

# Intraoralni i laboratorijski skeneri - klinički aspekti primjene

---

**Tomičić, Igor**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

*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:127:544182>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-05-14**



*Repository / Repozitorij:*

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





SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
STOMATOLOŠKI FAKULTET

Igor Tomičić

# **INTRAORALNI I LABORATORIJSKI SKENERI – KLINIČKI ASPEKTI PRIMJENE**

Diplomski rad

Zagreb, 2018.

Rad je ostvaren na Zavodu za mobilnu protetiku Stomatološkog fakulteta u Zagrebu.

Mentor rada: izv. prof. dr. sc. Robert Čelić, Zavod za mobilnu protetiku Stomatološkog fakulteta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: dr. sc. Dejan Varga, prof. hrvatskog jezika i književnosti i povijesti

Lektor engleskog jezika: mag. educ. philol. angl. et germ. Lada Malinović

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

- 1.
- 2.
- 3.

Datum obrane rada:

Rad sadrži: 34 stranice

4 tablice

6 slika

1 CD

Sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu izvorni su doprinos autora diplomskog rada, osim ako nije drugačije navedeno. 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.

Zahvaljujem svom mentoru izv. prof. dr. sc. Robertu Čeliću na stručnoj pomoći, strpljenju i korisnim savjetima tijekom izrade ovog rada.

Posebno zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na potpori i razumijevanju tijekom cijelog studija.

## **Intraoralni i laboratorijski skeneri – klinički aspekti primjene**

### **Sažetak**

Razvoj 3D tehnologije i digitalizacija omogućuju razvoj dentalnih skenera i uvođenje digitalnih otisaka u razna područja stomatologije. Dentalni skeneri sastavni su dio CAD/CAM sustava. Dentalne skenere dijelimo na intraoralne koji se koriste unutar ordinacije i laboratorijske koji se koriste ekstraoralno skenirajući otisak ili izliveni radni model. Najčešća tri principa na kojima se danas temelji rad intraoralnih skenera su: triangulacija, aktivno uzorkovanje valne fronte i paralelno konfokalno lasersko skeniranje.

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. Manji fiksni protetski radovi, poput pojedinačnih kruna, napravljeni prema digitalnim otiscima intraoralnih skenera postižu jednaku ili bolju preciznost od klasično uzetih otisaka, ali se ne preporučuju za izradu većih fiksnih radova s većim brojem članova.

Nedostatak intraoralno uzetih otisaka očituje se u nemogućnosti skeniranja subgingivnih preparacija te nepogodnim intraoralnim uvjetima poput sline i krvi koji smanjuju razinu kvalitete otiska. Laboratorijski skener objedinjuje i početnu fazu uzimanja otiska konvencionalnom tehnikom i kasnije digitalno skeniranje te stoga omogućuje rješenje ovog problema. Laboratorijski skeneri mogu se koristiti i za veće protetske radove poput mostova s više od pet članova.

Digitalni dentalni skeneri najviše se koriste unutar protetike, pretežno fiksne, ali raspon primjene zahvaća i ostale grane stomatologije poput ortodoncije i implantologije.

**Ključne riječi:** digitalni otisak; intraoralni skener; laboratorijski skener

## **Intraoral and laboratory scanners - Clinical aspects of application**

### **Summary**

The development of 3D technology and digitization enables the development of dental scanners and the introduction of digital impressions in various areas of dentistry. Dental scanners are an integral part of CAD/CAM systems. Dental scanners are divided into intraoral scanners which are used in-office and laboratory scanners which are used extraorally for scanning the impression or dental working cast. Three base principles for the work of intraoral scanners are triangulation, active wavefront sampling and parallel confocal laser scanning.

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 facilitated communication between the office and laboratory. Smaller fixed prosthetic restorations, such as single crowns, made by intraoral scanners, achieve equal or better precision than classical impressions. Digital impressions, however, are not recommended for fixed prosthetic restorations with a larger number of units.

The disadvantages of intraoral impressions are seen in their inability to scan subgingival preparations and the reduced quality of the impressions in inconvenient intraoral conditions, caused by saliva and/or blood. The laboratory scanner combines the initial phase of the impression-taking by the conventional technique with the digital scanning, thus, offers a solution to the above-mentioned problem. Furthermore, laboratory scanners can be used for larger prosthetic restorations such as bridges with more than 5 units.

Digital dental scanners are most commonly used within prosthetics, predominantly fixed. However, the range of application also includes other branches of dentistry, such as orthodontics and implantology.

**Key words:** Digital impression; intraoral scanner; laboratory scanner

## **SADRŽAJ**

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| 1. Uvod .....                                           | 1  |
| 2. Usporedba konvencionalnih i digitalnih otisaka ..... | 4  |
| 3. Intraoralni skeneri .....                            | 8  |
| 3.1. Uređaji .....                                      | 10 |
| 3.2. Usporedba intraoralnih skenera .....               | 14 |
| 3.3. Indikacije i kontraindikacije .....                | 16 |
| 4. Laboratorijski skeneri .....                         | 17 |
| 4.1. Uređaji .....                                      | 18 |
| 5. Rasprava .....                                       | 23 |
| 6. Zaključak .....                                      | 26 |
| 7. Literatura .....                                     | 28 |
| 8. Životopis .....                                      | 33 |

## **Popis skraćenica**

3D – trodimenzionalni sustav

CAD/CAM – računalom potpomognuto oblikovanje / računalno potpomognuta izrada (eng. Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing)

sur. – suradnici

LED - Svjetleća dioda (eng. Light Emitting Diode)

CAD - računalom potpomognuto oblikovanje (eng. Computer Aided Design)

STL – stereolitografija

## **1. UVOD**

Uzimanje dentalnih otisaka nezaobilazan je postupak u gotovo svakoj grani stomatologije. Tehnološka otkrića i njihova implementacija dovode do neprestanog napretka u svim granama dentalne medicine. Razvoj trodimenzionalne (3D) tehnologije omogućuje uvođenje dentalnih skenera i digitalnih otisaka u stomatologiju sredinom 1980-ih godina (1). Konvencionalni je način uzimanja otisaka žlicom u koju se apliciraju razni otisni materijali. Pri izvođenju tog postupka postoji puno faza u kojima postoji mogućnost potkradanja raznih pogrešaka, što može utjecati na kasniju preciznost nadomjestka. Digitalizacijom se smanjuje broj faza rada, a samim tim i mogućnosti nastanka pogrešaka (2). Prednosti digitalne naspram konvencionalne tehnike podrazumijevaju relativno kratko vrijeme skeniranja, kontrola preparacije, obilježavanje ruba preparacije, skeniranje u ustima pacijenta, prijenos podataka putem interneta, mogućnost arhiviranja i, najvažnije, puno su ugodniji za pacijenta (3).

Digitalni otisci mogu se smatrati pomakom naprijed u pogledu stomatološke protetike te se može reći da digitalizacija i digitalni tijek rada postaju sve važniji i da će imati centralnu ulogu u budućnosti u svim područjima stomatologije (4).

Dentalni skener jedna je od tri glavne komponente računalom potpomognutog oblikovanja / računalom potpomognute izradbe (CAD, engl. Computer Aided Design / CAM, engl. Computer Aided Manufacturing) sustava. Preostale komponente čine još softver i stroj za glodanje. Jedinica za skeniranje prikuplja geometrijske podatke o zubu i pretvara ih u digitalne informacije koje računalo može obraditi. Softver obrađuje podatke i virtualno konstruira i prikazuje budući nadomjestak. Stroj za glodanje iz tvornički pripremljenih blokova materijala prema zadanim informacijama izrađuje nadomjestak (5).

Dostupni CAD/CAM sustavi (6) mogu se podijeliti u tri skupine temeljene na njihovim metodama proizvodnje, a to su:

- unutar ordinacije (eng. *in-office*) sustav – pri kojem se prethodno pripremljeni zub digitalno skenira, a zatim se izrađuje protetski nadomjestak unutar ordinacije (eng. *chairside*) te se postavlja unutar istog zakazanog dolaska
- unutar laboratorija (eng. *in-lab*) sustav – pri kojem se u laboratoriju skeniraju otisci ili radni modeli izrađeni na temelju konvencionalnih otisaka te se koriste CAD/CAM-om za izrađivanje budućih protetskih radova

- centralizirana produkcija – pri kojoj se digitalni intraoralni otisci uzimaju unutar ordinacije, a zatim se podatci šalju u laboratorij putem interneta.

Dentalni skeneri dijele se na intraoralne i stolne laboratorijske skenere. Intraoralni skeneri koriste se izravno u ordinaciji, u *in-office* CAD/CAM sustavima i kod njih se direktno skeniraju intraoralne strukture. Laboratorijski se skeneri koriste u *in-lab* sustavima i pomoću njih skeniramo otiske ili već izlivenne sadrene modele (6).

Intraoralni skeneri imaju puno koristi i stoga se primjenjuju u različitim područjima stomatologije, za dijagnozu i za izradu restauracija u protetici, implantologiji i ortodonciji. Koriste se za izradu trodimenzionalnih virtualnih modela za dijagnostičke svrhe koji pomažu u planiranju terapije, ali i pri komunikaciji s pacijentima (7).

Digitalni otisci mogu se koristiti i za razne ortodontske aparate od kojih su *aligneri* najizgledniji (8). Unutar protetike koriste za izradu *inlaya*, *onlaya*, pojedinačnih krunica, te mostova od tri do pet članova (9,10). IOS se uspješno koristi za 3D snimanje položaja dentalnih implantata i pri restauraciji na implantatima (11,12).

Svrha je ovog diplomskog rada prikazati kliničke aspekte primjene intraoralnih i laboratorijskih dentalnih skenera, prikazati indikacije njihove primjene te prednosti i mane uspoređujući ih sa konvencionalnim tehnikama i materijalima za uzimanje otisaka.

## **2. USPOREDBA KONVENCIONALNIH I DIGITALNIH OTISAKA**

Najčešće je spominjana razlika između uzimanja konvencionalnih i digitalnih otisaka vrijeme trajanja postupka. Trajanje postupka konvencionalnom metodom uzimanja otiska ovisi uvelike o tehnici otiskivanja. Može se koristiti otisak u konfekcijskim žlicama uporabom dvaju adicijskih silikona - jednog kitaste, a drugog rijetke konzistencije. Iako, najboljim otiscima u protetici smatraju se oni uzeti polieterom u individualnim žlicama, a za izradu individualnim žlicama potreban je još jedan, ranije uzet, otisak alginatom. Također, uzimaju se u obzir i ostale faze prilikom uzimanja konvencionalnog otiska, a one uključuju odabir i probu žlice, pripremu materijala i njegovo stvrdnjavanje, dezinfekciju te pohranjivanje. Sve su te faze preskočene kod digitalnih otisaka. Izrada digitalnih otisaka u prosjeku traje 4 minute, stoga ima prednost pred uzimanjem konvencionalnog otiska koje u prosjeku traje 10 minuta (3). U obzir treba uzeti i otisak suprotne čeljusti, ali i registraciju međučeljusnih odnosa koja kod dentalnih skenera iznosi u prosjeku 14 sekundi, a za suprotnu čeljust oko 100 sekundi. Za isti je postupak pri konvencionalnoj tehnici potrebno do 3 minute za međučeljusni registrat odnosno oko 230 sekundi za suprotnu čeljust (13).

Ugodnost digitalnog otiska jedna je od njegovih najvećih prednosti. Prema istraživanju Yuzbasioglu i suradnika (sur.) čak 100% ispitanika izabralo je digitalne otiske, naspram konvencionalnih, s obzirom na miris, osjetljivost gingive, refleks povraćanja te otežano disanje prilikom otiskivanja (13).

Studija Henkela (14) pokazala je da je dosjed protetskih nadomjestaka, krunica u ovom slučaju, bolji kod onih uzetih intraoralnim skenerom nego kod konvencionalnih tehnika. Kliničke zahtjeve zadovoljilo je 85% krunica izrađenih na principu intraoralnih skenera, nasuprot 74% krunica izrađenih na temelju konvencionalnog otiska .

Konvencionalni i digitalni otisci prilično se razlikuju po pitanju preciznosti prilikom otiskivanja cijelog zubnog luka. Otisci uzeti digitalno imaju veće odstupanje u točnosti prilikom uzimanja otiska cijelog zubnog luka. No, prilikom otiskivanja pojedinih segmenata ili zubi pokazuju jednaku ili veću preciznost od konvencionalnih otisaka (15).

Nedelcu i sur. (16) u svom istraživanju kazuju da se noviji intraoralni skeneri mogu koristiti kao zamjena za konvencionalne otisne postupke za fiksne protetske radove do deset članova, odnosno pet članova obostrano od središnje linije.

Potrebno je određeno vrijeme navikavanja na korištenje novom tehnologijom, ali nakon tog razdoblja proces uzimanja otiska za kliničara postaje vrlo jednostavan. Primjerice, ako određeni dio otiska ili neki detalj na otisku ne zadovoljava zahtjeve kliničara, nije potrebno ponavljati cijeli otisak, već je dovoljno obrisati samo taj dio i ponovo ga snimiti. Također, olakšana je komunikacija s pacijentom, ali i dentalnim tehničarom koji dobiva digitalne otiske neposredno nakon uzimanja istih. Nedostatak intraoralnih skenera, s obzirom na marginalni rub, najbolje se uočava kod subgingivnih preparacija. Potreba za izradom preparacije subgingivno posebno se odnosi na prednje dijelove zubnog luka gdje je potrebna izrazita estetika budućih nadomjestaka. Svjetlosni izvor intraoralnih skenera ne može razmaknuti meko tkivo, stoga ne može niti doprijeti do završnog ruba, odnosno može registrirati samo vidljivi dio preparacije (17).

Unatoč velikoj početnoj cijeni opreme i njezinog održavanja, kasniji digitalni tijek izvođenja jeftiniji je od konvencionalne metode izrade protetskog rada (18).

Protetski rad napravljen CAD/CAM sustavom može biti gotov za vrijeme jednog posjeta, a osim toga, može se napraviti i visoko estetski privremeni fiksni rad od polimetilmetakrilata koji svojim oblikom, veličinom i dizajnom u potpunosti odgovara konačnom radu. Privremeni rad služi za potrebe komunikacije s pacijentom te kao predložak da bi se pacijent naviknuo na budući konačni rad. Također, ako je pacijent zadovoljan privremenim protetskim radom, podatci za izradu definitivnog konačnog protetskog rada bivaju pohranjeni, što u konačnici olakšava njegovu izradu. Pacijent može imati i neke zamjerke koje se u dogovoru s kliničarom mogu promijeniti prije trajnog cementiranja ili definitivne predaje protetskog rada (3).

U Tablici 1. navedene su prednosti i nedostaci konvencionalne odnosno digitalne tehnike otiskivanja.

Tablica 1. Prednosti i nedostaci konvencionalnih i digitalnih otisaka

(sastavljeno prema 3,17).

|                           | PREDNOSTI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | NEDOSTATCI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| KONVENCIONALNE<br>TEHNIKE | <ul style="list-style-type: none"> <li>• mogućnost izrade većih protetskih radova za koje je potreban model</li> <li>• mogućnost otiskivanja dubljih subgingivnih preparacija</li> <li>• ekonomičnost</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• točnost otiska ovisi o kvaliteti otiska (izbor materijala), transportu, kvaliteti sadre</li> <li>• postupak otiskivanja ima više koraka (odabir žlice, adheziv, aplikacija otisnog materijala, unoenje žlice u usta, stvrđnjavanje materijala)</li> <li>• ljudski faktor utječe na preciznost</li> <li>• relativno neugodan za pacijenta</li> </ul> |
| DIGITALNE TEHNIKE         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• vrijeme skeniranja relativno kratko</li> <li>• kontrola preparacije</li> <li>• obilježavanje ruba preparacije</li> <li>• skeniranje u ustima</li> <li>• prijenos podataka putem interneta</li> <li>• trenutna laboratorijska kontrola</li> <li>• točnost, preciznost</li> <li>• udobnost za pacijenta</li> <li>• mogućnost arhiviranja</li> <li>• bolja komunikacija s pacijentima i dentalnim tehničarom</li> <li>• pojednostavljeni klinički postupci</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• troškovi nabave i održavanja uređaja</li> <li>• duboke preparacije</li> <li>• vlaga i krv izrazito utječu na preciznost otiska</li> <li>• nemogućnost izrade radova za koje je potreban radni model (ukoliko se ne posjeduje 3D printer)</li> <li>• dodatna edukacija</li> <li>• potrebno nanošenje praha za kondicioniranje površine</li> </ul>    |

### **3. INTRAORALNI SKENERI**

Za dobivanje dobrog intraoralnog optičkog otiska nužan je dobro prepariran zub. Iznad okluzalne plohe prepariranog zuba postavlja se kamera sa skenerom koji emitira infracrvene zrake. Zrake prolaze kroz leću i unutarnju rešetku, koja se sastoji od usporednih linija, i padaju na zub. Linije padaju u svjetlijem i tamnijem uzorku, reflektiraju se natrag te odlaze u fotoreceptor, koji je također smješten na kameri. Intenzitet reflektiranog svjetla registrira se kao napon koji se kasnije pretvara u digitalnu formu. Tamniji dijelovi prepariranog zuba višeg su napona, a svjetliji dijelovi nižeg. Informacija o dubini kaviteta dobiva se distorzijom usporednih linija, a sama distorzija ovisi o dubini preparacije. Za dizajniranje nadomjestka temelj je trodimenzionalna prezentacija podataka dobivenih skeniranjem, odnosno optičkim otiskom kojim se dobiva veličina i vrijednost faze (napona) za svaku skeniranu točku (piksel). Ta vrijednost u izravnoj je vezi s dubinom skenirane točke kaviteta. Svjetlija područja označavaju izdignuta područja, a tamnija područja, koja su sive boje, dublja, podminirana područja. Dobiveni podatci koriste se za trodimenzionalno oblikovanje. Ono se može izvesti u nekoliko slojeva koji označavaju dno, ekvator i okluzalnu ravninu (19).

Najčešća su tri principa po kojima se danas temelji rad intraoralnih skenera, a to su: triangulacija, aktivno uzorkovanje valne fronte i paralelno konfokalno lasersko skeniranje (12).

Sve metode mjere udaljenost od vrha senzora do ciljanog mjesta s različitim tehnologijama kako bi pretvorili optičke podatke u 3D modele.

Triangulacijska tehnika koristi lasersku svjetlost koja se odbija od zubne strukture i vraća nazad do kamere, a podatci se snimaju za registraciju slike. Fiksni je kut stalan, kao i udaljenost između projektora i senzora, stoga se prema Pitagorinom poučku može izmjeriti udaljenost do ciljanog objekta. Triangulacijski sustavi obično zahtijevaju uporabu reflektirajućeg praha. Tehnika konfokalnog laserskog skeniranja ne zahtijeva uporabu praha te 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.

Triangulacijskom metodom i paralelnim konfokalnim laserskim skeniranjem dobiva se cjeloviti 3D model tako što dodavaju i sklapaju pojedinačne 3D okvire u kratkom vremenu registracijskog ciklusa. Nakon završetka ciklusa može se nastaviti sa skeniranjem sljedećeg dijela modela. Završetkom skeniranja model se kasnije može dodatno obrađivati u zato namijenjenim softverima. Aktivno uzorkovanje valne fronte je videosustav 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 zavšetka skeniranja potrebna je dodatna naknadna obrada radi eventualne kompenzacije pogrešaka što kasnije rezultira modelom velike rezolucije (12).

### 3.1. Uređaji

U nastavku će biti navedeni neki od najčešće korištenih uređaja.

- True definition (3M ESPE)

True definition intraoralni je skener koji se koristi tehnologijom aktivnog uzorkovanja valne fronte.

Osim 3D videotehnologije rabi i vidljivu, plavu pulsirajuću svjetlost. Skeniranje zahtijeva predtretman prahom titan-dioksida. Same čestice praha služe kao nasumično raspoređene oznake za optički sustav. Prilikom skeniranja dobivaju se monokromatske slike koje su potom prikazane kao videosnimka. Postoji i mobilna verzija tog skenera, a njegove su prednosti dimenzije i prenosivost jer se sustav rabi isključivo pomoću tableta.

Skener se preporučuje za izradu *inlaya*, *onlaya*, ljuskica, pojedinačnih krunica i mostova. Osim klasičnih protetskih radova mogu se rabiti i za planiranje vođene kirurške operacije (implantologija) i izradu ortodontskih aparata, poglavito prozirnih *alignera* (11,20).

- CS 3600 (Carestream)

Uređaj dolazi na tržište 2016. godine kao nasljednik CS 3500 intraoralnog skenera. Značajna je razlika između tehnologija koje skeneri koriste. CS 3600 rabi aktivnu 3D videosnimku, a njegov prethodnik optičku triangulaciju i kasnije generira pojedinačne slike. Skener rabi svjetleću diodu (LED) kao izvor svjetla i generira slike u boji što je od velike koristi prilikom određivanja granica preparacije na prirodnim zubima. Višestruke su prednosti ovog skenera - ne zahtijeva prethodni tretman prahom, izuzetno je brz te ima različite nastavke za vrh intraoralnog skenera

za prednju i stražnju regiju. Sustav kojim se skener koristi otvoren je, što znači da su podatci pohranjeni u stereolitografskom (STL) formatu i mogu se otvoriti bilo kojim softverom za računalom potpomognuto oblikovanje (CAD).

Skener se rabi za jednostavne protetske nadomjetske poput *inlaya*, *onlaya*, ljuskica, pojedinačnih krunica i mostova. Podatci prikupljeni skenerom mogu se koristiti i za izradu kompliciranijih radova poput struktura s više elemenata poduprtim implantatima te za izradu okvira i prečki. Unutar ortodoncije koristi se za izradu modela ili ortodontskih aparata, a unutar implantologije za skeniranje abutmenta i sken tijela (11,21).

- Trios 3 (3Shape)

Trios 3 skener postoji u četiri verzije, a to su: verzija koja dolazi sa stomatološkom jedinicom, verzija u sklopu kolica s dodirnim zaslonom; USB verzija pri kojoj se skener priključuje na osobno prijenosno računalo te najnovija; bežična verzija. Sustav radi po konfokalnom principu, daje visoko kvalitetne slike u boji te za rad nije potrebno korištenje praha titan-dioksida. Unutar skenera integrirani su različiti programski dodatci poput Real Color Scan i Digital Shade Determination koji imaju pomoćnu svrhu pri određivanju granične linije preparacije razlikovanjem zubne od gingivne strukture. Pripadajućeg softvera Triosa 3 odlikuje automatsko uklanjanje artefakta, napredne funkcije rezanja te funkcije blokiranja dostupnih površina. Sustav je zatvoren te se može otvoriti isključivo 3-Shape CAD softverom.

Postoje tri programa posebno prilagođena svakoj grani stomatologije kojoj su namijenjeni. To su 3Shape Design Studio, 3Shape Implant Studio i 3Shape Orthodontics Studio (11,22).

- CEREC Omnicam (Sirona)

Dostupan je u tri verzije. CEREC Omnicam AC verzija je u obliku kolica (slika 1), CEREC Omnicam AF može se odložiti na stolni stalak te se upotrebljava uz stolno računalo, a CEREC Omnicam AI integrirana je verzija skenera. Skener rabi i konfokalnu tehniku i optičku triangulaciju. Izvor mu je bijelo LED svjetlo, ne zahtijeva korištenje reflektirajućeg praha, izrazito je brz i daje slike u pravoj boji. Dimenzije skenera nisu prevelike što mu omogućava

lako skeniranje posteriornih regija. Softver ima i opciju određivanja stvarne boje skeniranih zubi na osnovi digitalnog otiska. Sustav je prvotno bio zatvoren, ali je nedavno otvoren i za druge CAD softvere.

CEREC Omnicam koristi se za izradu *inlaya*, *onlaya*, ljuskica, pojedinačnih kruna te mostova i prečki. Postoje i programski dodatci za uporabu u ortodonciji - CEREC Ortho, kao i softver za vođenu operaciju - CEREC Guide, koji omogućuje izradu šablona za postavu implantata (11,23).



Slike 1. Intraoralni skener CEREC Omnicam AC.

- PlanScan (Planmeca)

PlanScan radi po principu optičke koherentne tomografije i konfokalne tehnike pri čemu je rezultat prikaz *videostreaminga* u stvarnom vremenu i slike u boji. Skener se koristi bez praha, izvor mu je plavo svjetlo te koristi razne vrhove različitih veličina radi lakše manipulacije tijekom uzimanja digitalnog otiska. Nastavci imaju ugrađena grijana zrcala te se mogu sterilizirati u autoklavu što ima veliki klinički značaj jer smanjuje mogućnost prijenosa infekcija. Kod integriranog skenera postoji mogućnost kontrole pomoću nožne pedale koja je na dentalnoj jedinici, što smanjuje zamor ruke i omogućuje potpunu fokusiranost na skeniranje. PlanScan je otvoren sustav i moguće ga je otvoriti različitim CAD softverima (24,25).

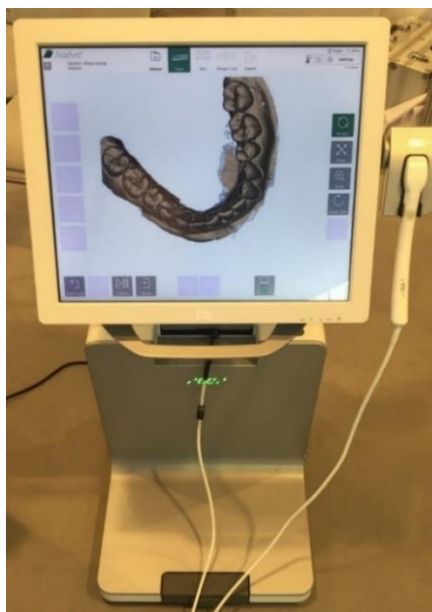
- iTero Element (Align Technology)

Intraoralni skener iTero Element radi po principu konfokalne tehnike. Snima 6000 okvira po sekundi u usporedbi sa svojim prethodnikom koji snima 800 okvira po sekundi. To mu daje istovremenu 3D vizualizaciju, što je prednost, pogotovo pri komunikaciji s pacijentom. Novi je skener 20 puta brži, daje sliku u boji te je sam skener 40% manji od prethodnog iTero skenera. Sustav je otvoren i ne zahtijeva predtretman prahom titan-dioksida (26).

- Aadva (GC)

Skeniranje je vidljivo u stvarnom vremenu koristeći paralelnu konfokalnu tehniku i time omogućava laku vizualizaciju. Također, nije potreban prethodni tretman prahom. Sam skener vrlo je prilagodljiv jer mu se zaslon može rotirati, a pomoću fleksibilne drške može se prilagoditi i visina uređaja (slika 2).

Ergonomski intraoralni nastavak teži 70 grama čineći ga izuzetno lakim za korištenje te ima ugrađen sistem protiv magljenja. Skener se koristi za stvaranje *inlaya*, *onlaya*, pojedinačnih kruna i mostova do četiri člana (27).



Slika 2. Intraoralni skener GC Aadva.

U tablici 2. navedene su neke osobitosti i značajke prethodno navedenih intraoralnih skenera.

Tablica 2. svojstva opisanih intraoralnih skenera (sastavljeno prema 11,20-27).

| INTRAORALNI<br>SKENERI | PRINCIP<br>RADA                                                 | IZVOR<br>SVIJETLA                              | BOJA | UPORABA<br>PRAHA | OTVORENOST<br>SUSTAVA                                                      |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------|------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| TRUE DEFINITION        | Aktivno<br>uzorkovanje<br>valne fronte                          | LED                                            | NE   | DA               | Zatvoren, ali postoji<br>mogućnost dobivanja<br>podataka u STL-<br>formatu |
| CS 3600                | Aktivni<br>3D-video                                             | LED                                            | DA   | NE               | Otvoren                                                                    |
| TRIOS 3                | Konfokalna<br>tehnika                                           | LED                                            | DA   | NE               | Zatvoren                                                                   |
| CEREC OMNICAM          | Optička<br>triangulacija<br>i konfokalna<br>tehnika             | LED                                            | DA   | NE               | Otvoren                                                                    |
| PLANSKAN               | Optička<br>koherentna<br>tomografija i<br>konfokalna<br>tehnika | Plavo<br>svjetlo                               | DA   | NE               | Otvoren                                                                    |
| ITERO                  | Konfokalna<br>tehnika                                           | Crveni<br>laser i<br>bijelo<br>LED-<br>svjetlo | DA   | NE               | Otvoren                                                                    |
| AADVA                  | Paralelna<br>konfokalna<br>tehnika                              | LED                                            | NE   | NE               | Otvoren                                                                    |

### 3.2. Usporedba intraoralnih skenera

Imburgia i sur. (11) proveli su komparativnu studiju o preciznosti i točnosti četiri intraoralna skenera za uporabu unutar implantologije. Ispitivani skeneri su: CS 3600, Trios 3, CEREC Omnicam i True Definition. Studija se provodila za dvije različite situacije - djelomično

ozubljenu čeljust sa tri implantata te potpuno bezubu čeljust sa šest implantata. Rezultati su prikazani u Tablici 3.

Tablica 3. Rezultati studije o točnosti i preciznosti (sastavljeno prema 11).

|                    | Djelomično ozubljena čeljust     |                                  | Potpuno bezuba čeljust             |                                   |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
|                    | Točnost                          | Preciznost                       | Točnost                            | Preciznost                        |
| CS 3600            | 45.8 ( $\pm 1.6$ ) $\mu\text{m}$ | 24.8 ( $\pm 4.6$ ) $\mu\text{m}$ | 60.6 ( $\pm 11.7$ ) $\mu\text{m}$  | 65.5 ( $\pm 16.7$ ) $\mu\text{m}$ |
| Trios 3            | 50.2 ( $\pm 2.5$ ) $\mu\text{m}$ | 24.5 ( $\pm 3.7$ ) $\mu\text{m}$ | 67.2 ( $\pm 6.9$ ) $\mu\text{m}$   | 31.5 ( $\pm 9.8$ ) $\mu\text{m}$  |
| CEREC<br>Omnicam   | 58.8 ( $\pm 1.6$ ) $\mu\text{m}$ | 26.3 ( $\pm 1.5$ ) $\mu\text{m}$ | 66.4 ( $\pm 3.9$ ) $\mu\text{m}$   | 57.2 (9.1) $\mu\text{m}$          |
| True<br>Definition | 61.4 ( $\pm 3.0$ ) $\mu\text{m}$ | 19.5 ( $\pm 3.1$ ) $\mu\text{m}$ | 106.4 ( $\pm 23.1$ ) $\mu\text{m}$ | 75.3 ( $\pm 43.8$ ) $\mu\text{m}$ |

Renne i sur. (28) proveli su usporednu analizu sedam digitalnih skenera, od kojih je jedan bio laboratorijski skener, a ostali intraoralni. Od intraoralnih skenera za skeniranje sekstanta najboljim se, po pitanju preciznosti i točnosti, pokazao Planscan. Najlošijim za skeniranje sekstanta pokazao se Trios, iako, prema analizi, daje najbolji omjer brzine i preciznosti. Poredak prema točnosti prilikom skeniranja cijelog zubnog luka je sljedeći:

3 Shape D800 (laboratorijski skener) > iTero > 3Shape TRIOS 3 > Carestream 3500 > Planscan > CEREC Omnicam > CEREC Bluecam.

Poredak prema preciznosti prilikom skeniranja cijelog zubnog luka je sljedeći: CS3500 > iTero > 3Shape D800 > 3Shape TRIOS 3 > CEREC Omnicam > Planscan > CEREC Bluecam.

Istraživanje koje su proveli Nedelcu i sur. (16) pokazalo je da Trios i True Definition imaju veću točnost od CEREC Omnicama, iako su prilikom uzimanja digitalnog otiska za lukove koji sadrže do deset jedinica devijacije sličnih veličina.

### 3.3. Indikacije i kontraindikacije

Sljedeća tablica prikazuje indikacije i kontraindikacije primjene intraoralnih skenera u različitim područjima stomatologije.

Tablica 4. indikacije i kontraindikacije primjene intraoralnih skenera

(sastavljeno prema 7-12, 17, 20-27).

|                  | PROTETIKA                                                                                                                                                                                                                           | ORTODONCIJA                                                                                         | IMPLANTOLOGIJA                                                                        |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Indikacije       | <i>inlay</i> , <i>onlay</i> , ljuskice, pojedinačne krune, mostovi do pet elemenata, krune na implantatima, mostovi na implantatima do pet implantata, prečke na implantatima, djelomične proteze, Digital Smile Design, obturatori | dijagnoza i planiranje terapije, virtualni pacijent, ortodontski aparati (posebno <i>aligneri</i> ) | vođena kirurška operacija, 3D-snimanje položaja implantata preko tijela za skeniranje |
| Kontraindikacije | fiksni radovi na više od pet članova, mostovi na implantatima koji obuhvaćaju više od pet implantata, potpune proteze                                                                                                               |                                                                                                     |                                                                                       |

#### **4. LABORATORIJSKI SKENERI**

Laboratorijski skener rabi se ekstraoralno unutar zubotehničkog laboratorija i primjenjuje se za skeniranje otiska dobivenog konvencionalnim otiskivanjem ili gipsanog radnog modela. Radni se model također dobiva iz prethodno uzetog otiska konvencionalnim tehnikama. Rezultat skeniranja virtualni je 3D model koji služi za dizajniranje protetskih radova posebnim softverima i kasniju izradu istih (6,29).

Ekstraoralni digitalni otisci imaju određene prednosti u usporedbi s intraoralnim otiscima. Daju bolje rezultate u kliničkim situacijama jer nema nepogodnosti intraoralnih uvjeta poput krvi, sline i ograničenog prostora (30).

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. Kretanje pacijenta i liječnika mogu jednako utjecati na kvalitetu intraoralno uzetog otiska (31).

Otisak uzet konvencionalnim tehnikama omogućuje i primjenu ekstraoralnih skenera prilikom subgingivne preparacije zuba. Povećan raspon skeniranja i izrada većih radova također ne predstavljaju nikakvu zapreku ekstraoralnim dentalnim skenerima, za razliku od intraoralnih (32).

Akumulacija pogrešaka zbog povećanog broja faza rada, uspoređujući ih sa intraoralnim skenerima, utječe na kvalitetu virtualnog modela i veliki je nedostatak laboratorijskih skenera. Pogreške se događaju pri uzimanju konvencionalnih otisaka, njihovoj pohrani i transportu te prilikom izlivanja gipsanog modela (33). Što je površina skeniranog modela pravilnija i zaglađenija, to je i digitalni otisak precizniji (34).

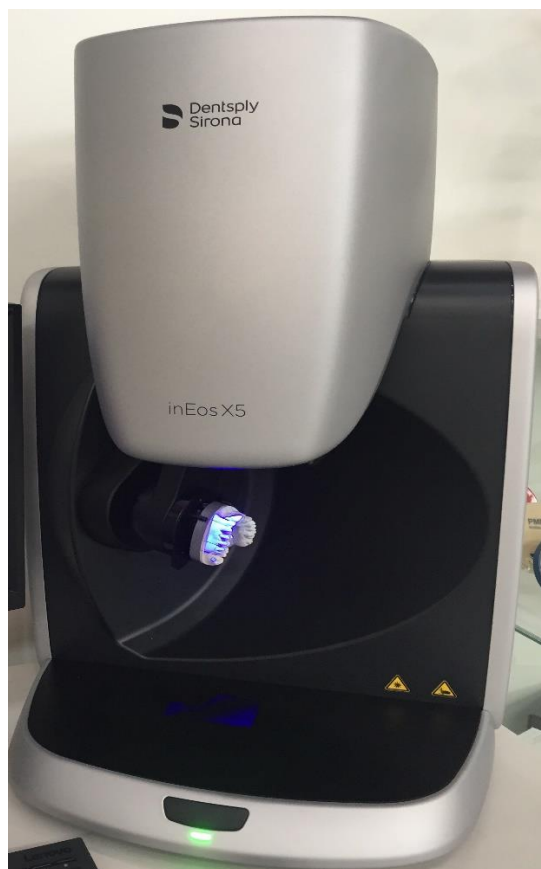
#### **4.1. Uređaji**

Često korišteni laboratorijski dentalni skeneri, kao i njihove karakteristike, bit će navedeni u nastavku.

- inEos X5 (Sirona)

InEos X5 rabi plavo svjetlo i tehniku digitalne projekcije svjetlosnih pruga. Uređaj ima veliko radno područje, robotsku ruku i koristi 5-osovinsku tehnologiju (slika 3,4). Veliko radno područje omogućuje korištenje najčešće korištenim artikulatima. Prednosti su mu velika preciznost (od 2.1 mikrona), brzina skeniranja koja za potpuni zubni luk iznosi manje od 60 sekundi i otvorenost sustava.

Moguće je skenirati otiske, kao i gipsane modele, koji se rabe za izradu ljuskica, *inlaya*, *onlaya*, djelomičnih proteza, krunica i mostova na zubima te krunica i mostova na implantatima (35).



Slika 3. inEos X5 laboratorijski skener.



Slika 4. Slika zaslona računala koja prikazuje virtualni model.

- 3Shape laboratorijski skeneri

3Shape u ponudi ima pet laboratorijskih skenera, tri iz E- i dva iz D-serije. Velika ponuda skenera omogućuje svakom laboratoriju odabir njemu odgovarajuće opcije. E-serija rabi dvije kamere od 5 megapiksela dok D-serija ima četiri kamere od 5 megapiksela. Obje serije koriste plavo LED svjetlo i tehniku više linija, ali se razlikuju u brzini skeniranja, preciznosti i očitavanju teksture.

Skener D 2000 ima najbolje karakteristike što se tiče preciznosti i brzine. Za skeniranje modela cijelog zubnog luka treba 16 sekundi, dok za otisak cijelog zubnog luka 65 sekundi. Postiže preciznost između 5 i 8 mikrona.

3 Shape mjeri i dokumentira preciznost svih skenera pomoću ISO 12836 standarda (36).

- Aadva laboratorijski skener (GC)

Potpuno je automatiziran laboratorijski skener koji koristi dvostruku kameru od 2 megapiksela i strukturirano plavo LED svjetlo u kombinaciji s GC-ovom tehnologijom za skeniranje implantata (slika 5).

Sustav je otvoren i nudi veliki broj dodataka za širok raspon indikacija koji ollašavaju rad. Pozicioniranje modela izvodi se pomoću dvije osovine. Skeniranje modela traje manje od 60 sekundi, a preciznost je ispod 10 mikrona (37).



Slika 5. GC Aadva laboratorijski skener.

- S ARTI skeneri (Zirkonzahn)

Zirkonzahn u ponudi ima tri skenera: S300, S600 i S900. S300 i S600 (slika 6) uključuju dvije kamere visoke rezolucije, a S900 tri kamere visoke rezolucije za još bolju procjenu dubine i gustoće. Svi uređaji imaju veliku radnu površinu što omogućava skeniranje svih artikulatura te skeniranje u boji. Uređaji imaju dostatnu preciznost, ispod 10 mikrona, te se skeniranje izvodi velikom brzinom. Pozicioniranje modela vrlo je jednostavno uz pomoć laserskog navođenja i brzog stezanja što drži model unutar skenera.

Objekti koji se mogu skenirati su: individualni kalupi, segmenti luka, modeli s potpunim zubnim lukovima, zagrizni registrati, nasuprotne denticije, navoštavanja, ljuskice i abutmenti.

Postoji i opcija dvostrukog skeniranja za skeniranje modeliranih okvira (38).



Slika 6. Zircozahn S600 Arti skener.

## **5. RASPRAVA**

Dentalni se otisci danas mogu uzeti na dva načina, konvencionalnim i digitalnim tehnikama. Napretkom digitalnih tehnika i svojevrsnom revolucijom u načinu uzimanja otisaka digitalno otiskivanje postalo je važan aspekt raznih stomatoloških grana (4). Prvi digitalni uređaj dolazi na tržište 1980-ih godina (1) s vrlo ograničenim indikacijama uporabe, no, konstantnim usavršavanjem i primjenom različitih tehnologija njihov opseg indikacija uvelike se povećava.

Dentalni skeneri mogu biti intraoralni i stolni laboratorijski skeneri. Konačni rezultat obje vrste uređaja prikaz je virtualnog modela u zato namijenjenom softveru za oblikovanje budućeg nadomjestka (6).

Intraoralni skeneri koriste se direktno u ordinacijama, dok se laboratorijski skeneri koriste u zubotehničkim laboratorijima. Laboratorijski uređaji koriste se za skeniranje otisaka ili gipsanih radnih modela, što im daje određene prednosti, ali i nedostatke u usporedbi s intraoralnim skenerima. Nepogodnosti poput sline, krvi i ograničenog prostora mane su skeniranja direktno unutar usne šupljine (30). Smanjivanjem intraoralnih uređaja radi lakšeg pristupa dovelo je do opetovanih kretnji kako bi se prikupili svi podatci skeniranog objekta, a kasnijim spajanjem tih skupova podataka u jednu cjelinu dolazi do malih sistemskih pogrešaka. Kretanje pacijenta, kao i liječnika, tijekom skeniranja jednako mogu dovesti do nedostatnog prikupljanja potrebnih podataka i potrebe za ponavljanjem postupka (30,31). Velika je prednost laboratorijskih skenera mogućnost registracije subgingivnih preparacija, ali i skeniranje i izrada većih radova u usporedbi s intraoralnim skenerima koji prema različitim studijama još uvijek nisu dovoljno precizni za takve pothvate (17,32).

Uzimanjem otisaka intraoralnim skenerima direktno u ordinaciji zaobilazi se određeni broj faza rada, što skraćuje vrijeme trajanja izrade nadomjestka, 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. Trajanje uzimanja digitalnog otiska uvelike je skraćeno uspoređujući ih s uzimanjem otiska konvencionalnim tehnikama (3,13). Iako je preciznost pri izradi opsežnijih radova veća kod konvencionalnog otiska, dosjed pojedinačnih krunica bolji je kod digitalno uzetog otiska (14,15).

Dentalni skeneri koriste se ponajviše u protetici, ali raspon primjene zahvaća i ostala područja unutar stomatologije, npr. ortodonciju i implantologiju. Virtualni model, dobiven digitalnim otiskom, koristi se za dijagnostičke svrhe kao i za komunikaciju s pacijentom.

Izrada virtualnog pacijenta, dijagnostika i planiranje, kao i izrada ortodontskih aparata primjene su dentalnih skenera u ortodonciji. Unutar implantologije primjenjuje se za kirurški vođene operacije i trodimenzionalno određivanje položaja implantata. Digitalni otisci unutar protetike mogu se rabiti za izradu *inlaya*, *onlaya*, ljuskica, pojedinačnih krunica na zubima i implantatima, mostova do pet članova na zubima i implantatima te djelomičnih proteza (8-12,17). Analiza koju su prikazali Nedelcu i sur. pokazala je da se noviji intraoralni skeneri mogu koristiti kao zamjena za konvencionalne otiske prilikom nadomještanja do deset članova odnosno pet članova obostrano od središnje linije, a to im još više povećava raspon indikacija (16).

## **6. ZAKLJUČAK**

Digitalni otisci imaju veliki broj prednosti, ali i nedostataka u usporedbi s konvencionalnim otiscima. Među najvažnije prednosti ubrajaju se brzina uzimanja samog otiska, ugodna za pacijenta, smanjivanje broja faza rada te bolja komunikacija između pacijenta i liječnika. Digitalni otisci pokazali su najmanje jednaku preciznost dosjeda, ali su i uspješnije zadovoljili kliničke zahtjeve prilikom izrade pojedinačnih krunica naspram konvencionalno uzetih otisaka.

Nedostatak optičkih otisaka podrazumijeva visoku cijenu nabave i dodatnu edukaciju. Intraoralni skeneri još uvijek nemaju mogućnost registriranja subgingivnih preparacija, a registraciji otisaka smetaju nepogodni intraoralni uvjeti poput vlage i krvi koji potom utječu na kasniju kvalitetu otiska. Laboratorijski skeneri, s druge strane, rabe klasično uzete otiske, a s njima dolaze i pogreške primjene konvencionalnih tehnika.

Dentalni skeneri danas imaju veliki broj indikacija koje obuhvaćaju različite grane stomatologije, a razvojem i digitalizacijom samo će se proširivati njihov raspon. Danas se ipak još uvijek preporuča korištenje klasičnih otisaka prilikom izrade složenijih radova koji imaju više od pet članova, iako je provedena analiza koja ukazuje da noviji intraoralni skeneri imaju sposobnost i preciznost reproduciranja klinički prihvatljivih otisaka i u tim slučajevima.

Digitalni tijek rada sve više zamjenjuje konvencionalne tehnike i može se predvidjeti da će u budućnosti zauzimati središnju ulogu u svim područjima stomatologije.

## **7. LITERATURA**

1. Birnbaum NS, Aaronson HB. Dental impressions using 3D digital scanners: virtual becomes reality. *Compend Contin Educ Dent*. 2008; 29(8): 494-505.
2. Seelbach P, Brueckel C, Wöstmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clin oral investig*. 2013; 17(7): 1759-64.
3. Lukačević F, Lukić N, Jelinić Carek A. Usporedba konvencionalnih i digitalnih intraoralnih otisaka. *Sonda*. 2015; 16(29): 54-7.
4. Vögtlin C, Schulz G, Jäger K, Müller B. Comparing the accuracy of master models based on digital intra-oral scanners with conventional plaster casts. *Phys Med*. 2016; 1: 20-6.
5. Mörmann WH. The evolution of the CEREC system. *J Am Dent Assoc*. 2006; 137 Suppl 1: 7-13.
6. 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.
7. Zimmermann M, Mehl A, Reich S. Intraoral scanning systems – a current overview. *Int J Comput Dent*. 2015; 18(2): 101-29.
8. Aragón ML, Pontes LF, Bichara LM, Flores-Mir C, Normando D. Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: a systematic review. *Eur J Orthod*. 2016; 38(4): 429-34.
9. Ahrberg D, Lauer HC, Ahrberg M, Weigl P. Evaluation of fit and efficiency of CAD/CAM fabricated all-ceramic restorations based on direct and indirect digitalization: a double-blinded, randomized clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2016; 20(2): 291–300.
10. Selz CF, Bogler J, Vach K, Strub JR, Guess PC. Veneered anatomically designed zirconia FDPs resulting from digital intraoral scans: preliminary results of a prospective clinical study. *J Dent*. 2015; 43(12): 1428–35.
11. Imburgia M, Logozzo S, Hauschild U, Veronesi G, Mangano C, Mangano FG. Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative invitro study. *BMC Oral Health*. 2017; 17(1): 92.
12. 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): e43312.

13. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC oral health*. 2014; 14(1): 10.
14. Henkel GL. A comparison of fixed prostheses generated from conventional vs digitally scanned dental impressions. *Compend Contin Educ Dent*. 2007; 28(8): 422- 31.
15. 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.
16. Nedelcu R, Olsson P, Nyström I, Rydén J, Thor A. Accuracy and precision of 3 intraoral scanners and accuracy of conventional impressions: A novel in vivo analysis method. *J Dent*. 2018; 69: 110-8.
17. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: A review of the current literature. *BMC Oral Health*. 2017; 17: 149.
18. Joda T, Brägger U. Digital vs. conventional implant prosthetic workflows: a cost/time analysis. *Clin oral implant res*. 2015; 26(12): 1430-5.
19. Glavina D, Škrinjarčić I. Novi postupak za izradbu keramičkih ispuna: CAD/CAM sustav tehnologija 21. stoljeća. *Acta Stomatol Croat*. 2001; 35(1): 43-50.
20. 3M [Internet]. 3m.com c2018 [cited 2018 June 10]. Available from: [https://www.3m.com/3M/en\\_US/company-us/all-3m-products/~3M-Mobile-True-Definition-Scanner-78032/?N=5002385+3291729214&rt=rud](https://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/~3M-Mobile-True-Definition-Scanner-78032/?N=5002385+3291729214&rt=rud)
21. Carestream Dental [Internet]. Carestreamdenatal.com c2018 [cited 2018 June 10]. Available from: <http://carestreamdental.com/us/en/scan/CS%203600#Features%20and%20Benefits>
22. 3Shape [Internet]. 3shape.com c2018 [cited 2018 June 10]. Available from: <https://www.3shape.com/en/products/trios/intraoral-scanners>
23. Dentsplysirona [Internet]. Dentsplysirona.com c2018 [cited 2018 June 10]. Available from: <https://www.dentsplysirona.com/en/products/cad-cam/dental-practice/scan-with-cerec.html>
24. Planmeca PlanScan [Internet]. Planmeca.com c2018 [cited 2018 June 10]. Available from: <https://www.planmeca.com/CADCAM/CADCAM-for-dental-clinics/planmeca-planscan/>

25. Mangano FG, Veronesi G, Hauschild U, Mijiritsk E, Mangano C. Trueness and precision of four intraoral scanners in oral implantology: A comparative in vitro study. *PLoS One*. 2016; 11(9): e0163107.
26. iTero [Internet]. Itero.com c2018 [cited 2018 June 10]. Available from: [http://www.itek.com/en/products/itek\\_element](http://www.itek.com/en/products/itek_element)
27. GC [Internet]. gceurope.com c2018 [cited 2018 June 10]. Available from: <https://www.gceurope.com/products/aadvaios/>
28. Renne W, Ludlow M, Fryml J, Schurch Z, Mennito A, Kessler R, Lauer A. Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons. *J Prosthet Dent*. 2017; 118(1): 36-42.
29. 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): 108-116.
30. 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: 529.
31. 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.
32. 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.
33. 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.
34. gonzález de Villaumbrosia P, Martínez-Rus F, García-Orejas A, Salido MP, Pradíes G. In vitro comparison of the accuracy (trueness and precision) of six extraoral dental scanners with different scanning technologies. *J Prosthet Dent*. 2016; 116(4): 543-50.
35. Dentsplysirona [Internet]. Dentsplysirona.com c2018 [cited 2018 June 10]. Available from: <https://www.dentsplysirona.com/content/flagship-site/en-us/products/cad-cam/dental-lab/scan.html>

36. 3Shape [Internet]. 3shape.com c2018 [cited 2018 June 10]. Available from: <https://www.3shape.com/en/products/dental-labs/lab-scanners>
37. GC [Internet]. Gceurope.com c2018 [cited 2018 June 10]. Available from: <https://www.gceurope.com/products/aadvalabsan/>
38. Zirkonzahn [Internet]. Zirkonzahn.com c2018 [cited 2018 June 10]. Available from: <http://www.zirkonzahn.com/en/cad-cam-systems/our-scanners>

## **8. ŽIVOTOPIS**

Igor Tomičić rođen je 9. listopada 1992. godine u Darni, Libija. Završava osnovnu školu i Opću, I. gimnaziju u Osijeku. Upisuje Veterinarski fakultet u Zagrebu 2011. godine i uspješno završava prvu godinu. Godine 2012. upisuje integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij Dentalna medicina na Stomatološkom fakultetu u Zagrebu. Tijekom studiranja završava iTOP Curaprox tečaj.