

Sustavi za ocjenjivanje dentalnih otisaka

Najman, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:127:137517>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-11**



Repository / Repozitorij:

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





SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
STOMATOLOŠKI FAKULTET

Ivana Najman

SUSTAVI ZA OCJENJIVANJE DENTALNIH OTISAKA

Diplomski rad

Zagreb, 2017.

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

Mentor rada: Davor Illeš, doc. dr. sc., Zavod za mobilnu protetiku Stomatološkog fakulteta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Josipa Stranišćak, mag. prim. educ.

Lektor engleskog jezika: Kristina Ključarić, mag. prim. educ.

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. doc. dr. sc. Davor Illeš
2. prof. dr. sc. Iva Alajbeg
3. prof. dr. sc. Dubravka Knezović Zlatarić

Datum obrane rada: 12.07.2017.

Rad sadrži: 35 stranica

2 tablice

7 slika

1 CD

Osim ako nije drugačije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu su izvorni doprinos autora diplomskog rada. Autor je odgovoran za pribavljanje dopuštenja za korištenje ilustracija koje nisu njegov izvorni doprinos, kao i za sve eventualne posljedice koje mogu nastati zbog nedopuštenog preuzimanja ilustracija odnosno propusta u navođenju njihovog podrijetla.

Zahvaljujem svom mentoru doc. dr. sc. Davoru Illešu na pomoći, strpljenju i korisnim savjetima tijekom izrade ovog rada.

Najveće hvala mojoj obitelji, dečku i prijateljima na ljubavi, potpori i razumijevanju tijekom cijelog studiranja.

Sustavi za ocjenjivanje dentalnih otisaka

Sažetak

U praksi otisci se ocjenjuju vizualnom metodom, na temelju iskustva terapeuta, dok se u istraživanjima koriste konvencionalne i u novije vrijeme digitalne metode ocjenjivanja otisaka. Istraživanja se provode u in vivo i in vitro uvjetima.

Konvencionalne metode ocjenjivanja otiska su uglavnom dvodimenzionalne metode u kojima se procjenjuje linearna preciznost tako što se različitim uređajima za mjerenje, mjeri udaljenost između proizvoljno odabranih točaka s ciljem dokazivanja ekspanzije ili kontrakcije materijala.

Razvojem tehnologije, povećana je preciznost 2D (dvodimenzionalni sustav) mjerenja te je omogućena trodimenzionalna digitalna analiza otisaka, intraoralnih skenova ili izlivenih modela optičkim skenerima ili radiografskim metodama usporedbom dijelova ili cijele površine otiska. Kod digitalnih metoda mjerenja preciznosti, najprije je potrebno otisak, model ili čeljust skenirati. Nakon toga se datoteke u STL formatu, obrađuju u različitim programskim paketima. Moguća su 2D linearna i angularna mjerenja te usporedba površina pri čemu se modeli mogu superponirati ili se može usporediti "hrapavost" površina otisaka. Omogućeno je prikazivanje deformacija u sve tri koordinatne osi. Osim intraoralnih i laboratorijskih skenera u istraživanjima se koriste i radiografski uređaji, CT i CBCT.

Digitalne i radiografske metode otiskivanja, ubrzano se razvijaju te je preciznost i točnost takvih sustava sve veća čime postaju konkurentni konvencionalnim načinima otiskivanja. Način i upotreba sustava za ocjenjivanje otisaka su limitirani. Oni ovise o mogućnostima terapeuta ili istraživača, opremljenosti ordinacije ili laboratorija, odnosno dostupnosti različitih metoda ocjenjivanja. Limitirajući faktor je i cijena. U istraživanjima izbor sustava i metoda za ocjenjivanje otisaka ovisi o potrebama istraživanja, o njihovim ciljevima i svrsi.

Ključne riječi: Ocjenjivanje dentalnih otisaka, konvencionalne metode ocjenjivanja otisaka, digitalne metode ocjenjivanja otisaka

Systems for evaluation of dental impressions

Summary

In practice impressions are evaluated by visual method based on experience of the therapist, whilst by doing researches conventional and, in recent times, digital methods are used for it. Researches are done in in vivo and in vitro conditions.

Conventional methods of evaluating impressions are mostly two-dimensional. Linear precision is estimated by measuring distance between arbitrarily chosen dots with goal of proving expansion or contraction of material with various measuring aids.

With technology development, the precision of 2D measuring is increased and analysis of three-dimensional digital impression, inter-oral scans or cast models with digital methods of comparison parts or whole impression surface is enabled. The impression/model/jaw need to be scanned, then files in STL format are processed in different program packages. 2D linear and angular measurements are possible and the surface comparison too. The models can be superimposed or “roughness” of impression surfaces can be compared. Display of deformations is enabled in all three of coordinate axes. Except inter-oral and laboratory scanners, in researches radiographic devices are used too, CT and CBCT.

Digital impression methods are developing rapidly and precision and punctuality of such systems is increasing with which they are becoming a competition to conventional ways of making impressions. Method and use of systems for impression evaluation are limited. They depend on therapist's or researcher's possibilities, equipment of ordination or laboratory, availability of different evaluation methods and also the price. In researches, choice of systems and methods for impression evaluation depend on the goals and purpose of the research.

Keywords: Dental impression evaluation, conventional methods of dental impression evaluation, digital methods of impression evaluation

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. OCJENJIVANJE OTISAKA U PRAKSI | 4 |
| 3. OCJENJIVANJE OTISAKA U ISTRAŽIVANJIMA | 7 |
| 3.1. <i>In vivo</i> istraživanja | 8 |
| 3.2. <i>In vitro</i> istraživanja | 8 |
| 3.3. Konvencionalne metode ocjenjivanja otisaka | 9 |
| 3.3.1. Pomagala za dvodimenzionalna linearna mjerenja | 10 |
| 3.3.2. Pomagala za angularna mjerenja | 12 |
| 3.3.3. Pomagala za trodimenzionalna mjerenja | 12 |
| 3.4. Digitalne metode ocjenjivanja otisaka | 13 |
| 3.4.1. Intraoralni skeneri | 14 |
| 3.4.2. Stolni laboratorijski skeneri | 17 |
| 3.4.3. Radiografske tehnike u analizi otisaka | 19 |
| 3.4.4. Programski paketi za analizu otisaka | 19 |
| 3.4.5. Dimenzije i svojstva koje se mjere digitalnim metodama | 21 |
| 4. RASPRAVA | 24 |
| 5. ZAKLJUČAK | 27 |
| 6. LITERATURA | 29 |
| 7. ŽIVOTOPIS | 34 |

Popis skraćenica

2D - dvodimenzionalni sustav

3D - trodimenzionalni sustav

STL - format datoteke porijeklom iz stereolitografskog CAD softvera (eng. stereolithography)

CT - kompjutorizirana tomografija (eng. *computed tomography*)

CBCT - cone beam kompjutorizirana tomografija (eng. *cone beam computed tomography*)

tzv. – takozvano

npr. - “na primjer”

CAD - kompjuterski potpomognut dizajn (eng. *Computer -aided design*)

CAD/CAM – kompjuterski potpomognut dizajn / kompjuterski potpomognuta izrada (eng. *Computer-aided design and computer-aided manufacturing*)

1. UVOD

Otisci su jedan od najvažnijih elemenata u svim granama stomatologije, a naročito fiksne i mobilne protetike. Vrlo je važno situaciju iz usta što vjernije i preciznije prenijeti na sadreni model koji koristimo za dijagnostiku, planiranje i provođenje terapije (1). Da bismo to uspjeli, potrebno je na neki način ocijeniti otisak, odrediti da li je on dovoljno precizan i detaljan, te da li će osigurati osnovne preduvjete za izradu dobro prilježućeg protetskog rada ili intraoralne naprave (2).

Za dobar otisak ključni su precizni i dimenzijski stabilni otisni materijali, no preciznost otiska i točnost reprodukcije ovisi i o načinu rukovanja materijalom, odnosno miješanju (3, 4), vrsti i materijalu žlice kojom je uzet otisak (5), uvjetima skladištenja otiska do izlivanja modela (6), o vremenu proteklom do izlivanja modela, dezinfekciji otisaka (7) i o individualnim uvjetima u usnoj šupljini.

U praksi, otisci se ocjenjuju vizualnom metodom na temelju iskustva terapeuta, dok se u istraživanjima koriste konvencionalne i u novije vrijeme digitalne metode ocjenjivanja otisaka. Istraživanja se provode u in vivo i in vitro uvjetima. Razlika je ta da se u in vivo istraživanjima ocjenjuju otisci uzeti na stvarnim ispitanicima (8), dok su u in vitro istraživanjima korišteni različiti modeli (9).

Konvencionalne metode ocjenjivanja otiska uglavnom su dvodimenzionalne metode u kojima se procjenjuje linearna preciznost tako što se različitim uređajima za mjerenje, raznim mjernim pomagalicama mjeri udaljenost između proizvoljno odabranih točaka s ciljem dokazivanja ekspanzije ili kontrakcije materijala u odnosu na zlatni standard (4, 10-12).

Razvojem tehnologije, povećana je preciznost 2D mjerenja, te je omogućena trodimenzionalna digitalna analiza otisaka, intraoralnih skenova (13) ili izlivenih modela optičkim skenerima ili radiografskim metodama (14) usporedbom dijelova ili cijele površine otiska. Kod digitalnih metoda mjerenja preciznosti, najprije je potrebno otisak, model ili čeljust skenirati, a nakon toga se datoteke u STL (format datoteke porijeklom iz stereolitografskog CAD softvera, eng. stereolithography) formatu (8) obrađuju u različitim programskim paketima. Moguća su linearna i angularna mjerenja, ali i usporedba površina pri čemu se modeli mogu superponirati ili se može usporediti "hrapavost" površina otisaka (15). Omogućeno je i prikazivanje deformacija u sve tri koordinatne osi. Osim intraoralnih i laboratorijskih skenera u istraživanjima se koriste i radiografski uređaji, poput CT-a

(kompjutorizirana tomografija, eng. computed tomography) i CBCT-a (cone beam kompjutorizirana tomografija, eng. cone beam computed tomography) (14).

Naravno, preciznost otiska ovisi i o uređaju kojim se mjeri, odnosno o točnosti mjernog uređaja (4). Ograničenja novih metoda nastaju u mogućnostima vizualnoga pristupa i rezoluciji skenera koji se koristi za snimanje objekta (16).

Svrha ovog diplomskog rada je sažeti i prikazati sve načine ocjenjivanja i usporedbe dentalnih otisaka, modela i intraoralnih skenova što je korisno u provođenju različitih istraživanja i znanstvenih radova, ali i u praksi.

2. OCJENJIVANJE OTISAKA U PRAKSI

Nakon uzimanja otiska, doktor dentalne medicine mora procijeniti da li je otisak dovoljno precizan i da li vjerno prikazuje sve strukture usne šupljine (1).

Dakako, mnogo toga ovisi o znanju i iskustvu doktora dentalne medicine. Najprije sam odabir žlice za otiskivanje, u kojim situacijama valja primijeniti konfekcijsku, a u kojim individualnu žlicu, zatim vrsta materijala žlice, gdje se za razliku od metalne, plastična žlica ne preporučuje zbog savijanja. Mora se voditi računa o retenciji i o veličini žlice. Odabir premale žlice rezultira nepotpunim otiskivanjem struktura usne šupljine, osim toga, premala žlica ne osigurava dovoljan prostor za materijal, te je zbog toga materijal nedovoljno elastičan i uzrokuje deformaciju otisaka. Pogrešna kombinacija određene žlice i otisnog materijala, nekorištenje adheziva, te loš izbor otisnog materijala također mogu utjecati na kvalitetu otisaka (1). Izuzetno su bitne i tehnike rukovanja materijalom, miješanje (4) te sama tehnika otiskivanja i spretnost terapeuta što može jako utjecati na pojavu duplikatura, inkluzije zraka ili deformaciju. Greške često nastaju kod kontaminacije površine materijala, te kod svezivanja različitih konzistencija materijala i materijala koji imaju različito vrijeme stvrdnjavanja, a materijali različitog kemijskog sastava ne bi se smjeli koristiti jer ne dolazi do njihovog svezivanja (1). Materijal bi se trebao miješati prema uputama proizvođača, najbolje automatiziranim načinom miješanja (4) jer ono osigurava gladu i homogeniju smjesu bez inkluzija zraka.

Dentalni otisci moraju zadovoljavati određene kriterije ovisno u koju svrhu se otisak radi. Ako se radi o otisku za studijski ili anatomski model, otisak se ne mora uzimati visokopreciznim materijalom (1). Otisak mora ocrtavati sve anatomske strukture usne šupljine; zube, vestibulum, nepce, paratubarne prostore, sublingvalne i retromolarne prostore u donjoj čeljusti. Ako se radi o otisku za radni model, on se mora uzimati visiokopreciznim materijalom jer mora vjerodostojno prikazivati sve strukture, precizno i detaljno, bez defekata i inkluzija zraka. Mora dobro prikazivati bataljke i dosjedni rub protetskog rada, dati precizni prikaz detalja svih tkiva ležišta baze i rubova potpune proteze kako bi se osigurao ventilni učinak buduće proteze (17).

S obzirom na svrhu uzimanja otiska, terapeut vizualno na temelju svojeg znanja i iskustva procjenjuje da li je otisak zadovoljavajući, jer precizan otisak je ključ uspjeha svakog dobrog protetskog rada ili intraoralne naprave.

U novije vrijeme sve je češće skeniranje čeljusti intraoralnim skenerima, tzv. digitalni otisak. S razvojem tehnologije povećava se preciznost intraoralnih skenera i njihova primjena u praksi (18). Najčešće se koriste u fiksnoj protetici i ortodonciji. Njihova primjena pojednostavljuje sam proces otiskivanja, a sama digitalizacija otiska omogućava lakšu analizu otisaka te njihovo dugoročno pohranjivanje.

3. OCJENJIVANJE OTISAKA U ISTRAŽIVANJIMA

U istraživanjima otisci se ocjenjuju na različite načine. Analizom otisaka ispituje se svojstva otisnih materijala, zatim utjecaj raznih faktora (npr. temperatura, vlaga, dezinfekcijska sredstva, vrijeme skladištenja) (6, 7) na svojstva otisnih materijala, a ponajprije na dimenzijsku stabilnost (kontrakcija i ekspanzija materijala) i preciznost otiska. Mogu se uspoređivati otisni materijali međusobno (2), uspoređivati i ispitivati tehnike otiskivanja i tehnike miješanja (4), uspoređivati konvencionalne i suvremene digitalne tehnike otiskivanja (8, 18). Točnost se mjeri na način da se pojedini otisci uspoređuju sa zlatnim standardom pri čemu se koristi referentni otisak ili intraoralni sken (10-12).

Mogu se ocjenjivati sami otisci, što se uglavnom radi tako da se otisci skeniraju laboratorijskim skenerima i zatim obrađuju u određenim programskim paketima. Taj način ocjenjivanja otisaka je najpouzdaniji jer su digitalni laboratorijski stolni skeneri precizniji od intraoralnih skenera (19). Najčešći način ocjenjivanja otiska je taj da se otisci prvo izliju u tvrdoj sadri tipa IV, te se nakon toga ti modeli skeniraju i obrađuju u raznim programskim paketima (8). Još jedan način koji se sve češće koristi u istraživanjima je intraoralno skeniranje čeljusti, gdje se situacija iz ustiju direktno prenosi na ekran, što ubrzava postupak otiskivanja, omogućuje analizu otisaka i njihovu usporedbu u pripadajućim programima (8, 20).

Istraživanja se provode u *in vivo* ili u *in vitro* uvjetima, ovisno o potrebama istraživanja.

3.1. *In vivo* istraživanja

In vivo istraživanja koja se provode u stomatologiji podrazumijevaju provođenje različitih testova, mjerenja, uzimanje otisaka, izvođenje raznih terapijskih zahvata na stvarnim ispitanicima, dobrovoljcima u skladu s etičkim kodeksom (8, 20).

Takva istraživanja su zahtjevnija, teže je kontrolirati uvjete, ali su za razliku od *in vitro* istraživanja vjerodostojnija jer prikazuju stvarnu sliku, mogućnosti i uvjete koji vladaju u usnoj šupljini. Kao takva imaju i brojne prednosti, ali se zbog zahtjevnosti provode rjeđe od *in vitro* istraživanja.

3.2. *In vitro* istraživanja

U *in vitro* istraživanjima se umjesto provođenja istraživanja na ispitanicima koriste

različiti modeli. Kod otiskivanja se umjesto čeljusti ispitanika koriste fabriticirani sadreni (7, 21), metalni od nehrđajućeg čelika (5, 10) ili plastični modeli, plastični školski modeli čeljusti (*eng. typodont*) (Slika 1.) (21, 22), modeli koji imitiraju oblik čeljusti (metalni, plastični lukovi) (22), a osim modela mogu se koristiti i baždareni kalupi u koje se izlijevaju otisni materijali te se otisci dobiveni iz tih kalupa zatim analiziraju i uspoređuju (23).



Slika 1. Plastični model čeljusti (*eng. typodont*)

3.3. Konvencionalne metode ocjenjivanja otisaka

Metode koje su se donedavno najviše koristile u istraživanjima nazivaju se konvencionalnima. U brojnim istraživanjima mjerenja su provođena ručno, na samim otiscima ili na izlivenim sadrenim modelima uz pomoć različitih mjernih uređaja. Uglavnom su to dvodimenzionalna (2D) mjerenja, linearna i angularna. Kod linearnih mjerenja proizvoljno se odabiru dvije točke koje definiraju određenu duljinu. Mjerenja se ponavljaju više puta, te se uzima srednja vrijednost za tu određenu duljinu. Često se uzimaju okluzalno-gingivalna, mezio-distalna, te buko-lingvalna dimenzija zubi (22) na modelu ili na otisku. U istraživanjima se mjere i cijeli zubni lukovi ili dijelovi lukova (5). Zubi su kao tvrda zubna

struktura nepomični i smatraju se fiksnom točkom za razliku od mekih struktura usne šupljine koje su pomične i stlačive. Zbog toga su zubi pogodniji za mjerenje i analizu od mekih tkiva. Provode se i trodimenzionalna mjerenja 3D (trodimenzionalni sustav) šestarom. Kod analize svojstava otisnih materijala; tvrdoće, čvrstoće, čvrstoće savijanja, vlačne čvrstoće, rastezljivosti, modula elastičnosti (24) koriste se ISO i ADA standardi (25).

3.3.1. Pomagala za dvodimenzionalna linearna mjerenja

Pomagala za linearna mjerenja se dijele prema točnosti, ovisno o mjernoj skali. Uglavnom se upotrebljavaju instrumenti koji se koriste u drugim strukama, u strojarstvu, elektrotehnici, u građevini. U mjerenju otisaka ili izlivenih sadrenih modela koriste se ravnalo, šestar, pomično mjerilo, mikrometarski vijak, mjerni mikroskop, profilni projektor, te koordinatni mjerni uređaj. Za procjenu simetrija i asimetrija zubi i zubnih lukova u transverzali i sagitali, rabe se ortokriž i mjerilo po Schmuthu. To su prozirne pleksiglasne pločice s milimetarskim razdjelom koje se često koriste u ortodonciji (26).

Ravnalo je najmanje točan uređaj za mjerenje, s točnošću od 1 mm. Najčešće je napravljeno od krutog, neelastičnog materijala te se kao takvo rijetko koristi u mjerenju otisaka i modela. Može se koristiti u kombinaciji s drugim mjernim instrumentima, npr. šestarom.

Šestar se češće koristi jer je jednostavan za rukovanje i prilagodljiv te njime možemo mjeriti neravne, zakrivljene plohe otiska ili izlivenog sadrenog modela. Nakon što se šestarom izmjeri određena duljina, ona se prenosi na ravnalo ili na drugi instrument sa mjernom skalom te se očitava iznos izmjerene duljine.

Pomično mjerilo ili kljunasto mjerilo (Slika 2.) je ručni mjerni instrument za mjerenje duljine s pomičnim krakom, prikladno je za mjerenje promjera okruglih predmeta (vanjskih i unutarnjih), otvora i provrta te širine utora. Često se koristi za mjerenja u ortodonciji. Na klizaču pomičnog mjerila je ugravirana mjerna skala, kojom se omogućava očitavanje duljine s točnošću od 0,1 mm, 0,05 mm ili 0,02 mm. Pomična mjerila se izrađuju za mjerna područja od 150 do 2 000 milimetara (27), te se kao takva smatraju relativno dobrim instrumentima za linearna mjerenja na otiscima i sadrenim modelima. Osim izvedbi s mjernom skalom,

odnosno mehaničkih pomičnih mjerila, postoje pomična mjerila s mjernim satom i zubnom letvom te digitalna pomična mjerila, u kojima se pomak klizača pretvara u elektronski signal i očitava na zaslonu.



Slika 2. Pomično mjerilo

Mikrometarski vijak je mjerni instrument kojem je točnost očitavanja mjerne vrijednosti do 0,01 mm, dok je kod instrumenata s digitalnim pokazivačem točnost od 0,005, 0,002 i 0,001 mm. Slično pomičnom mjerilu, sastoji se od nepomičnog i pomičnog dijela. Umjesto klizno, pomični se dio miče pomoću vijka. Mikrometarski vijak sastavni je dio mnogih mjernih instrumenata, na primjer mikroskopa i teleskopa (28).

Mikroskop je još precizniji uređaj za 2D mjerenja. **Mjerni mikroskop** je optički uređaj za precizno mjernje kuteva, radijusa i za kordinatno mjerenje (29). Uređaj ima tri digitalne osi s mikrometarskom podijelom. Na tržištu postoji više varijanti mjernih mikroskopa, od najjednostavnijih ručnih do digitalnih mikroskopa s PC mjernim softverom. Najjednostavniji mjerni mikroskopi imaju točnost od 0,01 mm, s povećanjem od 10x dok suvremeni uređaji imaju povećanja od 20x do 200x pa čak i 1000x (5, 22, 30).

Profilni projektor je mjerni instrument koji služi za provjeru točnosti malih i složenih oblika proizvoda. Projicira uvećanu sliku (sjenu) proizvoda na projekcionu plohu i uspoređuje s uvećanim crtežom na transparentnom papiru (paus). Povećanje se kreće od 10 do 100 puta (23, 31).

Koordinatni mjerni uređaj je mjerni instrument koji služi za prostorno mjerenje, u sve tri koordinatne osi (x,y,z). On se koristi za mjerenje složenih tijela (duljina, kutova, oblika, međusobnog položaja ploha i provrta). Omogućuje složena mjerenja s jednim postavljanjem proizvoda na mjerni stol, čime se izbjegavaju greške namještanja (32, 33).

Ortokriž je okrugla pločica radijusa 3.6 cm i debljine 1 mm, a može imati centimetarsku ili milimetarsku podjelu (26).

Schmuthova pločica dimenzija je 6x6 cm, a 168 debljine 1 cm - kako bi se spriječio fenomen paralakse, prividni pomak položaja zuba ukoliko se pomakne smjer promatranja. Na jednoj strani ima centimetarsku podjelu označenu crvenim linijama, a na drugoj milimetarsku, s podjelom na 2 mm, označenu crnim linijama (26).

3.3.2. Pomagala za angularna mjerenja

Osim linearne devijacije, kod otisaka se mjeri i angularna devijacija (32). Angularna mjerenja se uglavnom izvode uz linearna mjerenja. Koriste se mjerni uređaji opisani u prethodnom poglavlju. To su: mjerni mikroskop (5, 22), profilni projektor (23) i koordinatni mjerni uređaj (32).

3.3.3. Pomagala za trodimenzionalna mjerenja

Konvencionalnim metodama ocjenjivanja otiska uglavnom se radi 2D analiza, no postoje instrumenti koji nam omogućavaju i 3D analizu, iako je za takve analize jednostavnije koristiti digitalne sustave.

Od takvih instrumenata koristi se trodimenzionalni šestar po Korkhausu (s oprugom i navojima). On omogućava mjerenja u sve tri ravnine, u transverzalnoj, sagitalnoj i vertikalnoj. Otisak koji želimo analizirati potrebno je najprije izliti u tvrdoj sadri tipa IV. Za transverzalna mjerenja širine zubnih lukova rabe se krakovi šestara. Oprugom se šire krakovi, a vijkom se namještaju do raspona na modelima koji nam je potreban, te se na poprečnoj mjernoj skali očitava vrijednost. Za sagitalna mjerenja dužine zubnoga luka krakove je potrebno fiksirati u

definirane točke na modelu, te prednji jezičak pomicati dok ne obuhvatimo incizalni brid sjekutića. Vrijednost se očitava na pripadajućoj sagitalnoj skali. Za vertikalna mjerenja dubine nepca krakove je potrebno fiksirati u mezibukalne fisure prvih trajnih molara, a vertikalni nastavak spustiti do nepca; te sa skale koja je ugravirana na taj nastavak i zatim očitati izmjerenu vrijednost (26).

3.4. Digitalne metode ocjenjivanja otisaka

S ciljem poboljšanja preciznosti i točnosti mjerenja počeli su se razvijati digitalni sustavi za mjerenje. Usavršili su se postojeći mjerni instrumenti poput mjernog mikroskopa i profilnog projektora. Njihovom digitalizacijom, povezivanjem s računalnim softverima omogućena su preciznija mjerenja i detaljnije analize, pa su našli i svrhu u istraživanjima u području dentalne medicine.

Isto tako su i digitalni skeneri našli primjenu u dentalnoj medicini, najprije u dentalnim laboratorijima, a danas sve više i u ordinacijama dentalne medicine. Stolni digitalni skeneri, odnosno laboratorijski skeneri sa svojim pripadajućim programskim paketima omogućuju nam kvalitetnu analizu i usporedbu dentalnih otisaka i modela, no takvi visokoprecizni skeneri su izrazito skupi i stoga teško dostupni u svakodnevnoj praksi. Osim u pripadajućim programskim paketima, skenirani se otisci i modeli eksportirani kao STL datoteke mogu obrađivati i u drugim programima za 2D i 3D analizu (npr. Geomagic Qualify 12 i Geomagic Control X 2017.0.2 (3DSYSTEMS, Morrisville, Sjeverna Karolina, SAD)) (4, 8).

Danas su sve popularniji intraoralni skeneri. Oni pojednostavljuju postupak otiskivanja jer se čeljust pacijenta direktno pomoću senzora kamere prenosi na ekran, te se u pripadajućim programima otisak analizira i mjeri (18, 21). Njima se skeniraju i otisci te izliveni sadreni modeli u svrhu istraživanja.

Također se u istraživanjima, za analizu otisaka i modela, koriste radiografske metode (CT i CBCT) (14), ipak za skeniranje čeljusti zbog zračenja one se trebaju racionalno upotrebljavati.

3.4.1. Intraoralni skeneri

Prednosti digitalne tehnike otiskivanja naspram konvencionalne su mogućnost skeniranja u ustima pacijenta, kratko vrijeme skeniranja, kontrola i obilježavanje ruba preparacije, ugodniji su za pacijenta od konvencionalne tehnike otiskivanja, nema dezinfekcije ni čišćenja žlica, izbjegnuto je oštećenje otiska prilikom transporta, moguć je prijenos podataka internetom te automatsko pohranjivanje u računalu bez zauzimanja fizičkog prostora. Negativne strane su da za preciznost digitalnog otiska izrazito utječu krv i vlaga, troškovi su veći i održavanje je zahtjevnije od konvencionalnih metoda otiskivanja (18).

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, Apollo Di, Lava COS) i sustavi kod kojih nije potrebno kondicioniranje (iTero, Trios, PlanScan, CEREC Omnicam AC). 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 (34).

U proizvodnji intraoralnih skenera vodeće su tvrtke Sirona, 3Shape i 3M ESPE.

CEREC Bluecam (Sirona)

CEREC Bluecam radi na principu aktivne triangulacije, okidanjem pojedinačnih slika koje zatim generira u 3D model (8). Idealan je za snimanje pojedinačnih zuba ili zubnog kvadranta. Kamera može biti položena direktno na zube. Prilikom snimanja cijelo područje usne šupljine koje se skenira je potrebno kondicionirati slojem praha titanovog oksida (Sirona OptiSpray) kako bi se izbjeglo reflektiranje sa površine zuba (13). Visko je precizan, jednostavan za korištenje i omogućuje brzu akviziciju kondicioniranih površina, no ne i snimanje u boji (35).

CEREC Omnicam (Sirona)

CEREC Omnicam radi na principu aktivne triangulacije, omogućuje kontinuirano snimanje u boji, te se zatim ti podaci generiraju u 3D model (8). Pogodan je za snimanje većih površina, može se snimati pojedinačan zub, kvadrant ili cijela čeljust. Snimanje se provodi pomicanjem kamere od 0 do 15 mm iznad površine zuba. Jednostavan je za korištenje, a za skeniranje nije potrebno prethodno kondicioniranje površine sprejom (36).

Lava COS (3M ESPE)

Lava COS intraoralna kamera radi na principu aktivnog uzorkovanja valne fronte. Snimanje je kontinuirano, a prije snimanja površina se mora kondicionirati prahom Lava COS na bazi titanovog oksida (8).

True Definition (3M ESPE)

True Definiton intraoralni skener također radi na principu aktivnog uzorkovanja valne fronte. Snimanje je kontinuirano i površina se prije snimanja mora kondicionirati prahom titanovog oksida (8).

Trios (3Shape)

Trios je intraoralni skener koji radi na principu konfokalne tehnike, omogućuje kontinuirano snimanje čeljusti, visoko je precizan i nije potrebno kondicioniranje površine koja se snima (8).

PlanScan (Planmeca)

PlanScan intraoralni skener radi na principu aktivne triangulacije. Snima brzinom od 10 setova podataka u minuti, s rezolucijom i preciznošću manjom od 25 mikrona. Za snimanje

nije potrebno kondicioniranje površine, jednostavan je za korištenje (35).

iTero (Cadent)

Cadent iTero radi na principu konfokalne tehnike, pojedinačnim snimanjem slika u boji koje generira u 3D model. Prije snimanja površinu nije potrebno kondicionirati (8). Pogodan je za skeniranje preparacija zuba za krunice, mostove, inleje, ljuskice i onleje. Za svaku stranu preparacije, facijalnu, lingvalnu i distoaproximalnu potrebno je otprilike 15-20 sekundi.

Brojna istraživanja su uspoređivala preciznost intraoralnih i laboratorijskih stolnih skenera (8, 19-21, 37), a neka su međusobno uspoređivala digitalne i konvencionalne otiske (8, 15). U istraživanju iz 2016. godine Renne W. i sur. (20) ocjenjivali su preciznost 6 intraoralnih i 1 laboratorijskog skenera (3Shape D800, iTero, 3Shape TRIOS, Carestream 3500, Planscan, CEREC Omnicam i CEREC Bluecam). Pokazalo se da za skeniranje sekstanta od intraoralnih skenera Planscan ima najbolju točnost i preciznost, dok 3Shape Trios ima najslabiju. Poredak prema točnosti skeniranja cijelog luka je sljedeći: 3Shape D800 > iTero > 3Shape TRIOS 3 > Carestream 3500 > Planscan > CEREC Omnicam > CEREC Bluecam. Poredak prema točnosti skeniranja cijelog luka je bio sljedeći: CS3500 > iTero > 3Shape D800 > 3Shape TRIOS 3 > CEREC Omnicam > Planscan > CEREC Bluecam. Istraživanje iz 2015. koje su proveli Gary D. Hack i Sebastian B. M. Patzelt (37) ocjenjivalo je točnost i preciznost 6 intraoralnih skenera: Trios, CS 3500, iTero, True Definition, PlanScan i CEREC Omnicam. Njihove rezultate prikazuje Tablica 1.

Tablica 1. Točnost i preciznost intraoralnih skenera (sastavljeno prema 37).

| Intraoralni skener | Točnost | Preciznost |
|------------------------|----------------|---------------|
| TRIOS | 6,9 ± 0.9 μm | 4.5 ± 0.9 μm |
| CS 3500 | 9.8 ± 0.8 μm | 7.2 ± 1.7 μm |
| iTero | 9.8 ± 2.5 μm | 7.0 ± 1.4 μm |
| True Definition | 10.3 ± 0.9 μm | 6.1 ± 1.0 μm |
| PlanScan | 30.9 ± 10.8 μm | 26.4 ± 5.0 μm |
| CEREC OmniCam | 45.2 ± 17.1 μm | 16.2 ± 4.0 μm |

3.4.2. Stolni laboratorijski skeneri

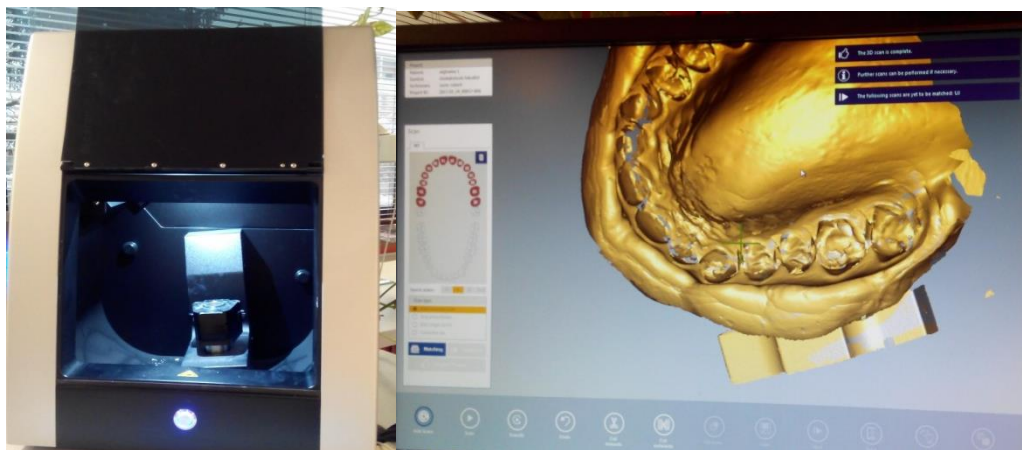
Digitalni stolni skeneri znatno su precizniji i pokazuju manje distorzije u odnosu na intraoralne skenere (19). U većini slučajeva koriste se za skeniranje izlivenih gipsanih modela na kojima se zatim i završno oblikuje izglodani ili isprintani nadomjestak. Kod manjeg broja skenera moguće je direktno skeniranje otiska i izrada modela 3D printerom (4, 8). Kao takvi najprikladniji su za analiziranje, uspoređivanje i ocjenjivanje dentalnih otisaka i često su korišteni u istraživanjima (8). Od vodećih tvrtki u proizvodnji laboratorijskih stolnih skenera valja spomenuti tvrtku 3Shape (Kopenhagen, Danska) i Amann Girrbach GmbH (Koblach, Austrija).

Laboratorijski skeneri tvrtke 3Shape (Kopenhagen, Danska) ubrzano se razvijaju i trenutno su na tržištu skeneri D i E serije. Neke od predstavnika D i E serije i njihove specifikacije prikazuje Tablica 2. (38, 39).

Tablica 2. 3Shape laboratorijski skeneri i njihove specifikacije (sastavljeno prema 38, 39).

| 3Shape laboratorijski skeneri | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Tehničke specifikacije | E skeneri | | | D skeneri | | | |
| | E1 | E2 | E3 | D500 | D810 | D1000 | D2000 |
| Kamera | 2x5MP, plava LED, višelinijski | 2x5MP, plava LED, višelinijski | 2x5MP, plava LED, višelinijski | 2x1.3MP, plava LED, višelinijski | 2x5MP, plava LED, višelinijski | 4x5MP, plava LED, višelinijski | 4x5MP, plava LED, višelinijski |
| Preciznost | (ISO 12836 / implant): 10µm/12 µm | (ISO 12836 / implant): 10µm/12 µm | (ISO 12836 / implant): 7 µm/10 µm | < 20 µm | < 15 µm | (ISO 12836 / implant): 5 µm/8 µm | (ISO 12836 / implant): 5 µm/8 µm |
| Vrijeme skeniranja luka | 40s | 30s | 24s | 160s (za most od 3 člana) | 100s (za most od 3 člana) | 16s | 16s |
| Vrijeme skeniranja bataljka | 25s | 20s | 18s | 50s | 25s | 15s | 15s |
| Vrijeme skeniranja otiska (punog luka) | 130s | 90s | 80s | - | - | 65s | 65s |
| Skeniranje teksture | ne | crno/bijela | u boji | - | - | u boji | u boji |

Tvrtka Amann Girrbach GmbH (Koblach, Austrija) ima trenutno na tržištu dva skenera: Ceramill Map 200+ i Ceramill Map 400+ (4). Imaju visoko-senzitivne 3D senzore i novo razvijenu “DNA brzinu skeniranja” koja reducira brzinu skeniranja za gotovo 50% dok je njihova preciznost konzistentna. Cijeli zubni luk se skenira za 24 sekunde sa preciznošću od 6 μ m (40).



Slika 3. Skener Ceramill Map 400+ i snimka ekrana tijekom postupka skeniranja

3.4.3. Radiografske tehnike u analizi otisaka

Radiografske tehnike se također mogu primjeniti u analizi i ocjenjivanju otisaka. U dentalnoj medicini uglavnom se koristi CBCT. Pomoću CBCT-a može se otisak skenirati bez da se prije izlijeva otisak u sadri. Skenirani se otisak pomoću CBCT-a može pretvoriti u 3D model koji je dovoljno precizan da se na njemu vrši analiza u ortodontiji (14). Moguće je i uspoređivati konvencionalne tehnike otiskivanja, odnosno dimenzijsku stabilnost različitih otisnih materijala (14).

3.4.4. Programski paketi za analizu otisaka

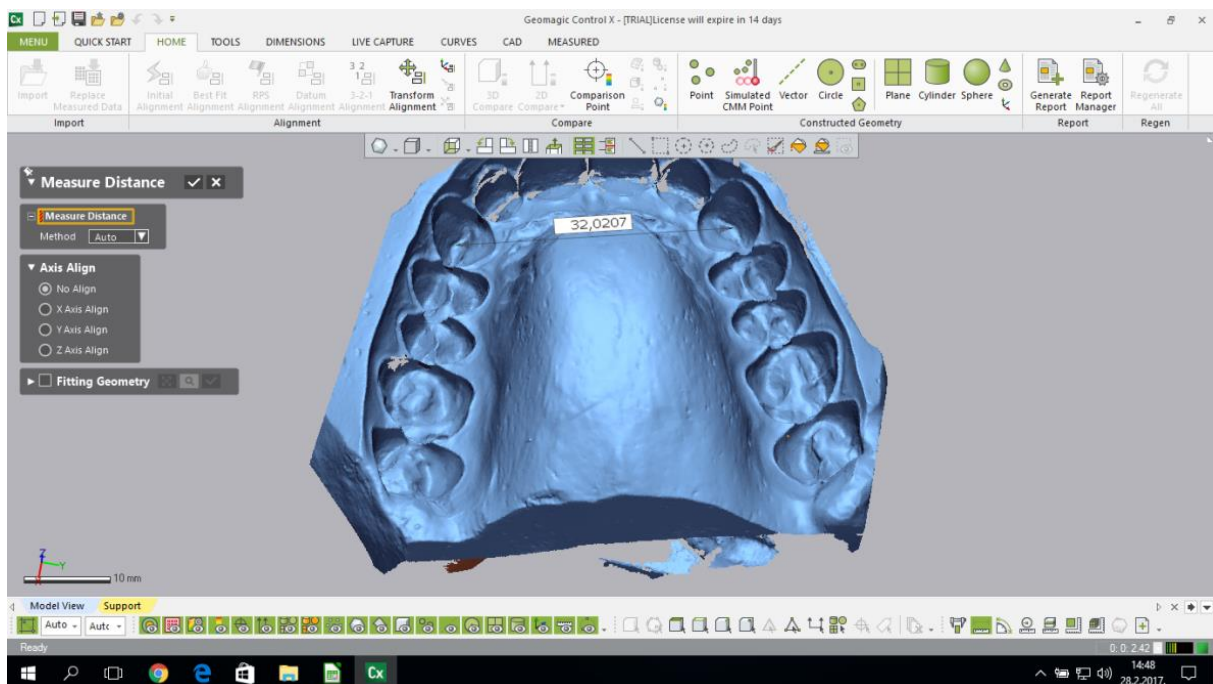
Otisci se uglavnom analiziraju, mjere i uspoređuju u programima i softverima koji dolaze uz intraoralne ili stolne laboratorijske skenere, a njihova je primarna namjena dijagnostika, planiranje terapije te dizajniranje protetskih nadomjestka i drugih intraoralnih naprava.

Jedan od takvih dijagnostičkih softvera koji se često koristi u istraživanjima (8) je

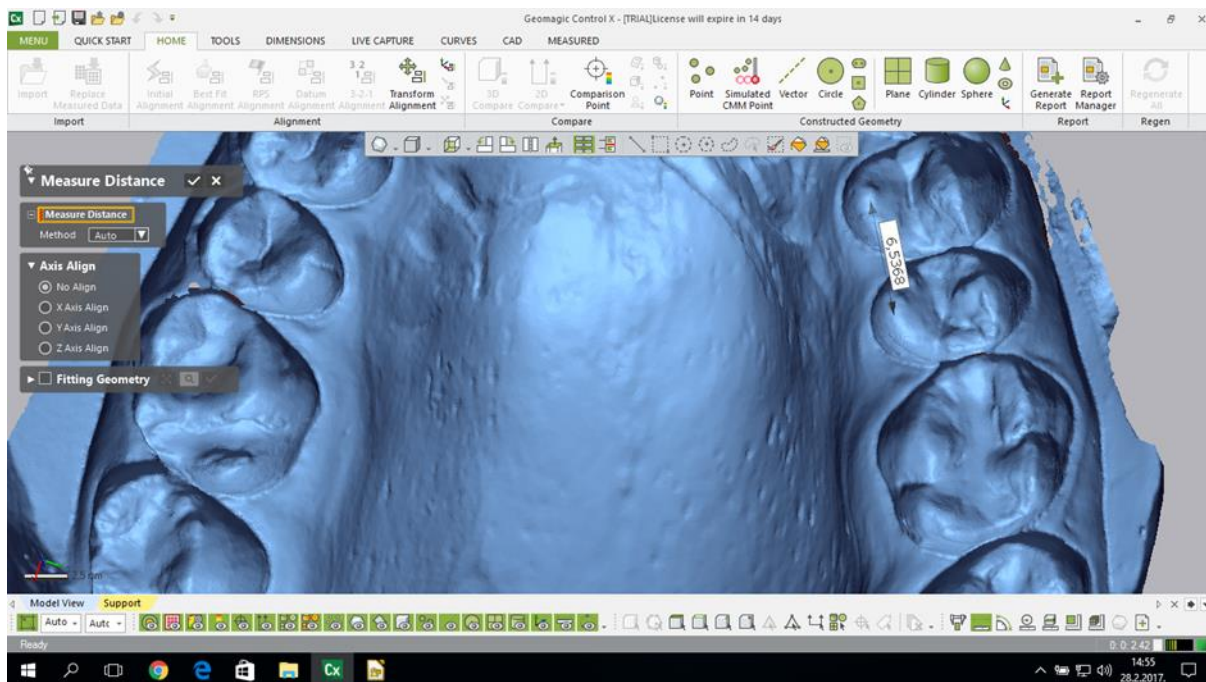
Oracheck (Cyfex AG), a koristi se uz CEREC AC sustave. Oracheck omogućuje linearna i angularna mjerenja, te uspoređivanje površine superponiranjem modela (41), a moguće je i praćenje određenog područja ili prikazivanje deformacija u sve tri koordinatne osi.

U 2D i 3D analizi otisaka i modela koriste se programski paketi koji podržavaju datoteke u STL formatu.

Geomagic Design je 3D model CAD (kompjuterski potpomognut dizajn, eng. Computer - aided design) programski paket s dodatnim alatima specifičnim za 3D printanje tvrtke 3D Systems. Osim Geomagic Design-a, u istraživanjima se koriste i programski paketi Geomagic Qualify 12 i Geomagic Control X (3D SYSTEMS) (4, 8, 42). Omogućuju brzo precizno i jednostavno uspoređivanje modela i otisaka međusobno ili s referentnim modelom/otiskom. Mogu se provoditi linearne i angularne analize, te analize podudarnosti površine i također je omogućeno praćenje određenog područja ili prikazivanje deformacija u sve tri koordinatne osi.



Slika 4. Linearno mjerenje interkanine udaljenosti na otisku u programskom paketu Geomagic Control X



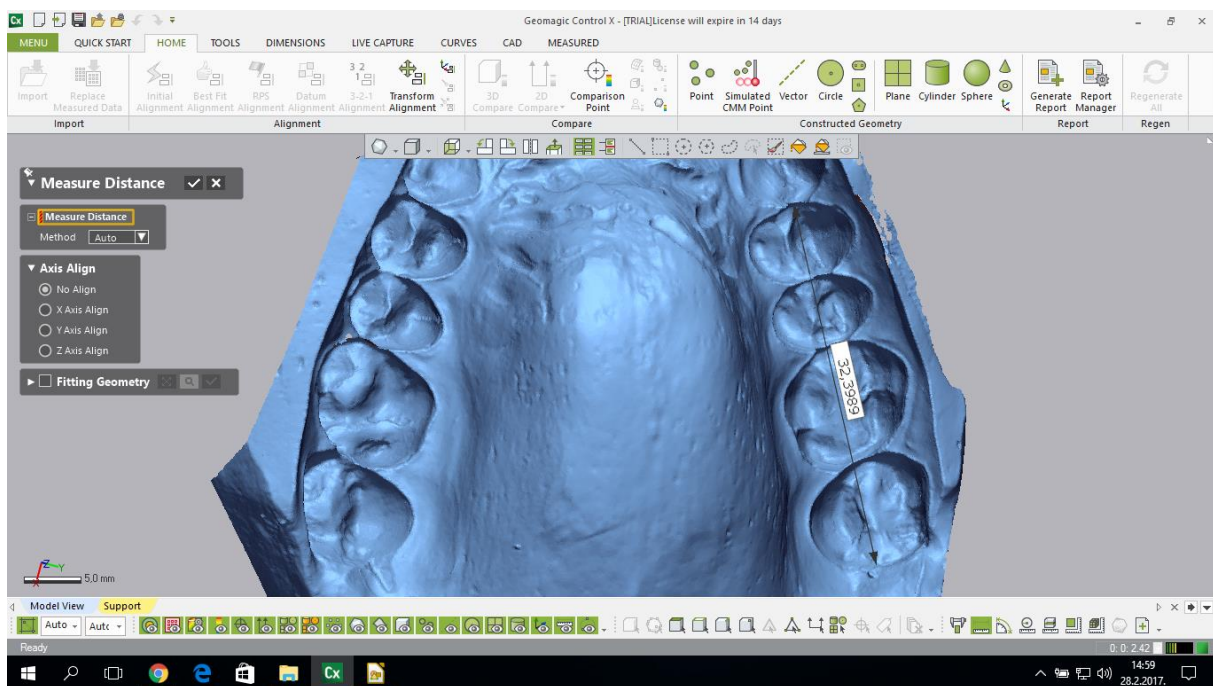
Slika 5. Linearno mjerenje udaljenosti od vrha palatinalne kvrčice desnog prvog pretkutnjaka do vrha palatinalne kvrčice desnog drugog pretkutnjaka na otisku u programskom paketu Geomagic Control X

Ostali 3D programi koji podržavaju STL format datoteka i koji se mogu koristiti u analizi, obrađivanju i ocjenjivanju otisaka su: Autodesk ReMake, Autodesk Meshmixer, CATIA, Clara.io, CloudCompare, FreeCAD, Maple, Mathematica, MeshLab, 3D Builder, MountainsMap, OpenSCAD, Paraview, PTC Creo Elements/Pro, Rapidform, Rhinoceros 3D, SketchUp, SolidWorks, Solid Edge, Spaceclaim by ANSYS (43). Ti programi uglavnom se koriste u građevini, strojarstvu, geografiji, geotehnici, arhitekturi, u matematičkim i tehničkim strukama. Da bi se koristili drugim programima, bitno nam je da se koristimo otvorenim sustavima u kojima možemo eksportirati datoteke i obrađivati ih u drugim programskim paketima na računalima.

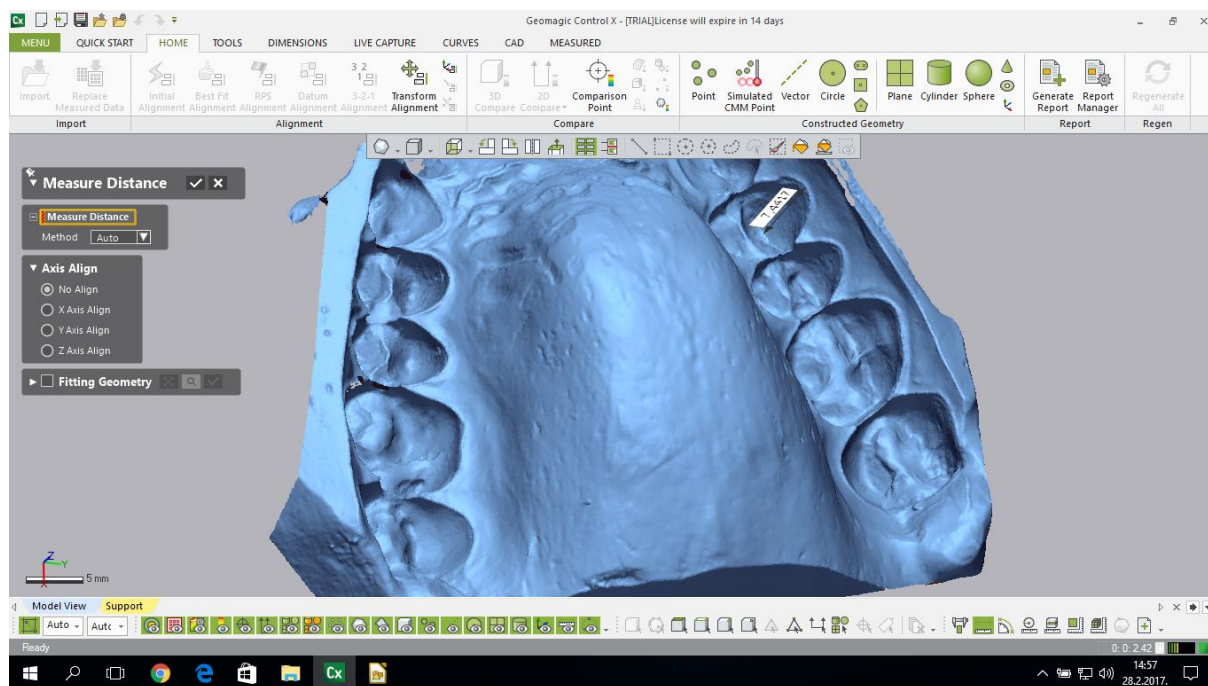
3.4.5. Dimenzije i svojstva koje se mjere digitalnim metodama

Brojna istraživanja se provode s ciljem određivanja točnosti i preciznosti digitalnih (16, 37, 42) ili konvencionalnih metoda otiskivanja i njihovog uspoređivanja (8, 15, 18, 21), a neka istraživanja međusobno uspoređuju preciznost i točnost intraoralnih i laboratorijskih skenera (19, 20). Preciznost možemo definirati kao mjeru pouzdanosti, sposobnost mjernog

uređaja da se ponovnim mjerenjem izmjerena veličina znatno ne mijenja. Točnost se može odrediti pomoću zlatnog standarda, odnosno mjeri se odstupanje modela/otiska od referentnog modela/otiska. Da bi odredili točnost i preciznost rade se 2D linearna i angularna mjerenja, te 3D mjerenja na otiscima, modelima ili intraoralnim skenovima. Kod dvodimenzionalnog mjerenja uzimaju se duljine u tri dimenzije; antero-posteriornoj, transverzalnoj i vertikalnoj dimenziji. Proizvoljno se odabiru dvije točke koje se mjere pomoću alata za linearna mjerenja. Uglavnom se mjere meziodistalne, vestibulo-oralne širine zuba, širina (42) i visina inciziva (14), širina i duljina luka, zatim udaljenost od zenita do kvržice (4), širina i duljina luka, visina svoda nepca (42), interkanina udaljenost (4) itd.. U nekim programima (Orachek; Cyfex AG, Geomagic Design, Geomagic Qualify 12, Geomagic Control X; 3D Systems) je moguće superponiranje površina otisaka i modela, te njihovo međusobno uspoređivanje (4, 8, 42), uspoređivanje dijelova površine, određivanje podudarnosti površina, a moguća su i uspoređivanja “hrapavosti”, odnosno detaljnosti površina (8). Omogućeno je praćenje određenog područja ili prikazivanje deformacija u sve tri koordinatne osi (4).



Slika 6. Mjerenje linearne udaljenosti mezijalne plohe desnog prvog premolara i distalne plohe drugog molara na alginatnom otisku u programu Geomagic Control X



Slika 7. Mjerenje linearne udaljenosti od vrha kvržice do zenita desnog prvog trajnog premolara na alginatom otisku u programu Geomagic Control X

4. RASPRAVA

Ocijeniti otisak, odnosno procijeniti da li je otisak zadovoljavajući, jednako je bitno kao i samo otiskivanje, a dobar otisak je ključ dobrog rada. Otisak je bolje ponoviti, nego riskirati i prepustiti dentalnom tehničaru rad na lošem radnom modelu. Na temelju iskustva i znanja terapeut odlučuje je li otisak dobar ili nije, no doktori dentalne medicine se razlikuju i po iskustvu i po znanju.

Konvencionalne metode mjerenja i ocjenjivanja otisaka, odnosno izlivenih modela se u praksi najviše koriste u ortodontici za dijagnostiku ortodontskih anomalija, morfometrijsku i biomehaničku analizu, predviđanje rasta i razvoja zubi i čeljusti te predviđanja terapije (26).

Sve više se u praksi, a pogotovo u ortodontici, koriste digitalne tehnike otiskivanja koje su objektivnije, no istraživanja pokazuju da su digitalni otisci manje točni, vjerni i precizni (8) te u dogledno vrijeme konvencionalni otisci u preciznosti nemaju u potpunosti alternativu u digitalnim intraoralnim sustavima, posebice pri skenovima kompletnih čeljusti i mekih tkiva gdje njihove dimenzijske devijacije dolaze do izražaja (4, 42). Međutim, sistemi digitalnih intraoralnih otisaka nastavljaju se ubrzano razvijati. Prednost digitalnih metoda otiskivanja je objektivnost, te je pomoću njih lakše i jednostavnije ocijeniti i analizirati otiske, no one u praksi u tu svrhu još uvijek nisu dovoljno iskorištene, a razlog tomu je vjerojatno visoka cijena.

Nasuprot tome, u znanstvenom području, digitalne i radiografske metode gotovo su potpuno zamijenile konvencionalne metode mjerenja i analiziranja otiska, iako i konvencionalne metode pokazuju napredak u razvoju, npr. profilni projektor, koordinatni mjerni uređaj i mjerni mikroskop. Svojstva i mogućnosti, te preciznost mjernog mikroskopa su znatno poboljšani; povećao raspon povećanja do čak 1000x, povećao se raspon mjernog područja, moguć je CAD uvoz podataka, spojen je s računalnim softverom, te ima optičku i video mjernu platformu (30).

Prednost intraoralnih skenera u ocjenjivanju otisaka je mogućnost direktnog skeniranja u ustima pacijenta (18), za razliku od stolnih laboratorijskih skenera koji zahtijevaju prethodno otiskivanje konvencionalnim metodama, odnosno otisnim materijalima. Otisci se pri tome mogu skenirati direktno (4) ili se izlijeva sadreni model koji se zatim skenira (8). Zbog toga su ocjenjivanje i analiza otisaka intraoralnim skenerima jednostavniji, no digitalni stolni skeneri su znatno precizniji i pokazuju manje distorzije u odnosu na intraoralne skenere (19,

20). Preciznost otiska ujedno ovisi i o uređaju kojim se mjeri, odnosno o točnosti mjernog uređaja. Prilikom ocjenjivanja otiska skenirani otisci mogu se obrađivati i mjeriti u programima koji dolaze paketu sa intraoralnim ili laboratorijskim skenerima, ili ako se radi o otvorenim sustavima mogu se skenovi eksportirati u obliku STL formata, te su tada dostupni za obradu u drugim programskim paketima koji podržavaju STL format i lako se analiziraju, obrađuju i mjere. Taj način je primijenjen u istraživanjima koja su ocjenjivala i uspoređivala preciznost i točnost različitih intraoralnih skenera (37), zatim točnost i preciznost intraoralnih i digitalnih laboratorijskih skenera (19, 20) te digitalnih i konvencionalnih metoda otiskivanja (8, 15, 18).

Način i upotreba sustava za ocjenjivanje otisaka uvelike ovisi o mogućnostima terapeuta ili istraživača, opremljenosti ordinacije ili laboratorija, odnosno dostupnosti različitih metoda ocjenjivanja. Limitirajući faktor je naravno i cijena, a u istraživanjima izbor sustava i metoda za ocjenjivanje otiska ovisi i o ciljevima i svrhi istraživanja.

5. ZAKLJUČAK

Ocjenjivanje otisaka je svakodnevica u dentalnoj praksi. Temelji se na iskustvu i znanju terapeuta, te je ključno za dobar protetski rad. Otisci, modeli ili intraoralni skenovi mogu se ocjenjivati i mjeriti konvencionalnim i digitalnim metodama. Konvencionalne metode su u praksi zastupljene u ortodonciji gdje se radi dijagnostička analiza modela. U istraživanjima, u in vivo i u in vitro, se sve više koriste digitalne metode ocjenjivanja otisaka jer su objektivnije, jednostavnija je primjena, dostupno je mnoštvo opcija i načina za analizu STL podataka, moguće su 2D i 3D analize za razliku od konvencionalnih tehnika mjerenja gdje su mogućnosti ograničene uglavnom na 2D analize. Digitalne, a i radiografske metode otiskivanja, a time i ocjenjivanja otisaka, ubrzano se razvijaju, te je preciznost i točnost takvih sustava sve veća čime postaju konkurentni konvencionalnim načinima otiskivanja. Međutim, digitalni sustavi su još uvijek skupi, te je to jedan od glavnih razloga zašto još nisu ušli u komercijalnu upotrebu.

Način i upotreba sustava za ocjenjivanje otisaka su limitirani. Oni uvelike ovise o mogućnostima terapeuta ili istraživača, opremljenosti ordinacije ili laboratorija, odnosno dostupnosti različitih metoda ocjenjivanja. Limitirajući faktor je naravno i cijena, a u istraživanjima izbor sustava i metoda za ocjenjivanje otiska ovisi potrebama istraživanja, o njihovim ciljevima i svrsi.

6. LITERATURA

1. Čatović A, Komar D, Čatić A i sur., Klinička i fiksna protetika – krunice, prvo izdanje, Zagreb, Medicinska naklada, 2015: 49-63.
2. Peutzfeldt A, Asmussen E. Accuracy of alginate and elastomeric impression materials. *Eur J Oral Sci.* 1989; 97(4): 375-9.
3. Del'Acqua MA, Arioli-Filho JN, Compagnoni MA, Mollo F Jr de A. Accuracy of impression and pouring techniques for an implant-supported prosthesis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2008; 23(2): 226–36.
4. Najman I, Stričak T, Usporedba preciznosti otisaka dobivenih različitim metodama miješanja alginata. [Rektorova nagrada] Zagreb: Sveučilište u Zagrebu. 2017; 1-17.
5. Thongthammachat S, Moore BK, Barco MT, Hovijitra S, Brown DT, Andres CJ. Dimensional accuracy of dental casts: influence of tray material, impression material, and time. *J Prosthodont.* 2002; 11(2): 98-108.
6. Chandran DT, Jagger DC, Jagger RG, Barbour ME. Two-and three-dimensional accuracy of dental impression materials: effects of storage time and moisture contamination. *Biomed Mater Eng.* 2010; 20(5): 243-9.
7. Taylor RL, Wright PS, Maryan C. Disinfection procedures: their effect on the dimensional accuracy and surface quality of irreversible hydrocolloid impression materials and gypsum casts. *Dent Mater.* 2002; 18(2): 103-10.
8. 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.
9. Vandeweghe S, Vervack V, Dierens M, De Bruyn H. Accuracy of digital impressions of multiple dental implants: an *in vitro* study. *Clin Oral Implants Res.* 2016 11(7): e0158800.
10. Caputi S, Varvara G. Dimensional accuracy of resultant casts made by a monophasic, one-step and two-step, and a novel two-step putty/light-body impression technique: an *in vitro*. *J Prosthet Dent.* 2008; 99(4): 274–81.
11. Hoyos A, Soderholm KJ. Influence of tray rigidity and impression technique on accuracy of polyvinyl siloxane impressions. *Int J Prosthodont.* 2011; 24(1): 49–54.
12. Gupta S, Narayan AI, Balakrishnan D. In Vitro Comparative Evaluation of Different Types of Impression Trays and Impression Materials on the Accuracy of Open Tray Implant Impressions: A Pilot Study *Int J Dent.* [Internet]. 2017 Feb [cited 2017 Jun 22]; Available from: <https://www.hindawi.com/journals/ijd/2017/6306530/>
13. Wicher J. van der Meer, Frank S. Andriessen, Daniel Wismeijer, Yijin Ren. Application of Intra-Oral Dental Scanners in the Digital Workflow of Implantology.

- PLoS One. 2012; 7(8): e43312.
14. Tingting J, Sang-Mi L, Yanan H, Xin C, Hyeon-Shik H. Evaluation of digital dental models obtained from dental cone-beam computed tomography scan of alginate impressions. *Korean J Orthod.* 2016; 46(3): 129–36.
 15. Ender A, Mehl A. 9(2):121-8. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. *J Prosthet Dent.* 2013; 109(2): 121-8.
 16. Vlaar ST, Vander Zel JM. Accuracy of dental digitizers. *Int Dent J.* 2006; 56(5): 301–9.
 17. Kovačević Pavičić D, Biličić I, Lajnert V. Funkcijski otisak bezube čeljusti. *Medicina Fluminensis.* 2014; 50(3): 294-9.
 18. Lukačević F, Lukić N, Jelinić Carek A. Usporedba konvencionalnih i digitalnih intraoralnih otisaka. *Sonda.* 2015; 16(29): 54-7.
 19. Flügge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013; 144(3): 471-8.
 20. 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.* 2016; S0022-3913(16): 30514-5.
 21. Cho SH, Schaefer O, Thompson GA, Guentsch A. Comparison of accuracy and reproducibility of casts made by digital and conventional methods. *J Prosthet Dent.* 2015; 113(4): 310-315.
 22. Kulkarni PR, Kulkarni RS, Shah RJ, Chhajlani R, Saklecha B, Maru K. A Comparative Evaluation of Accuracy of the Dies Affected by Tray Type, Material Viscosity, and Pouring Sequence of Dual and Single Arch Impressions-An In vitro Study. *J Clin Diagn Res.* 2017; 11(4); 128-35.
 23. Kumari N, Nandeeshwar DB. The dimensional accuracy of polyvinyl siloxane impression materials using two different impression techniques: An *in vitro* study. *J Indian Prosthodont Soc.* 2015; 15(3): 211–7.
 24. Mehulić K. i suradnici, *Dentalni materijali*, prvo izdanje, Zagreb, Medicinska naklada, 2016: 261-4.
 25. Todd JA, Oesterle LJ, Newman SM, Shellhart WC. Dimensional changes of extended-pour alginate impression materials. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013; 143(4): 55-63.
 26. Špalj S i suautori, *Ortodonski priručnik*, Rijeka, Medicinski fakultet Sveučilišta u

- Rijeci, 2012: 173-4.
27. Pomična mjerka [Internet]. Hr.wikipedia.org. c2017 [cited 2017 Jun 21]. Available from: https://hr.wikipedia.org/wiki/Pomi%C4%8Dna_mjerka
 28. Mikrometarski vijak [Internet]. Hr.wikipedia.org. c2017 [cited 2017 Jun 21]. Available from: https://hr.wikipedia.org/wiki/Mikrometarski_vijak
 29. Traveling microscope [Internet]. En.wikipedia.org c2017 [cited 2017 Jun 21]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Traveling_microscope
 30. Mjerni mikroskopi Vision Engineering [Internet]. Topomatika.hr c2017 [cited 2017 Jun 21] Available from: http://www.topomatika.hr/mjerni_mikroskopi.html
 31. Mjerenje i kontrola u alatničarstvu [Internet]. tolerancije.files.wordpress.com c2013 [cited 2017 Jun 21] Available from: <https://tolerancije.files.wordpress.com/2011/01/3-mjerenje-i-kontrola.pdf>
 32. Alikhasi M, Siadat H, Beyabanaki E, Kharazifard M. Accuracy of Implant Position Transfer and Surface Detail Reproduction with Different Impression Materials and Techniques. J Dent (Tehran). 2015;(10):774-83.
 33. Koordinatni mjerni uređaj [Internet]. Hr.wikipedia.org. c2017 [cited 2017 Jun 22]. Available from: https://hr.wikipedia.org/wiki/Koordinatni_mjerni_ure%C4%91aj
 34. Wolfart S. Implantoprotetika- koncept usmjeren na pacijenta. Zagreb : Media ogled d.o.o, 2015.; 221-233, 361-393.
 35. Planmeca PlanScan [Internet]. Excent.eu c2017 [cited 2017 Jun 22]. Available from: https://www.excent.eu/Public/Docs/Intra%20Oral%20Scanners/PlanScan_bro_en_low_factsheet.pdf
 36. Restauracije sa CEREC-om | Sirona Dental [Internet]. Sirona.hr c2017 [cited 2017 Jun 22]. Available from: <http://www.sirona.hr/hr/restoracije-sa-cerec-om/#section3>
 37. Gary D. Hack, Sebastian B. M. Patzelt. Evaluation of the Accuracy of Six Intraoral Scanning Devices: An in-vitro Investigation. ADA Professional Product Review. A Publication of the Council on Scientific Affairs. 2015; Volume 10, Issue 4: 1-5.
 38. Desktop 3D dental scanners [Internet]. 3D Dental Solutions. c2017 [cited 2017 Jun 19]. Available from: <http://www.dental3dsolutions.com/3d-dental-products/dental-scanners/d810-3shape/Dental>
 39. Lab scanners [Internet]. 3Shape.com c2017 [cited 2017 Jun 19]. Available from: <http://www.3shape.com/new-products/dental-labs/lab-scanners>
 40. Scan [Internet]. Amanngirrbach.com c2017 [cited 2017 Jun 22]. Available from: <https://www.amanngirrbach.com/en/products/scan/>

41. Features | Cyfex AG [Internet]. Cyfex.com c2017 [cited 2017 Jun 22]. Available from: <https://www.cyfex.com/en/dental/oracheck/features>
42. Ning Gan, Yaoyang Xiong, Ting Jiao. Accuracy of Intraoral Digital Impressions for Whole Upper Jaws, Including Full Dentitions and Palatal Soft Tissues. PLoS One. 2016; 11(7): e0158800.
43. STL (file format) [Internet]. En.wikipedia.org c2017 [cited 2017 JUn 22]. Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/STL_\(file_format\)](https://en.wikipedia.org/wiki/STL_(file_format))

7. ŽIVOTOPIS

Ivana Najman rođena je 31.05.1992. godine u Čakovcu. Osnovnu školu završava u Prelogu i potom upisuje Gimnaziju Josipa Slavenskog Čakovec prirodoslovno-matematički smjer. 2011. godine upisuje Stomatološki fakultet u Zagrebu. Prisustvovala je jednodnevnoj edukaciji "ABC hitnih stanja" i prve pomoći u organizaciji StEPP-a u Školi narodnog zdravlja "Andrija Štampar". Dobitnica je Rektorove nagrade za ak.god. 2016./17. za rad Usporedba preciznosti otisaka dobivenih različitim metodama miješanja alginata.