Digitalni otisak u fiksnoprotetskoj terapiji

Panian, Zvonimir

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:127:135207

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

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

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb School of Dental Medicine Repository

Sveučilište u Zagrebu
Stomatološki fakultet

Zvonimir Panian

DIGITALNI OTISAK U FIKSNOPROTETSKOJ TERAPIJI

Diplomski rad

Zagreb, 2020.

Rad je ostvaren na Zavodu za fiksnu protetiku Stomatološkog fakulteta u Zagrebu.
Mentor rada: izv. prof. dr. sc. Marko Jakovac, Zavod za fiksnu protetiku Stomatološkog fakulteta u Zagrebu
Lektor hrvatskog jezika:
Lektor engleskog jezika:

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1._____
2._____
3._____

Datum obrane rada: _____

Rad sadrži: 35 stranica
0 tablica
5 slika
1 CD

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

Zahvala

Neizmjerno sam zahvalan svom mentoru, izv. prof. dr. sc. Marku Jakovcu na nesebičnom dijeljenju znanja i strpljenju za svako moje pitanje. Ostavio je neopisivo velik trag na moju svakodnevnu inspiraciju vezanu za stomatologiju, ali i šire koja će me zasigurno pratiti cijelog života.

Hvala mojoj najbližoj obitelji u Hrvatskoj i Americi koja je proživljavala svaki moj ispit kao da je njihov. Prijateljima koji su mi uvijek oprostili kada sam morao ostati kod kuće i učiti, ali i na neopisivoj pozitivnoj energiji kojom su me pratili tijekom studija. Mojoj dragoj Višnji i Viktoriji koje su mi dale uvid u to kako zvanje doktora dentalne medicine može ispunjavati čovjeka cijeli život.

Najveća hvala mojoj sestri Evi, majci Bojani i ocu Nenadu koji su mi uvijek bili ogledalo stvarnosti i glavni motor u ključnim danima koji me pokretao prema uspjehu zvanom diploma.

Jedno veliko hvala svima!

DIGITALNI OTISAK U FIKSNOPROTETSKOJ TERAPIJI

Sažetak

Analogni protokol u fiksnoj protetici je provjeren način rada. Digitalna tehnologija preuzima sve veću ulogu u svijetu dentalne medicine i njen razvoj i sve veće mogućnosti podižu standarde struke na novu razinu. Ovaj rad prikazuje osnovna znanja o digitalnim skenerima i CAD/CAM (engl. *Computer Aided Design / Computer-Aided Manufacturing*) sustavima i njihovim mogućnostima u fiksnoproteskoj terapiji. Također, navedeni su načini funkcioniranja digitalnih skenera u dentalnoj medicini, tehnikama rada i fazama u kojima se koriste. Sa sigurnošću se može reći da digitalni otisci imaju puno prednosti nad konvencionalnim tehnikama otiskivanja i samo je pitanje vremena kada će ih u potpunosti istisnuti uz povjerenje većine kliničara.

Ključne riječi: CAD/CAM; digitalni otisak; intraoralni skeneri; digitalni protokol

DIGITAL IMPRESSION IN FIXED PROSTHODONTIC THERAPY

Summary

The analogue protocol in fixed prosthodontics is a proven mode of operation. Digital technology is taking on an important role in the world of dental medicine and its development and increasing opportunities are raising the standards of the profession to a new level. This paper presents basic knowledge about digital scanners and CAD / CAM (Computer Aided Design / Computer-Aided Manufacturing) systems and their capabilities in fixed prosthodontic therapy. Also, the ways of functioning of digital scanners in dental medicine, work techniques and stages in which they are used are listed. It is safe to say that digital impressions have many advantages over conventional impression techniques and it is only a matter of time before they fully replace the analogue protocol.

Key words: CAD/CAM, digital impression, intraoral scanners; digital protocol

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2.1. ANALOGNI OTISAK 3
2.1.1. Situacijski otisak 4
2.1.2. Pomoćna sredstva u otisnom postupku 5
2.2. MODELI 7
2.2.1. Analogni model 8
2.2.2. Digitalni model 8
2.3. INTRAORALNI SKENERI 10
2.3.1. Digitalni tijek rada 11
2.3.2. Tehnike rada IOS-a 12
2.3.3. Digitalni otisak IOS-om 15
2.3.4. Tehnike uzimanja digitalnog otiska 18
2.4. TOČNOST (engl. Accuracy) 20
2.5. EKSTRAORALNI SKENERI 23
2.5.1. Softver i tijek rada 24
2.5.2. Obrada skeniranih podataka za CAD 24
2.5.3. Točnost 25
3. RASPRAVA 26
4. ZAKLJUČAK 29
5. LITERATURA 31
6. ŽIVOTOPIS 34

Popis skraćenica

CAD/CAM - kompjuterski potpomognuto oblikovanje/kompjuterski potpomognuta izrada (engl. *Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing*)

STL - standardni teselacijski jezik (engl. *Standard Tessellation Language*)

CBCT – Cone-Beam kompjutorizirana tomografiija (engl. *Cone beam computed tomography)*

1. UVOD

Digitalna tehnologija danas utječe na gotovo svaki aspekt života. Nezamislivo je pronaći osobu koja nije povezana na Internet i ne koristi mobilni uređaj. U skladu s tim, utjecaj tehnologije na medicinsku struku nije iznimka, pa tako i stomatologiju kao dio nje. Neke vrste digitalne tehnologije već su dugo dio dijagnostičkih i terapijskih procesa i one se stalno poboljšavaju, ali zadnjih par godina dolaze nove vrste uređaja koje mijenjaju cijele koncepte planiranja terapija i liječenja. Stomatolog se u fiksnoprotetskoj terapiji služio konvencionalnim metodama liječenja zadnjih par desetljeća i one su postigle svoj relativni maksimum. Zadnjih dvadesetak godina usavršavanjem konvencionalnih metoda usporedno su se razvijali digitalni sustavi s ciljem poboljšanja postupaka u procesu oralne rehabilitacije. Digitalnom revolucijom briga za pacijenta diže se na novu razinu u gotovo svakom koraku terapijskog procesa (1). Digitalna tehnologija je svakodnevnica u modernoj stomatologiji. Računala, virtualna baza pacijenata, laptopi, tableti, radiološka dijagnostika, digitalna fotografija i videozapisi sastavni su dio rada mnogih ordinacija. To su sve alati kojima se prikupljaju podatci i oni čine dio digitalnog protokola rada. Digitalni tijek rada u stomatološkoj protetici koristi se tehnikama prikupljanja podataka, planiranjem i obradom istih i izvršavanjem plana. Osnova digitalnog protokola su skeneri, intraoralni i laboratorijski, s raznovrsnim softverima koji su ključ komunikacije između stomatologa, dentalnog laboratorija i pacijenta. Razvoj intraoralnih skenera rezultirao je kontinuiranim pokušajima da se savladaju problemi koji su se javljali kod klasičnih otisaka. Neki od njih su kriv izbor žlica, odvajanje otisnog materijala od žlice, distorzija otiska prije izlijevanja. Više od 50 % konvencionalnih otisaka smatra se nedovoljno dobrima po pitanju reprodukcije prepariranih margina (2), premda neka istraživanja govore da je taj postotak i puno veći.

Dominacija sustava kompjutersko potpomognutog dizajna/kompjuterski potpomognute izrade evidentna je u polju dentalne medicine. To se može pripisati velikom doprinosu industrije u istraživanju i razvoju tijekom zadnjih pola stoljeća. Svrha ovog rada je prikazati prednosti, mane i mogućnosti u budućnosti digitalnog otiska.

2.1. ANALOGNI OTISAK

Otisak je negativ mekih i tvrdih tkiva u usnoj šupljini. Služi za prijenos situacije iz usta u dentalni laboratorij ili se koristi u ordinaciji za izradu privremenog nadomjestka nakon brušenja zubi (Slika 1).

2.1.1. Situacijski otisak

Situacijski ili *anatomski otisak* je otisak koji dentalni tehničar koristi za izlijevanje:

1) *anatomskih (studijskih)* i

2) *radnih modela.*

Ovisno o fazi rada, postoji niz otisnih tehnika. To uključuje izbor žlica, vrste otisnog materijala i pomoćnih sredstava u otisnom postupku. Za anatomske modele najčešće se koristimo konfekcijskim žlicama s Rim-Lock rubom. Žlica mora biti zadovoljavajuće veličine, uključivati cijeli zubni niz i ne smije biti savitljiva. Zubni niz mora biti udaljen 2 - 3 mm od ruba žlice zbog prostora za otisni materijal. Ireverzibilni hidrokoloidi su materijal izbora u ovom slučaju zbog njihove preciznosti, cijene i jednostavne uporabe. Miješanje praha poznatijeg pod nazivom alginat i vode proces je u kojem treba pridati pozornost pravilnom miješanju. Bilo da se koristi ručno miješanje ili uređaj za miješanje alginata, treba se strogo držati uputa proizvođača. Ono što je veća prednost alginata ujedno je i jedna od mana, a to je hidrofilnost. Zbog hidrofilnosti alginata zubi ne trebaju biti suhi jer slina normalne količine i konzistencije ne utječe na otisak, ali otisak treba što prije izliti zbog dimenzijskih nestabilnosti utjecaja okoliša.

Prije otiska u žlicu se postavljaju stoperi na tri mjesta ili u obliku slova „T“. Ako stoperi diraju zube, onda se izrađuju od svjetlosno ili kemijski polimerizirajućeg akrilata i zube moraju dodirivati točkasto. U slučaju kad stoperi diraju gingivu ili nepce, izrađuju se od kondenzacijskog silikona. Zamiješani alginat nanosi se u žlicu i ovisno o kojoj se čeljusti radi, žlica se stavlja na određeni način. U gornjoj čeljusti žlica se stavlja ravnomjerno na sve zube ili ako pacijent ima pojačani refleks na povraćanje, prvo na stražnje zube pa na prednje. U donjoj čeljusti također krećemo s kontaktom sa svim zubima ili od prednjih prema stražnjima (3). Alginatni otisak se nakon stvrdnjavanja vadi iz usta naglim pokretom. Slijedi ispiranje krvi i sline hladnom vodom i dezinfekcija otiska. Mora se prenijeti do laboratorija u posebnim hermetički zatvorenim posudama.

Otisak za radne modele u fiksnoj protetici uzima se u konfekcijskoj ili u individualnoj žlici. Taj otisak mora savršeno prikazivati granicu preparacije jer je to uvjet da tehničar može napraviti nadomjestak koji će zadovoljavati osnovne principe brušenja, *zdravlja mekih tkiva* i

osiguravanje rubnog zatvaranja (4). Ono osigurava funkcijsku trajnost nadomjestka i zuba. Materijali koji se koriste za otisak za radni model su *sintetički elastomeri*. To su *adicijski silikoni* i *polieteri* koji su iznimno precizni i dimenzijski stabilni. Danas adicijski silikoni dolaze u različitim konzistencijama; u kartušama za srednju i rijetku konzistenciju, dok gusti dolazi u dvije posude iz kojih se miješaju u istim omjerima. Ako se gusti adicijski silikoni (engl. *putty*) miješaju ručno, ne smiju se koristiti rukavice od lateksa i s puderom jer oni inaktiviraju katalizator (3). Prednost polietera u odnosu prema silikonima su hidrofilnost i tiksotropno svojstvo. Nedostatak je izrazita čvrstoća što stvara probleme pri vađenju iz usta i iz istog razloga otežano odvajanje sadrenog modela u laboratoriju, ali danas postoje Soft i Quick polieteri koji su mekši za otiske na zubima i/ili brži u stvrdnjavanju. Polieter se danas češće koristi u implantoprotetici te u mobilnoj protetici za funkcijske otiske.

Za uzimanje otiska za radne modele preporučuje se uzeti jednovremeni otisak u individualnoj žlici koja je izrađena na anatomskom modelu, s akrilatnim stoperima. Najbolje je koristiti jedan materijal srednje konzistencije ili dva materijala srednje i rijetke konzistencije. Individualna žlica osigurava jednaku debljinu materijala prema svim strukturama koje otiskujemo te smanjuje potrebnu količinu materijala što smanjuje trošak, ali i stres pri vađenju iz usta i manju kontrakciju materijala. Žlica se mora premazati adhezivom kako bi otisna masa ostala u žlici. Još jedna vrsta jednovremenog otiska, ako želimo ubrzati proces, je otisak u konfekcijskoj žlici s gustim i rijetkim materijalom, tzv. *sandwich-otisak*. Otisak se može uzeti i u dvije faze kao otisak dopunjavanja ili korekturni otisak. U oba slučaja se nakon prvog otiska odstranjuju interdentalne septume nebrušenih zuba i podminirana područja. Otisak u silikonu ne smije se izlijevati prvih 15 - 30 minuta jer se mora oporaviti od deformacija nastalih vađenjem iz usta.

2.1.2. Pomoćna sredstva u otisnom postupku

Konci za retrakciju gingive neizostavan su korak otisnog postupka u fiksnoj protetici. Zadatak je retrakcijskog konca prikazati rub preparacije u potpunosti i time pridonijeti kvalitetnom otisku. Na tržištu postoje konci različite debljine (0,2 - 1,0 mm) i vrste izrade. Odabire se uvijek najtanji konac koji će uspješno opravdati svoju ulogu. Oni mogu biti i impregnirani ili neimpregnirani, ali ako je to moguće, koriste se uvijek neimpregnirani konci koji pažljivo umetnuti nemaju kontraindikacija. Dvije su tehnike postavljanja konca u sulkus. Tehnika jednog konca (engl. *single cord*) koristi se kod tankog ili debelog biotipa sluznice. On mora biti iste dužine kao opseg sulkusa i krajevi moraju završavati oralno, to posebice vrijedi za frontu.

Oni ostaju u sulkusu za vrijeme otiska i vade se nakon postupka. Tehnika dvostrukog konca koristi se kod debelog tipa sluznice i dubokog sulkusa. Retrakcijski konac ostaje unutra za vrijeme otisnog postupka i on radi vertikalno otvaranje sulkusa. Drugi, deflekcijski konac, radi horizontalno otvaranje sulkusa. Ostavlja se dulji jer se lakše vadi prije otisnog postupka i ne gura se cijeli u sulkus.

Paste za retrakciju gingive imaju istu ulogu kao i retrakcijski konci. Djeluju kemijsko-mehanički tako da blago horizontalno otvaraju sulkus i imaju mogućnost zaustavljanja malih krvarenja. Pogodni su za tanki biotip sluznice. Još jedna metoda može pomoći u prikazivanju cervikalne granice preparacije, ali samo uz pažljivu primjenu. To je kirurško otvaranje sulkusa elektrokirurški ili laserom na mjestima gdje tehnikom jednog konca ne možemo vidjeti rub stepenice. Pravilnom primjenom, posljedice u obliku upale i recesija su slabo vjerojatne.



Slika 1. Situacijski otisak uzet u konfekcijskoj žlici

Preuzeto s dopuštenjem autora: izv. prof. dr. sc. Marka Jakovca.

2.2. MODELI

Modeli su realni ili virtualni prikaz stanja u pacijentovim ustima. Izrada modela neizostavan je dio fiksnoprotetske terapije i mogu se podijeliti na analogne i digitalne.

2.2.1. Analogni model

1) *Anatomski model* prikazuje zube, alveolarni greben i sve ostale važne strukture u okolini kao što su nepce, tuber, granicu pomične i nepomične sluznice i retroalveolarno područje mandibule. Taj model služi u različite svrhe i nazivamo ga ovisno o tome za što se koristi. Kada ga postavljamo s antagonističkim modelom u artikulator i provjeravamo funkcijske kretnje pacijenta, tada ga nazivamo *studijskim modelom*. Na njemu također možemo izrađivati individualne žlice, za navoštavanje kao viziju budućeg nadomjestka (*wax-up*) ili izradu silikonskog ključa (*mock-up*). Ovisno koja im je uloga, anatomski modeli izrađuju se od sadre tipa 3, 4 ili 5.

2) *Radni model*, isto kao i anatomski, reproducira stanje tvrdih i mekih tkiva, ali na njemu se uklanjaju dijelovi sadre. Cilj je radnog modela olakšani pristup bataljcima na kojima se izrađuje protetski rad. Prvo se izlijeva glavni, *master model* preko kojeg se dubliraju (dupliciraju) ostali modeli ovisno o potrebama laboratorija. Bataljci se moraju separirati od modela i mora im se omogućiti povratak u istu poziciju na modelu u kojoj su bili prije separacije. Zato postoje različiti sustavi; s pinovima, kalupima ili tehnike alveolarnog modela. Modeli s pinovima su najčešći. Postoje *mokra* i *suha tehnika* što znači da se pinovi stavljaju u još mokru ili stvrdnutu sadru. Za radne modele koristimo vrlo tvrde sadre tipa 4 i 5.

2.2.2. Digitalni model

Digitalni modeli predstavljaju revoluciju u načinu rada između laboratorija i stomatološke ordinacije. Potreba za fizičkim modelima jako se smanjila jer se smanjio i broj faza rada digitalnom tehnologijom. Virtualni model možemo dobiti na dva načina. U ordinaciji stomatolog može uzeti digitalni otisak intraoralnim skenerom i model se automatski prikazuje na ekranu. Ako stomatolog ne posjeduje skener i izrađuje se protetički rad u punom obliku, monolitno, uzima se analogni otisak. Kada se on izlije u laboratoriju u sadri, skenira se analogni model ekstraoralnim skenerom specijaliziranim za laboratorije i pretvara se u digitalni. Dizajniranje nadomjestka je sljedeći korak. On se može dizajnirati na virtualnom modelu u ordinaciji ako je kupljen dizajnerski softver od ovlaštenog zastupnika sustava koji je kompatibilan sa skenerom ili se šalje u laboratorij na daljnje korake. Digitalni model može se

ispisati u 3D pisačima ili izglodati iz diska ako stomatolog ili tehničar zatrebaju fizički model (Slika 2). Oni se izrađuju od polimera na bazi polimetilmetakrilata (PMMA). To se sve češće i radi jer je materijal jeftin, a preciznost i stabilnost modela je visoka (5) što omogućava korištenje modela kao anatomskih i radnih u analizama ili slojevanju ako se ne rade monolitni radovi.



Slika 2. Digitalni 3D printani modeli gornje i donje čeljusti

Preuzeto s dopuštenjem autora: izv. prof. dr. sc. Marka Jakovca.

2.3. INTRAORALNI SKENERI

Početak prave digitalne stomatologije kreće od ranih 1980-ih kada su se gotovo simultano razvijali kompjuterom potpomognuti digitalni otisci i CAD/CAM jedinice. Prvi CAD/CAM uređaj patentiran je 1984. godine (1), premda su stomatolozi pokušavali pronaći visokotehnološka rješenja već 1970-ih koristeći optičke aparate za intraoralno mapiranje . Prvi komercijalno dostupni CAD/CAM uređaj bio je CEREC (engl. *Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics*) koji je predstavljen 1987. Tako je CEREC bio jedini uređaj za širu uporabu uz tadašnje pokušaje ostalih hrabrih tvrtki i pojedinaca za tehnološkim razvojem struke. Tvorci CEREC-a su imali viziju da se biološka, funkcionalna i dosljedna estetska restauracija zuba može napraviti u jednom posjetu. U početku je indikacija bila limitirana na *inlaye*, ali kasniji CEREC 2 i CEREC 3 su ih proširili na *onlaye* i krunice. Od 2005. godine predstavljeni su novi intraoralni skeneri s poboljšanim svojstvima, a u zadnje vrijeme javlja se velik broj novih skenera ili unaprijeđene verzije starijih sustava (Slika 3) (5).

Razvoj IOS sustava rezultirao je kontinuiranim pokušajima da se savladaju poteškoće koje su se javljale kod konvencionalnih otisaka. Nepravilan izbor žlica za otisak, odvajanje materijala od žlice, distorzija materijala prije izlijevanja, potreba za fizičkom obradom modela i pohrana modela samo su neki od problema koji su se riješili pojavom digitalnog načina otiskivanja (6).

2.3.1. Digitalni tijek rada

CAD/CAM sustavi sastoje se od četiri dijela: digitalnog skenera, računala i računalnog softvera i glodalice. Digitalni skener i digitalni otisak imaju više uloga u radu, to znači da faze terapije mogu biti odrađene i analogno, ali njegova je budućnost biti sastavnim dijelom potpunog digitalnog protokola. Njegov je zadatak prikupiti informacije za daljnje faze rada. Prikupljanje informacija, odnosno digitalni otisak je prva faza rada.

CAD/CAM sustavi se s tehnološke strane mogu podijeliti na tri koncepta. Prvi koncept uključuje postupak skeniranja zubi, dizajniranje nadomjestka, glodanje u CAM jedinici i dodatne postupke u finalizaciji nadomjestka u ordinaciji. Drugi koncept uključuje skeniranje i dizajniranje u ordinaciji dok se CAM dio odrađuje u laboratoriju. Treći koncept je za onoga tko provodi skeniranje najjednostavniji jer ostale dijelove posla, dizajniranje i proizvodnju, provodi dentalni laboratorij ili dizajnerski CAD/CAM studio u koji se šalju informacije digitalnog otiska.

2.3.2. Tehnike rada IOS-a

Intraoralni skeneri rade na principu optičkog skeniranja. Koriste se ili vidljivim svjetlom ili pojačanom zrakom svjetlosti (laserom) tako da bi obasjali predmet ili se koriste poljem uzoraka, koji su onda registrirani i digitalizirani putem digitalnih senzora.

IOS bazirani na laserskoj zraci

Dva su načina funkcioniranja ovih IOS-a. Podatci za nastanak digitalnog otiska dobivaju se tehnikom *pojedinačne slike* ili *slijedom kontinuiranih slika.* Navedene tehnike omogućuju skeneru da registrira slijed slika kroz različite kutove i pozicije. Trodimenzionalni model nastaje spajanjem slika u stvarnom vremenu, a model, ovisno o sustavu, koji se koristi može biti monokromatski ili multikromatski. Jedna od glavnih karakteristika ovih skenera je ta da ne trebaju koristiti reflektirajući prah.

• Paralelne konfokalne zrake

U ovoj tehnici paralelne laserske zrake prolaze kroz glavu skenera i padaju na obasjani objekt. Zrake se ponašaju kao točkasti izvori. One se zatim odbijaju od objekta i prolaze kroz mali otvor, aperturu i padaju na detektor. Slika se, bilježeći intenzitet emitirane svjetlosti točku po točku pomoću odgovarajućeg detektora, može formirati tek u memoriji računala i biti prikazana na zaslonu. Najznačajnija prednost konfokalnih zraka ogleda se u mogućnosti detekcije svjetlosti emitirane iz vrlo malog volumena u uzorku. U prosjeku sustav detektira oko tri i pol milijuna podatkovnih točaka po čeljusti (7).

• Laserska triangulacijska tehnika

Skener u ovoj tehnici koristi crvenu lasersku zraku i mikrozrcala koja titraju 20 000 ciklusa u sekundi. Trodimenzionalni model nastaje slijedom *pojedinačnih slika* iz različitih kutova.

• Tehnika strukturirane svjetlosti i laserska triangulacija

Ovaj način objedinjuje laser i vidljivo svjetlo. Koriste se zeleni laser i četiri emitirajuće diode s ciljem osvjetljavanja objekta dok metalno-oksidni poluvodič prihvaća reflektirane zrake kako bi *slijedom kontinuiranih slika* stvorio precizni trodimenzionalni model zubnog luka.

IOS bazirani na vidljivom svijetlu

Ova grupa skenera koristi se vidljivim spektrom svjetlosti. Tri su tehnike snimanja slike:

1) *pojedinačne slike*

2) *videozapisa*

3) *slike u stvarnom vremenu*.

• Tehnika pojedinačne slike

Tehnika *pojedinačne slike* služi se aktivnom triangulacijom. Tri pravocrtne zrake svjetlosti koriste se za pronalaženje željenog objekta promatranja u trodimenzionalnom prostoru. Dolaskom svjetlosne zrake na objekt dolazi do disperzije svjetla i ono se nejednako reflektira. To utječe na preciznost otiska i zato se koristi prah za smanjenje disperzije. Kod novih skenera nije potrebno koristiti prah. Primjer je *Cerec Omnicam* (*Sirona Dental Systems*, Bensheim, Njemačka) koji u pravilu ne treba prah prije skeniranja. Na njemu se slike obrađuju i prikazuju u stvarnom vremenu na ekranu u punoj boji (8).

• Tehnika videozapisa

Dok sve ostale tehnike skupljanja podataka koriste neku od tehnika hvatanja slike, ova tehnika koristi se aktivnim pretvaranjem videozapisa u trodimenzionalne podatke i stvaranje digitalnog modela. Dubinu polja sustav određuje preko algoritma za obradu pomoću fokusiranja i defokusiranja zabilježenog zapisa. Primjer je *Lava Chairside Oral Scanner* (3M ESPE, Seefeld, Njemačka) koji se sastoji od 192 plave LED lampe, 3 senzora i 22 leće koje odjednom hvataju informacije o objektu iz različitih perspektiva (9). Skener hvata 20 trodimenzionalnih setova podataka po sekundi što rezultira sveukupnim brojem od 24 milijuna podatkovnih točaka po luku (10).

• Tehnika ultrabrzog optičkog razdvajanja

Ova je tehnika vrlo slična *tehnici videozapisa. Kod tehnike videozapisa* model se stvara umjetno, na temelju već spomenutog algoritma. *Tehnika ultrabrzog optičkog razdvajanja* koristi se *slijedom kontinuiranih slika* i to oko 1000 trodimenzionalnih slika kako bi se stvorio pravi geometrijski oblik. Intraoralni skener koji koristi ovu tehnologiju nalazi se u 3*Shape*

TRIOS IOS *System* (3*Shape*, Copenhagen, Danska). On ima sposobnost hvatati 3000 dvodimenzionalnih slika u sekundi (11) i ne zahtijeva korištenje reflektirajućeg sredstva, titan-dioksidnog praha. Skener ima mogućnost oslanjanja na zube prilikom skeniranja kao oslonac tijekom skeniranja.



Slika 3. CEREC Primescan AC

Preuzeto s dopuštenjem autora: izv. prof. dr. sc. Marka Jakovca

2.3.3. Digitalni otisak IOS-om

Početak fiksnoprotetske terapije za pacijenta je u analognom i digitalnom protokolu jednak. Prva faza je faza *planiranja* u kojoj stomatolog uzima anamnezu, provjerava dentalni status. Analizira se lice gdje se gleda dubina zagriza, sredina i trećine lica. Dentalna fotografija je sastavni dio protokola modernih stomatoloških ordinacija i ona je jedan od ključnih dijelova komunikacije na relaciji stomatolog – pacijent - dentalni tehničar. Analizom fotografija stomatolog s pacijentom može sudjelovati u dogovoru oko nekih detalja koji neće ulaziti u profesionalnu sferu doktora dentalne medicine, ali mogu utjecati na osobne zahtjeve pacijenta u vidu estetike.

Klinički postupak skeniranja uključuje skeniranje zasebno gornje pa donje čeljusti. Ovisno o vrsti terapije koja će se provoditi, nakon otiska čeljusti zagriz se registrira u položaju *maksimalne interkuspidacije* (MI) ili *centrične relacije* (CR) na novoj visini. Ako se rade manji radovi za koje nije potrebna promjena visine, registrira se u položaju maksimalne interkuspidacije. Za promjenu visine zagriza potrebno je uzeti otisak na promijenjenoj vertikalnoj dimenziji okluzije, gdje se registrira položaj centrične relacije. Za to se koristi prednji deprogramator (engl. *jig*) koji drži donju čeljust stabilnom u odnosu na gornju na točno određenoj vertikalnoj dimenziji koju određuje stomatolog (5). Njega možemo napraviti od samostvrdnjavajućeg akrilata, termoplastičnog materijala, kompozitnog materijala ili se izrađuje printani *jig*.

Nakon dogovora o početku terapije, ovisno o tome radi li se bez ili s podizanjem zagriza, uzima se prvi digitalni otisak obiju čeljusti (engl. *scan only*). U prvoj soluciji, nakon skeniranja gornje i donje čeljusti, pacijent dolazi u položaj maksimalne interkuspidacije (MI) i skenira se i taj položaj. Novi skeneri imaju mogućnost registriranja laterotruzijskih i protruzijskih kretnji gdje se intraoralni skener drži u bukalnom prostoru na mjestu očnjaka te se pacijentu prije skeniranja pokažu pokreti koje izvodi tijekom skeniranja istih.

Kod većih oralnih rehabilitacija gdje se povisuje zagriz, izrađuje se već spomenuti deprogramator i donja čeljust se dovodi u kontakt s gornjom preko deprogramatora. Skenira se preko deprogramatora i informacije o promijenjenoj visini se registriraju. U toj fazi dentalni tehničar/dizajner ima točno određenu visinu na temelju koje izrađuje svoj prvi dizajn.

U fazi nakon brušenja zubi ponovno se uzima digitalni otisak. Ako je preparacija epigingivna

ili subgingivna, oko brušenih zubi stavlja se retrakcijski konac s ciljem prikazivanja cijelog ruba preparacije jer skener ne može vidjeti ono što nije vidljivo i golom oku, odnosno potrebna je direktna vizualizacija željenog područja (12). Nakon postavljanja konaca, zubi i okolno tkivo posuše se pusterom, intraoralna kamera se postavlja u usta i skeniraju se preparirani zubi, susjedni zubi, okolno meko tkivo ispod budućih međučlanova mosta i dijelovi nepca te zubi u suprotnoj čeljusti. U svim tim koracima podatci se obrađuju i generira se trodimenzionalni virtualni objekt koji predstavlja skenirane strukture i prikazuje se na ekranu (Slika 4). Uzeti digitalni otisak treba obraditi u softveru, misleći pod tim na rubove digitalnog modela zato što efikasnost i preciznost sljedećih koraka ovisi o tome ako se koristi neki drugi sustav za dizajn i proizvodnju. Sljedeći korak ovisi o tome koji se koncept rada koristi jer se otisak uvijek uzima u ordinaciji, ali ostale faze mogu varirati. Rad s CAD/CAM sustavima može se podijeliti na četiri koncepta:

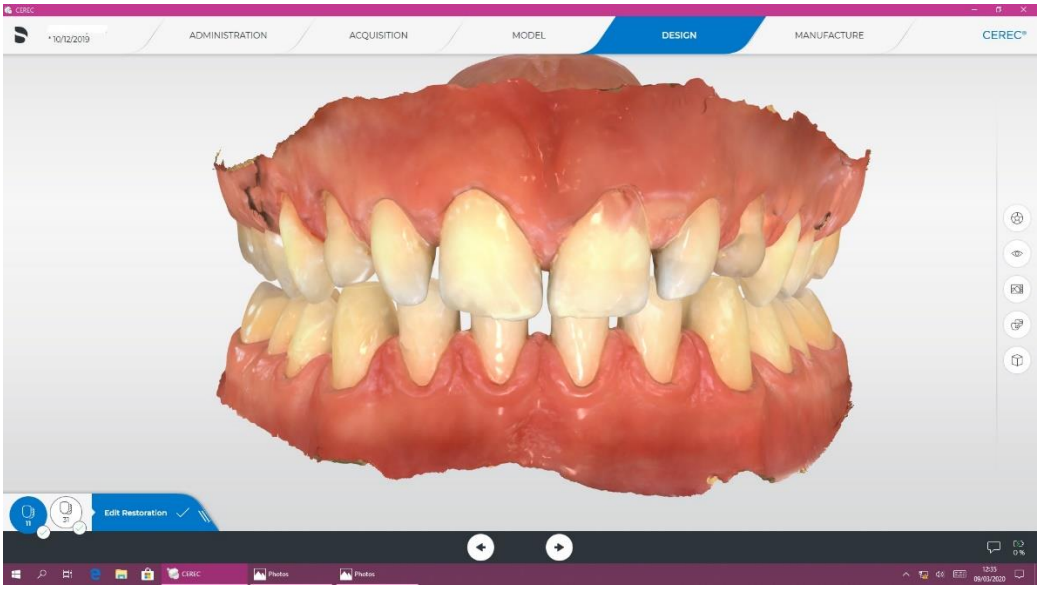
1) digitalni otisak + dizajniranje + proizvodnja u ordinaciji
2) digitalni otisak + dizajniranje u ordinaciji, proizvodnja u laboratoriju
3) digitalni otisak u ordinaciji, dizajniranje i proizvodnja u laboratoriju
4) digitalni otisak u ordinaciji, dizajniranje u dizajnerskom centru, proizvodnja u ordinaciji

Prvi koncept uključuje postupak skeniranja zubi, dizajniranje nadomjestka, glodanje u CAM jedinici i dodatne postupke u finalizaciji nadomjestka u ordinaciji (engl. *in-house*). Drugi koncept uključuje skeniranje i dizajniranje u ordinaciji, dok se CAM dio i finalizacija odrađuju u laboratoriju. Treći koncept je za onoga tko provodi skeniranje najjednostavniji jer ostale dijelove posla, dizajniranje i proizvodnju, provodi dentalni laboratorij ili dizajnerski CAD/CAM studio u koji se šalju informacije digitalnog otiska. U četvrtom konceptu, dizajnerski centar izrađuje ono za što je specijaliziran, dok se kratko vrijeme izrade, obrade, eventualnog bojanja fisura ili cervikalnih regija i glaziranja odrađuje u ordinaciji.
Ovisno o kojem se skeneru radi, tijek rada može biti podijeljen na tri vrste:

1) otvoreni sustav
2) zatvoreni sustav
3) zatvoreno-otvoreni sustav.

U otvorenom sustavu kliničar može izabrati preferencijalni CAD softver i CAM uređaj. U

tom se slučaju skenirani podatci moraju pretvoriti u poseban format, *standardni teselacijski jezik* (engl. *Standard Tessellation Language*), STL. On točno prenosi geometrijski oblik trodimenzionalnog objekta jer može nastati greška u čitanju podataka kada se otvara datoteka u drugom softveru. Ovaj tip datoteke je univerzalan i podržava ga većina CAD platformi. Isti proizvođač proizvodi intraoralni skener, CAD softver i CAM jedinicu. Zatvoreno-otvoreni sustavi su slični otvorenima samo što u ovom slučaju tehničar/dizajner radi u drugom CAD softveru nego proizvođač skenera.



Slika 4. Digitalni otisak gornje i donje čeljusti

Preuzeto s dopuštenjem autora: izv. prof. dr. sc. Marka Jakovca.

2.3.4. Tehnike uzimanja digitalnog otiska

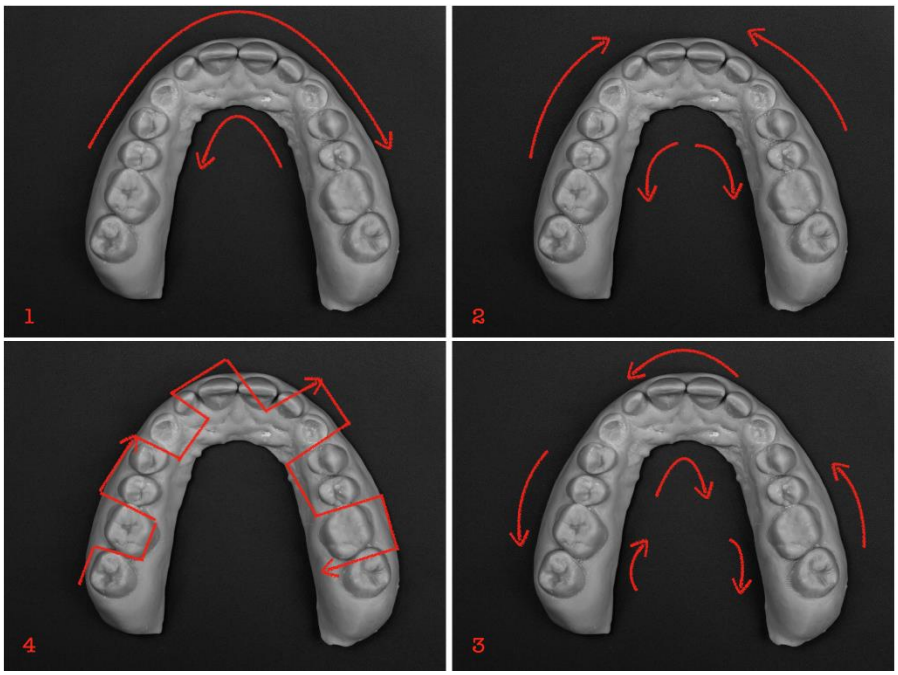
Proces uzimanja digitalnog otiska prati generalne smjernice ovisno o sustavu koji se koristi, ali potrebno je poznavati različite tehnike skeniranja zbog prilagodbe raznim kliničkim situacijama koje ne smiju utjecati na *točnost*. Medina-Sotomayor i sur. navode četiri tehnike skeniranja (Slika 5) (13).

Prvo, okluzalne površine, počevši od lijevog drugog kutnjaka i idući do desnog drugog kutnjaka, vraćajući se kroz vestibularne površine i na kraju zamah nad palatalnim površinama.

Prvo, okluzalne površine, počevši od desnog središnjeg sjekutića i idući prema desnom drugom kutnjaku, vraćajući se kroz vestibularne površine, a zatim nepčane površine. Drugo, okluzalne površine, počevši od lijevog središnjeg sjekutića do lijevog drugog molara, vraćajući se kroz vestibularne površine, a zatim nepčane površine.

Prvo, okluzalne površine, počevši od desnog drugog kutnjaka pa sve do desnog prvog pretkutnjaka pa se vraćajući kroz vestibularne površine, a zatim palatinalne površine.

Drugo, okluzalne površine, počevši od desnog očnjaka do lijevog očnjaka, vraćajući se kroz vestibularne površine, a zatim palatinalne površine. Treće, okluzalne površine, počevši od lijevog prvog pretkutnjaka do lijevog drugog kutnjaka, vraćajući se kroz vestibularne površine, a zatim palatinalne površine. Uzastopno skeniranje triju površina svakog zuba (okluzalnog, vestibularnog i palatinalnog), izvođenjem pokreta u obliku slova „S“ iz desnog drugog kutnjaka u svim smjerovima i bez povratka na početnu točku. Proces je uvijek započinjao okluzalnim površinama kao referencama tijekom snimanja otiska, a izvršeno je i završno skeniranje kako bi se popunili prostori koji nisu imali digitalne informacije, općenito interproksimalni prostori.



Slika 5. Tehnike skeniranja

Preuzeto s dopuštenjem autora: izv. prof. dr. sc. Marka Jakovca.

2.4. TOČNOST (engl. Accuracy)

Prema DIN ISO 5725 standardu, za skenere se koriste dva izraza za opisivanje *točnosti* mjerenja, *istinitost* (engl. *Trueness*) i *preciznost* (engl. *Precision*). Ovaj Internacionalni Standard određuje metode za procjenu točnosti digitalnih uređaja za kompjuterski potpomognuto oblikovanje/kompjuterski potpomognutu izradu (CAD/CAM) indirektnih restauracija. Istinitost se odnosi na sličnosti između aritmetičke sredine velikog dijela rezultata i na prihvaćenu referentnu vrijednost. Preciznost se odnosi na sličnosti između dvaju ili više rezultata (14).

Dolazi do potrebe da se istakne preciznost zbog različito dobivenih rezultata na naizgled istim materijalima. To možemo pripisati neizbježnim i nasumičnim pogreškama koje se događaju u svakom postupku mjerenja. Čimbenici koji utječu na ishod mjerenja ne mogu biti u potpunosti pod našom kontrolom. U praktičnoj interpretaciji mjernih podataka mora se uzeti u obzir varijabilnost. Primjerice, razlika između rezultata ispitivanja i neke navedene vrijednosti može biti u opsegu neizbježnih slučajnih pogrešaka, u kojem slučaju nije utvrđeno stvarno odstupanje od takve navedene vrijednosti. Slično tome, usporedba rezultata ispitivanja iz dviju serija materijala neće ukazati na temeljnu razliku u kvaliteti ako se razlika između njih može pripisati inherentnoj varijaciji u postupku mjerenja.

Mnogi različiti čimbenici (osim varijacija između navodno identičnih uzoraka) mogu pridonijeti varijabilnosti rezultata mjerne metode, uključujući:

a) operatora

b) korištenu opremu

c) kalibraciju opreme

d) okoliš (temperaturu, vlagu, zagađenje zraka itd.)

e) vrijeme proteklo između mjerenja.

Varijabilnost između mjerenja koja provode različiti operatori i/ili s različitim uređajima obično će biti veća od varijabilnosti između mjerenja koja provodi u kratkom vremenskom intervalu jedan operater koji koristi istu opremu.

Opći je pojam varijabilnosti između ponovljenih mjerenja preciznost. Utvrđena su dva uvjeta preciznosti, koja se nazivaju uvjeti ponovljivosti i reprodukcije, te su u mnogim praktičnim slučajevima korisna za opis varijabilnosti mjerne metode. U uvjetima ponovljivosti, gore

navedeni faktori od a) do e) smatraju se konstantama i ne doprinose varijabilnosti, dok se u uvjetima reprodukcije razlikuju i doprinose varijabilnosti rezultata ispitivanja. Stoga su ponovljivost i reprodukcija dvije krajnosti preciznosti, prva koja opisuje minimalnu, a druga maksimalnu varijabilnost rezultata. Mogući su i drugi posredni uvjeti između ovih dvaju ekstremnih uvjeta preciznosti kada jedan ili više čimbenika od a) do e) mogu varirati i koriste se u određenim okolnostima. Preciznost se obično izražava kroz standardna odstupanja.

„Istinitost" mjerne metode zanimljiva je kad je moguće zamisliti pravu vrijednost svojstva koje se mjeri. Iako se za neke metode mjerenja istinska vrijednost ne može točno znati, možda je moguće imati prihvaćenu referentnu vrijednost za svojstvo koje se mjeri. Na primjer, ako su dostupni prikladni referentni materijali ili ako se prihvaćena referentna vrijednost može utvrditi pozivanjem na drugu mjernu metodu ili pripremom poznatog uzorka. Istinitost mjerne metode može se istražiti uspoređivanjem prihvaćene referentne vrijednosti s razinom rezultata danih mjernom metodom. Istinitost se obično izražava kroz pristranost. Pristranost se može pojaviti, na primjer u kemijskoj analizi ako mjerna metoda ne uspije izdvojiti cijeli element ili ako prisutnost jednog elementa ometa određivanje drugog.

Opći pojam *točnost* koristi se u ISO 5725 kako bi se odnosio na istinitost i preciznost.

Izraz *točnost* nekoć se koristio da pokrije samo onu komponentu koja se danas naziva *istinitost*, ali postalo je jasno da bi mnogim osobama trebao podrazumijevati ukupno pomicanje rezultata iz referentne vrijednosti, uslijed slučajnih i sustavnih učinaka.

Izraz *pristranost* koristi se u statističkim pitanjima vrlo dugo, ali budući da je izazvao određene filozofske prigovore kod pripadnika nekih profesija (poput liječnika i pravnika), pozitivan aspekt naglašen je izumom pojma *istinitost*.

2.5. EKSTRAORALNI SKENERI

Ekstraoralni skeneri omogućuju digitalizaciju različitih tipova sadrenih modela, a većinom se skeniraju otisci za radne modele. Ranija tehnologija koristila se taktilnim skeniranjem, dok se današnja metoda oslanja na optičku tehnologiju. Makar optika ima sve veću prisutnost u stomatologiji u raznim područjima, dodirna sonda dokazala se kao iznimno precizna u skeniranju primarnih krunica.

Trenutno dostupni optički ekstraoralni skeneri pokazuju istaknuti napredak u točnosti i brzini. Temelje se na trodimenzionalnoj triangulaciji; svjetlosne zrake u obliku pruga obasjavaju predmet, senzori primaju svjetlosni signal i pretvaraju ga u iskalkulirani geometrijski oblik.

Lasersko skeniranje i projekcija optičke trake su trenutno dostupne metode koje djeluju na sličan način, ali je razlika u načinu projekciranja svjetlosnih zraka. Lasersko skeniranje koristi tanke i oštre linije koje obasjavaju predmet, dok projekcija optičke trake šalje cijeli snop svjetala. Obje metode pružaju preciznost do 10 μm ili manje (15).

Skener sadrži najmanje dva uređaja za preuzimanje informacija (dvije kamere i dva senzora), dok je predmet prikovan na mehanizmu rotacije s više osi kako bi bio skeniran iz svih kutova i gledišta.

2.5.1. Softver i tijek rada

Analogni podatci se prebacuju u digitalni oblik putem obrade slijeda slika, tj. točaka u prostoru. One su zatim pohranjene u jedan ili više obrazaca gdje čekaju prijenos u dizajn softvera. Slijedi ključan trenutak u kojem se ispravljaju greške preklapanja slika i neprirodne fizičke površine. Moguće je ponovno skenirati s manjom koncentracijom točaka u prostoru pa tako i stvoriti jasniju sliku. Korisnik kasnije ne vidi oblak točaka nego zatvoreni spojeni sustav. Sav prazan prostor ispunjen je pažljivo procesom u softveru te je korisniku nevidljiv. Isto vrijedi za oštre prijelaze i rubove. Preciznost skena i proizvedeni oblak točaka ovisi o hardveru i softveru prilagođenom stomatologiji.

2.5.2. Obrada skeniranih podataka za CAD

Obrađeni digitalizirani podaci iz softvera prebačeni su u CAD softver. Prije same faze dizajniranja, geometrijski podatci moraju biti pretvoreni u virtualnu reprezentaciju s kontinuiranim geometrijskim podacima kako bi se dobila konkretna podloga za daljnji proces dizajniranja u CAD softveru. Softver se bazira na triangulaciji kako bi se automatski kreirao

poligonalni trodimenzionalni predmet. Ovakav sustav je stvoren za izradu čvrstih dijelova kao aditivna stereolitografija u kojoj su brojne plohe povezane ravnim linijama stvarajući određeni poligonalni predmet. Nakon procesiranja završnih dimenzija, određuje se preparacijska linija na zubu i kreće se s postupkom restauracije (dizajniranja). Dodatne informacije poput odnosa čeljusti, vrsta restauracije, boja restauracije i broja prepariranih zubi mogu se zabilježiti u samoj datoteci. Potrebno je koristiti „zatvoreni“ sustav podataka od pojedinačnog proizvođača softvera i hardvera kako bi cijeli tijek rada zahtijevao manje održavanje.

2.5.3. Točnost

U tehnologiji ekstraoralnih skenera sličnost prirodnom zubu ili laboratorijskih komponenti potrebna je i značajna. Sam predmet skeniranja ne smije biti reflektivan ili površina mora biti prekrivena prahom za skeniranje. Koristeći projekciju optičke zrake (D250, 3*Shape*, A/S, Copenhagen, Denmark) bez praha, zabilježene su pogreške u rasponu od 10 µm do maksimuma od 460 µm. Lee et al. zabilježio je manje dimenzijske pogreške u otiscima bez praha nego kod onih sa prahom. Dimenzijske pogreške digitalnog skena u usporedbi s analognim modelom zabilježene su za oko 8.65 µm za sken sa prahom i 7.10 µm bez praha (16).

3. RASPRAVA

Analogni protokoli rada u protetici osnova su ovog dijela struke od početaka te su dovedene skoro do savršenstva. One u rukama iskusnog kliničara i dentalnog tehničara pružaju izvrsne rezultate. Digitalni protokol rada, a u ovom slučaju digitalni otisak kao dio njega, donosi velika poboljšanja na nekoliko područja. Početne faze rada u analognom i digitalnom protokolu su jednake. Počinje se s analizom, fotografijom, dentalnim statusom, ali digitalni otisak donosi napredak u samom poimanju otiskivanja. Nema potrebe za izborom žlica, ordinacija smanjuje troškove na količini otisnog materijala potrebnog za anatomske i radne modele. Otisna masa je uvijek potrebna u izradi ordinacijskog provizornog rada ili kada se koristi silikon preko kojeg se prenosi dizajn novih zubi u usta kao *mock up.* Brzina skeniranja oba zubna luka, zagriza ili promijenjene visine je neusporediva s istim koracima u analognom protokolu jer se u tom slučaju čeka na stvrdnjavanje materijala. Samim tim, uporaba digitalnog skenera je puno ugodnije iskustvo za pacijenta. Ako osoba koja uzima digitalni otisak uoči u stvarnom vremenu na ekranu neku pogrešku u otisku, samo u par poteza na ekranu može se obrisati željeno područje i skenirati ponovo i ne treba se čekati kraj stvrdnjavanja mase i analiza istog. Nema potrebe za manipulacijom fizičkim otiskom, dezinfekcija i dostava do laboratorija i ne postoje pogreške koje se mogu dogoditi u tim koracima. Tehničar/dizajner može u vrlo brzom roku nakon skeniranja dobiti digitalni otisak putem Interneta i krenuti s dizajniranjem nadomjestka. Zaobilazi se većina laboratorijskih faza izrade, a i pogreške u izlijevanju modela, izradi pokretnih bataljaka, artikulacije i navoštavanja (3) zaobilaze se te se svode na minimum u digitalnom protokolu. U slučaju da ordinacija posjeduje sve potrebne dijelove CAD/CAM sustava, skener, softver i glodalicu, ona je u mogućnosti isporučivati terapijska sredstva u jednom posjetu ili tijekom jednog do par dana što za većinu radova nije moguće izbalansirati s dentalnim laboratorijem. Laboratorij nema potrebe za skladištenjem modela ako se radi puni digitalni protokol, ali ako je potrebno, oni se uvijek mogu napraviti u 3D printeru za dijagnostiku, prijenos dizajna preko *mock upa* ili za ručno navoštavanje. Istraživanja su pokazala da je *točnost* intraoralnih skenera slična onoj konvencionalnih materijala. Uspoređujući različite korake potrebne za izradu nadomjestka, digitalni sustavi zahtijevaju manje koraka nego klasični otisni postupci što ih čini puno bržima i efikasnijima (17 - 18). *In vitro* studija pokazala je da su metode digitalnog otiskivanja značajno brže od konvencionalnih tehnika u tri realistična klinička scenarija kao što su uzimanje otiska jednog, dvaju ili bataljaka u punom zubnom luku za izradu jedne krunice, tročlanog fiksnog nadomjestka s parcijalnom protezom i krunica za puni zubni luk (19). Jedina prepreka u prijelazu na digitalnu tehnologiju

su cijene uređaja. Ipak, oni su danas sve dostupniji i isplativiji pa ako se trošak rasporedi na CAD uređaj u ordinaciji i CAM jedinicu u laboratoriju, ona se drastično smanjuje.

4. ZAKLJUČAK

Digitalna tehnologija i digitalni otisak pokazuju se kao dosljedni nasljednik analogne tehnologije na čijim se principima ona i razvijala. Dapače, digitalni način rada omogućuje kliničarima napredak u radu na koji su do sada navikli. Ponovljivost i sigurnost rada je, kako je već spomenuto, na jednakoj, ako ne i na višoj razini nego kod analognih tehnika. Predvidljivi radovi, brzina i jednostavnost korištenja softvera prednosti su koje osiguravaju najkvalitetniju terapiju i povjerenje doktora dentalne medicine u tehnologiju, a samim tim i povjerenje pacijenta u proces terapije.

U digitalnom dobu kojim smo okruženi, napredak ove tehnologije jako je brz. Svake godine predstavljaju se novi uređaji, dok na mjesečnoj bazi proizvođači pružaju stalna poboljšanja softvera i već jednostavna sučelja čine još jednostavnijima i efikasnijima. Digitalni skeneri uz njihovu osnovnu namjenu uzimanja otisaka imaju i mogućnosti detekcije karijesa. Na temelju digitalnih otisaka, CBCT snimaka čeljusti i specijaliziranih softvera implantoprotetika se diže na novu razinu.

Budućnost je kombinacija postojećih sustava, zajedno s umjetnom inteligencijom koja će imati sve veću ulogu u planiranju i radu samih skenera te skenera lica koji će svi zajedno biti povezani i dizati sadašnje digitalne protokole na nove razine.

Ovaj rad ukazuje na velike mogućnosti digitalne tehnologije koja je već sada svakodnevnica u stomatološkom svijetu, a njen značaj u vremenima koja dolaze bit će sve veći.

5. LITERATURA

1. Att W, Witkowski S, Strub J. Digital Workflow in Reconstructive Dentistry. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH; 2019. 327 p.

2. Christensen GJ. The state of fixed prosthodontic impression: room for improvement. J. Am Dent Assoc. 2005;136:343-346.

3. Ćatović A, Komar D, Ćatić A. Klinička fiksna protetika 1 – Krunice. Zagreb: Medicinska naklada; 2015. 198 p.

4. Jakovac M, Kranjčić J, i sur. Pretklinička i laboratorijska fiksna protetika. Zagreb: STEGA-TISAK; 2020. 226 p.

5. Mörmann WH. The evolution of the CEREC system. J Am Dent Assoc. 2006;137 Suppl:7S-13S.

6. Zimmermann M, Mehl A, Mormann Wh, Reich S. Intraoral scanning systems – a current overview. Int J Comput Dent. 2015;18:101-129.

7. Henkel GL. A comparison of fixed prosthesis generated from conventional vs digitally scanned dental impressions. Compend Contin Educ Dent. 2007;28:422-431.

8. Wiedhahn K, Schenk O, Fritzsche G. Cerec Omnicam – Intraoralscan 2.0. Int J Comput Dent. 2012;15:199-205.

9. Birnbaum NS, Aaronson HB. Dental impressions using 3D digital scanners: virtual becomes reality. Compend Contin Educ Dent. 2008;29:498-505.

10. Kachalia PR, Geissberger MJ. Dentistry a la carte: in office CAD/CAM technology. J Calif Dent Assoc. 2010;38:323-330.

11. Decker JD, Bollen AM, Chen CS. A model for digital archiving of radiographs into a searchable database. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007;132:856-859.

12. Christensen GJ. Will digital impressions eliminate the current problems with conventional impressions? J Am Dent Assoc. 2008;139:761-763.

13. Medina-Sotomayor P, Pascual-Moscardó A, Camps I. Accuracy of four digital scanners according to scanning strategy in complete-arch impressions. PLoS One. [serial on the Internet]. 2018 Sep [cited 2018 Dec 20]; 13(9): [about 14 p.]. Avaliable from: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0202916

14. Standard DIN ISO 5725-1 (1997-11). Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – part 1 : general principles and definitions (ISO 5725-1 : 1993). Berlin: Beuth Publishing; 1997. 17 p.

15. Alghazzawi T. Advancements in CAD/CAM technology: options for practical implementation. J Prosthodont Res. 2016;60:72-84

16. Flügge TV, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. Am Orthod Dentofacial Orthop. 2013;144:471-478.

17. Patzelt SB, Lamprinos C, Stampf S, Att W. The time efficiency of intraoral scanners: an *in vitro* comparative study. J Am Dent Assoc. 2014;145:542-551.

18. Gjelvold B, Chrcanovic BR, Korduner EK, Collin-Bagewitz I, Kisch J. Intraoral digital impression technique compared to conventional impression technique. A randomized clinical trial. J Prosthodont. 2016;25:282-287.

19. 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;14:10.

6. ŽIVOTOPIS

Zvonimir Panian rođen je u Zagrebu 26. rujna 1993. Živi u Velikoj Gorici gdje je i pohađao osnovnu školu i gimnaziju. Stomatološki fakultet upisuje 2013. godine te sudjeluje u malonogometnoj ekipi i na raznim natjecanjima i stomatološkim kongresima. Tijekom studija asistira u stomatološkim ordinacijama.