

Usporedba preciznosti analognih i digitalnih otisaka u implantoprotetici

Sandrić, Ana

Postgraduate specialist thesis / Završni specijalistički

2024

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:127:666403>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-07**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu
Stomatološki fakultet

Ana Sandrić

**USPOREDBA PRECIZNOSTI
ANALOGNIH I DIGITALNIH OTISAKA U
IMPLANTOPROTETICI**

POSLIJEDIPLOMSKI SPECIJALISTIČKI RAD

Zagreb, 2024.

Rad je ostvaren u: Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet, Zavod za mobilnu protetiku

Naziv poslijediplomskog specijalističkog studija: Dentalna implantologija

Mentor rada: prof. dr. sc. Dubravka Knezović Zlatarić, Zavod za mobilnu protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Lektor hrvatskog jezika: Matea Glavinić, magistra hrvatskoga jezika i književnosti i povijesti

Lektor engleskog jezika: Marina Čatak, prof. engleskog jezika i književnosti

Sastav Povjerenstva za ocjenu poslijediplomskog specijalističkog rada:

1. _____
2. _____
3. _____

Sastav Povjerenstva za obranu poslijediplomskog specijalističkog rada:

1. _____
2. _____
3. _____

Datum obrane rada: _____

Rad sadrži: 37 stranica

1 tablicu

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 drugačije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu su izvorni doprinos autora poslijediplomskog specijalističkog 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 mentorici, prof. dr. sc. Dubravki Knezović Zlatarić na uloženom trudu, prijateljskom odnosu, razumijevanju i savjetima pri pisanju ovoga poslijediplomskog specijalističkog rada.

Zahvaljujem Luki i Riti na podršci, ljubavi i strpljenju.

Sažetak

USPOREDBA PRECIZNOSTI ANALOGNOG I DIGITALNOG OTISKIVANJA U IMPLANTOPROTETICI

Kako bi se pacijenta uspješno opskrbilo protetskim radom koji će trajati dugi niz godina potrebno je osigurati pasivan dosjed protetske suprastrukture na implantat. Za to je potreban precizan otisak i radni model. Otisak u implantoprotetskoj terapiji služi točnom prijenosu trodimenzionalnoga položaja implantata i njegovu odnosu prema periimplantatnim mekim tkivima, ostalim zubima iste i suprotne čeljusti. Analogni otisci standardno se uzimaju polieterima ili silikonima, tehnikom otvorene ili zatvorene žlice. Digitalni otisak uzima se intraoralnim skenerom. Uz veću ugodu za pacijenta, digitalno otiskivanje ima za prednost brzinu, mogućnost pohrane otiska, kao i olakšanu komunikaciju između ordinacije i laboratorija.

Da bi se postigla maksimalna preciznost, važno je pažljivo odabrati metodu otiskivanja ovisno o specifičnim kliničkim slučajevima i uvjetima. Kombinacija analogne i digitalne metode može pružiti najbolje rezultate. Realnost i točnost najvažniji su faktori koji utječu na preciznost otiska. Pojam istinitost/realnost (engl. *trueness*) odnosi se na odstupanje skena površine objekta od realnoga objekta, a pojam točnosti (engl. *accuracy*) opisuje stupanj slaganja ponovljenih skenova. Kako bi ušli u široku kliničku uporabu, nužno je da digitalni otisci intraoralnim skenerima budu jednako precizni ili precizniji od otisaka dobivenih konvencionalnom tehnikom otiskivanja. Istraživanja pokazuju da na preciznost digitalnoga otiska utječe iskustvo operatera, brzina i tehnika skeniranja, broj implantata, odnosno prisutnost preostalih zuba ili raspon bezubih prostora te dizajn posebno dizajnirane nadogradnje.

Razumijevanjem svojstava i ograničenja materijala za otiske, tehnika korištenja i čimbenika koji utječu na izbor načina otiskivanja, kliničari mogu optimizirati točnost i pouzdanost otisaka, što dovodi do boljih ishoda za pacijente i unapređuje stomatološke protetike.

Ključne riječi: pasivan dosjed; preciznost; intraoralni skeneri; analogni otisci

Summary

COMPARISON OF ACCURACY BETWEEN ANALOG AND DIGITAL IMPRESSIONS IN IMPLANT PROSTHETICS

In order to successfully provide a patient with a prosthetic work that will last for many years, it is necessary to ensure a passive fit of the prosthetic superstructure on the implant. This requires an accurate impression. In implant prosthetics, impressions serve to accurately transfer the three-dimensional position of the implant and its relationship to the peri-implant soft tissues, other adjacent teeth, and the opposing jaw. Analog impressions are typically taken using polyethers or silicones, with either an open or closed tray technique. Digital impressions are obtained using an intraoral scanner.

To achieve maximum precision, it is important to carefully select the impression-taking method based on specific clinical cases and conditions. Accuracy and trueness are the two most important factors influencing impression precision. Trueness refers to the deviation of the scanned surface from the real object, while accuracy describes the closeness of repeated scans. In order to achieve widespread clinical use, it is necessary for intraoral scanner impressions to be as precise as, or at least equally precise as, impressions obtained using conventional impression techniques. Research shows that the accuracy of digital impressions is influenced by the operator's experience, scanning speed and technique, the number of implants, the presence of remaining teeth, and the design of custom abutments.

By understanding the properties and limitations of impression materials, the techniques used, and the factors influencing the choice of impression method, clinicians can optimize the accuracy and reliability of impressions, leading to better outcomes for patients and advancing dental prosthetics.

Key words: passive fit; accuracy; intraoral scanners; conventional impression technique; digital impression technique

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. OTISAK U KONVENCIONALNOJ PROTETICI	4
2.1. Analogni otisak u konvencionalnoj protetici	5
2.1.1. Materijali za otiske	5
2.1.1.1. Hidrokoloide	5
2.1.1.2. Sintetički elastomeri	5
2.1.2. Žlice za otiskivanje	6
2.1.3. Tehnike otiskivanja	8
2.1.3.1. Jednovremena tehnika otiskivanja	8
2.1.3.1.1. Jednovremena tehnika otiskivanja u konfekcijskoj žlici	8
2.1.3.1.2. Jednovremena tehnika otiskivanja u individualnoj žlici	8
2.1.3.2. Dvovremena tehnika otiskivanja	9
2.1.3.2.1. Otisak dopunjavanja	9
2.1.3.2.2. Korekturni otisak	9
2.1.4. Rezultat otiskivanja	10
2.1.5. Faktori koji utječu na preciznost otiska	10
3. OTISAK U IMPLANTOPROTETICI	11
3.1. Analogni otisci u implantoprotetici	12
3.1.1. Vrste otisnih masa i otisne kapice/transferi	12
3.1.2. Tehnike otiskivanja	13
3.1.2.1. Tehnika zatvorene žlice	13
3.1.2.2. Tehnika otvorene žlice	13
3.2. Digitalni otisci u implantoprotetici	15
3.2.1. Intraoralni skeneri	16
3.2.2. Proces skeniranja	20
3.2.3. Posebno dizajnirane nadogradnje	21
4. USPOREDBA ANALOGNIH I DIGITALNIH METODA OTISKIVANJA	22
5. RASPRAVA	25
6. ZAKLJUČAK	29
7. LITERATURA	31
8. ŽIVOTOPIS	37

Popis skraćenica

3D – trodimenzionalan

CAD/CAM – *Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing*

IOS – intraoralni skener

STL – standardni transformacijski jezik

2D – dvodimenzionalan

CBCT – *Cone Beam Computed Tomography*

1. UVOD

Saniranje djelomične ili potpune bezubosti čest je postupak u kliničkoj praksi. Budući da se i situacije i pacijenti razlikuju, potrebno je u svakoj situaciji napraviti najbolji plan protetskog zbrinjavanja. Pravilan odabir materijala i metoda za uzimanje otiska ima ključnu ulogu za uspjeh u protetskoj terapiji, za izradu svih protetskih nadomjestaka, uključujući i one na implantatima.

Izbor mogućih protetskih rješenja raznolik je i ovisi o mnogim faktorima. Pored stvarnih oralnih uvjeta pacijenta, planiranje terapije zahtijeva i razmatranje pacijentovih želja, općeg zdravstvenog stanja te financijskih mogućnosti. Također, uspješnost terapije značajno ovisi o znanju i stručnosti terapeuta te tehničkim kapacitetima zubotehničkog laboratorija. Otisak je važan korak u modernoj dentalnoj medicini jer njime točno repliciramo oralne strukture za razne kliničke i laboratorijske procedure.

Otisak je reprodukcija situacije djelomično ozubljenosti ili bezube čeljusti u negativu, dobiven s pomoću materijala koji se u plastičnom stanju unose u usta pacijenta te stvrdnjavaju u kontaktu s tkivom. Izlijevanjem u sadri dobiva se model koji postaje vjerna kopija struktura usne šupljine (1). Otisci se koriste u stomatološkoj protetici pri izradi fiksnih i mobilnih protetskih radova te u ortodonciji pri izradi ortodontskih aparata i *retainera*. Uz navedene kliničke primjene, otisci se koriste i u znanstvene i forenzičke svrhe.

Preciznost otiska značajno utječe na uspjeh stomatološke terapije. Stoga je potrebno razumjeti svojstva otisnih materijala i poznavati pravilne tehnike otiskivanja. Tijekom godina raznovrsni materijali pojavljuju se na tržištu, poput alginata, silikona, polietera, intraoralnog skenera, svaki sa svojim prednostima i nedostacima (1, 2).

Otisak je osnovno sredstvo prijenosa situacije iz usta na radni model za izradu protetskog nadomjestka. Otisak mora vjerno prikazivati intraoralne strukture kako bi budući nadomjestak što preciznije nalijegao na zube i/ili gingivu, osiguravajući trajnost nadomjestka, a time i zadovoljstvo pacijenta.

Tradicionalno, otisak se uzima otisnim materijalom u žlici za otisak koja se aplicira u pacijentova usta. Stvrdnjavanjem otisne mase dobiva se negativ pacijentove situacije. U tu svrhu moguće je koristiti razne otisne materijale, o čemu, ovisno o situaciji, odlučuje doktor dentalne medicine.

Preciznost otiska primaran je uvjet za preciznu izradu radnog modela i precizni protetski nadomjestak. Neprecizan otisak rezultira stvaranjem nepreciznog modela, što dalje otežava izradu protetskog nadomjestka koji bi bio savršeno usklađen u 3 dimenzije s gingivom, zubima ili implantatima.

Zahvaljujući napredovanju digitalne tehnologije, sada postoji mogućnost primjene intraoralnih skenera kao zamjene za klasične metode uzimanja otisaka (3).

Svrha je ovoga preglednoga poslijediplomskog specijalističkog rada prikazati mogućnosti u otiskivanju u konvencionalnoj protetici i implantoprotetici te usporediti preciznost analognih i digitalnih metoda otiskivanja pri otiskivanju djelomične bezubosti i potpuno bezube čeljusti.

2. OTISAK U KONVENCIONALNOJ PROTETICI

Otisci su osnova konvencionalne protetike jer se koriste za bilježenje detalja i dimenzija oralnih struktura neophodnih za izradu protetskih nadomjestaka. Razlikujemo analogne i digitalne otiske.

2.1. Analogni otisak u konvencionalnoj protetici

Analogni otisak u konvencionalnoj protetici postupak je uzimanja otiska zuba i mekih tkiva pacijenta koristeći tradicionalne materijale i tehnike. U ovome postupku pacijentu se u usta stavlja elastični materijal koji se postupno stvrdnjava i stvara negativ otisnutih struktura. Tijekom godina razvijeni su različiti materijali i tehnike za otiske, svaka sa svojim prednostima i ograničenjima (3).

2.1.1. Materijali za otiske

Odabir materijala za otiske bitan je faktor u određivanju točnosti i kvalitete otisaka. Najčešće korišteni materijali jesu: hidrokoloide i sintetički elastomeri (silikoni, polieteri, vinil-polieteri) (3).

2.1.1.1. Hidrokoloide

Alginat, ireverzibilni hidrokoloide materijal za otiske, najčešće je korišten materijal zbog jednostavnosti upotrebe, niske cijene i prihvatljive preciznosti. Međutim, ima ograničenu dimenzijsku stabilnost i otpornost na trganje, što može utjecati na dugovječnost i dosjed protetskih nadomjestaka (3).

2.1.1.2. Sintetički elastomeri

Sintetički elastomeri nude bolju točnost i stabilnost, ali su skuplji i zahtijevaju osjetljiviju tehniku otiskivanja. Elastomeri se zbog svoje visoke preciznosti i dimenzijske stabilnosti učestalo upotrebljavaju kao materijal izbora za otiskivanje u protetici.

Adicijski silikoni sintetički su elastomeri koji na tržište dolaze u obliku pasta-pasta, odnosno, baze i katalizatora. Miješanjem dviju pasti (baze i katalizatora) dolazi do adicijske reakcije u kojoj nastaje umrežena silikonska guma. Adicijski silikoni izrazito su jednostavni za rukovanje, precizni i dimenzijski stabilni jer ne dolazi do stvaranja nusprodukata tijekom stvrdnjavanja. Iz navedenih razloga široko se primjenjuju u kliničkoj praksi. Potrebno je napomenuti da sumpor prisutan u prahu lateks rukavica i plahtica koferdama inhibira potpunu polimerizaciju, stoga se preporučuje izbjegavanje dodira. Uz navedeno, najveći nedostatak adicijskih silikona jest hidrofobnost (3).

Polieteri su sintetički elastomeri koji su u rijetkom stanju hidrofilni. To se svojstvo smatra glavnom prednosti polietera naspram adicijskih silikona. Na tržište dolaze u obliku dviju pasta, baze i katalizatora. Polimerizacija materijala ne započinje odmah po završetku miješanja pa je vrijeme manipulacije produženo. Po završetku stvrdnjavanja polieteri su krući od adicijskih silikona i teže se vade iz usta, što stvara neugodnost za pacijenta. Izrazito su otporni na trganje. Nadalje, polieteri imaju tiksotropno svojstvo. Tiksotropnost označava da materijal u dodiru s površinom (npr. zubima) postaje rjeđi, no pri apliciranju materijala u otisnu žlicu on se ne razlijeva. Zahvaljujući tiksotropnosti moguće je uzimanje otiska polieterom u konfekcijskoj žlici (3).

Vinilsiloksaneteri razvijeni su kombiniranjem najboljih svojstava polietera i polivinilsiloksana. Na tržištu ih je moguće pronaći u različitim konzistencijama (srednja, visoko viskozna, nisko viskozna). Također dolaze u brzostvrdnjavajućoj i normalno stvrdnjavajućoj varijanti. Izrazito su dimenzijski stabilni i kruti, no lako ih je ukloniti iz usta (za razliku od polietera). Nadalje, hidrofilni su u tekućem stanju, ugodnoga mirisa i pokazuju svojstvo tiksotropnosti (3).

2.1.2. Žlice za otiskivanje

Konfekcijske žlice za otiskivanje (Slika 1) metalne su žlice. Za mehaničku retenciju otisne mase imaju zadebljani rub (*rimlock*) ili perforacije. Podijeliti se mogu na žlice za gornju i donju čeljust, ozublenu, djelomično ozublenu ili bezubu čeljust. Da bi se žlica smatrala odgovarajućom potrebno je da udaljenost ruba žlice i zubnoga luka iznosi 3 – 5 mm (3).



Slika 1. Konfekcijske žlice za otiske

Individualna je žlica napravljena po anatomskom modelu pacijenta iz svjetlosno polimerizirajućega ili autoakrilata (Slika 2). Individualne žlice u potpunosti obuhvaćaju strukture koje se otiskuju i omogućavaju jednoličan sloj otisnog materijala. Time se smanjuje deformacija materijala pri vađenju materijala iz usta kao i polimerizacijska kontrakcija (3).



Slika 2. Individualna žlica za otisak u implantoprotetici

2.1.3. Tehnike otiskivanja

U konvencionalnoj protetici postoji nekoliko tehnika otiskivanja koje se koriste za uzimanje otiska zuba i oralnih struktura. Prednosti i nedostaci svake tehnike određuju izbor tehnike otiskivanja ovisno o situaciji u ustima pacijenta. Važno je uzeti precizan otisak kako bi se dobio kvalitetan protetski rad.

2.1.3.1. Jednovremena tehnika otiskivanja

Jednovremena tehnika, koja uključuje istovremenu primjenu kitastoga i rjeđega materijala, najjednostavnija je i najbrža tehnika, ali može ugroziti točnost zbog mogućnosti stvaranja zračnih mjehurića i distorzije materijala (4).

2.1.3.1.1. Jednovremena tehnika otiskivanja u konfekcijskoj žlici

Jednovremeni otisak u konfekcijskoj žlici izvodi se adicijskim silikonima različitih konzistencija. U jednovremenoj tehnici oba se materijala unose u žlicu, s time da se prvo unosi gušći, zatim rjeđi te se žlica s oba materijala unese u usta. Štrcaljkom se rjeđi materijal nanosi oko brušenih zuba u suvišku kako bi se smanjila mogućnost grešaka na spoju dvaju materijala (4).

2.1.3.1.2. Jednovremena tehnika otiskivanja u individualnoj žlici

Najprecizniji otisak u fiksnoj protetici jest jednovremeni otisak u individualnoj žlici. Izvodi se materijalom srednje konzistencije, najčešće polieterom ili adicijskim silikonom. Preporučeno je izbjegavati brzostvrdnjavajuće materijale. Materijale je moguće miješati na različite načine (ručno, u ručnom aplikatoru ili strojno). Međutim, važno je napomenuti da se najveća homogenost postiže strojnim miješanjem. Žlicu je prije aplikacije materijala potrebno premazati adhezivom i to preko rubova žlice. Pri otiskivanju materijal se, osim u žlicu, aplicira u suvišku na brušene zube, a preporučeno je nanijeti materijal i na sve nebrušene zube kako bi se spriječile inkluzije zraka u otisku (4).

2.1.3.2. Dvovremena tehnika otiskivanja

Dvovremena tehnika, koja uključuje primjenu krutoga materijala nakon čijega stvrdnjavanja slijedi materijal rjeđe konzistencije, pruža veću točnost, ali zahtijeva više vremena i vještine.

2.1.3.2.1. Otisak dopunjavanja

Otisak dopunjavanja izvodi se u konfekcijskoj žlici adicijskim silikonima. Prije brušenja uzima se otisak gustim materijalom. Zatim se uklone podminirana područja i interdentalni prostori nebrušenih zuba kako bi otisak lakše ponovno aplicirali u usta. Zatim se žlica isproba u ustima. Po završetku brušenja, isproba se žlica s gustim materijalom i ako unašanje nije otežano aplicira se rijetki materijal u žlicu i uokolo brušenih zuba. Žlica s materijalom potom se, bez pritiska, unosi u usta do potpunog stvrdnjavanja (4).

2.1.3.2.2. Korekturni otisak

Korekturni otisak uzima se elastomerima različitih konzistencija u konfekcijskoj žlici. Za razliku od otiska dopunjavanja, karakteristika je korekturnog otiska da se i prvi i drugi otisak uzimaju po završetku brušenja. Prvim otiskom gustim materijalom, nakon brušenja, dobiva se individualizacija konfekcijske žlice. Skalpelom se izrežu interdentalna područja nebrušenih zuba kao i podminirana područja i žlica se isproba. Rijetki se materijal nanosi okolo brušenih zuba i u žlicu te se ona unosi u usta i lagano pridržava.

Pritisak na žlicu ne smije biti suviše jak kako ne bi došlo do curenja rijetkoga materijala iz žlice ili probijanja gustoga materijala. Time se dobiva precizan otisak brušenih zuba (4).

2.1.4. Rezultat otiskivanja

Precizan otisak trebao bi obuhvatiti detaljan i točan prikaz pacijentovih oralnih struktura, uključujući zube, gingivu i okolna tkiva. Neke od ključnih značajki koje bi trebale biti vidljive u visokokvalitetnom otisku jesu točna anatomija zuba, jasni i definirani rubovi i precizan detalj mekoga tkiva.

Točna anatomija zuba podrazumijeva da otisak treba točno obuhvatiti veličinu, oblik i položaj svakoga zuba, uključujući okluzalne površine, interproksimalna područja i rubove gingive, također treba zabilježiti sve postojeće restauracije ili protetske radove (5). Nadalje, otisak treba obuhvatiti dobro definirane rubove oko svakoga zuba koji će se koristiti za izradu restauracije ili protetike – rubovi bi trebali biti oštri i bez ikakvih izobličenja, šupljina ili poderotina (6). Precizan detalj mekoga tkiva nalaže da bi otisak trebao uhvatiti konture i dimenzije mekoga tkiva, uključujući rubove gingive, pripoje frenuluma, *plicae buccalis* i dr. (5).

2.1.5. Faktori koji utječu na preciznost otiska

Nekoliko faktora može utjecati na točnost i pouzdanost otiska – prisutnost sline i krvi, izbor žlice i vještina operatera. Prisutnost krvi i sline kritična je jer može dovesti do distorzije otiska i time utjecati na točnost. Izbor žlice vrlo je važan jer loše postavljena ili nepravilna veličina žlice može dovesti do mjehurića, distorzije i drugih grešaka. Konačno, vještina i iskustvo operatera presudni su jer nepravilno rukovanje materijalima i tehnikama otiska može ugroziti točnost i kvalitetu otisaka (7). Uz navedeno, kako bi se smanjile greške pri uzimanju otiska, potrebno je pratiti upute proizvođača tijekom pripreme materijala za otiskivanje, nanijeti adheziv na individualnu žlicu, ako je potrebno, te pripaziti na skladištenje otiska do izlivanja (8).

3. OTISAK U IMPLANTOPROTETICI

U suvremenoj dentalnoj medicini nadoknada izgubljenih zuba implantatima je standardna, rutinska terapijska praksa (9). Dentalnim implantatima moguće je sanirati nedostatak jednoga ili više zuba kao i potpuno bezubu čeljust. Kako bi se pacijenta uspješno opskrbilo protetskim radom koji će trajati dugi niz godina potrebno je osigurati pasivan dosjed protetske suprastrukture na implantat. Za to je potreban precizan otisak i radni model (10). Otisak u implantoprotetskoj terapiji je pozicijski otisak te se uzima jednofaznom tehnikom s jednim materijalom srednje ili dva materijala različite konzistencije (4).

Analognim ili digitalnim otiskom prenosi se intraoralni položaj implantata na radni model. Točan prijenos trodimenzionalnog položaja implantata i njegov odnos prema drugim zubima ili implantatima te periimplantatnim mekim tkivima važan je parametar u dizajnu protetskog nadomjestka kojim će se osigurati dugovječnost implantata i izostanak bioloških i mehaničkih komplikacija (11).

3.1. Analogni otisci u implantoprotetici

Za izradu analognoga otiska koriste se otisne mase u žlici za otisak i otisne kapice za prijenos položaja implantata na radni model, na kojem se laboratorijskim analogom replicira točna pozicija implantata (11).

3.1.1. Vrste otisnih masa i otisne kapice/transfери

Budući da se radi o isključivo jednofaznom otisku materijal izbora su elastični materijali srednje i/ili rijetke konzistencije poput polivinil siloksana i polietera. Cilj je otiska što preciznije prenijeti položaj implantata u zubnom luku za što je potrebna određena komponentistika. Glavna komponentna otiska na implantatima je otisna kapica ili transfer koji se vijkom pričvrste na implantat. Svaki implantacijski sustav ima transfer drukčijeg oblika. Transfer ili ostaje retiniran u stvrđutoj otisnoj masi (tehnika otvorene žlice) ili ostaje na implantatu te se naknadno vrati u stvrđnuti otisak (tehnika zatvorene žlice). Neki sustavi imaju plastične kapice na transferima koje ostaju retinirane u otisku kako bi se lakše i preciznije repositionirao transfer u otisak (12).

3.1.2. Tehnike otiskivanja

Dvije su osnovne tehnike koje se primjenjuju za uzimanje otiska na implantat.

3.1.2.1. Tehnika zatvorene žlice

U tehnici zatvorene žlice otisak se uzima u konfekcijskoj žlici. Žlicu je potrebno isprobati u ustima i premazati adhezivom. Otisne kapice za uzimanje otiska paralelne su ili blago koničnog oblika kako bi se omogućilo lakše vađenje otiska iz usta, ali sadrže malo udubljenje ili zaravnjenje kako bi se točno repositionirali u otisak. S implantata se odvije pokrovni vijak i pričvrsti se otisna kapica pomoću vijka ili kopčom. Ako se otisna kapica pričvršćuje vijkom otvor na vrhu vijka treba zaštititi voskom kako otisna masa ne bi ušla u nj.

Potom se provjerava stabilnost otisne kapice, a individualna se žlica puni otisnim materijalom srednje konzistencije. Štrcaljku za nanošenje otisnog materijala oko otisne kapice puni se rijetkim otisnim materijalom.

Po završetku stvrdnjavanja materijala otisak se iznosi iz usta. Otisna kapica vezana na implantat kopčom ostaje fiksirana u otisku. Ako je otisna kapica pričvršćena na implantat vijkom ona nakon otiska zaostaje na implantatu i potrebno ju je odviti od implantata i poslati u laboratorij zajedno s otiskom. Sljedeća je faza spajanje laboratorijskog implantata s otisnom kapicom i izrada radnog modela. Ova tehnika indicira je kod većeg broja implantata ili za otiske na implantatima i prirodnim zubima istovremeno. Prednosti ovoga otiska jesu: potrebna jedna posjeta, jednostavnost postupka, niža cijena otisnih kapica, uporaba konfekcijske žlice, jednostavna primjena tehnike (13), dok su nedostaci: plastične otisne kapice, slaba kontrola dosjeda otisne kapice na implantat (14).

3.1.2.2. Tehnika otvorene žlice

Individualna se žlica prilagođava na anatomskom modelu prije samoga procesa uzimanja otiska, gdje se iznad pokrovnih vijaka izrađuju širi otvori od otisnih kapica. Nakon što se pokrovni vijci odvijaju, otisne se kapice pričvrste na implantat pomoću vijka.

Žlica se potom testira, a po potrebi se korigiraju otvori za otisne kapice. Posebna pažnja posvećuje se tome da zadnja retencija otisne kapice proviruje kroz otvor na individualnoj žlici. Adhezivom se premazuje individualna žlica i napuni materijalom za otisak srednje gustoće.

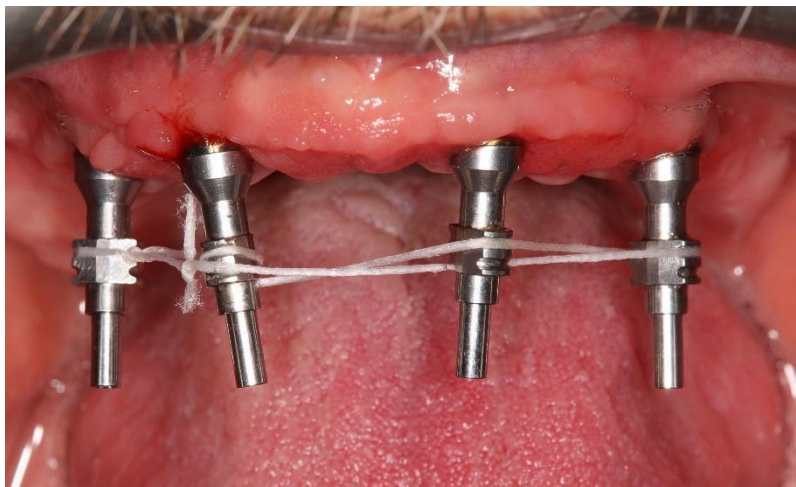
Potrebno je prekriti otvore na žlici voskom kako bi se spriječilo curenje otisne mase. Također, važno je zaštititi otvore za vijak kako bi se spriječilo prodiranje otisne mase. Materijal se nanosi oko otisne kapice i na nju pomoću štrcaljke, nakon čega se individualna žlica postavlja s preostalim materijalom.

Otisna kapica retinira u otisnoj masi čime se ostvaruje stabilnost otisne kapice za otisak i sprječava njezino pomicanje. Vijci koji spajaju otisnu kapicu i implantat odvijuju se te se otisak vadi iz usta. Otisna kapica nakon vađenja otiska ostaje fiksirana u materijalu za otisak. Završetkom otiskivanja slijedi spajanje laboratorijskog implantata s otisnom kapicom te izrada radnog modela (13).

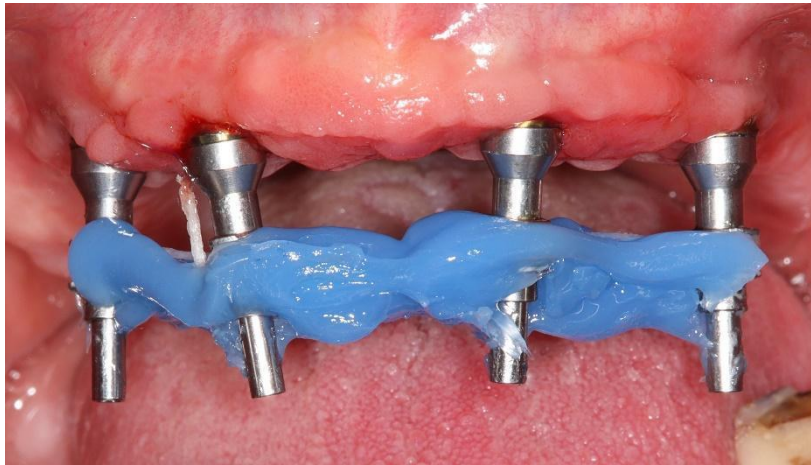
Stabilnost otisne kapice za uzimanje otiska postiže se time da ona ostaje retinirana u otisnoj masi, sprječavajući tako njezino pomicanje. Nakon što se vijci koji povezuju otisnu kapicu s implantatom odvijuju, otisak se izvlači iz usne šupljine. Otisna kapica ostaje fiksirana u materijalu za otisak nakon izvlačenja otiska. Završetak postupka uzimanja otiska označava se spajanjem laboratorijskog implantata s otisnom kapicom i izradom radnog modela (13).

Ako se uzima otisak većeg broja implantata jedne čeljusti, neki autori, radi veće preciznosti otiska, predlažu povezivanje transfera akrilatnom ili kompozitom (Slika 3 i 4) kako bi se stvorila kompaktna veza, odnosno povezali svi implantati koji se otiskuju.

Povezivanje transfera provodi se kako bi se spriječio pomak svakoga pojedinog transfera u elastičnom otisnom materijalu. Povezani transferi u usporedbi s nepovezanim transferima pokazuju veću preciznost položaja implantata tijekom otiskivanja (14).



Slika 3. Povezivanje transfera koncem kao baza za autoakrilat



Slika 4. Povezivanje transfera autoakrilatom preko končane baze

Prednosti otiska otvorenom žlicom jesu: preciznost, kontrola dosjeda otisne kapice na implantat i na laboratorijski implantat, a nedostaci ove tehnike su: potreba za individualnom žlicom (dvije posjete), zahtjevnost postupka i cijena otisnih kapica (15).

3.2. Digitalni otisci u implantoprotetici

Digitalna je tehnologija postala sveprisutna u stomatologiji i protetici posljednjih godina, nudeći niz prednosti u usporedbi s analognim metodama. Primjena digitalnih otisaka u konvencionalnoj protetici nudi brojne prednosti, primjerice brži i jednostavniji otisak u usporedbi s analognim otiscima, točniji jer je eliminirana ljudska greška koja može nastati tijekom uzimanja analognih otisaka, također su udobniji za pacijenta jer ne zahtijevaju upotrebu materijala za otiske. Unatoč brojnim prednostima, digitalni otisci imaju i neke nedostatke. Jedan je od najvećih nedostataka digitalnih otisaka cijena opreme i softvera potrebnih za njihovo snimanje. Također, potrebna je dodatna obuka osoblja kako bi se mogli koristiti digitalnom tehnologijom za snimanje otisaka (15).

Digitalni otisak uzima se pomoću intraoralnog skenera. Rad intraoralnog skenera započinje emitiranjem laserske zrake prema objektu koji će se digitalizirati. Dodirom zrake i objekta dolazi do transformacije zrake i taj se optički efekt registrira s dvije ili više kamera u vršku intraoralnog skenera (16, 17). Softver tada prikupljene informacije preračunava u geometrijske podatke o skeniranome objektu. Korištenjem računalom potpomognutog oblikovanja i izrade (poznato kao CAD/CAM - Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing) stvara se virtualni model u softveru i oblikuje budući protetski nadomjestak. Zatim se nadomjestak izrađuje u stroju za glodanje prema zadanim informacijama. Glodalicom se iz tvornički pripremljenih blokova materijala oblikuje nadomjestak, dok se 3D printerom slojevito gradi nadomjestak koristeći materijale. Sastavnice ovog CAD/CAM sustava za dentalnu primjenu obuhvaćaju dentalni skener, softver i stroj za glodanje, ili 3D pisač (18).

Digitalni otisak moguće je dobiti skeniranjem direktno u ustima ili indirektno, skenirajući gipsani model ili konvencionalni otisak (19).

3.2.1. Intraoralni skeneri

Dentalni skeneri predstavljaju kompleksne uređaje koji uključuju ručnu kameru, računalo i specijalizirani softver. Zadatak intraoralnog skenera (IOS) jest precizno zabilježiti optički otisak putem trodimenzionalnoga skeniranja jedinicom za snimanje koja transformira geometrijski oblik zuba i nadogradnje u digitalni format koji se najčešće koristi, poznat kao standardni transformacijski jezik (STL format). Ovaj STL format obrađuje se u softveru te se koristi za daljnju komunikaciju između stomatološke ordinacije i dentalnog laboratorija, ili se direktno šalje u stroj za glodanje povezan s računalom.

U tom stroju izrađuje se potrebni nadomjestak, koristeći pretpripremljene materijalne blokove (20). Za snimanje optičkog otiska kamere koriste projekciju svjetlosti kako bi detektirale hrapavosti objekata i registrirale ih kao podatke o njihovom trodimenzionalnom izgledu u obliku pojedinačnih slika ili videa. Nakon prepoznavanja ključnih točaka, softver može izvršiti konačnu obradu tih podataka (21).

Glavna značajka koju bi IOS trebao imati jest preciznost: skener bi trebao imati sposobnost napraviti precizan otisak. Preciznost je zbroj istinitosti i točnosti. U inženjerstvu, istinitost se definira kao bliskost slaganja između izmjerene vrijednosti i stvarne vrijednosti mjerenoga objekta. Točnost se definira kao bliskost slaganja izmjerenih vrijednosti dobivenih ponavljanim mjerenjima na istim objektima pod određenim uvjetima (22, 23).

Idealno, IOS bi trebao imati visoku istinitost (trebao bi moći odgovarati stvarnosti što je moguće bliže). IOS bi stoga trebao biti što je moguće istinitiji, to jest, biti u stanju detektirati svaki detalj objekta i omogućiti uspostavljanje virtualnog 3D modela što je moguće sličnije stvarnome modelu, te malo ili uopće ne odstupati od stvarnosti. Jedini je način izračunavanja istinitosti IOS-a preklapanje njegovih skeniranja s referentnim skeniranjem dobivenim moćnim industrijskim strojem (industrijski optički skener, zglobna ruka, koordinatni mjerni stroj) (23).

Nakon preklapanja ovih slika/modela, softver za obrnuti inženjering može se koristiti za generiranje kolorimetrijskih mapa koje prikazuju udaljenosti/razlike između površina IOS-a i referentnog modela na mikrometrijskoj razini. Preciznost se može lakše izračunati, jednostavnim preklapanjem različitih skeniranja/modela snimljenih s istim IOS-om u različito vrijeme i ponovnim vrednovanjem udaljenosti/razlika na mikrometrijskoj razini.

Tehnički, IOS bi mogao imati visoku istinitost, ali nisku preciznost, ili obrnuto. U oba slučaja, optički otisci ne bi bili zadovoljavajući: to bi negativno utjecalo na cijeli tijek protetskog rada, gdje je smanjenje rubne pukotine glavni zadatak modernih tehnologija. Istinitost i preciznost uglavnom ovise o softveru za prikupljanje/obradu skenera, koji obavlja najteži zadatak: izgradnju 3D virtualnih modela. Razlučivost snimanja, to jest minimalna razlika koju instrument može izmjeriti (tj. osjetljivost instrumenta) također je važna; međutim, to ovisi o kamerama unutar skenera, koje su općenito vrlo moćne (24).

Istinitost i preciznost, međutim, nisu jedini elementi koji mogu razlikovati uređaje koji su trenutno komercijalno dostupni. Cijeli niz elemenata (potreba za kondenzaciju prahom, brzina skeniranja, veličina vrha, sposobnost snimanja otisaka u boji) razlikuje IOS u smislu njihove kliničke uporabe. Konkretno, sustavi za skeniranje mogu se razlikovati ovisno o tome postoji li besplatan sustav sa svim dostupnim CAD softverom (otvoreni naspram zatvorenih sustava) i troškovima nabave/upravljanja (24).

Potreba za prahom i zatamnjenjem tipična je za IOS prve generacije; novije predstavljeni uređaji mogu detektirati optičke otiske bez upotrebe praha. Tehnički, treba dati prednost skeneru koji kliničaru omogućuje rad bez zamućenja; zapravo, prah može predstavljati neugodnost za pacijenta. Osim toga, nanošenje jednolikoga sloja praha jest složeno. Neodgovarajuća tehnika opacizacije može rezultirati slojevima različite debljine na različitim točkama zuba, uz rizik od pogrešaka koje smanjuju ukupnu kvalitetu skeniranja (24).

Brzina skeniranja svakako je od velike važnosti za IOS. Ovaj skener ima različite brzine skeniranja, a uređaji najnovije generacije općenito su brži od najstarijih. Međutim, literatura nije razjasnila koji uređaj može biti učinkovitiji; zapravo, brzina skeniranja ne ovisi samo o uređaju već uvelike o iskustvu kliničara. Veličina vrha također igra važnu ulogu, posebno u slučaju drugog i trećeg kutnjaka (tj. stražnjih regija maksile/mandibule). Skener s vrhom ograničenih dimenzija bio bi poželjan zbog udobnosti pacijenta tijekom skeniranja; međutim, čak i skeneri s voluminoznijim vrhovima omogućuju izvrsno skeniranje u stražnjim područjima (25).

Konačno, IOS bi se trebao moći uklopiti u „otvoreni“ tijekom rada i trebao bi imati pristupačnu cijenu kupnje i upravljanja. U idealnom slučaju, IOS bi trebao imati dva izlaza: vlasničku datoteku i datoteku otvorenoga formata (npr. STL, OBJ, PLY). Datoteke otvorenog formata mogu se odmah otvoriti i koristiti u svim CAD protetskim sustavima. U takvim slučajevima literatura se općenito poziva na „otvoreni sustav“.

Prednost je ovih sustava svestranost, s potencijalnim smanjenjem troškova (nema potrebe za kupnjom posebnih CAD licenci ili plaćanjem za otključavanje datoteka). Međutim, određeni stupanj iskustva može biti potreban, u početku, za povezivanje različitih softvera i strojeva za glodanje. Ovaj se problem ne pojavljuje u slučaju IOS-a unutar „zatvorenog sustava“. Takvi skeneri kao izlaz imaju samo referentnu vlasničku (zatvorenu) datoteku koja se može otvoriti i obraditi samo pomoću CAD softvera iste proizvodne tvrtke. Nemogućnost slobodnog raspolaganja STL datoteke, odnosno potreba za plaćanjem naknada za njihovo otključavanje, svakako predstavljaju glavna ograničenja zatvorenih sustava. Međutim, uključivanje u integrirani sustav može potaknuti tijekom rada, posebno u slučaju manje iskusnih korisnika. Osim toga, neki zatvoreni sustavi nude potpuno integrirani digitalni tijekom rada, od skeniranja do glodanja, te pružaju rješenja u ordinaciji. Konačno, pretvaranje datoteka (npr. pretvaranje vlasničkih datoteka u otvorene formate) može dovesti do gubitka kvalitete datoteka i informacija (25).

Trenutačne kliničke primjene IOS-a iznimno su široke, budući da se ovi uređaji ne koriste samo u fiksnoj protetici za dobivanje virtualnih modela potrebnih za izradu cijeloga niza protetskih nadomjestaka (*inlay, onlay, overlay*, pojedinačne krunice, mostovi kraćeg raspona) na prirodnim zubima i implantatima, ali i u implantologiji za vođenu kirurgiju kao i u ortodontiji. Nadalje, dentogingivalne informacije snimljene IOS-om mogu biti dodane informacijama o koštanom tkivu dobivene CBCT-om. S informacijama o licu pacijenta snimljenim skenerom lica, omogućuje kliničarima da integriraju različite formate datoteka u jedan model koji se može koristiti za kirurško, protetsko i ortodontsko planiranje – to se naziva „virtualnim pacijentom“ (26). Sve navedeno prikazano je u Tablici 1.

Tablica 1. Pozitivne i negativne značajke IOS-a

Značajka	Pozitivno	Negativno
Preciznost	Visoka	Niska
Istinitost	Visoka	Niska
Rezolucija	Visoka	Niska
Potreba za kondenziranjem prahom	Ne	Da
Brzina skeniranja	Brz	Spor
Veličina vrha skenera	Mala/ Tanka	Velika/ Debela
Slike u boji	Da	Ne
Sustav	Otvoren	Zatvoren

3.2.2. Proces skeniranja

Pacijentu se objašnjava postupak skeniranja, a ako je potrebno, provode se standardni koraci higijene usta. Kako bi se osigurala jasna slika, neophodno je osušiti područje koje se skenira. Stomatolog uzima intraoralni skener kako bi pažljivo, ravnomjernim pokretima, prešao preko područja koje se skenira. Glavu skenera potrebno je postaviti što bliže skeniranom području. Važno je naglasiti da se tijekom vestibularnog snimanja prelazi i na okluzalne plohe, odnosno incizalne bridove kako ne bi došlo do duplikatura u konačnom skenu. Terapeut na monitoru prati snimku skeniranoga područja, a proizvođači imaju i zvučni signal praćenja skeniranja koji se oglašava dok je snimka u kontinuitetu. Naposljetku, provjerava se kvaliteta snimljenih podataka kako bi se osigurala cjelovitost i preciznost. Za uspješnu protetsku sanaciju, potrebno je snimiti radnu čeljust kao i nasuprotnu te registrirati zagriz. Po završetku, terapeut izabire dentalni laboratorij u koji će poslati digitalni otisak (17).

3.2.3. Posebno dizajnirane nadogradnje

Posebno dizajnirane nadogradnje (engl. *scan bodies*) male su radioopaktne komponente koje se pričvrste na implantat kako bi se mogao snimiti digitalni otisak (Slika 5). Nadogradnja za skeniranje pričvršćena je vijkom za implantat ili je samo nataknuta na njega. Karakteristike posebno dizajnirane nadogradnje kao što su vrsta veze, dizajn, dimenzije, materijal od kojega je nadogradnja izrađena, mogućnost sterilizacije, površina i softver/skener kompatibilnost može utjecati na ukupnu preciznost intraoralnog skenera. Trenutačno se posebno dizajnirane nadogradnje proizvode kao monolitne komponente ili kombinacija dvaju materijala, poput legure titana, polietereeterketona (PEEK), legure aluminija i raznih smola.

Dizajn se sastoji od dviju jedinica – područja skeniranja (dio koji se skenira IOS-om) i baze (dio kojim posebno dizajnirana nadogradnja naliježe na implantat). Oblik baze posebno dizajnirane nadogradnje ovisi o dimenziji platforme i vrsti spoja implantata (25).

Geometrija posebno dizajniranih nadogradnji varira od sferičnoga do cilindričnog dizajna s različitim oblicima između tih oblika. Visina komercijalno dostupnih nadogradnji za skeniranje kreće se 3 – 17 mm (26).



Slika 5. Skenirane posebno dizajnirane nadogradnje

4. USPOREDBA ANALOGNIH I DIGITALNIH METODA OTISKIVANJA

Digitalni otisci izrađuju se intraoralnim skenerima koji rabe optičke metode za registraciju položaja implantata i prenose ga na virtualni model. Pasivan dosjed protetske suprastrukture na implantat smatra se ključnim faktorom za prevenciju bioloških i tehničkih komplikacija te dugoročnu uspješnost implantoprotetske terapije. Za pasivan dosjed protetske suprastrukture potreban je vjerodostojan otisak.

Digitalni otisci imaju nekoliko prednosti pred konvencionalnim otiscima: među njima najvažnija je smanjenje stresa i nelagode pacijenta. Ustvari, mnogi pacijenti danas imaju tjeskobu i jak refleks povraćanja i stoga ne podnose konvencionalne otisne postupke; u tim je slučajevima korištenje IOS-a u zamjenu za žlice za otisak i otisnih materijala idealno rješenje. Štoviše, digitalni otisci uzimaju se u vremenski kraćem periodu i mogu stomatologu pojednostaviti kliničke postupke, posebno za složene otiske (u dentalnoj implantologiji, kada je prisutno više implantata). Osim toga, digitalni otisci eliminiraju gipsane modele, štede vrijeme i prostor te omogućuju bolju komunikaciju sa zubnim tehničarom. Jednako tako, IOS poboljšavaju komunikaciju s pacijentima i stoga su moćan marketinški alat za modernu stomatološku kliniku. Suprotno tome, nedostaci korištenja optičkih otisaka su poteškoće u otkrivanju linije preparacije smještene subgingivno i/ili u slučaju krvarenja, krivulja učenja te troškovi nabave i upravljanja (27, 29).

Što se tiče točnosti u usporedbi s konvencionalnim otiscima, digitalni otisci jednako su precizni za pojedinačne restauracije ili mostove od 3 – 4 elementa na prirodnim zubima i na implantatima; nasuprot tome, konvencionalni otisci još uvijek se čine najboljim rješenjem za mostove velikog raspona, kao što su puni lukovi na prirodnim zubima i implantatima (30). Postoji krivulja učenja za usvajanje IOS-a u stomatološkoj klinici. Doktori s većim afinitetom prema svijetu tehnologije i računala (npr. mladi stomatolozi) vrlo će lako usvojiti IOS u svojoj praksi(28). Stariji kliničari s manje iskustva i strasti za tehnološke inovacije mogli bi smatrati da je korištenje uređaja i povezanog softvera složenije. Do danas se u znanstvenoj literaturi smatra da je točnost digitalnih otisaka klinički zadovoljavajuća i slična onoj konvencionalnih otisaka u slučaju nadomjestka jednog zuba i mostova do 4 – 5 elemenata. Zapravo, istinitost i točnost dobivena digitalnim otiscima za restauracije kratkog raspona usporediva je s onima dobivenim konvencionalnim otiscima. Međutim, čini se da digitalni otisci nemaju istu preciznost kao konvencionalni otisci u slučaju mostova širokog raspona kao što su mostovi s više od 5 elemenata ili mostova s punim lukom na prirodnim zubima ili implantatima. Pogreška nastala tijekom intraoralnog skeniranja cijelog zubnog niza nije kompatibilna s

izradom nadomjestaka velikog raspona, za koje su još uvijek indicirani konvencionalni otisci (28).

U sistematskom preglednom radu iz 2021. godine obrađeni su radovi koji analiziraju vrijeme potrebno za uzimanje analognog i digitalnog otiska jednoga kvadranta i cijele čeljusti. Rezultati su pokazali da je IOS brži od konvencionalnih otisaka bez obzira skenira li se jedan kvadrant ili cijela čeljust. Potrebno je naglasiti da je vrijeme uzimanja otiska smanjeno nakon što se postupak ponovi dovoljan broj puta da prijeđe u rutinu kliničaru (29).

Međutim, Al-Ibrahim i sur. u svom radu dokazali su da brzina skeniranja negativno utječe na istinitost skeniranoga područja tijekom skeniranja cijele čeljusti, ali ne utječe na točnost skeniranja (30).

Jedan od najčešćih problema s IOS-om i digitalnim otiscima je teškoća u skeniranju marginalnih rubova preparacije na zubima smještene duboko subgingivno. Razlog tomu je što svjetlu skenera može biti teže ispravno detektirati cijelu završnu liniju. Zapravo, za razliku od konvencionalnih materijala za otiske, svjetlost ne može fizički odvojiti desni i stoga ne može registrirati područja koja dodiruju meka tkiva. Slični se problemi mogu pojaviti u slučaju krvarenja, budući da krv može zakloniti rubove preparacije. Unatoč tome, uz odgovarajuću pažnju i brzinu (gingivalni sulkus ima tendenciju zatvaranja odmah nakon uklanjanja retrakcijskih končića) i odgovarajuće strategije za naglašavanje preparacijske linije – tehnika umetanja jednostrukog ili dvostrukog retrakcijskog konca i paste te izbjegavanje krvarenja (izvršna oralna higijena i provizoriji s ispravnim izlaznim profilom), moguće je napraviti dobar digitalni otisak. Osim toga, zdrava meka tkiva neophodna su za dobar digitalni otisak. Sva ova razmatranja vrijede za prirodne zube, ali ne i za dentalne implantate, gdje uporaba specijalno dizajniranih nadogradnji rješava svaki problem (30).

Neki autori tvrde da, iako najmoderniji intraoralni skeneri ne mogu trenutačno zamijeniti tradicionalnu tehniku uzimanja otisaka, brz razvoj tehnologije definitivno će to uskoro omogućiti (31). Sistematski pregled koji su proveli Bohner i suradnici pokazao je da intraoralni skeneri pružaju izuzetnu preciznost pri skeniranju potpunoga zubnog niza, ali taj stupanj preciznosti opada kada se skenira bezuba čeljust (32).

5. RASPRAVA

Svaka terapija usmjerena na protetiku i implantoprotetiku počinje s prikupljanjem točnog i visokokvalitetnog otiska kako bi se na koncu postigao funkcionalno i estetski zadovoljavajući implantoprotetski rezultat. Otisak može biti napravljen primjenom konvencionalnih otisnih metoda ili digitalnih otisnih tehnika. Iako su konvencionalni otisci visoko precizni za implantoprotetske radove postoje neki nedostaci tehnike kao što su dimenzijske promjene, potrebno vrijeme, neugodnost za pacijenta i tehničke poteškoće (33).

Prednosti su digitalnih otiska ugodnost za pacijenta, brža komunikacija između dentalnoga laboratorija i ordinacije, mogućnost arhiviranja otiska te smanjena mogućnost distorzije otiska i nema potrebe za izradom radnoga modela (11, 34).

Mnogi autori navode da u potpunosti pasivan dosjed nije moguće postići zbog velikoga broja koraka u postupku izrade protetske konstrukcije, posebice kad je riječ o potpuno i djelomično bezubim čeljustima gdje se radi veći broj implantata. Postojanje mikropukotine u literaturi se tolerira između 10 i 150 mikrona, međutim, kako bi se izbjegle biološke i tehničke komplikacije, dogovoreno je da ta vrijednost iznosi između 30 i 50 mikrona (35, 36, 37).

Polieteri se široko koriste u implantološkoj protetici zahvaljujući izvrsnim svojstvima, uključujući veću čvrstoću u usporedbi s polivinilsiloksanima. Visoka hidrofilnost polietera omogućuje pouzdanu reprodukciju detalja, čak i u prisutnosti krvi ili slina, u pacijenata s djelomičnom ili potpunom bezubosti (38).

Prema Burnsu i suradnicima, individualna žlica, koja je veće krutosti u usporedbi s konfekcijskim žlicama, omogućuje dobivanje preciznijega otiska zbog bolje raspodjele otisnog materijala unutar žlice (39). Međutim, Shen i sur. smatraju da korištenje individualnih žlica nije ključno za poboljšanu preciznost ako se koriste polietri i PVS, jer ovi elastomerni materijali već imaju zadovoljavajuću čvrstoću i visoku dimenzionalnu stabilnost, što su oba ključna faktora za smanjenje rizika od deformacija (40).

Tijekom otiskivanja većeg broja implantata preporučeno je povezivanje transfera akrilatnom smolom kako bi se spriječio pomak transfera pri vađenju žlice iz usta pacijenta. Međutim, polimerizacijski stres pri stvrdnjavanju akrilata uzrokuje pogrešku.

Mojon i sur. prijavili su stopu skupljanja od 7,9 % nakon 24 sata. Gotovo 80 % skupljanja događa se u prvih 17 minuta. Skupljanje akrilatne smole izravno je proporcionalno masi splinta. Stoga, rezultirajuća duljina splinta kada su prisutni dugi rasponi u otiscima cijeloga luka može negativno utjecati na dimenzijsku stabilnost korištene smole.

No, digitalni protokoli za implantate još su kontroverzni zbog različitih metoda skeniranja i tehnologije, dubine i kuta implantata te vrste materijala i oblika nadogradnji za skeniranje (41, 42, 43).

U radu Marques i sur. utvrđeno je da na točnost obje metode utječe više čimbenika, kao što su položaj i nagib implantata, implantološki sustav, vrsta skenera, uvjeti u usnoj šupljini te vještina operatera (44).

Menini i sur. tvrde da se intraoralni skeneri mogu koristiti za izradu digitalnoga otiska implantata u potpuno bezuboj čeljusti, pružajući zadovoljavajući pasivan dosjed. U njihovu radu digitalni otisak uzimali su neiskusni kliničari s jednim danom treninga koji je prethodio istraživanju te su linearne greške i greške angulacije bile prisutne (45). Do sličnih rezultata došli su i Gimenez i sur. koji su ispitivali preciznost digitalnih otisaka iskusnih i neiskusnih kliničara. Zaključili su da je potrebno iskustvo kako bi se povećala preciznost pri skeniranju. Međutim, budući da je iskustvo subjektivno, ne može se sa sigurnošću reći o kojem je broju ponavljanja riječ kako bi se dobila pozitivna linija učenja (46).

S druge strane, Andriessen i sur. zaključuju da su linearne greške i greške angulacije bile statistički značajne da bi se postigao pasivan dosjed na implantatima u potpuno bezubim mandibulama. Autori su kao vjerojatan razlog naveli nedostatak orijentira (zuba) pri skeniranju (47).

Mnogi autori podržavaju točnost digitalnih otisaka za skeniranje pojedinačnih implantata, međutim, širi bezubi prostori i veći broj implantata glavne su prepreke potpunome digitalnom tijeku rada. Gimenez i sur. izvijestili su da što je skenirani raspon bezubosti veći, to je veća razlika u linearnim i kutnim mjerenjima na modelu, što se može pripisati akumuliranoj pogrešci tijekom procesa spajanja slika (46). Međutim, u literaturi ostaje nejasno koji je broj implantata koji se može skenirati, a da nema klinički značajnog utjecaja na preciznost skeniranja (17, 48, 49).

Izbor IOS-a koji će se koristiti možda neće imati značajan utjecaj na točnost digitalnih otisaka jer svi najnoviji uređaji daju klinički prihvatljive rezultate. Međutim, protokol skeniranja može utjecati na točnost digitalnih otisaka i treba uzeti u obzir preporuke različitih IOS-a (50). Giménez-González i sur. kažu da protokol skeniranja može utjecati na preciznost digitalnih otisaka.

Zaključeno je da su kutna odstupanja značajno povećana kroz zubni luk od početne točke, što sugerira da kod djelomičnih bezubosti protokol skeniranja treba započeti na području restauracije kako bi se postigao najtočniji rezultat. U istom radu autori navode dizajn i vidljivost posebno dizajnirane nadogradnje kao faktor utjecaja na preciznost digitalnoga otiska. Naime, što je implantat dublje smješten potrebna je duža posebno dizajnirana nadogradnja, a prednost daju posebno dizajniranim nadogradnjama nepravilnog oblika, međutim naglašavaju potrebu za dodatnim istraživanjima o utjecaju dizajna posebno dizajnirane nadogradnje na preciznost digitalnoga otiska kao i utjecaj materijala od kojega je nadogradnja izrađena (46).

Većina dostupnih studija o utjecaju angulacije implantata na preciznost digitalnih otisaka podržava teoriju da nagib implantata nema utjecaja. Uzimajući u obzir da su sva istraživanja rađena *in vitro*, s optimalnim uvjetima okoline, sa stabiliziranim modelima i bez svojstava povezanih s pacijentom koji mogu utjecati na digitalni otisak, kao što su slina i pokreti glave, zaključuje se da su potrebne daljnje *in vivo* studije kako bi se procijenio utjecaj angulacije implantata na točnost digitalnih otisaka (19, 46, 51).

6. ZAKLJUČAK

Zaključno, intraoralni skeneri pouzdan su i precizan alat za snimanje digitalnih otisaka. Istraživanja pokazuju da je preciznost digitalnih otisaka usporediva s konvencionalnim tehnikama uzimanja otisaka, uz bolju udobnost za pacijenta i smanjeno vrijeme trajanja postupka. Razumijevanjem svojstava i ograničenja materijala za otiske, tehnika korištenja i čimbenika koji utječu na izbor načina otiskivanja, kliničari mogu optimizirati točnost i pouzdanost otisaka, što dovodi do boljih ishoda za pacijente i unapređuje stomatološke protetike. Potrebna su daljnja klinička istraživanja kako bi se potvrdila preciznost intraoralnih skenera u različitim kliničkim uvjetima te procijenio njihov utjecaj na zadovoljstvo pacijenata.

7. LITERATURA

1. Čabov T, Kovač Z. Dentalna implantologija. Zagreb: Quintessence Publishing Hrvatska; 2022. p.108.
2. Tian Y, Chen C, Xu X, Wang J, Hou X, Li K, Lu X, Shi H, Lee ES, Jiang HB. A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. *Scanning*. 2021;2021:9950131.
3. Mehulić K i sur. Dentalni materijali. Zagreb: Medicinska naklada; 2017. p 242-332.
4. Čatović A, Komar D, Čatić A, et al. Klinička fiksna protetika I- Krunice. Zagreb: Medicinska naklada; 2015. p. 47-63, 149-55.
5. Pathak A, Dhamande MM, Sathe S, Bhojar A, Gujjelwar S. Rehabilitation of Malpositioned Implant in the Anterior Region With Customized Abutment. *Cureus*. 2023;15(12).
6. Papaspyridakos P, Bordin TB, Kim YJ, El-Rafie K, Pagni SE, Natto ZS, Teixeira ER, Chochlidakis K, Weber HP. Technical Complications and Prosthesis Survival Rates with Implant-Supported Fixed Complete Dental Prostheses: A Retrospective Study with 1- to 12-Year Follow-Up. *J Prosthodont*. 2020;29(1):3-11.
7. Sailer I, Karasan D, Todorovic A, Ligoutsikou M, Pjetursson BE. Prosthetic failures in dental implant therapy. *Periodontol 2000*. 2022;88(1):130-44.
8. Meneghetti PC, Li J, Borella PS, Mendonça G, Burnett LH Jr. Influence of scanbody design and intraoral scanner on the trueness of complete arch implant digital impressions: An in vitro study. *PLoS One*. 2023;18(12).
9. Wolfart S. Implantoprotetika – koncept usmjeren na pacijenta. 1. izd. Zagreb: Media ogleđ d.o.o; 2015. p. 752.
10. Revilla-León M, Att W, Özcan M, Rubenstein J. Comparison of Conventional, Photogrammetry, and Intraoral Scanning Accuracy of Complete-Arch Implant Impression Procedures Evaluated with a Coordinate Measuring Machine. *J. Prosthet. Dent*. 2021;125:470-78.
11. Flügge T, Van der Meer WJ, Gonzalez BG, Vach K, Wismeijer D, Wang P. The accuracy of different dental impression techniques for implant-supported dental prostheses: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Impl Res*. 2018;29(16):374-92.

12. Khan SA, Singh S, Neyaz N, Jaiswal MM, Tanwar AS, Singh A. Comparison of Dimensional Accuracy of Three Different Impression Materials Using Three Different Techniques for Implant Impressions: An *In Vitro* Study. *J Contemp Dent Pract.* 2021;22(2):172-8.
13. Rajendran R, Chander NG, Anitha KV, Muthukumar B. Dimensional accuracy of vinyl polyether and polyvinyl siloxane impression materials in direct implant impression technique for multiple dental implants. *Eur Oral Res.* 2021;55(2):54-9.
14. Fathi A, Rismanchian M, Yazdekhashti A, Salamati M. Accuracy of tooth-implant impressions: Comparison of five different techniques. *Clin Exp Dent Res.* 2023;9(3):526-34.
15. Kihara H, Hatekeyama W, Komine F, Takafuji K, Takashi T, Yokota J et al. Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. *J Prosthodont Res.* 2020;64(2):109-13.
16. Rotaru C, Bica EA, Butnărașu C, Săndulescu M. Three-Dimensional Scanning Accuracy of Intraoral Scanners for Dental Implant Scan Bodies-An Original Study. *Medicina (Kaunas).* 2023;59(11):2037.
17. Michelinakis G, Apostolakis D, Kamposiora P, Papavasiliou G, Özcan M. The direct digital workflow in fixed implant prosthodontics: a narrative review. *BMC Oral Health.* 2021;21;21(1):37.
18. Hosseini-Faradonbeh SA, Katoozian HR. Biomechanical evaluations of the long-term stability of dental implant using finite element modeling method: a systematic review. *J Adv Prosthodont.* 2022;14(3):182-202.
19. Ahmed S, Hawsah A, Rustom R, Alamri A, Althomairy S, Alenezi M, Shaker S, Alrawsaa F, Althumairy A, Alteraigi A. Digital Impressions Versus Conventional Impressions in Prosthodontics: A Systematic Review. *Cureus.* 2024;2;16(1):e51537.
20. Sason GK, Mistry G, Tabassum R, Shetty O. A comparative evaluation of intraoral and extraoral digital impressions: An in vivo study. *J Indian Prosthodont Soc.* 2018;18(2):108-16.
21. Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. *J. Prosthodont.* 2018;27:35-41.
22. Nulty A. A literature review on prosthetically designed guided implant placement and the factors influencing dental implant success. *Br Dent J.* 2024;236(3):169-80.
23. Geramipanah F, Sadighpour L, Payaminia L. Investigation of the effects of arch size and implant angulation on the accuracy of digital impression using two intraoral

- scanners: An in vitro study. Clin Exp Dent Res. 2023;9(6):983-992.
24. Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpela A, Makynen A. Recent advances In dental optics – Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. Opt. Lasers Eng. 2014;54:203-21.
 25. Ramadan RE, Razek MKA, Mohamed FS, Fahmy RA, Abd-Ellah ME. Positional transfer accuracy of titanium base implant abutment provided by two different scan body designs: an invitro study. BMC Oral Health. 2023;23(1):746.
 26. Mizumoto RM, Yilmaz B. Intraoral scan bodies in implant dentistry: a systematic review. J Prosthet Dent 2018;120:343-52.
 27. Önöral Ö, Kurtulmus-Yilmaz S, Toksoy D, Ozan O. Effect of angulation on the 3D trueness of conventional and digital implant impressions for multi-unit restorations. J Adv Prosthodont. 2023;15(6):290-301.
 28. Jakovac M. Protokol. Stigma tisak. 2023. p. 361.
 29. Róth I, Czigola A, Joós-Kovács GL, Dalos M, Hermann P, Borbély J. Learning curve of digital intraoral scanning – an in vivo study. BMC Oral Health. 2020;19:20(1):287.
 30. Al-Ibrahim I, Keeling A, & Osnes, C. The effect of operator scanning speed on the trueness and precision of full-arch digital impressions captured in vitro using an intraoral scanner. J of Osseointegration. 2021;13(4):265-270.
 31. Ender A, Attin T, Mehl A. In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. J Prosthet Dent. 2016;115(3):313-20.
 32. Bohner L, Gamba DD, Hanisch M, Marcio BS, Tortamano Neto P, Lagana DC, et al. Accuracy of digital technologies for the scanning of facial, skeletal, and intraoral tissues: A systematic review. J Prosthet Dent. 2019;121(2):246-51.
 33. Kaya G, Bilmenoglu C. Accuracy of 14 intraoral scanners for the All-on-4 treatment concept: a comparative *in vitro* study. J Adv Prosthodont. 2022;14(6):388-398.
 34. Yilmaz H, Eglenen MN, Cakmak G, Yilmaz B. Effect of Impression Technique and Operator Experience on Impression Time and Operator-Reported Outcomes. J Prosthodont. 2021;30(8):676-83.
 35. Albanchez-González MI, Brinkmann JC, Peláez-Rico J, López-Suárez C, Rodríguez-Alonso V, Suárez-García MJ. Accuracy of Digital Dental Implants Impression Taking with Intraoral Scanners Compared with Conventional Impression Techniques: A Systematic Review of In Vitro Studies. Int J Environ Res Public Health. 2022; 11;19(4):2026.
 36. Schmidt A, Wöstmann B, Schlenz MA. Accuracy of digital implant impressions in

- clinical studies: A systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2022;33:573-85.
37. Di Fiore A, Graiff L, Savio G, Granata S, Basilicata M, Bollero P, Meneghello R. Investigation of the accuracy of four intraoral scanners in mandibular full-arch digital implant impression: a comparative in vitro study. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19:4719.
38. Ma J, Zhang B, Song H, Wu D, Song T. Accuracy of digital implant impressions obtained using intraoral scanners: a systematic review and meta-analysis of in vivo studies. *Int J Implant Dent.* 2023;6;9(1):48.
39. Aljohani MS, Bukhari HA, Alshehri M, Alamoudi A. Accuracy of the Different Materials Used to Fabricate a Verification Jig of Implant-Supported Fixed Complete Dental Prostheses: An In Vitro Study. *Cureus.* 2022;30;14(9):e29794.
40. Calesini G, Zarone F, Sorrentino R, Micarelli C, Fabianelli A, Papacchini F, Gherlone E. Effect of 2 impression techniques on the dimensional accuracy of working implant prosthesis models: An in vitro study. *Journal of Craniofacial Surgery.* 2014;25:822-7.
41. Nateghi M, Negahdari R, Molaei S, Barzegar A, Bohlouli S. Comparison of the Accuracy of Fixture-Level Implant Impression Making with Different Splinting Techniques. *Int J Dent.* 2021;14;2021:2959055.
42. Alkadi L. A Comprehensive Review of Factors That Influence the Accuracy of Intraoral Scanners. *Diagnostics (Basel).* 2023;24;13(21):3291.
43. Bilmenoglu C, Cilingir A, Geckili O, Bilhan H, Bilgin T. In vitro comparison of trueness of 10 intraoral scanners for implant-supported complete-arch fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent.* 2020;124:755-760.
44. Marques S, Ribeiro P, Falcão C, Lemos BF, Ríos-Carrasco B, Ríos-Santos JV, Herrero-Climent M. Digital Impressions in Implant Dentistry: A Literature Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(3):1020.
45. Menini M, Setti P, Pera F, Pera P, Pesce P. Accuracy of multi-unit implant impression: Traditional techniques versus a digital procedure. *Clin Oral Investig.* 2017;22:1253-62.
46. Gimenez-Gonzalez B, Hassan B, Özcan M, Pradies G. An In Vitro Study of Factors Influencing the Performance of Digital Intraoral Impressions Operating on Active Wavefront Sampling Technology with Multiple Implants in the Edentulous Maxilla. *J. Prosthodont.* 2016, 26, 650-655.
47. Andriessen FS, Rijkens DR, Van der Meer WJ, Wismeijer DW. Applicability and accuracy of an intraoral scanner for scanning multiple implants in edentulous mandibles: A pilot study. *J. Prosthet. Dent.* 2014;111:186-94 .

48. Lin WQ, Pan CY, Chen PH, Liu CT, Hung CC, Lan TH. Trueness of intraoral scanning for different tooth-size arch-length deficiencies. *J Dent Sci.* 2024;19(1):397-403.
49. Giuliadori G, Rappelli G, Aquilanti L. Intraoral Scans of Full Dental Arches: An In Vitro Measurement Study of the Accuracy of Different Intraoral Scanners. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;8;20(6):4776.
50. Resende CCD, Barbosa TAQ, Moura GF, Tavares LDN, Rizzante FAP, George FM, Neves FDD, Mendonça G. Influence of operator experience, scanner type, and scan size on 3D scans. *J Prosthet Dent.* 2021;125(2):294-9.
51. Sharaf MA, Wang S, Mashrah MA, Xu Y, Haider O, He F. Outcomes that may affect implant and prosthesis survival and complications in maxillary fixed prosthesis supported by four or six implants: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon.* 2024;20;10(3):e24365.

8. ŽIVOTOPIS

Ana Sandrić rođena je 13. listopada 1993. godine u Puli, gdje završava osnovnu školu i opću gimnaziju. Diplomirala je 2018. godine na Stomatološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. U akademskoj godini 2015./2016. i 2016./2017. obavlja dužnost demonstratora na Zavodu za endodonciju i restaurativnu stomatologiju. Tijekom studija sudjeluje u „Geronto“ projektu, aktivno sudjeluje na studentskom kongresu, piše za časopis „Sonda“ te volontira na Zavodu za dječju dentalnu medicinu. Nagrađena je rektorovom nagradom za individualni znanstveni rad 2017. godine. Suautor je jednoga znanstvenog članka. Od završetka studija radi u obiteljskoj ordinaciji u Puli. 2022. godine započinje specijalističko usavršavanje iz Stomatološke protetike na KBC-u Rijeka.