Digitalna fiksna protetika

Kelić, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:127:680393

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno 3.0

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

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb School of Dental Medicine Repository

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
STOMATOLOŠKI FAKULTET

Ivana Kelić

DIGITALNA FIKSNA PROTETIKA

Diplomski rad

Zagreb, 2018.

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

Mentor rada: doc. dr. sc. Andreja Carek, Zavod za fiksnu protetiku Stomatološkog fakulteta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika : Ivanka Tomić , profesorica hrvatskog jezika i književnosti

Lektor engleskog jezika : Elena Žugec, profesorica hrvatskog i engleskog jezika i književnosti

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskoga rada :

1._____

2._____

3._____

Datum obrane rada : _____

Rad sadrži : 46 stranica

19 slika

CD

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 njegovog podrijetla.

Zahvala

Zahvaljujem mentorici doc. dr. sc. Andreji Carek na velikodušnoj i neupitnoj pomoći, savjetima, dragocjenom vremenu koje je podarila meni prilikom izrade ovog rada.

Zahvaljujem prof. Tomić i Žugec koje su mi pomogle pri lektoriranju rada.

I na kraju, zahvaljujem onima koji su uvijek bili uz mene i ohrabrivali me na mom putu, majci Jeleni, ocu Mirku, sestrama Katarini i Mariji, šogoru Božidaru i prijateljima kojima posvećujem ovaj rad.

Digitalna fiksna protetika

Sažetak

Tehnologija ima sve značajniju ulogu u dentalnoj medicini. CAD/CAM sustavi ubrzavaju rad doktora dentalne medicine, smanjuju broj dolazaka pacijenata i čine postupak otiskivanja ugodnijim. Razvoj CAD/CAM sustava prati i razvoj dentalnih materijala, posebice dentalne keramike. Poboljšanjem materijala povećava se i njihova čvrstoća, što omogućava izradu estetskih nadomjestaka kako u frontalnom tako i u lateralnom segmentu. Utjecaj CAD/CAM tehnologije očituje se i u drugim granama dentalne medicine poput implantologije, ortodoncije i resturativne dentalne medicine. Napredak tehnologije omogućava i digitalno određivanje boje zuba. Zahvaljujući tehnologiji poput digital smile design, možemo digitalno dizajnirati osmijeh.

Ključne riječi: CAD/CAM; dentalni materijali; digitalno određivanje boje; digital smile design

Digital fixed prosthodontics

Summary

Technology has an increasingly important role in dental medicine. CAD/CAM systems accelerated workflow of dentist, decrease amount of patient's visits and make impression procedure more comfortable. The CAD/CAM evolution is followed by dental materials, especially dental ceramic. Due to improving of material, the material firmness is stronger which enables the creation of aesthetic frameworks including frontal and lateral segments. The impact of CAD/CAM technology is reflected in the others branches of dentistry, such as implantology, orthodontics and restorative dental medicine. The advancement of technology enables the digital tooth color determination. Thanks to the technology such as digital smile design, we can digitally design a smile.

Key words: CAD/CAM; dental materials; digital color determination; digital smile design

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. POVIJESNI RAZVOJ 3

2.1. Prednosti i nedostatci CAD/CAM sustava 5

3. MATERIJALI I TEHNOLOGIJE ZA STROJNU OBRADU 6

3.1. Materijali za strojnu obradu 6

3.2. Tehnologije za strojnu obradu 7

4. DIGITAL SMILE DESIGN 28

5. RASPRAVA 34

6. ZAKLJUČAK 36

7. LITERATURA 38

8. ŽIVOTOPIS 45

Popis skraćenica

CAD - računalom potpomognuto oblikovanje (*computer aided design*)

CAM - računalom potpomognuta izrada *(computer aided manufacturing)*

CARES - računalom potpomognuta obnova *(computer aided restoration service*)

DDM - doktor dentalne medicine

DSD - digital smile design

HIP - sinteriranje uz vruće izostatičko prešanje

HP - sinteriranje uz vruće prešanje

MPa - megapaskal

PMMA - polimetilmetakrilat

RB - reakcijsko sinteriranje

RED - *Reccurring Esthetic Dental*

SK - staklokeramika

STL - stereolitografija

3D - trodimenzionalni

1. UVOD

Osmijeh je izraz sreće. Osim što je izraz sreće, osmijeh i usta su centar komunikacije koja je dio čovjekove svakodnevnice, stoga ne čudi činjenica kako ljudi žele uljepšati svoj osmijeh. Cilj je doktora dentalne medicine postići što ljepši i prirodniji izgled osmijeha. U tom postupku doktor dentalne medicine pokušava uskladiti oblik lica s oblikom i veličinom zubi, imitirati prirodnu boju zubi te transparenciju i opacitet zubi. Za postizanje toga cilja koristi se najsuvremenija tehnologija današnjice. Kako se razvila tehnologija, tako se razvija i digitalna dentalna medicina. Uloga je digitalne tehnologije ubrzati rad stomatologa, pojednostavniti postupak izrade nadomjestaka, obraditi nove dentalne materijale, pružiti predvidljive rezultate i povećati učinkovitost samog doktora dentalne medicine.Svrha je ovoga rada opisati razvoj digitalne dijagnostičke i terapijske metode u fiksnoj protetici, opisati razvoj dentalnih materijala u fiksnoj protetici, njihove prednosti i nedostatke, indikaciju i kliničku primjenu digitalnih protetskih nadomjestaka, odnosno prikazati kako tehnologija pomaže u postizanju što prirodnijega te što ljepšega izraza sreće.

2. POVIJESNI RAZVOJ

Napretkom tehnologije dolazi do promjena i usavršavanja dentalne medicine. Težnjom da se mogućnost grešaka svede na najmanju moguću mjeru, a time i ubrza postupak izrade nadomjestaka došlo je do razvoja računalom potpomognutoga oblikovanja (CAD) i računalom potpomognute izrade (CAM). CAD/CAM sustavi koriste se u arhitekturi, medicini te dentalnoj medicini (1). Začetci CAD/CAM tehnologije sežu u doba pedesetih godina prošloga stoljeća. Američka zračna flota osmislila je obrambeni sustav koji će poslužiti kao osnova za razvoj samoga CAD/CAM sustava. Prvi oblik CAD/CAM sustava pojavio se šezdesetih godina dvadesetoga stoljeća kada ga je tvrtka „Auto-Trol“ proizvela za manufakturu digitalizatora. Nakon toga se uvidjela prednost CAD/CAM tehnologije i ona polako ulazi u sve sfere industrije, uključujući i dentalnu medicinu (2). Godine 1980. predstavljen je prvi CAD/CAM sustav nazvan Sopha CAD/CAM sustav kojim je izrađen prvi protetski nadomjestak. Taj sustav služio je kao vodilja u razvoju današnjih CAD/CAM sustava (3). Daljnjim usavršavanjem 1985. godine predstavljen je prvi inchair CAD/CAM sustav poznat po imenu CEREC 1, koji je izumio dr. Moermann. Uz pomoć tehnologije onoga vremena uspio je napraviti prvi keramički nadomjestak u jednom posjetu što je dovelo do rapidnoga širenja CAD/CAM tehnologije u dentalnoj medicini (3, 4). CEREC 1 postao je zaštitni proizvod njemačke kompanije „Simens“. Nedugo nakon toga, zbog nedostataka CEREC 1 sustava, dolazi do razvoja poboljšanih varijanti uređaja CEREC 2 i CEREC 3. Tvrtka „Sirona“ otkupila je CEREC 3 sustav i time postaje njezino zaštitno lice. Razvitkom tehnologije i dentalne medicine, ujedno dolazi do razvoja i dentalnih materijala. Inicijalna je ideja bila ubrzati izradu kompozitnog inleja upotrebom CAD/CAM sustava. Vrlo se brzo zaključilo kako keramika zadovoljava bolje estetske i mehaničke uvjete od kompozitne smole te time keramika postaje vodeći materijal izbora za CAD/CAM sustave (3, 5).

2.1. Prednosti i nedostatci CAD/CAM sustava

Upotreba CAD/CAM tehnologije u dentalnoj medicini ima brojne prednosti koje između ostaloga uključuju brzinu, jednostavnost korištenja i kvalitetu. Cijeli postupak izrade protetskoga nadomjestka se ubrzava, smanjuje se broj dolazaka pacijenata, pojednostavljuje se i ubrzava rad dentalnoga tehničara. Osim što ubrzava rad, pojedina istraživanja pokazala su da nadomjetsci poput zubnih proteza, izrađeni CAD/CAM tehnologijom posjeduju bolju retenciju, stabilizaciju i dosjed u odnosu na konvencionalne postupke izrade (6, 7). Također, radom na tek prepariranom kavitetu smanjuje se mogućnost bakterijske kontaminacije (8). Keramički nadomjestci izrađeni konvencionalnim načinom posjeduju unutarnje defekte, poput unutarnje poroznosti, koji su posljedica samoga materijala i načina rada. Keramički nadomjestci izrađeni postupkom glodanja CAD/CAM tehnologijom, gotovo i ne posjeduju unutarnje defekte. Kvaliteta materijala za CAD/CAM obradu potvrđena je i od strane proizvođača (4). U prednost upotrebe CAD/CAM sustava, osim poboljšanih svojstava postojećih materijala, ubrajamo i korištenje novih materijala isključivo CAD/CAM načinom rada. Taj segment posebno se očituje prilikom upotrebe keramike velike čvrstoće koja je bila teško obradiva upotrebom konvencionalnih metoda. Razvojem strojnih i digitalnih metoda izrade fiksnoprotetskoga rada taj problem bio je vrlo lako svladan. CAD/CAM sustavi olakšavaju komunikaciju pacijenta i doktora dentalne medicine. Budući da doktor dentalne medicine može direktno na računalu demonstrirati pacijentu svoju predodžbu rada, raspraviti s pacijentom izgled budućeg rada, objasniti i zorno prikazati zašto su potrebni određeni postupci, stvara se povjerenje između pacijenta i doktora dentalne medicine. Time uočavamo kako tehnologija poput digital smile designe-a (DSD) i CAD/CAM-a utječe na komunikaciju i stvaranje povjerenja (9). Budući da su CAD/CAM sustavi u mogućnosti pohraniti digitalni oblik modela i izraditi određena terapijska sredstva, zauzimaju svoje mjesto i u ortodonciji (10). Digitalni otisci, osim što zauzimaju manje prostora i što su jednostavniji za pohranu u odnosu na konvencionalne modele, omogućuju lakše vođenje evidencije statusa pacijenta. Kao najneugodnije iskustvo pacijenti navode konvencionalno uzimanje otisaka. Upotrebom digitalne tehnologije to je neugodno iskustvo uklonjeno. Digitalnim otiskivanjem, postupak uzimanja otiska postaje ugodan i brz, kako za pacijenta tako i za doktora dentalne medicine (9). U nedostatke ubrajamo cijenu uređaja i vrijeme potrebno za svladavanje načina rada s CAD/CAM uređajima (11).

3. MATERIJALI I TEHNOLOGIJE ZA STROJNU OBRADU

3.1. Materijali za strojnu obradu

Razvoj digitalne dentalne medicine prati i razvoj dentalnih materijala. Dentalni materijali mogu biti tvornički izrađeni blokovi od metala, polimera i keramika.

Titan i legure titana

Titan i legure titana zauzimaju važnu ulogu u dentalnoj medicini. Vrlo je bitan materijal koji pronalazi svoje mjesto u svim dijelovima dentalne medicine poput endodoncije, kirurgije, implantologije, ortodoncije te ujedno i protetike (3).

Polimeri

Materijali koji pripadaju u skupinu polimera jesu kompoziti, polimeri za ulaganje i polimetilmetakrilat (PMMA). Bisakrilat kompozitni materijali koriste se za izradu privremenih nadomjestaka na dulje vrijeme dok se polimetilmetakrilatni nadomjestci koriste za izradu nadomjestaka na vrijeme korištenja do 12 mjeseci. PMMA nadomjestci mogu se glodati u ordinaciji, laboratoriju ili u centrima za glodanje (3, 12).

Keramika

Keramika je materijal izbora prilikom zadovoljavanja estetskih nadomjestaka. Za keramiku vrijedi da što je veći udio staklene komponente, keramika je translucentnija. Povećanjem sadržaja kristala, povećava se i stupanj zamućenja (13). Danas se najčešće koristi oksidna keramika. S obzirom na gustoću, gotovo je potpuno neprozirna te se uglavnom koristi kao jezgreni materijal na koji se nanosi obložna keramika radi poboljšanja estetskih svojstava. Cirkonij oksidna keramika prva je potpuna keramika koja je mogla u potpunosti podnijeti žvačne sile u stražnjem segmentu i omogućiti izradu potpuno keramičkih, višečlanih protetskih konstrukcija (14). Glinična se keramika najčešće koristi kao obložna keramika u svim dvoslojnim bilo metalkeramičkim ili potpunokeramičkim sustavima (slika 1.).

Slika 1. Keramički blok . Preuzeto s dopuštenjem autora: doc. dr. sc. Andreja Carek.

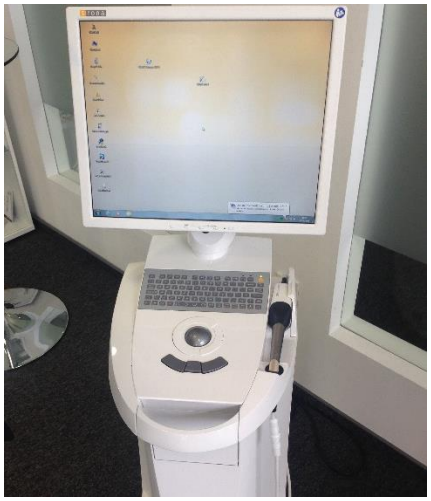
3.2. Tehnologije za strojnu obradu

Sastavni dijelovi CAD/CAM sustava

CAD/CAM sustavi sastoje od tri dijela:

- skenera,
- računala i računalnog softvera (slika 2.),
- glodalice (15).

Pomoću skenera snima se digitalni otisak. Digitalni otisak može se uzeti na tri načina. Direktno u ustima 3D kamerom te se takav način snimanja naziva intraoralno skeniranje. Drugi način snimanje je ekstraoralno skeniranje prilikom kojeg se pomoću laserskog skenera snima model. Kao treća metoda snimanja je inEOS uređaj (8).



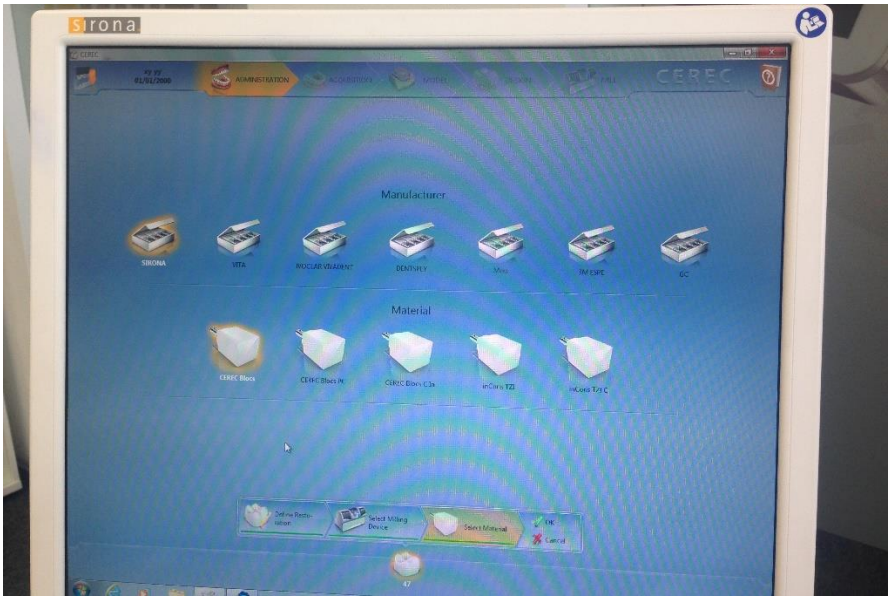
Slika 2. Skener i računalo CAD/CAM tehnologije. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc. dr. sc. Andreja Carek.

Ekstraoralno snimanje smatra se preciznijim jer prilikom intraoralnog snimanja potrebno je nanijeti prah kao kontrastno sredstvo koje prevenira refleksiju svjetla s površine zuba, ali ujedino povećava i debljinu bataljka (16). Ovisno o načinu snimanja razlikujemo kamere koje snimaju pojedinačne, individualne slike te videokamere. Prilikom snimanja pojedinačnih slika zahvati se do tri zuba i nakon više preklapajući snimki softver stvara 3D model. Primjer takvih kamera jesu PlanScan (Planmeca), iTero (Align Technology) i Trios (3Shape). Potrebno je snimanje izvršiti iz različitih kutova kako bi se mogla snimiti i podminirana područja. Druga skupina kamera jesu videokamere poput OmniCam (Sirona) i Apollo DI (Sirona) (slika 3.) (8, 17).

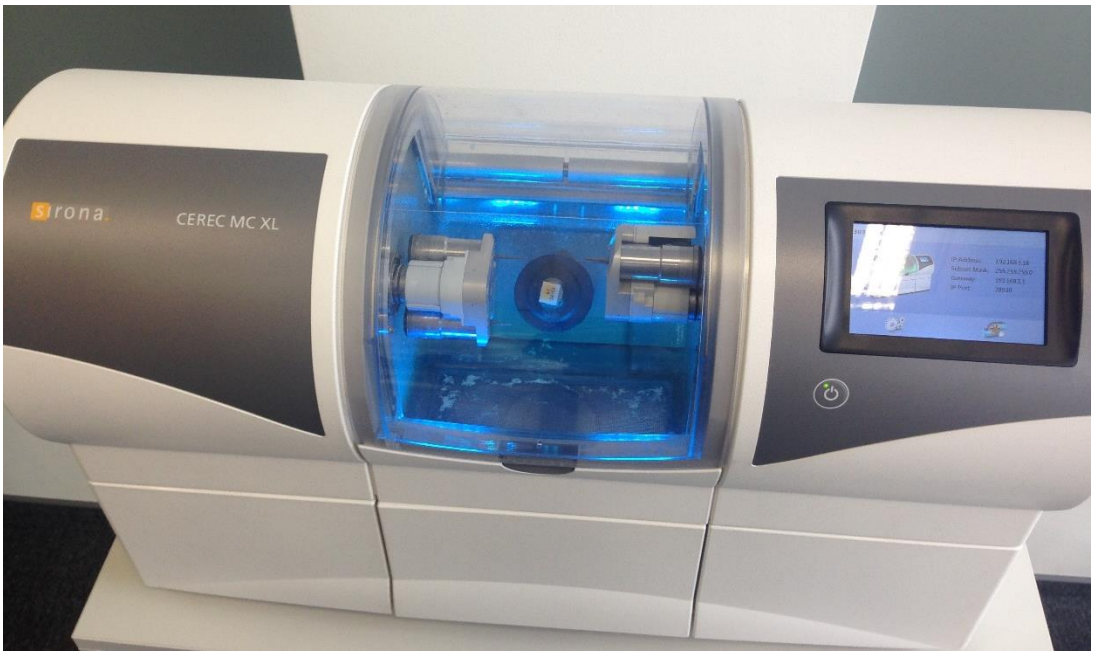
Snimljeni podatci konvertiraju se stereolitografski (STL) format kako bi bili čitljivi svim CAD/CAM sustavima.

Slika 3. Apollo Di, Sirona. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc. dr. sc. Andreja Carek.

Pomoću računalnog softvera potrebno je prikazati granice preparacije i prilagoditi odabrani fiksnoprotetski nastavak (slika 4.). Noviji modeli računalnih sustava omogućuju kompjuterski određivanje boje i korištenje virtualnoga artikulatora. Pomoću virtualnoga artikulatora moguće je odrediti dinamične i statične kontaktne površine te postići zadovoljavajuću okluziju (17). Glodalice se razlikuju po broju osi za glodanje (slika 5.). Glodalice s tri osi imaju mogućnost glodanja u tri različite ravnine. Glodalice s četiri osi također glodaju u tri različite ravnine s dodatnom mogućnošću pomicanja držača bloka, pogotovo za mosne konstrukcije. Glodalice s 5 osi posjeduju sve navedene karakteristike uz dodatak mogućnosti rotacije glave stroja za glodanje (16). Kvaliteta restauracije ne raste s brojem osi već je rezultat kvalitetne digitalno isplanirane restauracije. Postoje dva načina glodanja: suho i mokro glodanje. Suho glodanje obično se koristi za glodanje presinteriranih cirkonij oksid blokova. Kod mokroga glodanja dijamantno i karbidno svrdlo zaštićeni su od pregrijavanja vodenim mlazom. Ovaj način izrade potreban je za sve metalne i staklokeramičke blokove kako bi se prevenirala njihova oštećenja. Kod gusto presinteriranih cirkonij oksidnih blokova potreban je mokri način glodanja kako bi se smanjio faktor skupljanja i distorzija (18).



Slika 4. Dizajniranje i prilagođavanje fiksnoprotetskog nastavka. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc. dr. sc. Andreja Carek.



Slika 5. Glodalica. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc. dr. sc. Andreja Carek.

Podjela CAD/CAM sustava

Ovisno o lokaciji sastavnica CAD/CAM dijelova možemo ih podijeliti u tri glavne skupine:

- sustav neposredne izrade u ordinaciji (chairside production, in office),
- sustav laboratorijske izrade (inLab),
- sustav centralizirane izrade (centralised production).

Sustav neposredne izrade u ordinaciji (chairside production, in office)

Kod ovoga sustava sve komponente CAD/CAM sustava nalaze se na jednom mjestu, odnosno u ordinaciji. Prilikom korištenja ovakvoga sustava laboratorijska usluga nije potrebna. Prednosti sustava su brza, jednoposjetna izrada protetskih nadomjestaka. Iako naizgled nastaje zabrinjavajuća situacija za dentalne tehničare, jer njihova usluga može biti zamijenjena ovim sustavima, nema potrebe za brigu. CAD/CAM sustavi izvanredno su pomagalo za brzu i efikasnu izradu jednostavnijih radova poput pojedinačnih krunica, dok za složene radove koji zahtijevaju bilo visoku estetiku ili kompliciraniji rad usluga dentalnog tehničara uvijek će biti potrebna (8, 18 - 20).

Sustav laboratorijske izrade (inLab)

Ovaj način izrade nadomjestaka u načelu je identičan konvencionalnom načini izrađivanja fiksnoprotetskoga nadomjestka pri kojem zubni tehničar izrađuje nadomjestak. Promjena koja karakterizira ovaj način rada korištenje je suvremene digitalne tehnologije prilikom samoga procesa. Otisak može biti uzet na konvencionalan način upotrebom klasičnih otisnih materijala ili digitalnim putem gdje se otisak u digitalnom obliku pošalje u laboratorij. Ukoliko je uzet klasični otisak potrebno je skenirati taj otisak. Taj postupak može se učiniti na dva načina. Izliti master model i potom ga skenirati ili skenirati klasični otisak i digitalno napraviti model. InEos X5 (Dentsplysirona) (slika 6.) najmoderniji je skener koji omogućava oba načina skeniranja otiska uz brojne dodatne mogućnosti (21).
Skenirani model potrebno je digitalno obraditi i dizajnirati izgled i konstrukciju budućega nadomjestka. Nakon digitalne obrade sljedeći je korak glodanje željenoga nadomjestka (18).

Sustav centralizirane obrade

Sustav za centraliziranu izradu funkcionira na način da se u specijalizirane centre putem interneta pošalju naputci za izradu željenoga fiksnoprotetskoga nadomjestka. Nakon glodanja centri vraćaju rad u laboratorij na daljnju obradu. Navedeni postupci prilikom laboratorijske izrade identični su s razlikom da se proces glodanja vrši u specijaliziranim centrima.

U novije vrijeme kao mogućnost nudi se da doktor dentalne medicine pošalje potrebne podatke u referentne centre izostavljajući tehničarevu suradnju (22).

Slika 6. Glodalica za laboratorijski sustav izrade i InEos X5 uređaj. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc. dr. sc. Andreja Carek.

Brusna sredstva CAD/CAM sustava

CAD/CAM svrdla mogu biti napravljena od dijamanta ili karbida (slika 7.).

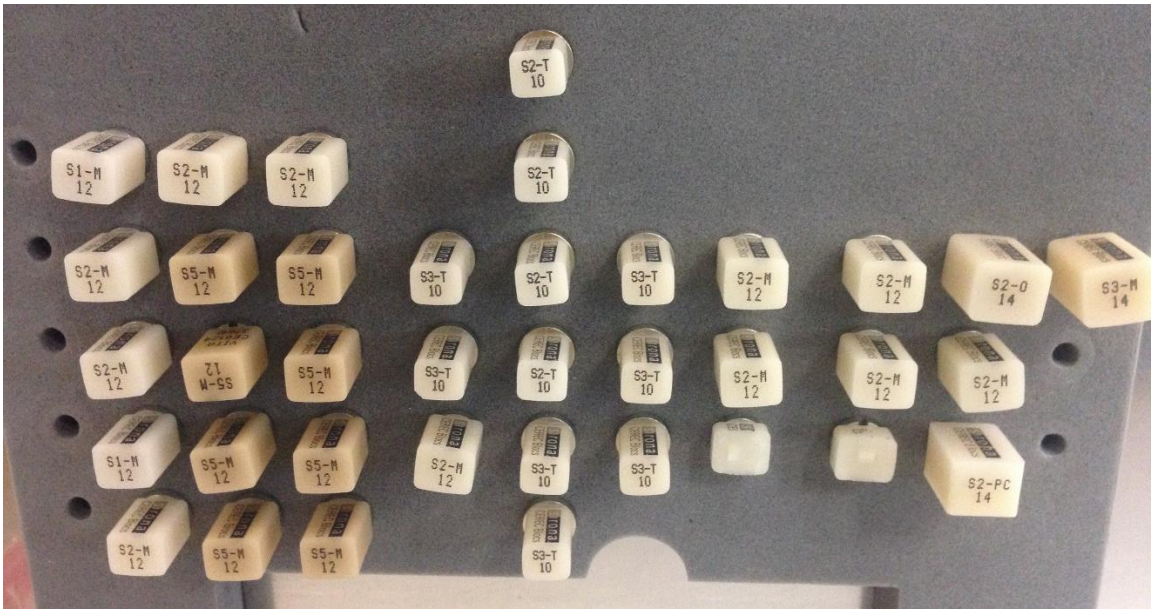
Karbidna svrdla koriste se za: PMMA vosak, kobalt krom legure, titan legure i zeleni cirkon. Promjer svrdla može biti 3, 4 ili 6 milimetara. Karbidna svrda imaju dva rezna brida koji su zakošeni kako bi reducirali silu nastalu obrađivanjem materijala svrdlom. Kako bi se postigli optimalni rezultati, potrebno je determinirati parametre o kojem se sistemu radi, kojim se materijalima radi i kojom strategijom kako bi kompjuter odabrao prava svrdla (23, 24). Potrebno je čišćenje karbidnih svrdala za njihov optimalni rad. Materijali pooput PMMA-a i voska mogu se zadržati unutar žlijebova tijekom hlađenja. Ukoliko se karbidna svrdla koriste za obradu sinterirane keramike, skraćuje im se vijek trajanja. Za obradu sinterirane cirkonij oksidne keramike potrebno je koristiti dijamanta svrdla. Njihovom upotrebom postiže se visoka kvaliteta krunica, mostova i inleja s izvrsnim marginalnim rubom.

Za ostale materijale poput kompozitne smole i hibridnih keramika koristi se set hibridnih svrdala, namijenjen samo za suho glodanje. Ta se svrdla jedina mogu koristiti za suho glodanje Vita Enamic materijala, dok je za ostala svrdla potrebno koristiti mokri način glodanja (25).

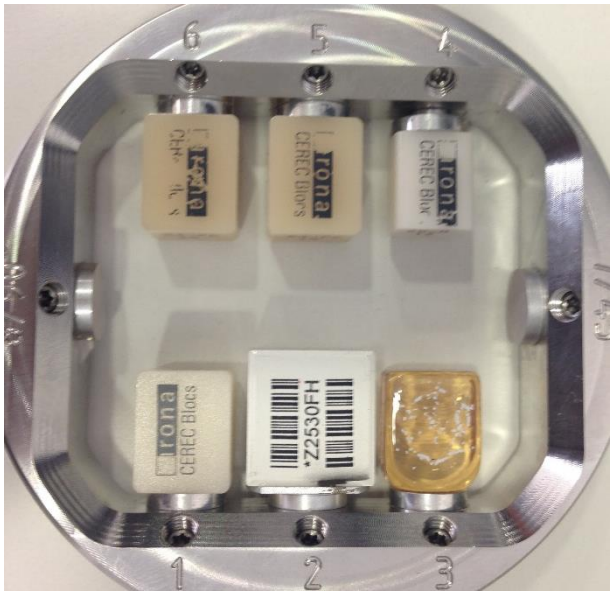
Slika 7. Svrdla za glodalicu. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc. dr. sc. Andreja Carek.

Sinteriranje

Cilj je tehnologija proizvodnja mehaničkih čvrstih tvorevina koje odgovaraju različitim zahtjevima korisnika te mogu podnijeti opterećenja. Keramička veza, a time i njena čvrstoća, postiže se pečenjem, tj. sinteriranjem na visokim temperaturama. Procesi pri sinterirarnju odvijaju se različitim brzinama, ovisno o čvrstoći sirovine, veličini zrna, gustoći i atmosferi. Tijekom sinteriranja dolazi do očvrsnuća i zgrušavanja samoga proizvoda, smanjenja poroznosti i posljedično smanjenja volumena. Takvo skupljanje volumena naziva se skupljanje zbog pečenja i ono je različito za pojedinačne keramičke materijale. Ukoliko se tijekom pečenja precizno ne definiraju vrijeme i atmosfera, može doći do povećanih zaostalih naprezanja, pogrešaka na nadomjestku ili nezadovoljavajućih svojstava. Načini sinteriranja su: sinteriranje u različitim atmosferama, reakcijsko sinteriranje (RB), sinteriranje uz vruće prešanje (HP) i sinteriranje uz vruće izostatičko prešanje (HIP) (26). HIP postupkom izrađuju se keramički blokovi pod visokim tlakom i na visokim temperaturama. Time se smanjuje poroznost materijala i osigurava se velika čvrstoća i translucencija materijala. Potom se taj blok obrađuje CAD/CAM sustavima. Budući da HIP postupkom nastaju sinterirani blokovi, nema dodatnog sinterianja ni infiltriranja (slike 8. i 9.). Kod presinterskih blokova prvo se izmodelira željeni rad koji je uvećan za 20 - 30 %. Postupkom sinteriranja dolazi do kontrakcije konstrukcije (27).



Slika 8. Blokovi za glodanje. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc. dr. sc. Andreja Carek.



Slika 9. Keramički blokovi za glodanje. Preuzeto s dopuštenje autor: doc. dr. sc. Andreja Carek.

Obrada nakon sinteriranja

U postupke obrade nakon sinteriranja pripadaju: tehnika infiltracije četkicom, tehnika bojanja, djelomično slojevanje, tehnika slojevanja i tehnika prešanja.

Monolitni nadomjestci izrađeni tehnikom infiltracije četkicom

Izglodani nadomjestci infiltriraju se tekućinama prije sinteriranja. Te tekućine mogu biti u 16 različitih boja. Postoje i dodatne boje koje se koriste za bojanje određenih stuktura, posebice

u prednjem području. Te posebne boje dostupne su u pet različitih boja: tri za incizalna područja (plava, ljubičasta i siva) i dvije za interdentalna područja i fisure (smeđa i narančasta). Potrebno je obratiti pozornost da nadomjestak bude čist, bez prašine i suh prije sinteriranja. Treba se pridržavati uputa proizvođača o načinu rukovanja i skladištenja tekućina. Boja se nanosi izvana i iznutra cervikalnoga područja, tijela i na kraju se individualno boja incizalno područje izvana i interdentalno područje. Na kraju slijedi poliranje i glaziranje.

Monolitni nadomjestci izrađeni tehnikom bojanja

U tehnici bojanja potpuno oblikovani cirkonij oksidni nadomjestci završavaju se nanošenjem boja i glaziranjem. Intezivnije boje postižu se ponavljanim bojanjem i pečenjem. Time se dobiva bolji estetski izgled nego primjenom debljih slojeva. Za postizanje translucencije na incizalnoj trećini i okluzalnom području koriste se posebno namijenjene boje. Kvržice i fisure ističu se smeđom ili narančastom bojom. Slijedi pečenje glazure koje se može izvršiti pomoću praha, paste ili spreja. Materijal se ravnomjerno nanosi na vanjsku površinu, izbjegavajući unutarnje plohe. Završetkom glaziranja, nadomjestak se hladi do sobne temperature. Ako nismo zadovoljni količinom sjaja nakon glaziranja, moguće je postupak glaziranja ponoviti.

Monolitni nadomjestci izrađeni tehnikom infiltracije četkicom i tehnikom bojanja

Ovaj postupak je kombinacija prethodna dva postupka.

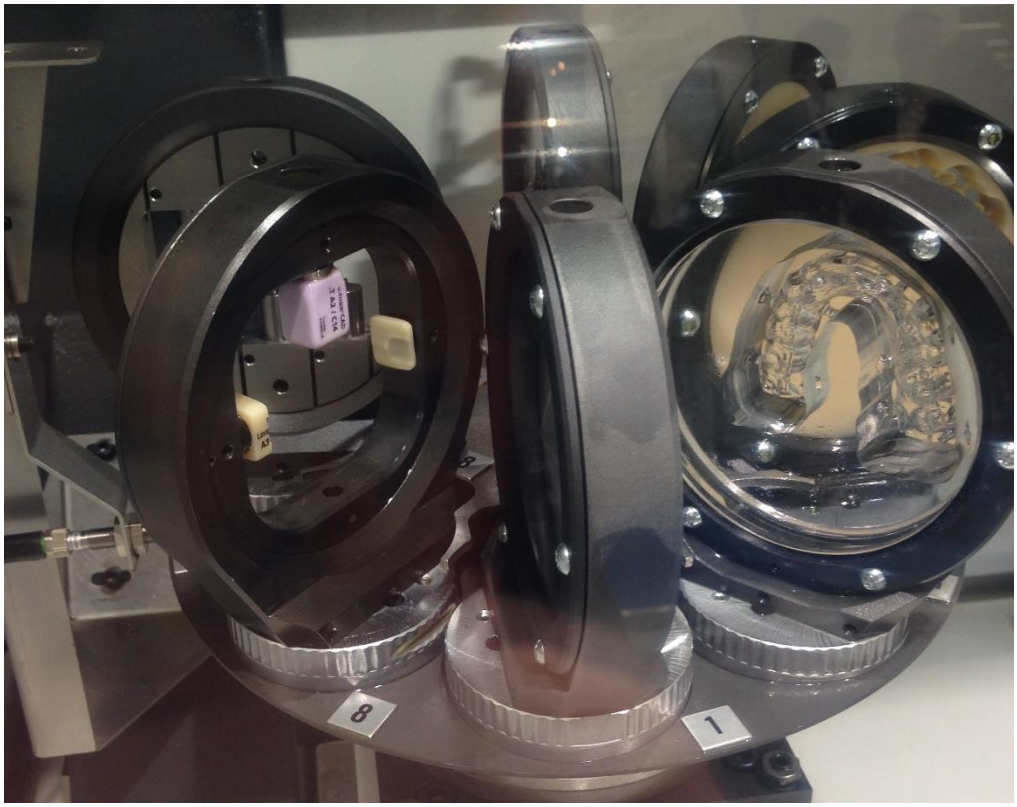
Tehnika prešanja

U tehnici prešanja koriste se valjčići koji mogu biti: valjčići visoke translucencije, valjčići niske translucencije, valjčići srednjeg opaciteta i gingivalni valjčići. Valjčići visoke translucencije koriste se za tehniku bojanja, valjčići niske translucencije za „cut-back“ tehniku, valjčići srednjeg opaciteta koriste se za prešanje točnoga dosjeda vratnoga dijela keramike, međučlanova i cervikalne trećine. Gingivalni valjčići olakšavaju izradu gingivalnoga područja. Na sinteriranje nadomjeske, izrađene CAD/CAM tehnologijom, nanosi se liner. Ovisno o načinu prešanja iz voska se modelira konstrukcija. Ukoliko se radi tehnika bojanja, konstrukcija se izmodelira do potpunoga anatomskoga oblika. Nakon prešanja konstrukciju je potrebno samo glazirati. Ako se radi „cut-back“ tehnika, u prvom koraku se modelira konstrukcija do potpunih anatomskih obilježja. Potom se reducira u području gdje je potrebna visoka estetika. Konstrukcija se može i nakon prešanja reducirati i

estetski obrađivati, ali time se postižu lošiji estetski nadomjestci. U slojevitoj tehnici kontuira se jezgra dentina i stepenica, ovisno o slobodnom prostoru. Nakon što je konstrukcija izmodelirana, postavljaju se odvodni kanali, slijedi ulaganja i prešanje. Hladni valjčići unose se u vruće prstenove kivete. Keramički valjčići zagrijavaju se i u omekšanoj fazi potiskivačem se potiskuju u prazan prostor kivete. „Separator“ se postavlja na hladne valjčiće i sprječava lijepljenje keramike za sam potiskivač. Nakon završetka slijedi hlađenje i vađenje nadomjestka. Na kraju se nadomjestak obrađuje i glazira (28 - 30).

CAD/CAM sustavi u različitim granama stomatologije

Svrha je ovih odlomaka prikazati utjecaj CAD/CAM tehnologije u raznim djelatnostima dentalne medicine. S naglaskom na ulogu CAD/CAM sustava u fiksnoj protetici prikazat ćemo mogućnost korištenja CAD/CAM tehnologije u restorativne, implantoprotetske i ortodontske svrhe (slika 10.).

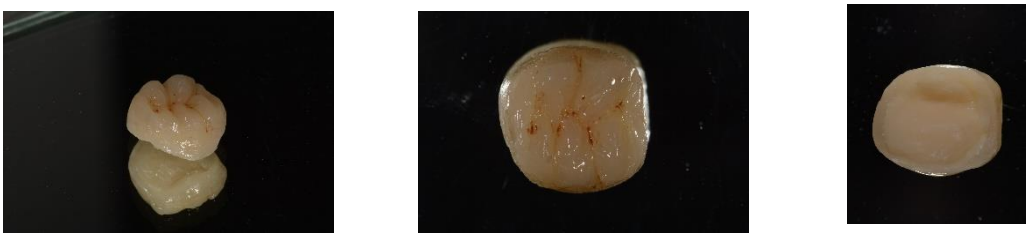


Slika 10. Keramički blok i radovi napravljeni CAD/CAM-om. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc. dr. sc. Andreja Carek.

CAD/CAM sustavi i restaurativna dentalna medicina

Prilikom izrade inlej i overlej nadomjestaka moguće je koristiti najsuvremenije tehnike koje pruža digitalna dentalna medicina (slika 11.). Potrebno je napomenuti da je prilikom izrade nadomjestka važan pravilan odabir svrdla jer ukoliko je neka struktura manja od promjera korištenog svrdala, stroj to neće moći izglodati. Time dolazimo do zaključka da nema potrebe modelirati detalje i finese ukoliko ih stroj neće moći reproducirati. S razvitkom novijih materijala u restaurativnoj dentalnoj medicini izbjegava se nepotrebno uklanjanje zdravoga zubnog tkiva radi retencije materijala. Tu posebnu ulogu imaju adhezivni cementi koji ostvaruju snažnu vezu između tvrdoga zubnoga tkiva i keramike. Prilikom izrade kaviteta treba pripaziti da ne nastanu nabori ili pravi kutovi u kavitetu. U takvim situacijama glodalica neće moći reproducirati takav rad. Ujedno pravi kutovi nepovoljno utječu na keramiku dovodeći do njenog naprezanja i loma. Samo vanjski rubovi kaviteta zatvaraju pravi kut dok unutarnji trebaju biti zaobljeni (8). Istraživanje u kojem se uspoređuju CAD/CAM inlej nadomjestci i kompozitni inlej nadomjestci zaključuje da CAD/CAM radovi pružaju veći otpor zamoru materijala i smanjuju mogućnost nastanka rubne pukotine (31).

Potrebno je spomenuti i okluzalne ljuske, tj. „table tops“. Okluzalnim ljuskama nadoknađujemo tvrdo zubno tkivo u lateralnom segmentu. Gubitak tvrdog zubnog tkiva posljedica je karijesne lezije. Okluzalne ljuske možemo koristiti i za podizanje vertikalne dimenzije pri rekonstrukciji zagriza. Prilikom preparacije za okluzalne ljuske, cilj je ukloniti što manje cakline radi povećavanja retencijske snage adhezivnim cementiranjem. Količina je izbrušenog tkiva između 1 i 2 milimetara, dok se za ultra tanku okluzalnu ljuskicu brusi 0.6 milimetara u fisurnom djelu i 1.2 milimetara u području kvržica. Aproksimalno brušenje vrši se pri izmjeni starih ispuna, uklanjanju karijesne lezije i pri nastanku fraktura. Treba napomenuti da je potrebno uklanjanje oštrih kutova jer oni dovode do akumuliranja stresa te ih zato poliramo i zaobljujemo (32). Provedeno je istraživanje koje je uspoređivalo otpornost na zamor CAD/CAM kompozitnih i keramičkih okluzalnih ljusaka. Rezultati su pokazali da su kompozitne okluzalne ljuskice pružale veću otpornost na zamor (33).



Slika 11. Overlej. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc. dr. sc.Andreja Carek.

CAD/CAM sustavi i protetika

Široki spektar mogućnosti izrade različitih suprastruktura pomoću CAD/CAM tehnologije najviše se očituje u protetici. Razvojem dentalnih materijala i digitalne tehnologije moguće je izraditi pojedinačne krunice, višečlane mosne konstrukcije, uključujući i semicirkularne mostove, privjeske, prečke i totalne proteze. Pravilnim odabirom dentalnih materijala moguće je izraditi sve navedene konstrukcije od potpune keramike (slika 12.).

Slika 12. Protetski nadomjestci izrađeni CAD/CAM-om. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc. dr. sc. Andreja Carek.

Krunice

Potpuno keramički nadomjestci prihvaćeniji su za protetsko zbrinjavanje u području prednjih i lateralnih zubi. Prilikom izrade pojedinačnih krunica razlikujemo krunice od jednog keramičkog materijala i sustave koji se sastoje od jezgre na koju se nanosi keramika za fasetiranje. U odnosu na metalne konstrukcije te jezgre pružaju bolju estetiku i translucentnije su. Usprkos tome, nemaju mnogo sličnosti prirodnim zubima. Prilikom izrade krunice od jedne vrste materijala koristi se silikatna keramika. Može se izraditi pomoću tehnike tlačenja ili glodanja CAD/CAM sustavima. Zbog svojstva same silikatne keramike krunice imaju izgled sličan prirodnim zubima. Zbog slabije čvrstoće keramike potrebno je adhezivno cementiranje. Kod tehnike izrade jezgre s fasetiranom keramikom, oksidne keramike materijal su izbora za izradu same jezgre. Postoje tri vrste podskupina keramika od kojih može biti napravljena jezgra. To su: SPINELL, ALUMINIA I ZIRCONIA. Najnovije skupine navedenih materijala mogu se obrađivati jedino CAD/CAM sustavima.Izgled ovih materijala ne dopušta primjenu u estetskom području. Porastom čvrstoće materijala smanjuju mu se optička svojstva. To dovodi do potrebe nanošenja dodatnih slojeva keramike radi fasetiranja jezgre. Zaključno, za keramičke krunice u području fronte materijal izbora za jezgru su SPINELL i ALUMINA keramika dok za krunicu u lateralnim područjima ALUMINA i ZIRCONIA. Kao završni akt potrebno je željenu suprastrukturu cementirati. Najbolje je koristi adhezivan način cementiranja jer osim što pojačava snagu veze između keramike i tvrdog zubnog tkiva, posjeduje i zadovoljavajuću translucenciju i fluorescenciju (8).

Mostovi

Razvoj dentalnih materijala zadnjih godina rezultirao je materijalima poboljšane vrijednosti savojne čvrstoće i žilavosti. Ti materijali služe u izradi osnova mosnih konstrukcija na koje se poslije nanosi keramika za fasetiranje. Posebnu važnost imaju CAD/CAM sustavi koji omogućuju izradu te osnove, odnosno jezgre (slika 13.). Budući da mostovi moraju podnositi velika opterećenja, potrebni su keramički materijali velike čvrstoće koji će podnositi ta opterećenja. Navedene uvjete djelomično zadovoljavaju infiltracijske keramike, dok oksidne keramike u potpunosti zadovoljavaju te uvjete. Od infiltracijskih keramika u obzir dolaze ALUMINIA i ZIRCONIA. ALUMINA kao materijal s dobrim optičkim svojstvima i čvrstoćom oko 500 MPa prikladan je za mostove u frontalnom području. ZIRCONIA s većom čvrstoćom, ali optičkim svojstvima lošijim od ALUMINE, preporuča se za korištenje

manjih mostova u lateralnom segmentu. Do pada čvrstoće dolazi obradom konstrukcije nakon postupka infiltracije.

Slika 13. Osnova mosta izglodana CAD/CAM-om. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc. dr. sc. Andreja Carek.

U potrazi za najboljim materijalima cirkonij oksid ima vodeću ulogu. Velika čvrstoća temelji se na fenomenu pretvorbe tetragonalnog oblika u monoklini oblik. Time dolazi do porasta volumena i „uklještenja“ pukotine koja se više ne može širiti. CAD/CAM sustavi obrađuju presinterirane cirkonij oksidne blokove. Nakon glodanja je konstrukcija uvećana za određeni postotak te se nakon sinteriranja kontrahira. Točan iznos stupnja kontrakcije nalazi se na svakom bloku. Upravo se za taj stupanj dimenzije osnovna mosne konstrukcije uvećava prilikom glodanja, a sinteriranjem se to povećanje kompenzira i postiže se dizajnirani oblik i veličina. Potrebno je naglasiti ukoliko se ukaže potreba za dodatnom manualnom obradom konstrukcije, to valja učiniti pomoću vodenoga hlađenja prije procesa sinteriranja. Tim načinom obrade ne dolazi do oštećenja samoga materijala i posljedičnoga smanjenja čvrstoće. Prilikom sinteriranja rad se polaže na kuglice od aluminijevog oksida kako bi se izbjegle promjene oblika mosne konstrukcije. Cementiranje je takvih materijala konvencionalno ili adhezivno. Time se proširuje spektar indikacija za njihovu primjenu. U situacijama kad ne možemo osigurati suho radno polje, preduvjet za adhezivno cementiranje, odluka pada na konvencionalni način cementiranja. U procesu planiranja mosne konstrukcije treba imati na umu veličinu konduktora u mosnoj konstrukciji. Svaka keramika ima određene vrijednosti koliki mora biti raspon mosta i veličina konduktora kako ne bi došlo do loma konstrukcije (8). Ukoliko za mosne konstrukcije odaberemo infiltracijsku keramiku, trebamo se pridržavati sljedećih naputaka. Za mosne konstrukcije do tri člana u frontalnom koristi se SPINELL i ALUMINA keramika. S obzirom na svoju čvrstoću i estetske vrijednosti prvi su izbor za to područje.

Kod mostova do tri člana u lateralnom segmentu najbolji je izbor In Ceram Alumina. Svojom čvrstoćom, estetikom i ekonomičnošću najbolji je izbor. Naravno i cirkonij oksid keramika zadovoljava uvjete čvrstoće u takvim uvjetima. Ukoliko rad sadrži gracilnije međučlanove ili ima veći raspon, od četiri ili pet međučlanova, izbor je polikristalična cirkonij oksidna keramika (8). Mosne konstrukcije izrađene od cirkonij oksidne keramike, najviše mogu sadržavati do 8 članova. Maksimalni broj međučlanova između nosača je 4. Navedeno pravilo vrijedi samo u području od gornje desnog očnjaka do gornjeg lijevog očnjaka i od donjeg desnog očnjaka do donjeg lijevog očnjaka. Za ostale mosne konstrukcije maksimalni broj međučlanova može biti 2. Kod privjesnih mostova odnos nosača naspram privjesaka je 1:1 (34).

„Zirconium solid“ keramika najčvršći je oblik cirkonij oksidne keramike koji se koristi zbog svoje čvrstoće kod pacijenata koji imaju bruksizam. Budući da je to čvrsti, opaktan materijal, preporuča se za korištenje u lateralnom segmetnu.

„Zirconium translucenta“ keramika s najmanjom je čvrstoćom u skupini cirkonij oksidnih keramika. Budući da posjeduje visoka estetska svojstva, može se koristi za izradu tročlanih mostova u prednjem i stražnjem segmetnu.

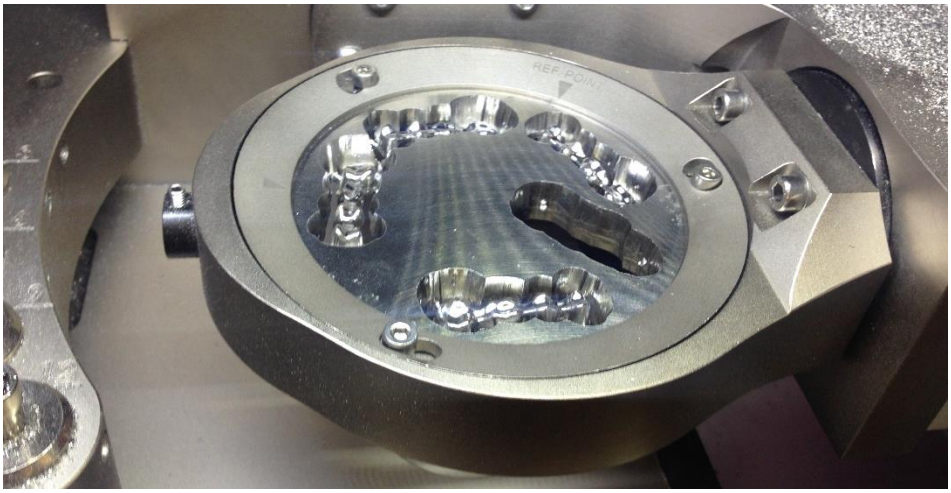
„Zirconium layered“ keramiku obilježava izvanrendna čvrstoća od 1200 MPa. S obzirom da je ona semitransparetna keramika s visokim opacitetom, koristi se kod diskoloriranih zubi i kada je potrebno zamaskirati metalne jezgre. Kada mosna konstrukcija ima više nosača, širina konstrukcije može biti do 47 mililimetara. U slučajevima kada konstrukcija ima dva nosača, širina mosne konstrukcije može biti do 38 milimetara. Inlej mostovi izrađeni od „zirconium layered“ keramike mogu imati do tri člana (35).PMMA materijal koristi se za izradu privremenih mosnih konstrukcija. Prije nego se razvila keramika s velikom čvrstoćom, za izradu mostova koristila se metal keramika. Materijal je to koji se može koristi u prednjem i stražnjem području s dokazanom višegodišnjom kvalitetom. Estetika je prihvatljiva, posebice prvih pet godina. Mostovi izrađeni od metalkeramike mogu imati široki raspon (36) (slike 14. i 15.).

Teleskopski sustavi, privjesci i prečke

Naglim razvojem CAD/CAM tehnologije i u zubotehničkom području omogućena je izrada potpuno keramičkih primarnih teleskopskih krunica. Kombiniraju se visoka preciznost i jednostavnost rada s vrlo ekonomičnim načinom proizvodnje.

Infiltracijska keramika, koja je prije infiltracije relativno mekana, osobito je pogodna za paralelno glodanje. Nakon infiltracije staklom postaje čvrsta i žilava osiguravajući kliničku

postojanost. Time je najpovoljniji materijal u izradi konstrukcija temeljenih na teleskopskim sustavima.



Slika 14. Osnova mosta izglodana CAD/CAM tehnologijom. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc. dr. sc. Andreja Carek.

Slika 15. Mosna konstrukcija. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc. dr. sc. Andreja Carek.

Teleskopske krunice svoju retenciju postižu zahvaljujući frikciji. Promjene frikcijskog ponašanja ubrajaju se u nepovoljna svojstva teleskopskih sustava. Taj se problem osobito očituje prilikom izrade teleskopskih sustava temeljenih na metalnoj bazi. Kod velikih žvačnih sila zbog pritiska na dodirnim točkama nastaju plastične deformacije rezultirajući gubitkom frikcije, tj. trenja. Težnja se usmjerava ka kombinaciji metalnih i keramičkih površina. Svojstva keramike temelje se na kovalentnim i atomskim vezama koje ne dozvoljavaju pomicanje atoma. Umjesto plastične deformacije nastaju elastične deformacije na čemu se

temelji kontinuirana snaga retencije. Ako se primarna krunica izradi od metalne osnove, sekundarna krunica iz funkcijskih i higijenskih razloga može se postaviti maksimalno epigingivno. U slučaju retrakcije gingive iz funkcijskih razloga metalni rub postaje vidljiv. Primarne krunice izrađene od potpune keramike dopuštaju preparaciju u subgingivno područje. Ukoliko dođe do retrakcije gingive neće se prosijavati metalni rub. Na taj način potpuna keramika osigurava visoku razinu estetike. Za privjeske i prečke potrebno je modelirati konstrukciju iz voska na modelu. Modelacija se skenira i glođe iz keramičkog bloka. Pritom se kod voska snima i unutarnja i vanjska strana. Posebni je to optički vosak s pogodnošću za skeniranje. Vosak mora imati površinu koja ne dopušta prodiranje laserskih zraka, omogućavajući reprodukciju površine strukture. Rubna područja trebalo bi modelirati deblje kako bi se naglasili oblici i olakšalo snimanje.

Ujedno, potrebno je posjedovati poseban teleskopski držač za skeniranje koji omogućava unutarnje i vanjsko skeniranje. Navoštana se modelacija tri puta snima s unutarnje i tri puta s vanjske strane dobivajući trodimenzionalni (3D) prikaz. Nadalje slijedi dizajniranje i konstruiranje (8).

Pomoću CAD/CAM tehnologije možemo izraditi totalne proteze. Ovakvim načinom izrade proteze potrebna su samo dva dolaska pacijenta, dok je za konvencionalni način bilo potrebno pet dolazaka. U jednom posjetu moguće je uzeti otisak, odrediti okluzalnu ravninu, boju i oblik zuba, poziciju gornjih prednjih zubi i međučeljusne odnose. Prvo se izgloda baza proteze, potom zubni luk i na kraju slijedi cementiranje baze i zubnog luka. Zubni se luk predimenzionirano gloda pri prvom glodanju, dok je baza odgovarajuće veličine. Poslije cementiranja slijedi fino glodanje zubnog luka do točnih dimenzija. Baza totalne proteze izrađena je od PMMA materijala. PMMA diskovi posjeduju homogeniju strukturu bez mjehurića zraka unutar samog materijala što doprinosi kvaliteti materijala.

Diskovi za izradu zubi dolaze u više nijansi. Debljine su 20 milimetara, prirodnog estetskog izgleda (37, 38).

CAD/CAM sustavi i implantologija

Implantološki sustavi sastoje se od implantata koji se ugrađuje u kost, nadogradnje i krunice. (slika 16.). Od nadogradnje zahtjeva se da su savršeno prilagođene na implantatu i imaju idealan oblik za postavljanje krunice te da su izrađene od biokompatibilnih materijala poput titana i oksidne keramike. Za frontalna područja koja zahtijevaju visoku estetiku idealne su oksidne keramike. „Straumman“ u suradnji s tvrtkom „Sirona“ razvio je Straumman CARES, tj. Computer Aided REstoration Service. CARES se sastoji od laboratorijskog hardvera za

digitalizaciju modela i inLab 3D softvera za konstruiranje nadogradnji za implantate. Navedene nadogradnje moraju zadovoljavati uvjete biokompatibilnosti, a za to su od materijala najbolji titan i oksidna keramika (slika 17.). Oba materijala je vrlo teško obrađivati što ukazuje na sve veću važnost CAD/CAM sustava. Najnovije varijante predstavljaju kombinaciju titana i keramike tzv. hibridne konstrukcije građene od titanske jezgre s funkcijom prihvaćanja sila i vanjskog omotača od otporne keramike koja doprinosi biokompatibilnosti i estetici sa svojom bojom koja nalikuje prirodnom zubu.

Slika 16. Nadogradnje i krunice za implantate. Preuzeto s dopuštenjem autor: doc. dr. sc. Andreja Carek.

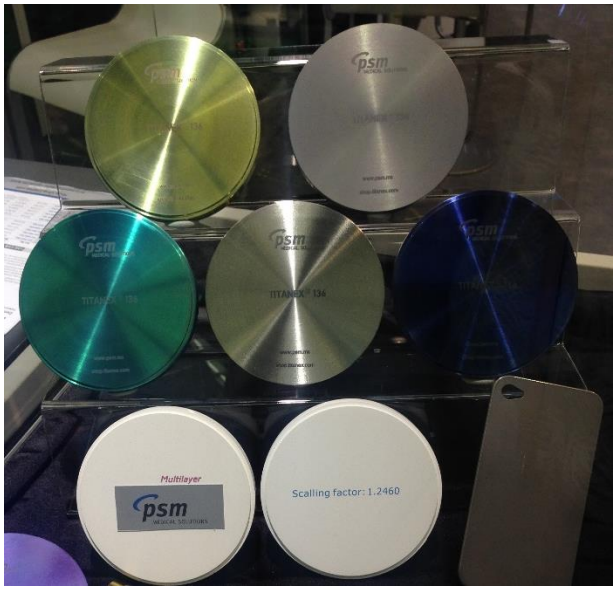
Kod CARES sustava prikazan je novi način digitalnoga snimanja. Na laboratorijskom implantatu koji je ugrađen na model stavlja se RN SynOcta scanbody na čijoj se okluzalnoj strani nalaze tri izbočine. Te izbočine služe za prepoznavanje točnoga položaja implantata u modelu. Poslije skeniranje slijedi virtualni dizajn, određivanje smjera uvođenja i granice preparacije na temelju čega softver predlaže oblik nadogradnje (8).

CAD/CAM i ortodoncija

Pomoću CAD/CAM sustava moguće je skenirati izliveni model ili otisak u svrhu dobivanja virtualnog modela. Prednosti virtualnih modela su: točnost i ponovljivost mjerenja, lakša pohrana i čuvanje modela te lakše konzultacije i savjetovanje s kolegama. U nedostatke ubrajamo što se virtualni modeli ne mogu mijenjati i artikulirati u odnosu s funkcijom pacijentovih temporomandibularnih zglobova.

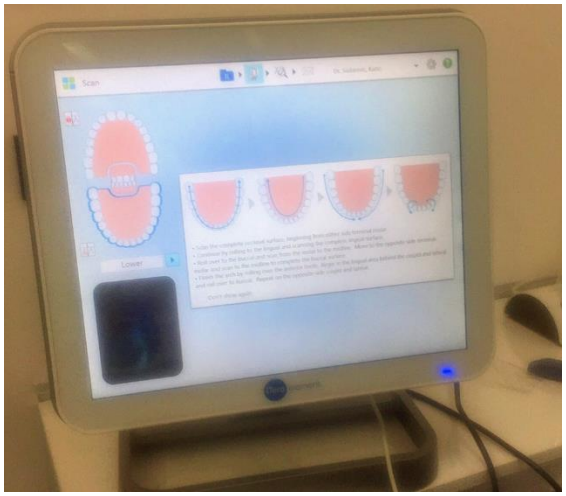
Pomoću nekih softvera moguće je virtualno planiranje pomoću kojega na virtualni model pozicioniramo bravice i pritom možemo virtualno pomicati zube.

Nadalje CAD/CAM sustavi sastavni su dio INCOGNITO terapije. Njihova je uloga snimiti modele, stvoriti virtualni model i dizajnirati bravice putem računala (39).



Slika 17. Diskovi za glodanje nadogradnji. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc: dr. sc. Andreja Carek.

Potrebno je spomenuti Invisalign sustav i Itero. Itero je sustav koji se sastoji od intraoralnoga skenera, računa i zaslona, no nije povezan s glodalicom (slika 18.).



Slika 18. Itero. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc. dr. sc. Andreja Carek.

Koristi se za snimanje trodimenzionalnoga otiska te ima mogućnost dijeljenja informacija s drugim CAD/CAM sustavima (15). Itero skeneri, koji su sastavni dijelovi Itero ortodontskog ekosistema, omogućavaju snimanje digitalnoga otiska u ortodontske svrhe. Nakon snimanja, Itero sustav direktno šalje informacije o izboru terapije, indirektnom bondingu, reteinerima, printanim modelima i digitalnom micanju bravica u laboratorij. Ti podatci mogu biti otvoreni u STL obliku te su dostupni ostalim CAD/CAM sustavima (40). Suprotno njima Itero

skeneri, koji su sastavni dijelovi Itero restorativnoga digitalnoga ekosustava, služe za snimanje 3D otiska prilikom izrade ljuskica, inleja, kruna, nadogradnji za implantate, krune za implantate itd. Ti skeneri svoje zapise mogu podijeliti u STL obliku sa drugim CAD/CAM sustavima (15, 25). Tehnologija poput Invisalign outcom stimulatora omogućava prikaz rezultata terapije Invisalign postupkom. Samo Itero skeneri mogu biti korišteni za snimanje digitalnog otiska tijekom Invisalign terapije (41).

Određivanje boje

Određivanje boje u dentalnoj medicini složen je i zahtijevan postupak koji katkada čini glavni kriterij uspješnosti fiksnoprotetskoga rada. Razlikujemo tri osnovne boje: plava, crvena i zelena, dok su ostale mješavina navedenih boja. Kada svjetlost obasja površinu, dolazi do propusnosti (transmisije), apsorpcije ili raspršenja. Materijal koji propušta svjetlost je transparentan. Suprotno njemu materijal koji ne propušta svjetlost je opakan. Refleksiju cjelokupnoga vidljivoga spektra percipiramo kao bijelu boju. Apsorpciju svih valnih duljina vidimo kao crno područje. Kroz translucentni materijal prolazi dio svjetlosti dok se dio rasprši. Remisija drugačije boje nakon apsorpcije svjetlosne energije naziva se luminiscencija ili fluorescencija.
Parametri za određivanje boje jesu:

- ton, odnosno boja u užem smislu. Određen je valnom duljinom reflektiranih ili propuštenih zraka;
- zasićenost, što označava intenzitet boje;
- svjetlina od bijelog do crnog.

Caklina se sastoji od dviju faza: caklinskih prizmi i matrice. Svjetlosne zrake se reflektiraju i prelamaju zbog dvofaznoga sastava cakline. Time nastaje translucentni učinak i postiže se dubina boje. Određeni dio svjetlosti dentin apsorbira, dok se dio reflektira. Dentin je zbog svoje slabije propusnosti primaran izvor boje. Određivanje boje može se izvršiti vizualno pomoću ključa boja pri kojem doktor dentalne medicine subjektivno određuje boju ili digitalno. Digitalni način koristi uređaje koji preciznije definiraju boju (8, 42).

Ključ boja

Ključem boja određuje se osnovna boja. Sistemski je osnovna boja definirana kao srednja vrijednost svih postojećih boja na zubu.

Prvi ključ boja bio je Vita. Nekoliko godina kasnije nastaje poboljšana verzija Vita 3D-Master. U tom sustavu zubi su podijeljeni u 5 skupina prema svjetloći. Pri određivanju boje prvo se određuje stupanj svjetloće od 1 do 5, potom intenzitet od blijedog do intenzivnog i na kraju nijansa (prevladava li žuta ili crvena).
Ovaj je način subjektivan jer faktori poput svjetlosti, umora i terapeutovog subjektivnog doživljaja boje utječu na izbor boje. Prilikom određivanja boje vizualnom tehnikom terapeutovo iskustvo značajno utječe na procjenu boje (8, 42).

Digitalno određivanje boje

U situacijama kad je teško vizualno odrediti boju zuba, uočavamo značaj digitalnog određivanja boje. Prednost ovakvog načina rada jesu: objektivnost, ponovljivost rezultata, osiguranje kvalitete te davanje konkretnih uputa dentalnom tehničaru. Podjelu možemo izvršiti na temelju 2 parametra: ovisno o tehnici određivanja i ovisno o području određivanja. Ovisno o tehnici određivanja govorimo o kolorimetru, spektrofotometru i spektroradiometru. Razlika između spektrofotometra i spektroradiometra jest što spektrofotometri imaju stabilan izvor dok spektroradiometri nemaju. Prije rukovanja navedenim uređajima potrebno ih je kalibrirati (8, 42).

Kolorimetri
Njihova funkcija slična je percepciji ljudskoga oka. Rad kolorimetra temelji se na tri osnovne boje: crvenu (R), zelenu (G) i plavu (B). Za svaku boju sadrži standardizirane izvore svjetlosti i filtre. Za svaku percepciju boje postoje pripadajuće RGB vrijednosti. RGB vrijednost koja odgovara referentnom zubu ispisuje se u obliku koda izabranoga ključa boja.
Njihovi rezultati manje su pouzdani u odnosu na spektrometre (8).

Spektrofotometri

Spektrofotometri rade na način da emitiraju svjetlost na referentni zub, potom dio koji se odbija „hvataju“ i razlažu na spektralne komponente te ih uspoređuju s emitiranom svjetlošću. Ako remisija iznosi 100 %, ljudsko oko to percipira kao bijelo, dok su ostale boje određene određenom remisijom. Dentalni spektrofotometri (slika 19.) analiziraju vidljivu svjetlost u području valnih duljina od 380 do 720 nanometara u razmacima od 20 nanometara. Iz remisijskih vrijednosti formira se krivulja za cijelo područje valnih duljina vidljive svjetlosti. Uređaji izračunavaju vrijednosti boja, odnosno položaj u spektru i prikazuju ih u obliku odgovarajućega koda ključa boja.

Slika 19. Vita spektrofotometar. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc. dr. sc. Andreja Carek.

U odnosu na kolorimetre ne ovise o izvoru svjetlosti i u spektru su sadržane detaljne informacije. Ovisno o području određivanja boje uređaje možemo podijeliti na malo područje određivanja i cijelo područje određivanja. Za određivanje osnovne boje veličina izmjerenog područje igra bitnu ulogu. Oblik zuba i caklinsko-dentinski odnos utječu na odstupanje od osnovne boje. Labijalna ploha može se podijeliti u tri cjeline: zubni vrat, središnji dio i incizalni brid. Određivanjem boje pojedinih cjelina i ukupne pridonose odabiru prave boje. Zubni vrat i središnji dio zuba tamniji su u odnosu na incizalni brid jer je u tom području caklina manje translucetna. Intenzitet boje veći je u zubnom vratu i središnjem dijelu zbog utjecaja dentina. Boja u području zubnoga je vrata crvenkasta zbog dentina i gingive, središnji dio je žućkast jer je u tom području deblji sloj cakline. Budući da je na incizalnom bridu samo caklina, prevladava žućkasta boja. Uređaji s malom površinom su lošiji jer manji areali dovode do lažnih informacija s obzirom da detalji dobivaju na važnosti. Uređaji koji omogućavaju nekoliko određivanja i izračunavaju središnju vrijednost kompenziraju te nedostatke. Uređaji koji snimaju cijelu površinu pouzdaniji su pri određivanju osnovne boje. Još bolji su oni uređaji s mogućnošću proizvoljnog biranja područja određivanja boje (8).

4. DIGITAL SMILE DESIGN

Razvojem tehnologije i računala uvidjela se mogućnost primjene u planiranju terapije. Začetnik ove je metode Christian Coachman koji je osmislio softver pomoću kojega računalom dizajniramo izgled budućeg nadomjestka.

Christian Coachman teži pružiti pacijentima tzv. samopouzdani osmijeh. Samopouzdani osmijeh nije onaj osmijeh u kojem svaki zub prati principe idealne estetike, već je samopouzdani osmijeh onaj koji će omogućiti pacijentu da se smije samopouzdano i da se ne srami vlastitog osmijeha. Jedini uvjet takvog osmijeha jest da su svi zubi i pripadajuće parodontne strukture zdrave. Za postizanje tog cilja, samopouzdanog osmijeha, shvatio je da sama preparacija mnogo lakša u odnosu na dizajniranje. Kako bi olakšao sam postupak dizajniranja osmijeha, morao je misliti van okvira granica tadašnje tehnologije i osmislio DSD, softver koji pomaže u dizajniranju, planiranju i dijagnosticiranju. DSD olakšava doktoru dentalne medicine (DDM) u donošenju odluka vezano za terapiju, pomaže mu da bolje analizira lice i dizajnira osmijeh te da postane bolji kliničar. Zaključno digitalna tehnologija nema cilj osporiti važnost i bit analogne tehnologije, već pomoći unaprijediti znanje analogne tehnologije, ubrzati rad DDM-a i pružiti predvidljive rezultate. Digitalna tehnologija pomaže DDM-u i cijelom timu da postanu što bolji u onome što jest najteže, a to jest upravo planiranje i dizajniranje.

I na kraju svrha je DSD postizanje *wow* učinka. Učinak koji nastaje kada DDM prezentira pacijentu svoju ideju terapije i pacijent oduševljeno kaže *wow* i pristane na nastavak terapije (43).

Prednosti DSD-a

DSD omogućuje detaljnu analizu facijalnih i dentalnih pacijentovih karakteristika, uključujući bilo koje kritične faktore koju su predviđeni tijekom kliničke analize. Naime, prilikom kliničkoga pregleda mnogi detalji mogu proći neopaženo. Upravo pomoću DSD-a i analizom fotografija i videa moguće je te faktore uočiti. Izbor prikladne tehnike načina rada mnogo je lakši nakon što je problem uočen i vizualiziran (44). DSD unaprjeđuje komunikaciju kako između članova dentalnoga tima, tako i između DDM-a i dentalnoga tehničara. Prije razvitka DSD-a zubni tehničar napravio bi wax up na temelju vlastitoga znanja o obliku, funkciji i boji zuba i informacijama koji bi mu doktor dentalne medicine poslao u pismenom ili usmenom obliku. Nedostatak takve komunikacije je što DDM nije u potpunosti mogao dentalnom tehničaru zorno predočiti kako želi da budući rad izgleda.

Posljedično tome dentalni tehničar bi završio rad sukladno vlastitom znanju i manualnim sposobnostima. Razvitkom DSD -a DDM može se direktno vizualno predočiti dentalnom tehničaru kakav rad zahtjeva. Sve većim estetskim zahtjevima koje pacijenti očekuju i zahtijevaju, mogućnost nesporazuma treba svesti na minimum. Osim što pomaže u komunikaciji između članova tima i dentalnog tehničara, DSD pomaže u komunikaciji između pacijenta i DDM. DDM može vizualno predočiti pacijentu kakav rad smatra potrebnim. Prilikom dogovaranja izgleda budućega rada pacijent izražava vlastite želje i zamisli. Pažnju treba usmjeriti na činjenicu da je DSD odlično pomoćno sredstvo u rukama iskusnoga DDM-a koji je svjestan kako svojih mogućnosti, tako i mogućnosti dentalnoga tehničara s kojim surađuje. Problem se javlja kad neiskusni kliničar prezentira pacijentu rad koji je van njegovih mogućnosti i sposobnosti što rezultira nezadovoljstvom pacijenta jer nije dobio dogovoreni izgled fiksnoprotetskoga rada (45).

Protokol DSD-a

DSD protokol započinjemo fotografiranjem. Potrebno je fotografirati 6 fotografija i 4 videa. Prve dvije fotografije su frontalni prikaz lica sa osmijehom. Prva je fotografija bez retraktora, dok je druga s retraktorom. Potrebno je pozicionirati jig u molarnom području kako bi razdvojio gornji i donji zubni luk omogućujući vizualizaciju donjih zubi, crtanje i skiciranje u DSD programu. Prilikom snimanja fotoaparat se mora nalaziti u razini pacijentovih očiju. Kako bi fotografija bila što vjerodostojnija DDM i pacijent sjede na stolcu te je pacijent naslonjen na zid. Da bi pacijentova glava bila u stabilnom položaju potrebno je postaviti oslonac između okcipitalnoga dijela pacijentove glave i zida. Sljedeće dvije fotografije prikazuju pacijentov profil. Na prvom snimku pacijent zauzima položaj fiziološkoga mirovanja dok se na drugoj smije. Iduća fotografija prikazuje okluzalni prikaz. Fotografija može biti direktni intraoralni prikaz ili fotografirani model. Prilikom snimanja direktnog intraoralnog prikaza fotografija mora biti slika pod kutom od 90 stupnjeva kako bi sutura palatina bila prikazana kao ravna linija. Bit te ravne linije je da ona služi kao referentna linija za kalibraciju. Ukoliko ona nije ravna linija nego zavijena linija kalibracija u sklopu DSD analize neće biti precizna. Fotografiranje pomoću ogledala nije dozvoljeno jer takvim načinom može nastati distorzija i angulacija slike. Drugi način prikazivanja okluzalne površine fotografiranje je modela. Pritom model mora prikazivati cijelo tvrdo i meko nepce jer određene strukture služe kao referentne točke prilikom mjerenja u sklopu DSD analize.

Posljednja fotografija je tzv. „12 o'clock“ fotografija. Fotografija mora prikazivati pacijentove oči, bradu, kutove mandibule, nos ne smije prekrivati zube te pacijentov pogled mora biti usmjeren k objektivu kamere. Pacijent bi se trebao smijati na način da donja usna dodiruje gornje zube. Fotografija može biti fotografirana na dva načina. Prvi je način da pacijent leži na zubarskom stolcu dok se fotograf nalazi iza njega. Drugi način jest da fotograf i pacijent sjede na stolcu. Pacijent se nagne naprijed, oslanjajući se laktovima na koljena s pogledom usmjerenom ka kameri bez podizanja glave. Sljedeći je korak snimanje videa. Naime, u dentalnoj medicini vrlo je bitno analizirati izraze i pokrete lica. Neki od čimbenika koji utječu na cjelokupnu estetiku osmijeha jesu pozicija usana u mirovanju, visina osmijeha, oblik usana te bukalni koridori. Tijekom izvođenja kretnji navedeni čimbenici se mijenjanju i utječu na našu percepciju što je lijepo, a što ne. I upravo kako bi stekli cjelokupni dojam potrebno je analizirati pacijenta tijekom mirovanja i tijekom izvođenja kretnji. Kako bi to postigli, potrebno je snimiti 4 videa. Snimljene podatke softver analizira te pomoću DSD, digitalne ortodoncije, kirurgije i CAD/CAM sustava predlaže različite načine terapije. Prvi je video en face video u kojem pacijenta pitamo što očekuje od terapije, što mu se sviđa, odnosno ne sviđa kod njegovog osmijeha, što podrazumijeva pod pojmom idealni osmijeh i naposljetku što želi od terapije. U drugom videu zamolimo pacijenta da broji od nula do deset, izgovara slova poput F, V i S. Tim postupkom određujemo položaj usnica tijekom govora. Na kraju snimimo pacijenta dok se smije. Tijekom snimanja trećeg videa pacijent drži retraktor i izvodi funkcionalne kretnje poput protruzije i laterotruzije. Kretnje je potrebno izvršiti na radnoj i neradnoj strani. Svrha ovih kretnji je razumijevanje žvačnih pokreta, tipa okluzije i mogućih interferenci koje slikama ne možemo prikazati. U posljednjem videu snimimo okluzalne plohe gorenje i donje čeljusti (46 - 48).

DSD dizajniranje

Postupak koji slijedi je objediniti sve prikupljene informacije koje nam pružaju snimljene fotografije i videosnimke. U tom postupku pomažu nam i dodatne informacije poput rtg snimki, modela itd. Cijeli postupak sastoji se od osam koraka.

a) Određivanje sredine lica - u koordinatnom sustavu odrede se dvije okomite linije, horizontalna i vodoravna. Kroz bipupilarnu liniju mora prolaziti navedena horizontalna linija. Vertikalna linija prolazi kroz sredinu lica. Referetne točke za tu liniju jesu glabela i filtrum. Opće poznato je da se vertikalna sredina lica ne mora poklapati s dentalnom sredinom (49). Dokazano je da razlika između sredine lice i dentalne sredine u iznosu od 2 do 3 milimetra ne bude zamijećena u svakodnevnoj

komunikaciji. Cilj je ove analize uočiti diskrepancu i odlučiti utječe li ona na cjelokupnu estetiku osmijeha (47).

b) Određivanje linije osmijeha - oblik i pozicija linije osmijeha uvelike ovisi o dinamičkim pokretima lica. U ovom koraku dolazi do izražaja važnost snimljenih videa.

   Tijekom emitiranja videa potrebno je u određenim trenutcima snimiti tri fotografije.

   Prva fotografija prikazuje stvarnu poziciju mirovanja. Na toj se fotografiji analizira odnos donje usne i incizalni bridovi gornji frontalnih zubi.

   Druga fotografija prikazuje prirodni osmijeh. Tu uočavamo odnos bukalnih koridora i obraza te donosimo odluku želimo li taj prostor suziti ili proširiti.

   Treća fotografija prikazuje osmijeh iz kuta. Na toj fotografiji promatramo dužinu stražnjih zubi i kako njihova dužina utječe na liniju osmijeha. Odluka je hoćemo li ih skratiti i krivulju osmijeha učiniti zaobljenijom ili ćemo ih produžiti i učiniti krivulju ravnijom (47).

c) Određivanje interdentalne širine - prije je u dentalnoj medicini vrijedilo pravilo zlatnog reza. Lombardi koji je prvi spomenuo ovo pravilo za prednje zube ističe kako stroga primjena ovoga pravila je prekruta za dentalnu medicinu. Slijepo pridržavanje ovoga pravila rezultira pretjeranim suženjem gornjeg zubnog luka i kompresijom lateralnog segmenta (35).

   DSD sustav ne prati standarde zlatnog reza. Standardi kažu ako centralni inciziv označimo kao „X“, odnos lateralnog inciziva u odnosu na centralni inciziv iznosi 0.7X, a očnjak 0.5X. Ovakav način odnosa naziva se RED proportion (Reccurring Esthetic Dental). Facijalne referente točke koje određuju interdentalnu širinu jesu unutarnji očni kut, širina nosnih krila i komisura usana u položaju mirovanja (47).

d) Širina i dužina centralnog inciziva - usta dominantni su dio lica, a središnji je sjekutić dominantni dio osmijeha (50). Idealne proporcije središnjeg sjekutića trebale bi biti oko 80 %, no prihvatljive granice sežu unutar vrijednosti od 70 do 90 % (47). Sama dužina i širina nemaju veliki značaj, ali njihov omjer značajno utječe na estetiku. Tako će zubi s velikim postotkom izgledati zdepasto (bruksizam), a s velikim postotkom duguljasto (parodontne bolesti i recesije) (49).

e) Određivanje gingivalne krivulje - gingivalna krivulja također mora biti određena pomoću videa. Nova gingivalna krivulja trebala bi biti smještena iznad gingivalnog zenita novog središnjeg sjekutića. Nagib gingivalne krivulje u području lateralnih zubi

bit će usmjeren na način da doprinosi postizanju što ljepšeg i realističnijeg odnosa gornje usne i gingivalne krivulje (47).

f) Određivanje linije papila - linija papila trebala bi se nalaziti u blizini linije gingive s obzirom da visina papile iznosi oko 40 % visine krune zuba (47).
g) Određivanje vermilion linije - kako bismo odredili idealni bukoplalatinalni nagib prednjih gornji zubi koristimo „12 o'clock“ fotografiju. Na njoj analiziramo i uspoređujemo odnos između zubi, zubnog luka i vermiliona (47).
h) Određivanje linije zubnog luka - u osmom koraku uspoređujemo okluzalnu fotografiju i en face video. Cilj je usporedbe analizirati je li zubni luk preuzak ili preširok u odnosu na lice. Ovakav način analize koristimo i u situacijama kada „rješavamo“ zbijenost u zubnom luku, dijasteme ili provjeravamo potreban prostor za implantate. Pozicioniranjem linije zubnog luka na okluzalne površine provjeravamo i simetriju zubnog luka (47).

3D DSD- evolucija i protokol

Zahvaljujući razvitku intraoralnih skenera i CAD/CAM sustava, stupanj planiranja, tj. dizajniranja osmijeha podignut je na višu razinu. Ovaj razvitak omogućio je prijelaz s dvodimenzionalnog na trodimenzionalno.

Uvođenjem 3D načina rada dolazi do manjih promjena protokola tijekom dizajniranja digitalnoga osmijeha. Uz navedene postupke snimanja DSD protokola potrebno je snimiti i digitalni otisak pri čemu se snima gornji zubni luk, donji zubni luk i zagriz. Prikupljeni podaci se obrađuju i slijedi protokol dizajniranja. Nakon što je završeno dizajniranje osmijeha slijedi dizajniranje digitalnog wax up-a pomoću CAD sustava. Na dizajniranom digitalnom wax up-u napravi se silikonski ključ u svrhu dobivanja mock up-a. Silikonski ključ može biti direktno izrađen na modelu ili digitalno, ovisno o aparaturi. Ukoliko se radi direktno na modelu potrebno je model isprintati. Danas nam za to pomažu 3D printeri. S novim programima poput 3Shape smile Designe moguće je digitalno dizajnirati silikonski ključ koji se poslije printa pomoću 3D printera. Dobiveni silikonski ključ isproba se u ustima pacijenta te se nakon provjere u silikon aplicira samopolimerizirajuća smola. Ispunjeni silikonski ključ aplicira se natrag na zube i čeka se dok se materijal ne stvrdne. Na taj način dobiva se dijagnostički mock up. Pacijent određeno vrijeme nosi mock up kako bi odlučio želi li takav osmijeh ili želi nešto promijeniti. Prednost je mock up-a što omogućava funkcionalno testiranje mock up-a, odnosno budućeg fiksnoprotetskoga nadmojestka.

Ukoliko funkcijski i estetski sve odgovara slijedi postupak brušenja i oblikovanja trajnog fiksnoprotetskog rada. Nakon brušenja potrebno je ponovo snimiti digitalni otisak novonastale situacije, oblikovati rad pomoću CAD sustava i izraditi pomoću CAM sustava. Na samom kraju ukoliko su pacijent i DDM zadovoljni fiksnoprotetskim radom slijedi trajno cementiranje (51, 52).

5. RASPRAVA

Budući da tehnologija kuca na velika vrata u dentalnoj medicini, provedena su istraživanja u kojima se uspoređivalo digitalni i konvencionalni način rada. Prvo istraživanje zaključuje da je za digitalni otisak potrebno puno manje vremena u odnosu na konvencionalni način otiskivanja. Isto je to istraživanje zaključilo da su se pacijenti osjećali ugodnije tijekom digitalnog načina otiskivanja (53). Suprotno navedenom istraživanju, rad u kojem se mjerilo vrijeme trajanja otiskivanja digitalnog i konvencionalnog načina otiskivanje cijeloga zubnoga luka zaključilo je sljedeće. Konvencionalni otisak objektivno zahtijeva puno manje vremena u odnosu na digitalni te je takav način rada bio prihvaćeniji od strane pacijenata i kliničara (54). U drugom istraživanju uspoređivala se preciznost između dva načina otiskivanja. Rezultati istraživanja su pokazali da je preciznost digitalnog otiskivanja slična konvencionalnom načinu (55). Iduća dva istraživanja proučavala su preciznost digitalnoga i konvencionalnoga načina određivanja boje zuba. Oba istraživanja pokazuju da je digitalni način određivanja boje za nijansu precizniji s naglaskom da je potrebno izvršiti još istraživanja koja bi potvrdila ovu tvrdnju (56, 57). Rezultati posljednjega izabranoga istraživanja pokazuju kako je digitalni način rada neupitno smanjio količinu utrošenoga vremena dentalnoga tehničara (58). Iz svih navedenih istraživanja zaključujemo da rezultati pokazuju blagu naklonost digitalnom načinu rada. Pitanje koje se postavlja jest je li ta blaga prednost vrijedna novčanog ulaganja u potrebnu aparaturu potrebnu za digitalni način rada.
Kao protupitanje postavlja se je li provedeno dovoljno istraživanja da bi na njima temeljili odluku načina rada.

6. ZAKLJUČAK

Činjenica je da tehnologija zauzima nezamjenjivi dio čovjekove sadašnjice. Problem koji se javlja vezano uz tehnologiju jest da ona iziskuje vrijeme i trud tijekom naobrazbe rada njome. Jedna je studija vršila istraživanja u kojem su sudjelovali studenti druge godine studija dentalne medicine i doktori dentalne medicine koji duže vrijeme rade konvencionalnu dentalnu medicinu. Istraživanje je pokazalo kako su studenti puno lakše i brže savladali rad s tehnologijom od njihovih kolega koji su navikli na konvencionalni način rada (59).

Pažnju treba usmjeriti na to da je dentalna medicina zanimanje koje zahtijeva cjeloživotno obrazovanje, a ne samo tijekom studija. Svaki doktor dentalne medicine treba se usavršavati. Jedan od načina usavršavanja je i svladavanje rada tehnologijom. U početku je puno teže, dok se doktor ne navikne na kontinuirani svakodnevni rad tehnologijom. Tek kada digitalna tehnologija postane sastavni dio prakse, uviđa se koliko tehnologija ubrzava rad doktora dentalne medicine i poboljšava rezultate njegova rada. Čak i sama tehnologija izlazi u susret na način da postaje sve preciznija, praktičnija i jednostavnija za korištenje. Zaključno, ne treba se bojati novoga, promjene, vlastitoga napretka, već treba što prije prihvatiti tehnologiju i učiniti je dijelom dentalne svakodnevice. Jer upravo ona nam olakšava rad, čini nas preciznijima i boljima. Ne smijemo dopustiti da zaostajemo u vremenu, već trebamo hodati u korak s vremenom u kojem živimo.

7. LITERATURA

1. Lubina L. Primjena CAD/CAM tehnologije u stomatološkoj protetici [master's thesis]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2010. 36 p.
2. Dental academy of Ce [Internet]. Tusla: Dental academy of Ce; c2018. CAD/CAM restorative procedures [cited 2018 Sept 3]; [about 14 p.]. Available from: https://www.dentalacademyofce.com/courses/1586/pdf/innovationcad.pdf
3. Bergman L. Sustav računalnog oblikovanja i strojne izrade nadomjestaka. In: Mehulić i sur., editor. Dentalni materijali. Zagreb: Medicinska naklada; 2017. p. 309-38.
4. Miyazaki T, Hotta Y, Kunni J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. Dent Mater [Internet]. 2009 Jan [cited 2018 Jul 18];28(1): [about 12 p.]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19280967
5. Mörmann WH. The evolution of the CEREC system: Start of the Cerec evolution. Jada [Internet]. 2006 Sept [cited 2018 Jul 18]; 132: [about 6 p.]. Available from: https://jada.ada.org/article/S0002-8177(14)65299-5/pdf
6. Pocket Dentistry [Internet]. Pocket Dentistry; c2016. The use of the CAD/CAM in dentistry [cited 2018 Sept 3]; [about 4 screens]. Available from: https://pocketdentistry.com/the-use-of-cadcam-in-dentistry/
7. Mihajlo Janeva N, Kovacevska G, Elencevski S, Panchevska S, Mijoska A, Lazarevska B. Advantages of CAD/CAM versus conventional complete dentures - A review. Maced J Med Sci [Internet]. 2018 Aug [cited 2018 Sept 3];6(8): [about 4 p.]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6108805/
8. Balter A, Kaufmann-Jinoian V, Kurbad A, Kurt R. CAD/CAM i potpuna keramika: Estetski nadomjesci u stomatološkoj praksi. Seifert D, editor; Milardović S, translator. Berlin: Quintessenz Verlags; 2007. 344 p.
9. Dentsplysirona [Internet]. Salzburg: Dentsplay Sirona; c2018. Single visit dentistry with Cerec satisfied patients [cited 2018 Jul 14]; [about 3 screens]. Available from: https://www.dentsplysirona.com/en/solutions/topics/single-visit-dentistry-with-cerec/advantages/patient-comfort.html
10. Dentsplysirona [Internet]. Salzburg: Dentsplay Sirona; c2018. Single visit dentistry with Cerec orthodontics [cited 2018 Jul 14]; [about 3 screens]. Available from: https://www.dentsplysirona.com/en/solutions/topics/single-visit-dentistry-with-cerec/advantages/orthodontics.html
11. Glavina D, Škrinjarić I. Novi postupak za izradbu keramičkih ispuna: CAD/CAM sustav tehnologija 21. stoljeća. Acta Stomatol Croat. 2001;35(1):43-50.

12. Ivoclar Vivadent [Internet]. Schaan: Ivoclar Vivadent AG; c2018. Telio CAD [cited 2018 Jul 17]; [about 1 screen]. Available from: http://www.ivoclarvivadent.com.hr/hr/p/svi/telio-cad/telio-cad
13. Milardović Ortolan S. Boja dentalnih materijala. In. Mehulić i sur., editor. Dentalni materijali. Zagreb: Medicinska naklada; 2017. p. 33-48.
14. Jakovac M, Kralj Z. Cirkonij oksidna keramika u fiksnoj protetici. Sonda [Internet]. 2011 [cited 2018 Jul 18];12(22): [about 6 p.]. Available from: http://sonda.sfzg.hr/wp-content/uploads/2015/04/Jakovac-M.-et-al.-Cirkonij-oksidna-keramika-u-fiksnoj-protetici.pdf
15. Vulić H. Novi CAD/CAM sustavi za izradu fiksnoprotetskih radova [master's thesis]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2017. 31 p.
16. Barišić M. Nove tehnologije u dentalnoj protetici [master's thesis]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2016. 33 p.
17. Dentsplysirona [Internet]. Salzburg: Dentsply Sirona; c2018. Design with CEREC [cited 2018 Jul 19]; [about 2 screens]. Available from: https://www.dentsplysirona.com/en-gb/products/cad-cam/dental-practice/design-with-cerec.html
18. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. British Dental Journal [Internet]. 2008 May [cited 2018 Jul 19];204(9): [about 6 p.] Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18469768
19. Dentsplysirona [Internet]. Salzburg: Dentsply Sirona; c2018. Single visit dentistry; [cited 2018 Jul 14]; [about 3 screens]. Available from: https://www.dentsplysirona.com/en/solutions/topics/single-visit-dentistry-with-cerec.html
20. Ivoclar Vivadent [Internet]. Schaan: Ivoclar Vivadent AG; c2018. Interview: The future of dentistry will be both digital and manual [cited 2018 Jul 19]; [about 3 screens]. Available from: https://blog.ivoclarvivadent.com/dentist/en/interview-the-future-of-dentistry-will-be-both-digital-and-manual
21. Dentsplysirona [Internet]. Salzburg: Dentsply Sirona; c2018. Scan inEos X5 [cited 2018 Jul 19]; [about 4 screens]. Available from: https://www.dentsplysirona.com/en/products/cad-cam/dental-lab/scan.html
22. Mehulić K. Dentalna keramika. In. Mehulić i sur., editor. Dentalni materijali. Zagreb: Medicinska naklada; 2017. p. 185-205.

23. Acurata rotating instruments [Internet]. Thurmansbang: Acurata GmbH & CO.KG; c2015. Rotating instruments for dental laboratories [cited 2018 Sept 6]; [about 3 screens]. Available from: https://www.acurata.de/en-US/
24. Acurata rotating instruments [Internet]. Thurmansbang: Acurata GmbH & CO.KG; c2015. CAD/CAM instruments [cited 2018 Sept 6]; [about 1 screen]. Available from: https://www.acurata.de/en-US/products/cadcam-instruments/
25. Roland [Internet]. Irvine: Roland DGA Corporation; c2018. Dental milling tips and tricks – Tip 1. Choosing the best tools for the best results; 2016 Jun 6 [cited 2018 Sept 6]; [about 3 screens]. Available from: https://www.rolanddga.com/blog/2016/06/15/17/26/dental-milling-tips-best-milling-tools
26. Kolarek V. Tvrdoća i lomna žilavost cirkonij oksidne keramike [mater's thesis]. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu; 2015. 58 p.
27. Živko-Babić J, Carek A, Jakovac M. Cirkonijeva keramika u stomatološkoj protetici. Acta Stomatol Croat [Internet]. 2005 [cited 2018 Sept 6];39(1): [about 4 p.]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/27187211_Cirkonijeva_keramika_u_stomatoloskoj_protetici
28. Ivoclar Vivadent [Internet]. Schaan: Ivoclar Vivadent AG; c2018. Obrada nakon sinteriranja [cited 2018 Sept 6]; [about 64 p.]. Available from: http://www.ivoclarvivadent.com.hr/zoolu-website/media/document/37223/Zenostar
29. Ivoclar Vivadent [Internet]. Schaan: Ivoclar Vivadent AG; c2018. IPS e.max Zirpress [cited 2018 Sept 6]; [about 1 screen]. Available from: http://www.ivoclarvivadent.com.hr/hr/p/svi/proizvodi/puna-keramika/ips-emax-sustav-za-dentalne-tehnicare/ips-emax-zirpress
30. Ivoclar Vivadent [Internet]. Schaan: Ivoclar Vivadent AG; c2018. IPS Alox Plunger [cited 2018 Sept 6]; [about 1 screen]. Available from: http://www.ivoclarvivadent.com.hr/hr/p/svi/proizvodi/puna-keramika/ips-emax-sustav-za-dentalne-tehnicare/pribori
31. Batalha-Silva S, de Andrada MA, Maia HP, Magne P. Fatigue resistance and crack propensity of large MOD composite resin restorations: direct versus CAD/CAM inlays. Dent Mater [Internet]. 2013 Mar [cited 2018 Jul 23];29(3): [about 7 p.]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23287406

32. Šivak I. Minimalno invazivna brušenja u fiksnoj protetici [master's thesis]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2014. 46 p.
33. Magne P, Schlichting LH, Maia HP, Baratieri LN. In vitro fatigue resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers. J Prosthet Dent [Intenet]. 2010 Sept [cited 2018 Sept 6];104(3): [about 8 p.]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20813228
34. Renishaw [Internet]. Wotton under Edge: Renishaw plc.; c2001. Bridge; 2015 May [cited 2018 Sept 6]; [about 34 p.]. Available from: http://resources.renishaw.com/en/details/guidelines-incise-clinical-and-laboratory-recommendations--43843
35. DDS Lab [Internet]. Tampa: DDS Lab; c2018. Bridge [cited 2018 Sept 6]; [about 2 p.]. Available from: https://go.ddslab.com/hubfs/Offers/Resources/Product%20Flyers/DDS%20Zirconia%20Layered%20Fact%20Sheet.pdf
36. DDS Lab [Internet]. Tampa DDS Lab; c2018. Pfm versus zirconium; 2018 Apr 23 [cited 2018 Sept 6]; [about 3 screens]. Available from: https://blog.ddslab.com/pfm-vs-zirconia-which-material-is-better
37. Weili H, Yanfeng L, Yue Z, Yuan I, Ying Z, Ping H et al. Design and fabrication of complete denture using CAD/CAM technology. Medicine (Baltimore) [Internet]. 2017 Jan [cited 2018 Sept 6];96(1). Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5228646/
38. Ivoclar Vivadent [Internet]. Schaan: Ivoclar Vivadent AG; c2018. Digital dentures [cited 2018 Sept 6]; [about 16 p.]. Available from: https://www.ivoclarvivadent.com/en/products/digital-denture/digital-denture/
39. Žak I. Digitalna tehnologija u ortodontskoj dijagnostici i terapiji [master's thesis]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2013. 54 p.
40. Align Technology [Internet]. San Jose: Align Technology Inc; c2000. Itero [cited 2018 Sept 1]; [about 2 screens]. Available from: https://www.aligntech.com/solutions/itero
41. Align Technology [Internet]. San Jose: Align Technology Inc; c2000. Itero [cited 2018 Sept 1]; [about 2 p.]. Available from: https://www.aligntech.com/documents/Align%20Technology%20Corp%20Fact%20Sheet%202018%20Q1%20F.pdf
42. Mehulić K. Metal-keramičke krunice. In: Ćatović A, Komar D, Ćatić A i sur., editors. Klinička fiksna protetika: krunice. Zagreb: Medicinska naklada; 2015. p. 101-17.

43. Youtube [Internet]. Ženeva: IADS Education; c2018. Digital Smile Design (DSD) with Dr. Christian Coachman; 2017 Jul 2 [cited 2018 Aug 24]; [about 1 screen]. Available from: https://www.youtube.com/watch?v=Y_IT2yf2gto
44. Digital smile design [Internet]. Miami: Digital Smile Design; c2018. From digital treatment planning to reality [cited 2018 Aug 24]; [about 56 p.]. Available from: http://digitalsmiledesign.com/static/media/Coachman_Interdisciplinary_Treat_Planning_Chapter.pdf
45. Digital Smile Design [Internet]. Miami: Digital Smile Design; c2018. A tool for treatment planning and communication in esthetic dentistry; 2012 [cited 2018 Aug 24]; [about 9 p.]. Available from: http://digitalsmiledesign.com/static/media/Coachman_Calamita_DSD_Eng_12.pdf
46. Art Dental Studio [Internet]. Sheffield: Art Dental Studio; c2017. DSD photo and video protocol [cited 2018 Aug 24]; [about 35 screens]. Available from: https://www.artdentalstudio.co.uk/wp-content/themes/artdental/downloads/DSD-Photo-Video-Protocol.pdf
47. Digital smile design [Internet]. Miami: Digital Smile Design; c2018. The digital smile design concept [cited 2018 Aug 24]; [about 35 p.]. Available from: http://www.digitalsmiledesign.com/implementation/04-DSD_Booklet.pdf
48. Šturman K. Digitalno planiranje i dijagnostika [mater's thesis]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2017. 34 p.
49. Geštakovski D, Pleše D, Knezović Zlatarić D. Digital Smile Design. Sonda. 2016;11:68-71.
50. Magne P, Belser U. Adhezivno cementirani keramički nadomjesci u prednjoj denticiji: Biometrijski pristup. Uhač I, editor; Braut V, Fugošić V, translators. Berlin: Quintessence Publishing; 2002. 406 p.
51. 3Shape Dental [Internet]. Kopenhagen: 3Shape Dental A/S;[date unknown]. 3D printers [cited 2018 Aug 26]; [about 2 screens]. Available from: https://www.3shape.com/en/knowledge-center/news-and-press/press-releases/2017/formlabs-and-3shape-announce-partnership
52. Stanley M, Gomez Paz A, Miguel I, Coachman C. Fully digital workflow, integrating dental scan, smile design and CAD-CAM: case report. BMC Oral Health [Internet]. 2018 Aug [cited 2018 Aug 26];18(1): 134. Available from; https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30086753

53. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patient's perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. BMC Oral Health [Internet]. 2014 Jan [cited 2018 Aug 28];14(10): [about 7 p.]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24479892
54. Sailer I, Muhlemann S, Fehmer V, Hammerle CHF, Benic GI. Randomized controlled clinical trial of digital and conventional workflows for the fabrication of zirconia-ceramic conventional impressions. Part I: Time efficiency of complete-arch digital scans versus conventional impression. J Prosthet Dent [Internet]. 2018 Jul [cited 2018 Aug 28]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30017152
55. Seelbach P, Brueckel C, Wostmann B. Accuracy of digital and conventional impression tehniques and workflow. Clin Oral Investig [Internet]. 2013 Sept [cited 2018 Aug 28];17(7): [about 5 p.]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23086333
56. Brandt J, Nelson S, Lauer HC, von Hehn U, Brandt S. In vivo study for tooth colour determination-visual versus digital. Clin Oral Investig [Internet]. 2017 Dec [cited 2018 Aug 28];21(9): [about 8 p.]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28265772
57. Chen H, Huang J, Dong X, Qian J, He J, Qu X et al. A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching. Quintessence Int [Internet]. 2012 Sept [cited 2018 Aug 28];43(8): [about 10 p.]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23034418
58. Sailer I, Benic GI, Fehmer V, Hammerel CHF, Muhlemann S. Randomized controlled within-subject evaluation of digital and conventional workflows for the fabrication of lithium disilicate single crowns. Part II: CAD-CAM versus conventional laboratory procedures. J Prosthet Dent [Internet]. 2017 Jul [cited 2018 Aug 28];118(1): [about 5 p.]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28024819
59. Lee SJ, Macarth RX 4th, Gallucci GO. An evaluation of student and clinician perception of digital and conventiona implant impressions. J Prosthet Dent [Internet]. 2013 Nov [cited 2018 Aug 28];110(5): [about 3 p.]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23998623

8. ŽIVOTOPIS

Ivana Kelić rođena je 28. travnja 1993. godine u Zgrebu. Nakon završene Osnovne škole Antuna Augustinčića u Zaprešiću, upisuje X. gimnaziju „Ivan Supek“. Maturirala je 2012. godine i iste godine upisuje Stomatološki fakultet u Zagrebu.