Digitalni otisci u implantoprotetici

Milčić, Iva

Professional thesis / Završni specijalistički

2020

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:127:270296

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

University of Zagreb School of Dental Medicine Repository







Sveučilište u Zagrebu
Stomatološki Fakultet

Iva Milčić

DIGITALNI OTISCI U IMPLANTOPROTETICI

POSLIJEDIPLOMSKI SPECIJALISTIČKI RAD

Zagreb, 2020.

Rad je ostvaren u: Stomatološki fakultet Sveučilište u Zagrebu, Zavod za fiksnu protetiku
Naziv poslijediplomskog specijalističkog studija: Dentalna implantologija
Mentor rada: Joško Viskić, doc.dr.sc., Stomatološki fakultet Sveučilište u Zagrebu
Lektor hrvatskog jezika: Greta Šegulić, prof.hrv. i eng. jezika
Lektor engleskog jezika: Greta Šegulić, prof.hrv. i eng. jezika

Sastav Povjerenstva za ocjenu poslijediplomskog specijalističkog rada:

1. Doc.dr.sc. Lana Bergman
2. Doc.dr.sc. Slađana Milardović
3. Doc.dr.sc Joško Viskić
4. Izv.prof.dr.sc. Nikola Petričević

Sastav Povjerenstva za obranu poslijediplomskog specijalističkog rada:

1. Doc.dr.sc. Lana Bergman, predsjednica
2. Doc.dr.sc. Slađana Milardović, član
3. Doc.dr.sc. Joško Viskić, član
4. Izv.prof.dr.sc. Nikola Petričević, zamjena

Datum obrane rada: 16.srpanj 2020.

Rad sadrži: 36 stranica
3 tablice
1 sliku
1 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 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.

Sažetak

DIGITALNI OTISCI U IMPLANTOPROTETICI

Dugoročna funkcijska i estetska stabilnost i uspješnost implantoprotetske terapije ovisi o pasivnom dosjedu suprastrukture na implantatima. Precizan prijenos trodimenzionalnog položaja implantata na radni model ključan je korak pri izradi restauracije s pasivnim dosjedom. Napretkom digitalizacije i 3D tehnologija razvijeni su dentalni skeneri (IOS) koji omogućuju zamjenu konvencionalnih otisnih tehnika digitalnim. Dentalni skeneri sastavni su dio CAD/CAM sustava, a dijelimo ih na intraoralne, koji se koriste u ordinaciji, i ekstraoralne, laboratorijske, kojima se skeniraju otisci ili izliveni radni modeli.

Tehnologije koje se koriste u radu intraoralnih skenera najčešće su: triangulacija, paralelno konfokalno lasersko skeniranje i aktivno uzorkovanje valne fronte, a najbitnije karakteristike dentalnih skenera koje digitalni otisak čine vjerodostojnim su realnost i preciznost.

Digitalni otisci se u implantoprotetici koriste pri planiranju terapije, pri računalno navođenoj implantaciji, za uzimanje otisaka i prikaz 3D lokacije implantata kao prvi korak pri digitalnom procesu izrade restauracija.

Otisci uzeti dentalnim skenerima pokazuju brojne prednosti u usporedbi s konvencionalnim tehnikama otiskivanja. Vrijeme uzimanja otiska značajno se smanjuje, kao i broj faza rada, što uvelike reducira mogućnost nastanka pogrešaka. Osim smanjenja utroška vremena postoji i mogućnost arhiviranja radova, kao i olakšana komunikacija između ordinacije i laboratorija. Pojedinačne krunice i mostovi manjeg raspona nastali prema digitalnim otiscima pokazuju bolji dosjed i preciznost pred konvencionalnim metodama, dok se za veće konstrukcije nošene manjim brojem implantata ipak ne preporučuje upotreba IOS-a. Vjerodostojnost digitalnih otisaka veća je što je broj implantata veći, a udaljenost među njima manja.

Ključne riječi: Digitalni otisak; dentalni skener; intraoralni skener; implantoprotetika

Summary

DIGITAL IMPRESSIONS IN IMPLANT-PROSTHODONTICS

Passive fit is a primary factor for long term clinical success and survival of an implant-supported restoration. The precise transfer of three-dimensional intraoral implant relationship to the master cast is a critical step to achieve a passive fit. Advancements of 3D technology and digitalization enabled the development of dental scanners (IOS), which offer the possibility to replace conventional impression methods with optical impressions. Dental scanners are an integral part of CAD/CAM systems and are divided into intraoral scanners, which are used in-office, and laboratory scanners, which are used extra-orally for scanning the impression or master casts.

Working principles most commonly used for intraoral scanners are triangulation, active wavefront sampling and parallel confocal laser scanning, and the most important characteristics of dental scanners, for verification of the reproducibility of an impression, are trueness and precision.

In implant-prosthodontics, digital impressions are used for therapy planning, computer guided implant surgery, making impressions and presenting 3D location of implants as the first step of digital workflow in restoration making.

Being compared with conventional impressions, digital impressions taken by dental scanners show numerous advantages. The time needed for impressions-making is significantly reduced and the number of work phases shortened, which greatly decreases the possibility of errors. Apart from reduced time consumption, digital impressions also provide the possibility of easy archiving, as well as improved communication between the office and the laboratory. Single crowns and smaller prosthetic restorations, made by IOS, achieve better fit and precision than classical impressions, however they are not recommended for scanning of implant-supported restorations with large range and small number of implants. Accuracy of optical impression increases as the number of placed implants increases and the distance between implant decreases.

Key words: Digital impression; dental scanner; intraoral scanner; implant-prosthodontics

SADRŽAJ

1. UVOD…… 1
2. INTRAORALNI SKENERI……...…….... 4
   2.1. Mehanizam i princip rada……...…… 6
   2.2. Realnost (točnost) i preciznost digitalnog otiska……...…....9
   2.3. Laboratorijski stolni skeneri……...…….. 10
   2.4. Manipulacija skenerom, proces skeniranja……...…… 11
   2.5. Klinička upotreba i trenutačna ograničenja digitalnih otisaka……...12
      2.5.1. Računalno navođena implantacija…..…… 14
      2.5.2. Registracija zagriza kod bezubih čeljusti……..……. 14
      2.5.3. Izrada hibridnih individualiziranih nadogradnji…….....…. 15
   2.6. Prednosti i mane digitalnih naspram konvencionalnih otisaka……..... 18
3. RASPRAVA…….....21
4. ZAKLJUČAK……...…….....26
5. LITERATURA……. 28
6. ŽIVOTOPIS…….....35

Popis skraćenica

3D – trodimenzionalno

IOS – intraoralni dentalni skener

CAD/CAM – računalom potpomognuto oblikovanje/računalom potpomognuta izrada (*computer aided design/ computer aided manufacturing*)

STL – standardni transformacijski jezik (*standard transformation language*)

PEEK – poli (eter-eter-keton)

CBCT – konusno kompjuterizirana tomografija (*cone beam computed tomography*)

1. UVOD

Implantoprotetika se definira kao specifična protetska disciplina koja se od uobičajene protetike razlikuje u tehnologiji izrade , pritom misleći na specifičnost planiranja terapije, uzimanja otiska, na probe rada te na trajno pričvršćivanje i opterećenje implantoprotetske konstrukcije (1,2). Nakon postavljanja indikacije za implantoprotetsku terapiju te provedenog protetskog planiranja implantati se kirurškim postupcima usađuju na predviđena mjesta te se konačno odlučuje o njihovom zarastanju (zatvoreno ili otvoreno) i opterećenju (imedijatno ili odgođeno). Nakon toga, ovisno o slučaju, slijedi izrada privremenog ili definitivnog rada, čija je prva faza uzimanje otisaka (3).

Otisci u implantoprotetskoj terapiji služe za prijenos točnog trodimenzionalnog (3D) položaja implantata i njegovog odnosa s okolnim strukturama (gingiva, kost alveolarnog grebena, preostali zubi, odnosi sa suprotnom čeljusti) na radni model (4). Precizan otisak i radni model ključ su uspjeha bilo koje protetske rehabilitacije. Neprecizan otisak dovodi do izrade nepreciznog modela te samim time onemogućuje izradu protetske suprastrukture koja je u pravilnom 3D odnosu s usađenim implantatima. Oseointegrirani implantati nemaju parodont te toleriraju tek jednu desetinu kretnje prirodnog zuba, stoga imaju vrlo ograničenu mogućnost kompenziranja nepravilnosti u dosjedu protetske suprastrukture. Nepravilan dosjed suprastrukture na implantatima dovodi do naprezanja i biomehaničkih komplikacija uslijed kojih može doći do loma protetskih radova ili, u najgorem slučaju, do gubitka oseointegracije implantata. Slijedom navedenoga je neophodno uzeti što precizniji otisak kako bi se omogućila izrada protetske suprastrukture s pasivnim dosjedom (5-7).

Digitalni otisci i intraoralni dentalni skeneri (IOS) uvedeni su u stomatologiju 1980-ih godina kao sastavni dio sustava računalom potpomognutog oblikovanja/računalom potpomognute izrade (eng. CAD/CAM - *computer aided design/computer aided manufacturing)* (8,9). Dentalni skener jedna je od tri glavne komponente CAD/CAM sustava, a preostale dvije čine još softver i stroj za glodanje ili 3D print. Intraoralnim skenerom prikupljaju se geometrijski podaci o skeniranom objektu i pretvaraju u digitalne informacije koje računalo može obraditi. Softver obrađuje podatke i virtualno konstruira budući nadomjestak, dok stroj za glodanje prema zadanim informacijama izrađuje nadomjestak iz tvornički pripremljenih blokova materijala, a 3D printer slojevanjem materijala izrađuje finalni objekt (9).

Digitalnim otiskivanjem eliminira se potreba za korištenjem konvencionalnih otisnih tehnika i materijala, čime se automatski mogu izbjeći potencijalne nepravilnosti u otisku uzrokovane izobličenjem otisnog materijala, pogrešnim odabirom žlice, tehnikom otiskivanja te nagibom implantata (10). Digitalni otisci pojednostavnjuju proceduru uzimanja otisaka, olakšavaju i ubrzavaju komunikaciju između ordinacije i laboratorija, olakšavaju arhiviranje podataka i

modela, smanjuju vrijeme koje pacijent mora provesti u ordinaciji, te su, što je najvažnije, ugodniji za pacijente (11,12).

Dentalne skenere dijelimo na intraoralne i stolne laboratorijske skenere. Intraoralni se skeneri koriste izravno u ordinacijama za direktno skeniranje intraoralnih struktura (*in-office* CAD/CAM sustavi), dok se laboratorijski koriste u *in-lab* sustavima za skeniranje otisaka ili već izlivenih sadrenih modela (13).

Svrha ovog poslijediplomskog specijalističkog rada je prikazati proces nastajanja digitalnih otisaka upotrebom dentalnih skenera, pojasniti mehanizam i princip rada samih skenera, navesti prednosti i mane digitalnih otisaka te indikacije i ograničenja pri korištenju dentalnih skenera u implantoprotetici.

2. INTRAORALNI SKENERI

Intraoralni skeneri su medicinske naprave koje se sastoje od ručne kamere (hardvera), kompjutera i softvera. Uloga IOS-a precizno je snimiti optički otisak trodimenzionalnim snimanjem jedinicom za skeniranje koja konvertira geometrijski oblik zuba, nadogradnje, u najčešće korišteni digitalni format, tzv. standardni transformacijski jezik (STL format), koji je univerzalan u području 3D tehnologije. Taj se format obrađuje u softveru i služi za daljnju komunikaciju između ordinacije i laboratorija ili se direktno šalje u stroj za glodanje koji je spojen s računalom, gdje se iz prefabriciranih blokova materijala izrađuje potrebni nadomjestak (14). Kako bi se snimio optički otisak sve kamere trebaju projekciju svjetla uz pomoć koje nailaze na hrapavosti objekata i snimaju ih kao podatke o njihovom 3D izgledu u obliku individualnih slika ili videa, kako bi ih, nakon raspoznavanja točaka od interesa, mogao konačno obraditi softver (15,16).

Intraoralne skenere moguće je podijeliti prema načinu kondicioniranja površine, načinu rada i rukovanja te prema kompatibilnosti s drugim sustavima. S obzirom na kondicioniranje površine, razlikuju se sustavi koji zahtijevaju kondicioniranje površine koja se skenira prahom ili sprejem (npr. Cerec Bluecam, Lava COS) i sustavi kod kojih nije potrebno kondicioniranje (iTero, Trios, PlanScan, Cerec Omnicam). Sustavi kod kojih nije potrebno kondicioniranje površine su precizniji, jer sredstva za kondicioniranje mogu utjecati na površinu koja se skenira. Prema načinu rada razlikujemo sustave koji se koriste aktivnom triangulacijom, konfokalnom tehnikom, te aktivnim uzorkovanjem valne fronte. Prema kompatibilnosti s drugim sustavima razlikujemo otvorene i zatvorene sustave. Otvoreni sustavi omogućuju slobodan eksport i obradu u programima drugih proizvođača. Podaci se eksportiraju u obliku STL formata koji je univerzalan u području 3D tehnologije (17).

Digitalni otisci uzeti intraoralnim skenerom trebali bi biti superiorniji što se tiče preciznosti, vremenske i financijske efikasnosti te ugodnosti pacijenata naspram konvencionalnih otisaka. Stomatolozima omogućuju brži i efikasniji radni protokol. Također, digitalni otisci omogućuju virtualnu procjenu implantoprotetskog prostora, dubine dodirne točke restauracija i konfiguracije izlaznog profila prije početka laboratorijskog dijela rada (18).

Neki od popularnijih skenera čiji su proizvođači prilagodili njihove funkcije kako bi mogli skenirati i implantate su: TRIOS (3Shape), iTero (Align Technology), LAVA C.O.S. i True Definition Scanner (3M ESPE), Cerec (Sirona), CS 3600 (Carastream Dental).

2.1. Mehanizam i princip rada

Da bi se izradio intraoralni optički otisak, kamera se postavlja iznad prethodno isprepariranog zuba. Skener, koji se nalazi na kameri, emitira infracrvene zrake koje prolaze kroz leću i zatim padaju na zub. Linije padaju u svjetlijim i tamnijim uzorcima te se nakon toga reflektiraju natrag i dolaze u fotoreceptor, također smješten na kameri. Intenzitet reflektiranog svjetla registrira se kao napon koji se naknadno pretvara u digitalnu formu. Tamniji dijelovi isprepariranog zuba višeg su napona, a svjetliji dijelovi nižeg (19,20).

Intraoralni skeneri ne mogu snimiti subgingivnu lokaciju i unutarnju konfiguraciju dentalnih implantata kao što mogu preparaciju zuba, stoga su razvijene posebne nadogradnje (*scan bodies*) koje omogućuju snimanje lokacije implantata. One su uglavnom napravljene od poli(eter-eter-ketona) (PEEK), te se tokom skeniranja učvršćuju na implantate intraoralno ili u laboratoriju na analoge prilikom skeniranja odljeva. Veza nadogradnje za skeniranje s implantatima mogu biti ili pričvršćenje vijkom ili se samo nataknu na implantat. U potpuno digitaliziranom radnom procesu skenirani podaci se uvoze u softver aplikaciju kako bi se dizajnirala i proizvela protetska suprastruktura (21).

Za oblikovanje CAD/CAM nadomjestka potrebno je trodimenzionalno prezentirati podatke dobivene skeniranjem, kojim su dobivene veličina i vrijednost faze (napona) za svaku skeniranu točku (piksel). Ta je vrijednost u izravnoj vezi s dubinom skenirane točke. Tako se na ekranu mogu prepoznati razna područja prepariranoga zuba s obzirom na dubinu: svjetlija područja označavaju izdignuta područja, a tamnija područja – sive boje, dublja, podminirana područja. Uporabom tako interpretiranih podataka trodimenzionalno oblikovanje može se izvesti u nekoliko slojeva (20).

Triangulacija, paralelno konfokalno lasersko skeniranje i aktivno uzorkovanje valne fronte najčešći su principi po kojima danas rade IOS-i, a uz pomoć kojih skeneri mjere udaljenost od vrha senzora do ciljanog objekta kako bi optičke podatke mogli pretvoriti u 3D modele. Konačna rekonstrukcija površine objekta postiže se snimanjem kompilacije fotografija, snimanjem videa koji se sastoji od uzastopnih fotografija ili analizom valova (22,23).

Osnovna obilježja tri principa rada IOS-a su:

- Triangulacijska tehnika koristi presjek tri linearne zrake svjetlosti kao fokus na određeni objekt u 3D prostoru (npr. CEREC Bluecam, CEREC Omnicam). Površine objekata s nejednakom disperzijom svjetlosti nemoguće je precizno skenirati, stoga je kod ove tehnike uglavnom potrebno upotrijebiti prah titanijevog oksida kojim se kondicionira područje skeniranja kako bi se poboljšala preciznost.

- Paralelno konfokalno lasersko skeniranje radi po principu laserske zrake koja se reflektira o zubnu strukturu istom putanjom kojom dolazi. Pomoću razdjeljivača zrake ista se vodi kroz žarišni filter tako da se samo slika koja leži u žarišnoj točki leće projicira na senzor. Poznata fokalna udaljenost omogućuje određivanje udaljenosti skeniranog objekta od leće (npr. iTero).
- Aktivno uzorkovanje valne fronte je video sustav koji registrira u stvarnom vremenu i snima dvadeset 3D okvira po sekundi koristeći leću s rotirajućim otvorom. Zrake reflektirane o zub vode se kroz sustav leća i projiciraju se na senzor. Nakon završetka skeniranja potrebna je dodatna naknadna obrada radi eventualne kompenzacije pogrešaka što kasnije rezultira modelom velike rezolucije (npr. Lava C.O.S., True Definition).

Triangulacijskom metodom i paralelnim konfokalnim laserskim skeniranjem dobiva se cjeloviti 3D model tako što se dodaju i sklapaju pojedinačni 3D okviri u kratkom vremenu registracijskog ciklusa. Nakon završetka ciklusa može se nastaviti sa skeniranjem sljedećeg dijela modela. Po završetku skeniranja model se kasnije može dodatno obrađivati u zato namijenjenim softverima (24,25).

Sustavi kod kojih nije potrebno kondicionirati površinu prije skeniranja te sustavi koji se koriste snimanjem videa za 3D rekonstrukciju (TRIOS, True Definition, CEREC Omnicam) smatraju se preciznijima te postaju sve popularniji među korisnicima (26).

Prema kompatibilnosti s drugim sustavima razlikujemo otvorene (npr. iTero, TRIOS) i zatvorene (npr. Lava C.O.S.) sustave. U zatvorenim sustavima podaci se obrađuju samo u pripadajućim računalnim softverima i onemogućeno je slanje preko interneta ili snimanje datoteke na računalo. Otvoreni sustavi omogućuju slobodan eksport i obradu i u programima drugih proizvođača. Podaci se eksportiraju u obliku STL formata koji je univerzalan u području 3D tehnologije (17).

U Tablici 1. prikazana su svojstva pojedinih popularnih intraoralnih skenera korištenih u dentalnoj implantologiji.

Tablica 1. Svojstva pojedinih intraoralnih skenera. Preuzeto i modificirano prema: (21, 27, 28, 29).

INTRAORALNI SKENERI	NAČIN RADA	IZVOR SVIJETLA	BOJA	KONDICIONIRANJE POVRŠINE	OTVORENOST SUSTAVA
TRIOS (3Shape)	konfokalna tehnika	LED	+	-	Zatvoren
iTero (Cadent)	konfokalna tehnika	crveni laser i bijelo LED svjetlo	+	-	Otvoren
Lava C.O.S. (3M ESPE)	Aktivno uzorkovanje valne fronte, aktivni 3D video	LED	+	+	zatvoren, ali postoji mogućnost dobivanja podataka u STL formatu
True Definition (3M ESPE)	aktivno uzorkovanje valne fronte	LED	-	+	zatvoren, ali postoji mogućnost dobivanja podataka u STL formatu
CEREC OMNICAM (Sirona)	optička triangulacija i konfokalna tehnika	LED	+	-	Otvoren
CS 3600 (Carastream Dental)	Aktivni 3D video	LED	+	-	Otvoren

2.2. Realnost (točnost) i preciznost digitalnog otiska

Pasivni dosjed protetske suprastrukture na implantatima ključan je za dugoročan uspjeh implantoprotetske terapije. Kako bi postigli optimalan dosjed suprastrutura na usađene implantate potrebno je uzeti najvjerodostojniji mogući otisak (26).

Vjerodostojnost otiska sastoji se od realnosti i preciznosti (30). Realnost podrazumijeva mjeru istinitosti prikaza, tj. koliko je prikazano stanje blisko stvarnome, dok preciznost podrazumijeva mjeru ponovljivosti istog otiska (15). U literaturi možemo naići na mnoga istraživanja koja mjere i procjenjuju vjerodostojnost otisaka što kod parcijalne, što kod potpune bezubosti. Medina-Sotomayor i sur. su u istraživanju iz 2018. upotrijebili četiri intraoralna skenera (TRIOS,iTero, Cerec, True Definition) kako bi skenirali potpuno i djelomično bezube modele (31). Rezultati istraživanja pokazali su da je u slučaju parcijalne bezubosti najprecizniji bio skener TRIOS, a slijedili su ga redom True Definition, pa Cerec, dok je u slučaju potpune bezubosti najprecizniji bio model True Definition, pa TRIOS, iTero i na kraju Cerec. Imburgia i sur. iskoristili su četiri IOS-a (CS3600, Trios 3, Cerec Omnicam, True Definition) kako bi ispitali realnost i preciznost prikaza dentalnih implantata u bezuboj i djelomično ozubljenoj čeljusti (27). To je istraživanje kao referentnu vrijednost za usporedbu vjerodostojnosti koristilo STL podatke snimljene laboratorijskim skenerom na kontrolnim modelima. Kod djelomično ozubljenih modela najtočniji je bio CS 3600, a slijedili su ga redom Trios 3, Cerec Omnicam, i True Definition. Istim takvim redoslijedom pokazala se točnost i kod bezubih modela (Tablica 2.). Mangano i sur. koristili su također četiri IOS-a kako bi istražili koji je intraoralni skener najbolje upotrijebiti u slučaju potpune ili djelomične bezubosti te su došli do rezultata da su svi testirani podjednako vjerodostojni (28).

Kihara H i sur. te Arakida T. i sur u svojim su istraživanjima zabilježili da osvjetljenje i temperatura boje utječu na realnost i preciznost IOS-a (15, 32). Tim je istraživanjem zaključeno da je najprimjerenije osvjetljenje za uzimanje digitalnih otisaka ono od 3900 K i 500 *lux*-a. Što se tiče pak upotrebe kontrastnog praha, Prudente i sur. navode da aplikacija praha utječe na marginalno odstojanje krunica (33).

Sa iznimkom jedne studije, rezultati ispitivanja vjerodostojnosti ukazuju da što je veći raspon skeniranja to je veća mogućnost pogreške pri izradi protetske suprastrukture. Vjerodostojnost digitalnih otisaka veća je što je broj implantata veći, a udaljenost među njima manja. Nagib ugrađenih implantata ne utječe na točnost otisaka, dok dubina usađivanja ima utjecaja, jer je za postizanje preciznog digitalnog otiska bitno da je nadogradnja za skeniranje dobro vidljiva (15).

Tablica 2. Realnost i preciznost IOS-a. Preuzeto i modificirano prema: (27).

INTRAORALNI SKENER	DJELOMIČNO OZUBLJENA ČELJUST		POTPUNO BEZUBA ČELJUST	
	REALNOST	PRECIZNOST	REALNOST	PRECIZNOST
CS 3600	45.8 (±1.6) µm	24.8 (±4.6) µm	60.6 (±11.7) µm	65.5 (±16.7) µm
Trios 3	50.2 (±2.5) µm	24.5 (±3.7) µm	67.2 (±6.9) µm	31.5 (±9.8) µm
CEREC Omnicam	58.8 (±1.6) µm	26.3 (±1.5) µm	66.4 (±3.9) µm	57.2 (9.1) µm
True Definition	61.4 (± 3.0) µm	19.5 (±3.1) µm	106.4 (±23.1) µm	75.3 (± 43.8) µm

2.3. Laboratorijski stolni skeneri

Digitalni se stolni skeneri najčešće koriste u zubotehničkom laboratoriju i njima upravlja dentalni tehničar. Oni se koriste za skeniranje izlivenih modela i povezani su s glodalicom ili aparatom za printanje nadomjestaka. Kod manjeg broja skenera moguće je direktno skeniranje otisaka (koji mogu i ne moraju biti kondicionirani prahom) i potom izrada modela 3D printerima na kojima se kasnije ručno ili strojno izrađuje nadomjestak ili naprava (34).
Ekstraoralni digitalni otisci imaju određene prednosti, ali i mane u usporedbi s intraoralnim otiscima:

- Daju bolje rezultate u kliničkim situacijama, jer nema nepogodnosti intraoralnih uvjeta poput krvi, sline i ograničenog prostora (35). Zbog ograničenja intraoralnog prostora skeneri su morali biti prilagođeni veličinom što je rezultiralo manjim vrhom te dovelo do dodatnih kretnji skenera preko zubnog tkiva. Skeniranjem se dobiva više skupova digitalnih podataka koji se zatim spajaju, a prilikom te radnje uvijek se dogode male sistemske pogreške dobivenih podataka. Kretnje pacijenta i liječnika mogu jednako utjecati na kvalitetu intraoralno uzetog otiska (36, 37).
- Najveća mana laboratorijskih skenera u usporedbi sa intraoralnima je to što za snimanje virtualnog otiska trebaju izliveni gipsani model čime se povećava broj faza rada te

dolazi do akumulacije pogrešaka koje se događaju pri uzimanju konvencionalnih otisaka, njihovom transportu i pohrani, te konačno prilikom izlijevanja (38, 39).

Istraživanje koje je proveo Bohner i sur. pokazalo je da nema značajne razlike u vjerodostojnosti otisaka kada uspoređujemo laboratorijske s intraoralnim skenerima, s naglaskom da su intraoralni malo precizniji (15,40). Druga je pak studija potvrdila točnost prikaza položaja istražujući četiri IOS-a i stolni skener (41). Prema navedenom je istraživanju najmanje pogreške u virtualnom prikazu pokazao stolni skener. Gledajući sveukupni prikaz skeniranih objekata, i jedni i drugi skeneri imali su skoro identične rezultate što se tiče točnosti, međutim kada se gleda raspon skeniranja, zaključak je da je za veće raspone primjereniji i točniji laboratorijski skener. Između intraoralnih skenera obuhvaćenih ovim istraživanjem najbolje rezultate pokazao je model Trios te se smatra da je po svojim karakteristikama najbliži laboratorijskim skenerima.

2.4. Manipulacija skenerom, proces skeniranja

Prilikom uzimanja digitalnog otiska stručna osoba uzima skener i usmjerava kameru prema području koje želi skenirati. Pacijent mora dobro isprati usta, stomatolog očistiti i pripremiti područje snimanja, te ukoliko je potrebno, prekriti ga kontrastnim prahom. Vrh skenera, tj. kamere trebao bi biti tek nekoliko milimetara udaljen od strukture koja se snima ili čak lagano dodirivati površinu. Kamerom se tada klizi, ravnomjernim pokretima, preko površine koja se želi snimiti, u pravcu kako je navedeno u uputama proizvođača, ovisno o sustavu koji se koristi te ovisno o veličini skeniranog polja. Adekvatni dijelovi 2D prikaza uzetih iz različitih uglova softverski se spajaju u precizni 3D prikaz skeniranog područja. Za vrijeme skeniranja može se vidjeti slika skeniranog područja na ekranu te u svakom momentu proces skeniranja može biti zaustavljen i ponovno pokrenut bez gubitaka podataka. Nakon što je skenirano područje preparacije, istim se načinom skenira suprotna čeljust i registracija zagriza (24).

Svi skeneri novijeg datuma imaju inkorporiranu tehnologiju koja omogućava snimanje samo kada je kamera stabilna i mirna te se tako izbjegavaju sve moguće pogreške snimke zbog nestabilne ruke operatora skenerom (24). Ako se na ekranu pokaže da određeno mjesto nije dovoljno dobro snimljeno, jednostavno se to područje treba ponovno snimiti i softver automatski popravi pogrešku (42).

Kada je skeniranje završeno virtualni prikaz skeniranog područja, virtualni model, prikazan je na monitoru i može se vidjeti iz svih kutova te stomatolog već u ordinaciji može krenuti s

obradom modela uz pomoć raznih, programski ponuđenih, dijagnostičkih alata. Stomatolog može u jednoj posjeti uzeti otisak, konstruirati i proizvesti nadomjestak u ordinaciji, ukoliko posjeduje glodalicu i IOS koji ima takve programske mogućnosti, ili može poslati snimljene podatke u laboratorij gdje će se proizvesti konačni nadomjestak (24).

Digitalni se otisci u implantoprotetici snimaju skenerima koji imaju prilagođene programske pakete za implantate te se mogu snimati konačne nadogradnje postavljene na implantate ili se lokacija implantata snima pomoću plastičnih nadogradnji za skeniranje s markerima koji omogućavaju registraciju 3D lokacije dentalnih implantata (21). Postoje i kodirane nadogradnje za cijeljenje koje na okluzalnoj površini imaju inkorporirane informacije o dubini implantata, orijentaciji navoja, nagibu implantata, promjeru platforme i unutarnjoj konekciji ili vanjskom sučelju, a koje su ključne za dizajn i izradu individualiziranih nadogradnji, ili kako bi se analog implantata mogao postaviti u model ukoliko se koristi laboratorijski skener. Kodirane nadogradnje za cijeljenje pojednostavljuju postupak uzimanja otisaka te se njihovim uvođenjem više ne moraju uzimati otisci na razini implantata (43).

Yilmaz i Abou-Ajash prikazali su zanimljivu tehniku skeniranja, kojom su kombinirali nadogradnju za cijeljenje s nadogradnjom za skeniranje kako bi omogućili oblikovanje izlaznog profila i njegovu registraciju uz samo jedno skidanje nadogradnje za cijeljenje, čime se minimalizira trauma na meka tkiva izlaznog profila (43).

2.5. Klinička upotreba i trenutna ograničenja digitalnih otisaka

Digitalni otisci se u implantoprotetici koriste kao zamjena za konvencionalne načine otiskivanja. Virtualni modeli se nakon skeniranja mogu koristiti za 3 D dijagnostiku, protetsko planiranje, kao pomagalo pri planiranju računalno navođene implantacije ili jednostavno kao CAD faza digitalne izrade nadomjestaka (15,21,24).

Postoji tek nekoliko objavljenih kliničkih studija koje se bave potpuno digitalnim radnim procesom u implantologiji, a koji počinje intraoralnim skeniranjem (44-52). Većina je studija pokazala dobre rezultate kod pojedinačnih implantata (46,48,50-52), dok se tek nekoliko fokusiralo na restauracije na više implantata (53,54). Čini se kako IOS-i imaju poteškoća pri snimanju vjerodostojnih otisaka za izradu restauracija dužih raspona te znanstvena literatura uglavnom ne podržava izradu mostova većih raspona nošenih implantatima, kao što su semicirkularni mostovi (55,56).

Mangano i sur. proveli su jednu noviju komparativnu studiju kroz koju su prikazali karakteristike pet intraoralnih skenera pri snimanju jednog ili više implantata (29). Snimali su 2 modela s analozima implantata. Na jednome modelu jedan je analog bio na poziciji 23 kako bi simulirali izradu solo krunice te dva implantata na pozicijama 14 i 16 kako bi prikazali situaciju za izradu mosta nošenog implantatima. Drugi je model bio bezubi s analozima implantata na pozicijama (11,14, 16, 21, 24 i 26), kako bi simulirali situaciju za izradu semicirkularnog mosta. Korišteni skeneri bili su: CS 3600, Trios3, Omnicam, DWIO (Dentalwings, Montreal, Quebec, Kanada) i Emerald (Planmeca, Helsinki, Finska). Svi korišteni skeneri pokazali su se dovoljno točnima i prikladnima za skeniranje situacije gdje je potrebna solo krunica i tročlani most, s napomenom da su pri snimanju dva implantata za mosnu konstrukciju pogreške na virtualnom modelu bile puno veće. Najtočniji prikaz solo implantata dao je CS 3600, a slijedili su ga redom: Trios3, DWIO, Omnicam te na kraju Emerald. Pri skeniranju situacije za tročlani most redoslijed je nešto drugačiji: CS 3600, Trios3, Omnicam, Emerald te na kraju DWIO. Skeniranjem modela sa šest implantata za semicirkularni most pokazalo se da su najbolji prikaz dali CS 3600, koji se pokazao kao najprikladniji za takve rehabilitacije, te Trios3. Nakon njih slijedi Emerald koji je ovim istraživanjem pokazao najveću stabilnost u kvaliteti snimke s obzirom na veličinu snimanog polja. Omnicam i DWIO imali su najvećih problema pri izradi virtualnog modela, s najviše pogrešaka, te ih se ne preporuča za izradu velikih mosnih konstrukcija.

Prema Andriessenu i sur. teško je precizno snimiti bezubu čeljust, kao u slučaju gdje se na dva implantata radi proteza, uslijed nedovoljnog broja anatomskih obilježja pri skeniranju (57). Između skeniranih nadogradnji postoje velika područja mekog tkiva koje je programu teško spojiti u virtualni model, a ukoliko je prisutna upala problem je još veći.

Moderni skeneri koji rade po principu snimanja videa imaju malu glavu sa kamerom i potrebno je snimiti veliki broj slika kako bi se konstruirao virtualni model. Što je polje skeniranja veće to dolazi do većih pogrešaka pri izradi modela. Su i Sun na osnovu su te pretpostavke uspoređivali intraoralni i laboratorijski skener te su došli do zaključka da intraoralni skener nije pogodan za skeniranje kompletnog zubnog luka (58).

Na tržištu je trenutačno dostupno više od 20 različitih skenera s različitim tehničkim karakteristikama i programskim paketima. Digitalna tehnologija svakim danom sve više napreduje te se nadograđivanjem softvera rješavaju dosadašnji problemi vezani za sam proces skeniranja, izradu digitalnog modela i konačnog rada. Stoga je kliničarima bitno pratiti tehnologiju kako bi znali izabrati skener koji najbolje odgovara njihovim potrebama (59).

2.5.1. Računalno navođena implantacija

Optimalna pozicija ugrađenih dentalnih implantata preduvjet je izrade estetski i funkcionalno zadovoljavajućih restauracija s dugoročnim uspjehom. Računalno navođena (potpomognuta) implantacija podrazumijeva virtualno planiranje pozicije implantata na lokaciji koja odgovara željenoj restauraciji te korištenje kirurških vodilica, kako bi implantati bili precizno ugrađeni (60,61).

Protokol pri računalno navođenoj implantaciji je sljedeći: konusno kompjuteriziranom tomografijom (CBCT – *cone beam computed tomography*) dobije se detaljni 3D prikaz alveolarne kosti i zuba, zatim slijedi skeniranje (intraoralno ili ektraoralno) područja implantacije, kojim se dobije virtualni 3D prikaz zubi i mekih tkiva, te se konačno podaci snimljeni CBCT-om i skenerom prebacuju u softver za virtualno planiranje, a kako bi se formulirao kirurški plan ugradnje implantata ovisno o protetskoj suprastrukturi. Po planu se izrađuje kirurška vodilica (3D printanjem ili glodanjem), te implantacija može početi (61).

Kiatkroekkrai i sur. proveli su istraživanje točnosti pozicije računalno potpomognuto ugrađenog implantata ovisno o tome jesu li modeli skenirani ekstraoralno ili je učinjeno intraoralno skeniranje. Rezultati u devijaciji između planirane i konačne implantacije su za oba skenera bili slični, s nešto boljim položajem u slučaju snimanja intraoralnim skenerom (61).

Kirurške vodilice poduprte zubima preciznije su od onih koje se sidre u kosti ili su poduprte sluznicom te je računalno navođena implantacija u bezubim čeljustima nešto zahtjevnija (62).

Ji-Hyeon i sur. pokazali su da je uz pomoć kompozitnih markera, koje su zalijepili na sluznicu bezube gornje čeljusti, kako bi se virtualni model nakon intraoralnog skeniranja lakše softverski spojio i obradio CBCT snimkom, moguće provesti planiranje terapije bez potrebe za radiološkim markerima i dodatnim zračenjem (63).

2.5.2. Registracija zagriza kod bezubih čeljusti

Pri upotrebi digitalne tehnologije za snimanje odnosa među čeljustima u situacijama gdje nema dovoljno potpornih zona uobičajena praksa podrazumijeva dodatno skeniranje interokluzalnih odnosa nakon izrade i postave zagriznih šablona (64).

Fang i sur. pisali su kako je moguće potpuno digitaliziranim putem generirati virtualne bezube modele, koji su postavljeni u pravilnom intermaksilarnom odnosu, snimanjem direktnih

digitalnih otisaka i virtualne registracije zagriza intraoralnim skenerom (65). Problemu skeniranja bezube čeljusti doskočili su izradom posebnog retraktora za skeniranje koji se postavlja u vestibulum i odmiče usnice i obraze kako bi se skeniranje moglo provesti bez prekida. Nakon skeniranja čeljusti, od A-silikona su izradili bazu za zagriznu šablonu kako bi odredili vertikalnu dimenziju zagriza te su nakon toga uz pomoću polivinil-siloksanske paste za registraciju zagriza uzeli registrat centrične relacije. Nakon što se materijal stvrdnuo, izvadili su registrat iz usta te su mu izrezali prednji dio, tj. dio od premolara do premolara, a ostatak su vratili u usta kako bi bilo moguće provesti skeniranje labijalne površine bezube čeljusti u odnosu sa suprotnom čeljusti, dok su obje u željenoj vertikanoj dimenziji.

2.5.3. Izrada hibridnih individualiziranih nadogradnji

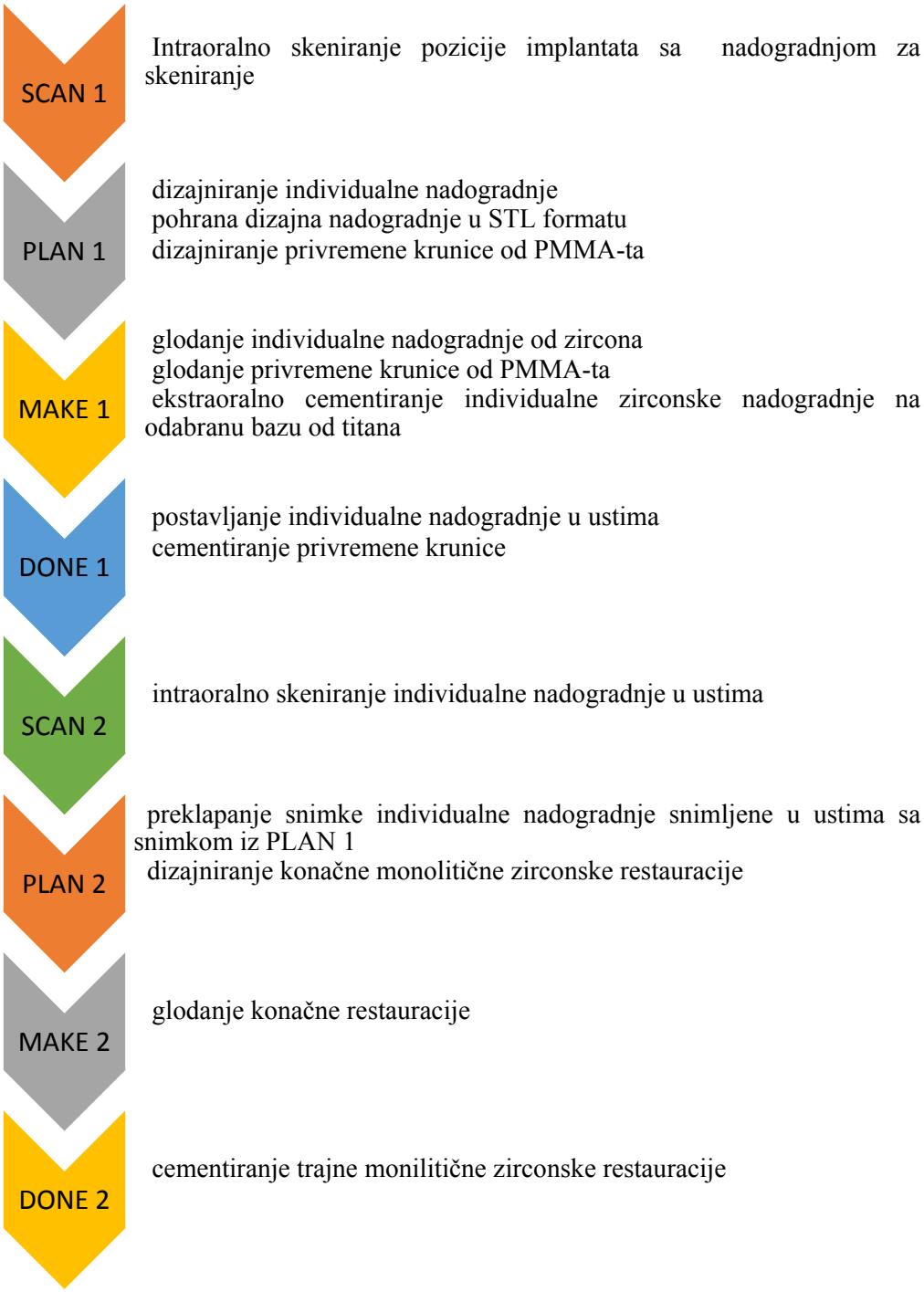
Zahvaljujući digitalnim otiscima, moguće je izmodelirati te potom proizvesti u glodalici komponente potrebne za restauracije na implantatima, bez obzira cementiraju li se na kraju ili učvršćuju vijkom. To posebice vrijedi za restauracije koje se cementiraju, kod kojih postoji mogućnost izrade individualnih hibridnih nadogradnji od cirkonij-oksida ili titana u dentalnom laboratoriju, na koje se mogu cementirati privremene restauracije izmodelirane i glodane od PEEK-a, a koje se u konačnici zamijene definitivnim monolitnim restauracijama od cirkonij-oksida (27,44,46).U takvom radnom procesu digitalni otisak s postavljenim nadogradnjama za skeniranje, može također koristiti za izradu konačne protetske restauracije, bez potrebe za snimanjem dodatnog otiska. U digitalnom se radnom procesu pozicija implantata uvozi u CAD softver, gdje se podaci snimljeni sa nadogradnji za skeniranje mijenjaju za odgovarajuće datoteke dostupne u bazi softvera, dajući tehničaru sve potrebne informacije o ugrađenom implantatu. Dentalni tehničar tako može u CAD softveru odabrati bazu podataka koja najbolje odgovara implantatu kako bi izradio gornji dio individualizirane nadogradnje koja se glođe iz cirkojin-oksida i cementira ekstraoralno na odgovarajuću bazu od titana (27,44,46).

Navedena metoda omogućava individualizaciju različitih kliničkih situacija uz maksimalnu moguću estetiku zbog upotrebe invidualiziranih nadogradnji, no postoje određena ograničenja u radnome tijeku zbog kojih može doći do pogrešaka (27, 46, 66). Tako postoji mogućnost da individualizirana nadogradnja zbog nedovoljno podataka u CAD softveru ne prilježe isto na virtualnom modelu i u ustima te može doći do pogreške u ekstraoralnom cementiranju gornjeg i donjeg dijela nadogradnje zbog čega dolazi do razlike između prikaza položaja nadogradnje u CAD softveru i u ustima (44).

Upravo zbog tih ograničenja mnogi kliničari izbjegavaju ovakav radni proces, jer nakon što se individualizirana nadogradnja postavi, nije moguće izraditi preciznu konačnu restauraciju čak niti uz pomoć naknadnog drugog intraoralnog skeniranja, zbog maturacije mekih tkiva koja sakrivaju granicu preparacije (46,67).

Postoji mogućnost ekstraoralnog skeniranja same nadogradnje laboratorijskim skenerom prije cementiranja u ustima. Ti se podaci pohranjuju i koriste pri zamjeni privremene za konačnu restauraciju, nakon što stomatolog snimi drugi digitalni otisak s cirkonij-oksidnom nadogradnjom u ustima pacijenta. Tehničar programski zamijeni snimljenu nadogradnju u ustima pacijenta sa snimkom ekstraoralno skenirane nadogradnje te na osnovu toga modelira konačnu restauraciju. No i taj proces može dovesti do pogreške, jer se konačni rad ne izrađuje na osnovi intraoralne snimke, a i produžuje se radni proces zbog ekstraoralnog skeniranja (48).

Mangano i sur. prikazali su novi, patentirani, potpuno digitalni protokol (SCAN-PLAN-MAKE-DONE®) za dizajniranje i izradu fiksnih monolitnih translucentnih cirkonij-oksidnih krunica nošenih implantatima, a cementiranih na individualiziranim hibridnim nadogradnjama, bez potrebe za dodatnim ekstraoralnim skeniranjem, uz pomoć snimanja drugog digitalnog otiska stvarne pozicije nadogradnje u ustima (Slika 1) (48).



Slika 1. Shematski prikaz protokola SCAN-PLAN-MAKE-DONE®. Preuzeto i modificirano prema: (48).

2.6. Prednosti i mane digitalnih naspram konvencionalnih otisaka

Uvođenjem digitalnih otisaka umjesto konvencionalnih eliminira se potreba za korištenjem tradicionalnih otisnih materijala, čime postupak uzimanja otisaka postaje ugodniji za pacijente, a broj pogrešaka koje mogu nastati konvencionalnim otiskivanjem se smanjuje (7,10).

U Tablici 3. navedene su glavne prednosti i mane digitalnih otisaka.

Tablica 3. Prednosti i mane digitalnih otisaka. Preuzeto i modificirano prema: (44).

DIGITALNI OTISCI	
PREDNOSTI	**NEDOSTATCI**
● Relativno kratko vrijeme skeniranja ● Kontrola preparacije ● Obilježavanje ruba preparacije ● Skeniranje u ustima ● Prijenos podataka internetom ● Trenutna laboratorijska kontrola ● Točnost, preciznost ● Udobnost za pacijenta ● Mogućnost arhiviranja ● Bolja komunikacija s pacijentima i dentalnim tehničarom ● Pojednostavljeni klinički postupci	● Troškovi nabave i održavanja uređaja ● Duboke preparacije ● Vlaga i krv izrazito utječu na preciznost otiska ● Nemogućnost izrade radova za koje je potreban 3D model (ukoliko se ne posjeduje 3D printer) ● Dodatna edukacija ● Potrebno nanošenje praha za kondicioniranje površine

Digitalni otisci pojednostavnjuju postupak uzimanja otisaka, smanjuju vrijeme pacijenata provedeno u ordinaciji, značajno olakšavaju komunikaciju između stomatologa i laboratorija te stomatolozima na licu mjesta omogućava ponovno skeniranje područja koja na virtualnim modelima nisu dovoljno dobro skenirana prvim prolaskom kamere (11,12).

Nekoliko je studija uspoređivalo konvencionalne i digitalne tehnike otiskivanja s pacijentovog stajališta i sa stajališta stomatologa. Yuzbasioglu i sur. pokazali su da je vrijeme otiskivanja digitalnim putem puno brže, za digitalni otisak u prosjeku je potrebno 248.48 ± 23.48 sekundi, a za konvencionalni 605.38 ± 23.66 sekundi (68). Pacijenti su bili puno zadovoljniji pri uzimanju otisaka intraoralnim skenerom te su takav način naveli kao primarnu opciju uzimanja otiska.

Lee i sur. istraživali su razlike u razini kompliciranosti pri otiskivanju implantata digitalnim i konvencionalnim putem (69). U istraživanju su sudjelovali iskusni kliničari i studenti stomatologije te se na kraju pokazalo da je 53% iskusnih stomatologa izabralo konvencionalni način otiskivanja kao preferirani, dok je kod studenata njih tek 7% izabralo konvencionalni ispred digitalnog otiska. Konvencionalni način otiskivanja bio je za studente puno kompliciraniji, dok u usporedbi digitalnog načina otiskivanja nije bilo značajne razlike u razini kompliciranosti između iskusnih stomatologa i studenata.

Radni proces izrade restauracija prilikom uzimanja digitalni otisaka izbacuje potrebu za izradom modela na kojima se rade krunice i mostovi, čime se ubrzava i pojednostavnjuje radni proces te restauracije modelirane na virtualnim modelima, nastalim intraoralnim skeniranjem, imaju bolji dosjed (70).

Rech-Ortega i sur. su u *in vitro* studiji 2019., uspoređujući tehnike otiskivanja dentalnih implantata, zaključili da je u kliničkoj situaciji gdje u čeljusti postoje 3 implantata ili manje, konvencionalni način otiskivanja precizniji, dok je već u situaciji sa 4 implantata digitalni otisak superiorniji (71).

Konvencionalni otisni materijali imaju ograničenja što se tiče elastičnosti materijala te stoga ne mogu dovoljno dobro prikazati velike disparalelitete implantata u kompleksnijim slučajevima, što dovodi do pogrešaka u postavi analoga implantata u modelima te konačno do nedovoljno preciznih protetskih suprastruktura s lošim dosjedom (72).

U literaturi je prikazano nekoliko teza kojima se ističe superiornost konvencionalnih otisnih postupaka zbog pogrešaka koje mogu nastati prilikom snimanja digitalnih otisaka IOS-ima, a koje su: lokalne devijacije (30), smanjenje preciznosti zbog akumulacija pogrešaka uslijed velike udaljenosti između snimanih implantata (25), promjenjivi faktori kao što su ograničeni intraoralni prostor, prisutnost sline, krvi, suradnja pacijenta (34), strategija skeniranja (73,74), verzija softvera (75).

Digitalni protokol uvelike ovisi o stomatologu, tj. o osobi koja upravlja skenerom (76). Gimenez i sur. su prikazali da operater skenerom utječe na preciznost konačne snimke,

virtualnih modela i restauracija te su zaključili da je potrebna edukacija i određeno iskustvo kako bi bio snimljen dovoljno precizan digitalni otisak.

Joda i Brägger su u svom istraživanju proučavali razlike između digitalnih i konvencionalnih otisnih postupaka s aspekta uloženog novca i vremena. Istraživanja su pokazala da su, unatoč većim troškovima nabave i održavanja intraoralnih dentalnih skenera, digitalni postupci otiskivanja 18% isplativiji u odnosu na konvencionalne otisne postupke (77).

3. RASPRAVA

Ključni korak pri izradi estetski i funkcionalno prihvatljive restauracije na implantatima je uzimanje preciznog otiska. Prilikom otiskivanja implantata potrebno je što točnije reproducirati 3D lokaciju implantata s obzirom na ostale strukture u ustima. Neprecizan otisak dovodi do izrade nepreciznog modela te samim time onemogućuje izradu protetske suprastrukture koja je u pravilnom 3D odnosu sa usađenim implantatima. Napredak digitalne tehnologije pruža stomatolozima mogućnost korištenja intraoralnih skenera umjesto konvencionalnih otisaka, čije su glavne prednosti jednostavnost, ugoda pacijenata, lakše skladištenje modela, brzi pristup 3D dijagnostičkim podacima, te jednostavan prijenos podataka i lakša komunikacija kako između stomatologa i tehničara tako i između stomatologa i pacijenata (55,76).

Digitalni otisci i intraoralni dentalni skeneri uvedeni su u stomatologiju 1980-ih godina kao sastavni dio CAD/CAM sustava koji se sastoji od tri glavne komponente, a to su: dentalni skener, softver i stroj za glodanje ili 3D print. Intraoralnim se skenereom prikupljaju geometrijski podaci o skeniranom objektu i pretvaraju u digitalne informacije koje obrađuje softver i virtualno konstruira budući nadomjestak, dok ga stroj za glodanje izrađuje iz tvornički pripremljenih blokova materijala prema zadanim informacijama (9).

Najčešći principi po kojima danas rade IOS-i te uz pomoć kojih mjere udaljenost između vrha senzora i ciljanog objekta, kako bi optičke podatke mogli pretvoriti u 3D modele, su triangulacija, paralelno konfokalno lasersko skeniranje i aktivno uzorkovanje valne fronte. Snimanjem kompilacije fotografija, videa koji se sastoji od uzastopnih fotografija ili analizom valova postiže se konačna rekonstrukcija površine objekta (22,23). Sve veću popularnost među korisnicima postižu sustavi kod kojih prije skeniranja nije potrebno kondicionirati površinu matirajućim prahom te koji se koriste snimanjem videa za 3D rekonstrukciju (TRIOS, True Definition, CEREC Omnicam) (26). Razlikujemo još i otvorene sustave, koji omogućuju slobodan izvoz i obradu podataka u programima drugih proizvođača, te zatvorene sustave u kojima se podaci obrađuju samo u pripadajućim računalnim softverima (30).

Razvojem tehnologije i digitalizacijom omogućeno je smanjivanje broja koraka u postupku dobivanja otisaka pa sve do izrade dentalnih modela, u odnosu na konvencionalni način. Time su greške, koje nastaju pri standardnom načinu, minimalizirane ili uklonjene (9). Digitalni otisci snimaju se dentalnim skenerima koji mogu biti intraoralni ili laboratorijski, stolni skeneri. Konačni rezultat obje vrste uređaja prikaz je virtualnog modela u zato namijenjenom softveru za oblikovanje budućeg nadomjestka. Izravnom ili direktnom digitalizacijom, uz intraoralno skeniranje, CAD/CAM uređaji potpuno su integrirani i moguće je izraditi protetsku restauraciju unutar stomatološke ordinacije. U neizravnoj digitalizaciji otisci ili izliveni modeli skeniraju se stolnim skenerima, a CAD/CAM sustav ne nalazi se u stomatološkoj ordinaciji (13).

Skeneri koji imaju prilagođene programske pakete za implantate koriste se u implantoprotetici. Digitalni otisci dobivaju se snimanjem konačne nadogradnje postavljene na implantate ili se lokacija implantata snima pomoću plastičnih nadogradnji za skeniranje s ugrađenim markerima koji omogućuju registraciju 3D lokacije implantata (21). Postoje i kodirane nadogradnje za cijeljenje, čijim uvođenjem više nema potrebe za uzimanjem otisaka na razini implantata, jer one na svojoj okluzalnoj površini sadrže inkorporirane informacije o dubini implantata, orijentaciji navoja, nagibu implantata, promjeru platforme i unutarnjoj konekciji ili vanjskom sučelju, a koje su ključne za dizajn i izradu individualiziranih nadogradnji ili kako bi se analog implantata mogao postaviti u model ako se koristi laboratorijski skener (43).

Kako bi postigli optimalan dosjed suprastruktura na usađene implantate, potrebno je uzeti najvjerodostojniji mogući otisak, a vjerodostojnost digitalnog otiska sastoji se od realnosti i preciznosti (26, 30). Realnost nam govori koliko je prikazano stanje blisko stvarnome, dok preciznost podrazumijeva mjeru ponovljivosti otiska. Vjerodostojnost digitalnih otisaka veća je što je broj implantata veći, a udaljenost među njima manja (15).

Intraoralni skeneri koriste se direktno u ordinacijama, dok se laboratorijski koriste u zubotehničkim laboratorijima za skeniranje otisaka ili gipsanih radnih modela, što im daje određenu prednost kada govorima o promjenjivim okolinskim faktorima kao što su: slina, krv, kretnje pacijenata, ograničeni prostor usne šupljine, ali imaju i manu jer se skenira otisak koji može biti nedovoljno precizan ili model koji također zbog karakteristika materijala ima mane (37). Su i San proveli su istraživanje gdje su uspoređivali intraoralne i laboratorijske skenere polazeći od pretpostavke da što je polje skeniranja veće, to je veća mogućnost pogrešaka pri izradi modela, te su došli do zaključka da intraoralni skener nije pogodan za skeniranje kompletnog zubnog luka (58).

Uzimanjem otisaka intraoralnim skenerima direktno u ordinaciji zaobilazi se određeni broj faza rada, što skraćuje vrijeme trajanja izrade nadomjestaka, ali također smanjuje mogućnost nastanka pogrešaka koje se događaju prilikom svake faze rada. Uz to, stomatolog može smanjiti potrebu za zubotehničarom i smanjiti troškove izrade, a i samo uzimanje otiska puno je ugodnije za pacijenta. Joda i Brägger u svojoj su znanstvenoj studiji proučavali razlike između digitalnih i konvencionalnih otisnih postupaka s aspekta uloženog novca i vremena. Istraživanja su pokazala da su, unatoč većim troškovima nabave i održavanja intraoralnih dentalnih skenera, digitalni postupci otiskivanja 18% isplativiji u odnosu na konvencionalne otisne postupke (77). Trajanje uzimanja digitalnog otiska uvelike je skraćeno, uspoređujući ih s uzimanjem otiska konvencionalnim tehnikama (19,68). Što se tiče pojedinačnih restauracija, krunice izrađene

digitalnim procesom imaju bolji dosjed, dok je pri izradi opsežnijih radova konvencionalni način otiskivanja još uvijek preferiran pred digitalnim (30,34).

Nisu svi skeneri prilagođeni za snimanje svih situacija, zato je bitno naglasiti da će,kada se pravi uređaj koristi za pravu indikaciju, IOS uvijek biti superioran nad konvencionalnim otiscima (34). Mangano i sur. su kroz svoju komparativnu studiju prikazali karakteristike pet IOS-a pri snimanju jednog ili više implantata te su zaključili kako svaki skener ima drukčije karakteristike kada se uzme u obzir stabilnost u kvaliteti snimke s obzirom na veličinu skeniranog polja (29).

Virtualni model, dobiven digitalnim otiskom, koristi se za dijagnostičke svrhe kao i za komunikaciju s pacijentom pri planiranju terapije. Izrada virtualnog pacijenta, dijagnostika i planiranje prvi su korak, uz snimanje CBCT-a, pri računalno navođenoj implantaciji koja omogućava bolju kontrolu i veću preciznost pri ugradnji dentalnih implantata. CBCT-om dobije se detaljni 3D prikaz alveolarne kosti i zuba, a skeniranjem područja implantacije virtualni 3D prikaz mekih tkiva i zuba te se ti podaci zajedno prebacuju u softver za virtualno planiranje kako bi se složio kirurški plan ugradnje implantata ovisno o protetskoj suprastukturi te se po tom planu konačno izrađuje kirurška vodilica uz koju može započeti računalno navođena implantacija (60,61).

Zahvaljujući digitalnim otiscima, moguće je izmodelirati, te potom u glodalici proizvesti komponente potrebne za izradu restauracije na implantatima, što posebice vrijedi za restauracije koje se cementiraju, a kod kojih postoji mogućnost izrade individualnih hibridnih nadogradnji od cirkonij-oksida ili titana u dentalnom laboratoriju. Na taj se način omogućava individualizacija različitih kliničkih situacija, uz maksimalnu moguću estetiku, zbog upotrebe individualiziranih nadogradnji (27, 44).

Restauracije nošene implantatima, pogotovo one koje povezuju više implantata, trebale bi imati što pasivniji mogući dosjed. Oseointegrirani implantati nemaju parodont te toleriraju tek jednu desetinu kretnje prirodnog zuba, stoga imaju ograničenu mogućnost kompenziranja nepravilnosti u dosjedu protetskih nadomjestaka. Otiskivanje je prvi korak ka izradi protetskog nadomjestka te bilo koja pogreška pri uzimanju otiska može dovesti do biomehaničkih komplikacija kao što su popuštanje vijka, lom vijka ili lom implantata (6,72).

Preciznost i točnost digitalnih skenera raste sukladno razvoju tehnologije (28). Istraživanja Endera i sur. pokazala su da digitalne metode otiskivanja pokazuju veće lokalne devijacije naspram konvencionalnog načina otiskivanja kada se skenira cijeli zubni luk, pa tako konvencionalne metode u preciznosti prednjače pred digitalnim (30, 36). Kod usporedbe preciznosti u skeniranju-/-otiskivanju pojedinih dijelova zubnog luka digitalne metode postižu

jednaku ili veću preciznost od konvencionalnih (36). Iako digitalni otisci eliminiraju potrebu za laboratorijskim postupcima potrebnim kod konvencionalnih otisaka, moguće su pogreške zbog samog postupka skeniranja, preciznosti i dosjeda nadogradnje za skeniranje, te tehnologije samog uređaja i dostupnog softvera (21).

Dakle, što se tiče preciznosti otisaka, konvencionalni otisci u dogledno vrijeme nemaju alternativu u digitalnim intraoralnim sustavima u potpunosti, posebice pri skenovima kompletnih čeljusti. Međutim, sistemi digitalnih intraoralnih otisaka nastavljaju se ubrzano razvijati i budućnost je svakako u digitalnom načinu otiskivanja (18,36).

4. ZAKLJUČAK

Pasivan dosjed protetske suprastrukture na implantatima ključ je dugoročnog uspjeha implantoprotetske terapije, a uzimanje preciznog otiska prvi je korak ka izradi konačne restauracije. Uvođenjem dentalnih skenera u stomatologiju i omogućavanjem uzimanja digitalnih otisaka sam postupak otiskivanja i izrade restauracije je pojednostavljen, ubrzan i puno ugodniji za pacijente. Kod digitalnog načina otiskivanja znatno je umanjen ljudski faktor što smanjuje mogućnost pogrešaka koje mogu nastati pri konvencionalnom načinu otiskivanja. Konstantnim poboljšanjima tehničkih karakteristika skenera moguće je precizno odabrati model za najčešće korištene indikacije u ordinaciji, pošto nisu svi skeneri prilagođeni za snimanje istih raspona i situacija.

Digitalnim je otiscima olakšana komunikacija s pacijentima, moguće je izraditi virtualni plan terapije, prijenos podataka između laboratorija i ordinacije je momentalan, a arhiviranje virtualnih modela i podataka o pacijentima ne zahtijeva upotrebu fizičkog prostora.

Još uvijek postoje određena ograničenja pri uzimanju digitalnih otisaka te se za situacije gdje postoje tri ili manje implantata u jednoj čeljusti preporučuje konvencionalni način otiskivanja, no digitalni tijek rada sve više zamjenjuje konvencionalni i sve je prihvaćeniji od strane stomatologa. Stoga možemo predvidjeti da će u skorijoj budućnosti konvencionalni način otiskivanja biti dio prošlosti.

5. LITERATURA

1. Knežević G i sur. Osnove dentalne implantologije. Zagreb: Školska knjiga; 2002. 91 p.
2. Živko-Babić J, Jakovac M, Carek A, Lovrić Ž. Implantoprotetička terapija manjka prednjeg zuba. Acta Stomatol Croat. 2009;43(3):234-41.
3. Koeck B, Wagner W. Implantologie. München: Elsevier; 2004. 408 p.
4. Wismeijer D, Buser D, Belser U, editors. ITI Treatment Guide, Vol 4: Loading Protocols in Implant Dentistry: Edentulous Patient. New York: Quintesence Publishing; 2010. 248 p.
5. Jemt T, Book K. Prosthesis misfit and marginal bone loss in edentulous implant patients. Int J Oral Maxillofac Implants. 1996;11(5):620-5.
6. al-Turki LE, Chai J, Lautenschlager EP, Hutten MC. Changes in prosthetic screw stability because of misfit of implant-supported prostheses. Int J Prosthodont. 2002;15(1):38-42.
7. Basaki K, Alkumru H, De Souza G, Finer Y. Accuracy of Digital vs Conventional Implant Impression Approach: A Three-Dimensional Comparative In Vitro Analysis. Int J Oral Maxillofac Implants. 2017;32(4):792-99.
8. Birnbaum NS, Aaronson HB. Dental impressions using 3D digital scanners: virtual becomes reality. Compend Contin Educ Dent. 2008; 29(8):494-505.
9. Mörmann WH. The evolution of the CEREC system. J Am Dent Assoc. 2006;137(Suppl 1):S7-13.
10. Joda T, Brägger U. Patient-centered outcomes comparing digital and conventional implant impression procedures: A randomized crossover trial. Clin Oral Implants Res. 2016;27(12):185-9.
11. Lee SJ, Betensky R, Gianneschi G, Gallucci GO. Accuracy of digital versus conventional impressions. Clin Oral Implants Res. 2015;26(6):715-9.
12. Joda T, Brägger U. Time-efficiency analysis comparing digital and conventional workflows for implant crowns: A prospective clinical crossover trial. Int J Oral Maxillofac Implants. 2015;30(5):1047-53.
13. Baroudi K, Ibraheem SN. Assessment of Chair-side Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing Restorations: A Review of the Literature. J Int oral Heal. 2015;7(4):96-104.
14. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. Br Dent J. 2008;204(9):505-11.
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 Apr;64(2):109-13.

16. Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P et al. Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. J Healthc Eng. 2017 (12):1-9.
17. Wolfart S. Implantoprotetika – koncept usmjeren na pacijenta. 1. izd. Zagreb: Media ogled d.o.o; 2015. 752 p.
18. Cristensen GJ. Impressions are changing: Deciding on conventional, digital or digital plus in-office milling. J Am Dent Assoc. 2009;140(10):1301-4.
19. Lukačević F, Lukić N, Jelinić Carek A. Usporedba konvencionalnih i digitalnih intraoralnih otisaka. Sonda. 2015;16(29): 54-7.
20. Glavina D, Škrinjarić I. Novi postupak za izradbu keramičkih ispuna: CAD/CAM sustav tehnologija 21. stoljeća. Acta Stomatol Croat. 2001;35(1):43-50.
21. Chew AA, Esguerra RJ, Teoh KH, Wong KM, Simon D, Tan KB. Three-Dimensional Accuracy of Digital Implant Impressions: Effects of Different Scanners and Implant Level. Int J Oral Maxillofac Implants. 2017;32(1):70-80.
22. Ireland AJ, McNamara C, Clover MJ, House K, Wenger N, Barbour ME et al. 3D surface imaging in dentistry - what we are looking at. Br Dent J. 2008;205(7):387-92.
23. Taneva E, Kusnoto B, Evans CA. 3D scanning, imaging, and printing in orthodontics. In: Bourzgui F. Issues in Contemporary Orthodontics. IntechOpen;2015. p.147–88.
24. Ting-Shu S, Jian S. Intraoral Digital Impression Technique: A Review. J Prosthodont. 2015;24(4):313-21.
25. van der Meer WJ, Andriessen FS, Wismeijer D, Ren Y. Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. PLoS One.2012;7(8): 1-8.
26. Marghalani A, Weber HP, Finkelman M, Kudara Y, El Rafie K, Papaspyridakos P. Digital versus conventional implant impressions for partially edentulous arches: An evaluation of accuracy. J Prosthet Dent. 2018;119(4):574-9.
27. Imburgia M, Logozzo S, Hauschild U, Veronesi G, Mangano C, Mangano FG. Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study. BMC Oral Health. 2017;17(1):92.
28. Mangano FG, Veronesi G, Hauschild U, Mijiritsky E, Mangano C. Trueness and precision of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study. PLoS One 2016;11(9):1-9.
29. Mangano FG, Hauschild U, Veronesi G, Imburgia M, Mangano C, Admakin O. Trueness and precision of 5 intraoral scanners in the impressions of single and multiple implants: a comparative in vitro study. BMC Oral Health. 2019;19(1):101.

30. Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. J Prosthet Dent. 2013;109(2):121-8.
31. Medina-Sotomayor P, Pascual-Moscardo A, Camps AI. Accuracy of 4 digital scanning systems on prepared teeth digitally isolated from a complete dental arch. J Prosthet Dent. 2019;121(5):811–20.
32. Arakida T, Kanazawa M, Iwaki M, Suzuki T, Minakuchi S. Evaluating the influence of ambient light on scanning trueness, precision, and time of intra oral scanner. J Prosthodont Res. 2018;62(3):324-9.
33. Prudente MS, Davi LR, Nabbout KO, Prado CJ, Pereira LM, Zancopé K, Neves FD. Influence of scanner, powder application, and adjustments on CAD-CAM crown misfit. J Prosthet Dent. 2018;119(3):377-83.
34. 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.
35. Gan N, Ruan Y, Sun J, Xiong Y, Jiao T. Comparison of Adaptation between the Major Connectors Fabricated from Intraoral Digital Impressions and Extraoral Digital Impressions. Sci Rep. 2018;8(1):529.
36. Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. J Prosthodont. 2018;27(1):35-41.
37. Serag M, Nassar TA, Avondoglio D, Weiner S. A Comparative Study of the Accuracy of Dies Made from Digital Intraoral Scanning vs. Elastic Impressions: An In Vitro Study. J Prosthodont. 2018;27(1):88-93.
38. Rudolph H, Salmen H, Moldan M, Kuhn K, Sichwardt V, Wöstmann B, et al. Accuracy of intraoral and extraoral digital data acquisition for dental restorations. J Appl Oral Sci. 2016;24(1):85–94.
39. Shimizu S, Shinya A, Kuroda S, Gomi H. The accuracy of the CAD system using intraoral and extraoral scanners for designing of fixed dental prostheses. Dent Mater J. 2017;36(4):402-7.
40. Bohner LOL, De Luca Canto G, Marció BS, Laganá DC, Sesma N, Tortamano Neto P. Computer-aided analysis of digital dental impressions obtained from intraoral and extraoral scanners. J Prosthet Dent. 2017;118(5):617-23.
41. Fukazawa S, Odaira C, Kondo H. Investigation of accuracy and reproducibility of abutment position by intraoral scanners. J Prosthodont Res. 2017;61(4):450-9.
42. Birnbaum NS, Aaronson HB, Stevens C, et al: 3D digital scanners: a high-tech approach to more accurate dental impressions. Inside Dent. 2009;5(11):70-4.

43. Yilmaz B, Abou-Ayash S. A digital intraoral implant scan technique using a combined healing abutment and scan body system. J Prosthet Dent. 2020 Feb;123(2):206-9.
44. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. BMC Oral Health. 2017;17(1):149.
45. Joda T, Zarone F, Ferrari M. The complete digital workflow in fixed prosthodontics: a systematic review. BMC Oral Health. 2017;17(1):124.
46. Mangano F, Veronesi G. Digital versus Analog Procedures for the Prosthetic Restoration of Single Implants: A Randomized Controlled Trial with 1 Year of Follow-Up. Biomed Res Int. 2018 Jul;(2):1-20.
47. Mühlemann S, Kraus RD, Hämmerle CHF, Thoma DS. Is the use of digital technologies for the fabrication of implant-supported reconstructions more efficient and/or more effective than conventional techniques: A systematic review. Clin Oral Implants Res. 2018;29(18):184–95.
48. Mangano F, Margiani B, Admakin O. A Novel Full-Digital Protocol (SCAN-PLAN-MAKE-DONE®) for the Design and Fabrication of Implant-Supported Monolithic Translucent Zirconia Crowns Cemented on Customized Hybrid Abutments: A Retrospective Clinical Study on 25 Patients. Int J Environ Res Public Health. 2019;16(3):317.
49. Joda T, Ferrari M, Bragger U, Zitzmann NU. Patient Reported Outcome Measures (PROMs) of posterior single-implant crowns using digital workflows: A randomized controlled trial with a three-year follow-up. Clin Oral Implants Res. 2018;29(9):954–61.
50. Joda T, Ferrari M, Brägger U. Monolithic implant-supported lithium disilicate (LS2) crowns in a complete digital workflow: a prospective clinical trial with a 2-year follow-up. Clin Implant Dent Relat Res. 2017;19(3):505–11.
51. Joda T, Bragger U, Zitzmann NU. CAD/CAM implant crowns in a digital workflow: five-year follow-up of a prospective clinical trial. Clin Implant Dent Relat Res. 2019;21(1):169–74.
52. Spies BC, Pieralli S, Vach K, Kohal RJ. CAD/CAM-fabricated ceramic implantsupported single crowns made from lithium disilicate: final results of a 5-year prospective cohort study. Clin Implant Dent Relat Res. 2017;19(5):876–83.
53. Ferrini F, Capparé P, Vinci R, Gherlone EF, Sannino G. Digital versus traditional workflow for posterior maxillary rehabilitations supported by one straight and one tilted implant: a 3-year prospective comparative study. Biomed Res Int. 2018 Nov:1-7.
54. Gherlone EF, Ferrini F, Crespi R, Gastaldi G, Capparé P. Digital impressions for fabrication of definitive “all-on-four” restorations. Implant Dent. 2015; 24(1):125–9.

55. Alikhasi M, Alsharbaty MHM, Moharrami M. Digital implant impression technique accuracy: a systematic review. Implant Dent. 2017;26(6):929–35.
56. Khraishi H, Duane B. Evidence for use of intraoral scanners under clinical conditions for obtaining full-arch digital impressions is insufficient. Evid Based Dent. 2017;18(1):24–5.
57. 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(3):186-94.
58. Su TS, Sun J. Comparison of repeatability between intraoral digital scanner and extraoral digital scanner: an in vitro study. J Prosthodont Res. 2015;59(4):236-42.
59. Rekow ED. Digital dentistry: The new state of the art - Is it disruptive or destructive? Dent Mater. 2020 Jan;36(1):9-24.
60. TahmasebA,WismeijerD,CouckeW,Derksen W. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. Int J Oral Maxillofac Implants 2014;29(Suppl):S25–42.
61. Kiatkroekkrai P , Takolpuckdee C , Subbalekha K, Mattheos N, Pimkhaokham A. Accuracy of implant position when placed using static computer-assisted implant surgical guides manufactured with two different optical scanning techniques: a randomized clinical trial. Int J Oral Maxillofac Surg. 2020 Mar;49(3):377-83.
62. Farley NE, Kennedy K, McGlumphy EA, Clelland NL. Split-mouth comparison of the accuracy of computer-generated and conventional surgical guides. Int J Oral Maxillofac Implants. 2013;28(2):563–72.
63. Oh JH, An X, Jeong SM, Choi BH. Digital Workflow for Computer-Guided Implant Surgery in Edentulous Patients: A Case Report. J Oral Maxillofac Surg. 2017;75(12):2541-9.
64. DeLong R, Knorr S, Anderson GC: Accuracy of contacts calculated from 3D images of occlusal surfaces. J Dent. 2007;35(6):528-34.
65. Fang Y, Fang JH, Jeong SM, Choi BH. A Technique for Digital Impression and Bite Registration for a Single Edentulous Arch. J Prosthodont. 2019;28(2):519-23.
66. Barwacz CA, Stanford CM, Diehl UA, Cooper LF, Feine J, McGuire M, et al. Pink Esthetic Score Outcomes Around Three Implant-Abutment Configurations: 3-Year Results. IntJOral Maxillofac Implants. 2018;33(5):1126–35.
67. Pietruski JK, Skurska A, Bernaczyk A, Milewski R, Pietruska MJ, Gehrke P, et al. Evaluation of concordance between CAD/CAM and clinical positions of abutment shoulder against mucosal margin: An observational study. BMC Oral Health. 2018;18(1):73.

68. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, et al. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. BMC Oral Health. 2014 Jan;14(1):10.

69. Lee SJ, Macarthur RX,4th, Gallucci GO. An evaluation of student and clinician perception of digital and conventional implant impressions. J Prosthet Dent. 2013;110(5):420-3.

70. Syrek A, Reich G, Ranftl D, et al. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. J Dent. 2010;38(7):553-9.

71. Rech-Ortega C, Fernandez-Estevan L. Comparative in vitro study of the accuracy of impression techniques for dental implants: Direct technique with an elastomeric impression material versus intraoral scanner. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2019;24(1):89–95.

72. Alikhasi M, Siadat H. Three-Dimensional Accuracy of Digital Impression versus Conventional Method: Effect of Implant Angulation and Connection Type. Int J Dent. 2018;20(18):1-9.

73. Muller P, Ender A. Impact of digital intraoral scan strategies on the impression accuracy using the TRIOS Pod scanner. Quintessence Int. 2016;47(4):343–9.

74. Medina-Sotomayor P, Pascual MA. Accuracy of four digital scanners according to scanning strategy in complete-arch impressions. PLoS ONE. 2018;13(9):1-8.

75. Mandelli F, Gherlone EF. Full-arch intraoral scanning: Comparison of the two different strategies and their accuracy outcomes. J Osseointegr. 2018;10(3):65–74.

76. Gimenez B, Ozcan M. Accuracy of a digital impression system based on parallel confocal laser technology for implants with consideration of operator experience and implant angulation and depth. Int J Oral Maxillofac Implants. 2014;29(4):853–62.

77. Joda T, Brägger, U. Digital vs. conventional implant prosthetic workflows: a cost/time analysis. Clin Oral Implant Res. 2015;26(12):1430-5.

6. ŽIVOTOPIS

Iva Milčić rođena je 14.06.1987. godine u Karlovcu. Pohađala je Osnovnu školu u Draganiću, a 2005. godine maturirala je s odličnim uspjehom u Gimnaziji Karlovac. Iste godine upisuje studij dentalne medicine na Stomatološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Diplomirala je 2011. godine, a državni ispit položila je 2012. godine, nakon odrađenog pripravničkog staža u privatnoj ordinaciji, Stomatološkoj ordinaciji dr. Stipe Sumić, gdje je nastavila raditi kao doktor dentalne medicine do 2013. godine. Od 2013. do 2018. godine radila je kao voditelj tima u ordinaciji dentalne medicine u Domu zdravlja Vojnić, a od 2018. do kraja 2019. radila je u Ordinaciji dentalne medicine dr. Marijan Talakić u Karlovcu, kada je samostalno otvorila vlastitu ugovornu ordinaciju dentalne medicine na istoj adresi u Karlovcu. Uz konstantno stručno usavršavanje pohađanjem tečajeva i kongresa, 2017.godine upisala je poslijediplomski specijalistički studij iz dentalne implantologije koji završava 2020. godine.