispisom omogućena nam je velika preciznost završnog izgleda suprastrukture.

Daljnjim razvojem tehnologije te znanstvenim radom na području biomehanike implantata i dizajna okluzije, bit će nam omogućeno još bolje shvaćanje implantologije.

9. LITERATURA

1. Knežević G i sur. Osnove dentalne implantologije. Zagreb: Školska knjiga; 2002. p. 95.
2. Anjard R. Mayan dental wonders. J Oral Implantol. 1981;9(3):423-6.
3. Albrektsson T, Branemark PI, Hansson HA, Lindstrom J. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. Acta orthop Scand. 1981;52(2):155-70
4. The Glossary of Prosthodontic Terms. J Prosthet Dent. 2017;117:e29.
5. Misch CE. Contemporary implant dentistry. St. Louis: Mosby; 1999. p. 684.
6. Okluzija HE. Available from: http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=44918.
7. Engelmeier RL. Complete-denture esthetics. Dent Clin North Am. 1996;40:71-84.
8. Okeson JP. Temporomandibularni poremećaji i okluzija. 1.hrv izd. Valentić-Peruzović M. Zagreb: Medicinska naklada; 2008. p. 674.
9. Sheridan RA, Decker AM, Plonka AB, Wang H-L. The Role of Occlusion in Implant Therapy. Implant Dent. 2016;25(6):829–38.
10. Glossary of Implant Dentistry #3 ICOI. Available from: https://www.icoi.org/.
11. Ćatović A, Komar D, Ćatić A. i sur. Klinička fiksna protetika I - krunice. Zagreb: Medicinska naknada; 2015. p. 198.
12. Kraljević K, Kraljević Šimunković S. Djelomične proteze. Zagreb: In Tri d.o.o; 2012. p. 324.
13. Higdon A et al. Engineering mechanics, Volume 2: Dynamics. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall; 1976. p.620.
14. Reilly DT, Burstein AH. The elastic and ultimate properties of compact bone tissue. J Biomech. 1975;8(6):393–405.
15. Liang R, Guo W, Qiao X, Wen H, Yu M, Tang W et al. Biomechanical analysis and comparison of 12 dental implant systems using 3D finite element study. Comput Methods Biomech Biomed Engin. 2014;18(12):1340–8.
16. McCoy G. Recognizing and managing parafunction in the reconstruction and maintenance of the oral implant patient. Implant Dent. 2002;11(1):19-27.
17. Misch C. Dental implant prosthetics. 2nd ed. St. Louis: Elsevier Health Sciences; 2015. p. 993.
18. Lindhe JT, Karring T, Lang NP, Bošnjak A, Božić D, Vučićević-Boras V. Klinička parodontologija i dentalna implantologija. Zagreb: Nakladni zavod Globus; 2004. p. 1043.

19. Zarb GA, Albrektsson T. Osseointegration: a requiem for periodontal ligament?. Int J Periodontal Restor Dent. 1991;11(2):88–91.
20. Schulte W. Implants and the periodontium. Int Dent J. 1995;45(1):16–26.
21. Hämmerle CHF, Wagner D, Brägger U, Lussi A, Karayiannis A, Joss A et al. Threshold of tactile sensitivity perceived with dental endosseous implants and natural teeth. Clin Oral Implants Res. 1995;6(2):83–90.
22. Jacobs R, van Steenberghe D. Comparison between implant-supported prostheses and teeth regarding passive threshold level. Int J Oral Maxillofac Implants. 1993;8(5):549–54.
23. Wada S, Kojo T, Wang YH, Ando H, Nakanishi E, Zhang M et al. Effect of loading on the development of nerve fibers around oral implants in the dog mandible. Clin Oral Implants Res. 2001;12(3):219-24.
24. Jacobs R, Van Steenberghe D. From osseoperception to implant-mediated sensorymotor interactions and related clinical implications. J Oral Rehabil. 2006;33(4):282-92.
25. Sekine H, Komiyama Y, Hotta H, Yoshida K. Mobility characteristics and tactile sensitivity of osseointegrated fixturesupporting systems. In: van Steenberghe D, ed. Tissue Integration in Oral Maxillofacial Reconstruction. Amsterdam: Excerpta Medica; 1986:326–32.
26. Kim Y, Oh TJ, Misch CE, Wang HL. Occlusal considerations in implant therapy: Clinical guidelines with biomechanical rationale. Clin Oral Implants Res. 2005;16(1):26–35.
27. Wolff JD. Das Gesetz der Transformation der Knochen. Berlin, Germany: Verlag von August Hirschwald; 1892.
28. Roux W. Gesammelte Abhandlungen über Entwickelungsmechanik der Organismen / von Wilhelm Roux. 1895.
29. Frost HM. Bone "mass" and the "mechanostat": A proposal. Anat Rec. 1987;219(1):1–9.
30. Melsen B, Lang NP. Biological reactions of alveolar bone to orthodontic loading of oral implants. Clin Oral Implants Res. 2001;12(2):144–52.
31. Berglundh T, Abrahamsson I, Lindhe J. Bone reactions to longstandingfunctional load at implants: An experimental study in dogs. J Clin Periodontol. 2005;32(9):925–32.

32. Heitz-Mayfield LJ, Schmid B, Weigel C, Gerber S, Bosshardt DD, Jönsson J et al. Does excessive occlusal load affect osseointegration? An experimental study in the dog. Clin Oral Implants Res. 2004;15(3):259–68.
33. Fu JH, Hsu YT, Wang HL. Identifying occlusal overload and how to deal withit to avoid marginal bone loss around implants. Eur J Oral Implantol. 2012;5(l):S91–S103.
34. Misch CE, Qu Z, Bidez MW. Mechanical properties of trabecular bone in the human mandible: Implications for dental implant treatment planning and surgical placement. J Oral Maxillofac Surg. 1999;57(6):700–6.
35. Chen YY, Kuan CL, Wang YB. Implant occlusion: Biomechanical considerations for implant supported prostheses. J Dent Sci. 2008;3(2):65-74.
36. Misch CE, Bidez MW. Implant-protected occlusion. Pract Periodontics Aesthet Dent. 1995;7(5):25-9.
37. Gartner JL, Mushimoto K, Weber HP, Nishimura I. Effect of osseointegrated implants on the coordination of masticatory muscles: A pilot study. J Prosthet Dent. 2000;84(2):185-93.
38. Taylor TD, Wiens J, Carr A. Evidence-based considerations for removable prosthodontic and dental implant occlusion: a literature review. J Prosthet Dent. 2005;94(6):555-60.
39. Gross M. Occlusion in implant dentistry. A review of the literature of prosthetic determinants and current concepts. Aust Dent J. 2008;53(s1).60-8.
40. Nikolopoulou F, Ktena-Agapitou P. Rationale for Choices of Occlusal Schemes for Complete Dentures Supported by Implants. J Oral Implantol. 2006;32(4):200–3.
41. Lo J, Abduo J, Palamara J. Effect of different lateral occlusion schemes on peri-implant strain: A laboratory study. J Adv Prosthodont. 2017;9(1):45.
42. von Spee FG. The gliding path of the mandible along the skull. Archiv f Anat u Phys 1890;16:285-294, (Translated by Biedenbach MA, Hotz M, Hitchock HP: J Am Dent Assoc. 1980;100(5):670-5.
43. Monson GS. Impaired function as a result of a closed bite. J Am dent Assoc. 1921;8:833-9.
44. Kraljević K. Potpune proteze. Zagreb: Areagrafika; 2001. p. 250.
45. Swaminathan Y. Implant Protected Occlusion. IOSR-JDMS. 2013;11(3):20–5.
46. Posselt U. Physiology of occlusion and rehabilitation. 2nd ed. Oxford: Blackwell Scientific Publishing; 1962. p. 331.

47. Ogawa T, Ogawa M, Koyano K. Different responses of masticatory movements after alteration of occlusal guidance related to individual movement pattern. J Oral Rehabil. 2001;28(9):830–41.
48. Mericske-Stern RD, Taylor TD, Belser U. Management of the edentulous patient. Clin Oral Implant Res. 2000;11(1):108-25.
49. Hobkirk JA, Brouziotou-Davas E. The influence of occlusal scheme on masticatory forces using implant stabilized bridges. J Oral Rehabil. 1996;23(6):386–91.
50. Lang BR, Razzoog ME. Lingualized integration: tooth molds and an occlusal scheme for edentulous implant patients. Implant Dent. 1992;1(3):204–11.
51. Khamis MM, Zaki HS, Rudy TE. A comparison of the effectof different occlusal forms in mandibular implant overdentures. J Prosthet Dent. 1998;79(4):422–9.
52. Geertman ME, Slagter AP, van Waas MA, Kalk W. Comminution of food with mandibular implant-retained overdentures. J Dent Res. 1994;73(12):1858–64.
53. Wismeijer D, van Waas MA, Kalk W. Factors to consider in selecting an occlusal concept for patients with implants in the edentulous mandible. J Prosthet Dent. 1995;74(4):380-4.
54. Schuyler CH. Factors of occlusion applicable to restorative dentistry. J Prosthet Dent. 1953;3(6):772-82.
55. Zarb GA, Bolender CL, Carlsson GE. Boucher's prosthodontic treatment for edentulous patients. 11th edition. Mosby, 1997, p. 265-70.
56. Jemt T, Lindquist L, Hedegard B. Changes in chewing patterns of patients with complete dentures after placement of osseointegrated implants in the mandible. J Prosthet Dent. 1985;53(4):578-83.
57. Schuyler CH. Considerations of occlusion in fixed partial dentures. Dent Clin N Am. 1959;37:175–85.
58. D'Amico A. Functional occlusion of the natural teeth of man. J Prosthet Dent. 1961;11(5):899-915.
59. Stuart CE. Good occlusion for natural teeth. J Prosthet Dent. 1964;14(4):716-24.
60. Stuart CE. Why dental restorations should have cusps. J South Calif Dent Assoc. 1959;27:198-200.
61. Stallard H, Stuart CE. Eliminating tooth guidance in natural dentitions. J Prosthet Dent. 1961(3);11:474-9.
62. Lucia VO. The gnatological concept of articulation. Dent Clin North Am. 1962;6:183-97.

63. D'Amico A. The canine teeth: normal functional relation of the natural teeth of man. J South Calif Dent Assoc. 1958;26(1):1-7.
64. Suvin M. Stomatološka protetika 1. Zagreb: Školska knjiga; 1979: p. 153-9.
65. Miyata T, Kobayashi Y, Araki H, Ohto T, Shin K. The influence of controlled occlusal overload on peri-implant tissue. Part 3: A histologic study in monkeys. Int J Oral Maxillofac Implants. 2000;15(3):425-31.
66. Weinberg LA. Reduction of implant loading with therapeutic biomechanics. Implant Dent. 1998;7(4):277–85.
67. Chen YY, Kuan CL, Wang YB. Implant occlusion: biomechanical considerations for implant supported prostheses. J Dent Sci. 2008;3(2):65-74.
68. Rungsiyakull C, Rungsiyakull P, Li Q, Li W, Swain M. Effects of occlusal inclination and loading on mandibular bone remodeling: A finite element study. Int J Oral Maxillofac Implants. 2011;26(3):527–37.
69. Kaukinen JA, Edge MJ, Lang BR. The influence of occlusal design on simulated masticatory forces transferred to implant-retained prostheses and supporting bone. J Prosthet Dent. 1996;76(1):50-5.
70. Lindquist LW, Rockerl B, Carlsson GE. Bone resorption around fixtures in edentulous patients treated with mandibular fixed tissue-integrated prostheses. J Prosthet Dent. 1988;59(1):59–63.
71. Rangert BR, Sullivan RM, Jemt TM. Load factor control for implants in the posterior partially edentulous segment. Int J Oral Maxillofac Implants. 1997;12(3): 360–70.
72. Morneburg TR, Pröschel PA. In vivo forces on implants influenced by occlusal scheme and food consistency. Int J Prosthodont. 2003;16(5):481–6.
73. Gauri M, Ramandeep D. Waxing techniques to develop proper occlusal morphology in different occlusal schemes. J Indian Prosthodont Soc. 2011;11(4):205–9.
74. Eskitascioglu G, Usumez A, Sevimay M, Soykan E, Unsal E. The influence of occlusal loading location on stresses transferred to implant-supported prostheses and supporting bone: A three-dimensional finite element study. J Prosthet Dent. 2004;91(2):144–50.
75. Kitamura E, Stegaroiu R, NomuraS, Miyakawa O. Biomechanical aspects of marginal bone resorption around osseointegrated implants: considerations based on a three-dimensional finite element analysis. Clin Oral Implants Res. 2014;15(4):401–12.
76. Blanes RJ, Bernard JP, Blanes ZM, Belser UC. A 10-year prospective study of ITI dental implants placed in the posterior region. II: Influence of the crown-to-implant

ratio and different prosthetic treatment modalities on crestal bone loss. Clin Oral Implants Res. 2007;18(6):707-14.

77. Esposito M, Grusovin MG, Maghaireh H, Worthington HV. Interventions for replacing missing teeth: different times for loading dental implants. Cochrane Database Syst Rev. 2013;28(3):CD003878.
78. Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallén O et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. Scand J Plast Reconstr Surg Suppl. 1977;16:1–132.
79. Gallucci GO, Hamilton A, Zhou W, Buser D, Chen S. Implant placement and loading protocols in partially edentulous patients: A systematic review. Clin Oral Implants Res. 2018;29(16):106–34.
80. Zhang S, Wang S, Song Y. Immediate loading for implant restoration compared with early or conventional loading: A meta-analysis. J Craniomaxillofac Surg. 2017;45(6):793–803.
81. Ottoni JM, Oliveira ZF, Mansini R, Cabral AM. Correlation between placement torque and survival of single-tooth implants. Int J Oral Maxillofac Implants. 2005;20(5):769–76.
82. Grandi T, Guazzi P, Samarani R, Tohme H, Khoury S, Sbricoli L et at. Immediate, early (3 weeks) and conventional loading (4 months) of single implants: Preliminarydata at 1 year after loading froma pragmatic multicentri c randomised controlled trial. Eur J Oral Implantol. 2015;8(2):115-26.
83. De Rouck T, Collys K, Wyn I, Cosyn J. Instant provisionalization of immediate single-tooth implants is essential to optimize esthetic treatment outcome. Clinical oral implants research. 2009;20(6):566-70.
84. Grandi T, Guazzi P, Samarani R, Grandi G. Immediate provisionalisation of single post-extractive implants versus implants placed in healed sites in the anterior maxilla: 1-year results from a multicentre controlled cohort study. Eur J Oral Implantol. 2013;6(3):285-95.
85. Lang NP, Pun L, Lau KY, Li KY, Wong MC. A systematic review on survival and success rates of implants placed immediately into fresh extraction sockets after at least 1 year. Clin Oral Implants Res. 2012;23(Suppl 5):39-66.
86. Balshi TJ, Hernandez RE, Pryszlak MC, Rangert BA. Comparative study of one implant vs. two replacing a single molar. Int J Oral Maxillofac Implants. 1996;11(3):372–8.

87. Yuan JC-C, Sukotjo C. Occlusion for implant-supported fixed dental prostheses in partially edentulous patients: a literature review and current concepts. J Periodontal Implant Sci. 2013;43(2):51.
88. Koyano K, Esaki D. Occlusion on oral implants: current clinical guidelines. J Oral Rehabil. 2014;42(2):153–61.
89. Michalakis KX, Calvani P, Hirayama H. Biomechanical considerations on tooth-implant supported fixed partial dentures. J Dent Biomech. 2012;3:1758736012462025.
90. Al-Omiri MK, Al-Masri M, Alhijawi MM, Lynch E. Combined Implant and Tooth Support: An Up-to-Date Comprehensive Overview. Int J Dent. 2017;2017:1–11.
91. Ćatović A, Komar D, Klaić B, Baučić I, Lazić-Šegula B, Bergman Gašparić L. Gubitak zuba i opskrba protetskim nadomjestcima osoba starije dobi u Zagrebu. Dentex 2009. Suvremeni protetski postupci s primjenom. Zagreb, 2009. p 37.
92. Wie H. Registration of localization, occlusion and occluding materials for failing screw joints in the Branemark implant system. Clin Oral Implants Res. 1995;6(1):47–53.
93. Taruna M, Chittaranjan B, Sudheer N, Tella S, Abusaad M. Prosthodontic perspective to all-on-4® concept for dental implants. J Clin Diagn Res. 2014;8(10):ZE16-9.
94. Browaeys H, Dierens M, Ruyffelaert C, Matthijs C, Bruyn HD, Vandeweghe S. Ongoing Crestal Bone Loss around Implants Subjected to Computer-Guided Flapless Surgery and Immediate Loading Using the All-on-4® Concept. Clin Implant Dent Relat Res. 2014;17(5):831–43.
95. Knezović Zlatarić D. Lokatori u svakodnevnoj protetskoj praksi. Vjesnik dentalne medicine. 2011;18:22-5.
96. Aarts JM, Payne AGT, Thomson WM. Patients Evaluation of Two Occlusal Schemes for Implant Overdentures. Clin Implant Dent Relat Res. 2008;10(3):140–56.
97. Sadowsky SJ. Occlusal overload with dental implants: a review. Int J Implant Dent. 2019;5:29.
98. Lewis M, Klineberg I. Prosthodontic considerations designed to optimize outcomes for single-tooth implants. A review of the literature. Aust Dent J. 2011;56(2):181–92.
99. Passanezi E, Sant'Ana ACP, Damante CA. Occlusal trauma and mucositis or peri-implantitis? J Am Dent Assoc. 2017;148(2):106–12.
100. Gupta S, Gupta H, Tandan A. Technical complications of implant-causes and management: A comprehensive review. Natl J Maxillofac Surg. 2015;6(1):3–8.

10. ŽIVOTOPIS

Ivan Lukšić rođen je 3. listopada 1994. godine u Splitu, živi u Kaštel Starom. Završio je Osnovnu školu Ostrog u Kaštel Lukšiću s odličnim uspjehom. Pohađao je 1. Gimnaziju u Splitu, također završio s odličnim uspjehom. Stomatološki fakultet u Zagrebu upisuje u akademskoj godini 2013/2014. Za vrijeme fakultetskoga obrazovanja sudjeluje u brojnim studentskim aktivnostima. Predsjednik Udruge studenata grada Splita od 2015. godine do 2017. godine. U tom vremenu vodio je razne projekte, većinom humanitarnog karaktera. Najznačajniji su "Veliko studentsko darivanje krvi", "Akcija dobrovoljnog upisa u registar zaklade Ana Rukavina" te "Humanitarna Splitska Noć". Dvije godine vodio projekt "Festival studentskih klapa". Znanstvenim radom se počeo baviti 2016 godine. Dobitnik Rektorove nagrade za individualni znanstveni rad u akademskoj godini 2016/2017.