Primjena CAD/CAM tehnologije u izradi potpuno keramičkih nadomjestaka

Miloš, Lucija

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:127:903486

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

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

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb School of Dental Medicine Repository

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

STOMATOLOŠKI FAKULTET

Lucija Miloš

PRIMJENA CAD/CAM TEHNOLOGIJE U IZRADI POTPUNO KERAMIČKIH NADOMJESTAKA

Diplomski rad

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

STOMATOLOŠKI FAKULTET

Lucija Miloš

PRIMJENA CAD/CAM TEHNOLOGIJE U IZRADI POTPUNO KERAMIČKIH NADOMJESTAKA

Diplomski rad

Zagreb, 2018.

Rad je ostvaren u: Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet, Zavod za fiksnu protetiku

Mentor rada: doc. dr. sc. Josip Kranjčić, Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Draženka Čutura, profesor hrvatskog jezika i književnosti

Lektor engleskog jezika: Nikola Habuzin, mag. educ. philol. angl

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1._____

2._____

3._____

Datum obrane rada: _____

Rad sadrži: 38 stranica

5 slika

1 CD

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

Zahvala

Posebno se zahvaljujem mentoru doc. dr. sc. Josipu Kranjčiću na nesebičnoj pomoći i trudu prilikom izrade ovog rada, kao i na svakom savjetu tijekom pretkliničkih i kliničkih vježbi.

Hvala djelatnicima dentalnog laboratorija „Citydent d.o.o.“ što su mi omogućili fotografiranje CAD/CAM uređaja.

Hvala i mojim prijateljima za lijepe studentske dane, kao i doktoricama Vesni i Ženji koje su mi bile potpora.

Najveća zahvala ide mojoj obitelji, roditeljima i bratu, za svaki ispit koji su prošli sa mnom, a posebno mojoj mami od koje sam učila od malena i poučena njezinim primjerom došla do svog cilja.

Primjena CAD/CAM tehnologije u izradi potpuno keramičkih nadomjestaka

Sažetak

Brzi razvoj dentalne medicine, kao kliničko – stručne i znanstvene discipline podrazumijeva uvođenje računalne tehnologije i digitalizaciju u dentalnoj medicini. U tom smislu, na tržištu se pojavljuje sve veći broj CAD/CAM (eng. Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing) sustava. Kako im samo ime kaže, sustav se sastoji od jedinice kojom se skenira ispreparirani zub ili kavitet, računalnog programa pomoću kojega se oblikuje budući nadomjestak te, završno, CAM jedinice kojom se izrađuje nadomjestak prema zadanom obliku i veličini. CAD/CAM sustavi se razlikuju s obzirom na način izrade protetičkog nadomjeska. Tijekom izrade protetičkog nadomjeska izravno u ordinaciji (in office sustav), liječnik skenira zub intraoralnom kamerom u ustima pacijenta, a u slučajevima kada se protetički nadomjestak izrađuje u dentalnom laboratoriju (in lab sustav, proizvodnja u centraliziranim centrima) u ordinaciji se uzima konvencionalni otisak koji se potom šalje u dentalni laboratorij te skenira ili se pak izlijeva radni model koji se potom skenira u laboratoriju. Moguće je, također, uzeti intraoralni digitalni otisak te sken poslati u dentalni laboratorij. Bez obzira na vrstu primjenjenog CAD/CAM sustava, važna je prednost CAD/CAM tehnologije u kraćem vremenu potrebnom za izradu nadomjeska. Uz razvoj same tehnologije dolazi i do razvoja novih estetskih keramičkih materijala prilagođenih strojnoj izradi. S druge strane, veliki je nedostatak visoka cijena sustava kao i manjak informiranosti o sustavima i radu s njima. Spomenute prednosti idu u korak sa sve većim estetskim i funkcionalnim zahtjevima pacijenata, a na liječniku dentalne medicine je da u skladu sa svojim mogućnostima izabere CAD/CAM sustav i o njemu se educira kako bi gotovi protetički nadomjesci bili što precizniji i kvalitetniji, a postupak izrade trajao što kraće.

Ključne riječi: CAD/CAM; in office; in lab; keramički materijali

The application of CAD / CAM technology in the manufacture of all-ceramic restorations

Summary

Rapid development of dental medicine as a clinical, professional and scientific discipline involves introduction of computer technology and digitization in the profession. In this respect, there is an increasing number of CAD/CAM (Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing) systems on the market. As the name itself suggests, the system consists of an unit which scans an embedded tooth or cavity, a computer program by which the future restoration is formed and, finally, a CAM unit by which the restoration is made according to the default format and size. CAD/CAM systems differ with respect to the method of prosthetic restoration. During a prosthetic restoration done directly at the office (in office system), the physician scans the tooth with an intraoral camera directly in the mouth of a patient, and when the prosthetic restoration is made in a dental laboratory (in lab system, production in centralized centers), a conventional impression is taken at the office, then sent to a dental laboratory and scanned, or a working model is molded and then scanned in the lab afterwards. Moreover, it is also possible to take an intraoral digital print and send the scans to a dental laboratory. Regardless of the type of CAD/CAM system used, the important advantage of CAD/CAM technology is the shortest time needed to make the restoration. Along with the development of the technology itself, the development of new esthetic ceramic materials adapted to machine processing is being developed as well. On the other hand, there is a huge disadvantage of high cost of the system as well as the lack of system information and of the necessary work experience. The aforementioned advantages go hand in hand with the increasing esthetic and functional requirements of patients, while the dental practitioner is the one to choose the CAD/CAM system in accordance with their capabilities, to educate themselves about it so that the finished prosthetic restorations can be as precise and as good quality as possible, and also to make the production process as short as possible.

Keywords: CAD/CAM; in office; in lab; ceramic materials

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. KONVENCIONALNA FIKSNOPROTETIČKA TERAPIJA 4
2.1. Anamneza i prvi pregled 5
2.2. Brušenje zubi 6
2.3. Kontrola preparacije 7
2.4. Otiskivanje 7
2.5. Cementiranje nadomjeska 9
3. CAD/CAM SUSTAVI 10
3.1. Povijest razvoja CAD/CAM tehnologije 11
3.2. Osnovna svojstva CAD/CAM sustava 12
3.3. Podjela CAD/CAM sustava 13
3.4. Postupak izrade potpuno keramičkog nadomjeska CAD/CAM tehnologijom 15
3.4.1. Preparacija zuba 16
3.4.2. Optički otisak 18
3.4.3. Cementiranje potpuno keramičkog nadomjeska 19
3.5. Materijali za strojnu izradu potpuno keramičkog nadomjeska 20
3.6. Primjeri CAD/CAM sustava 24
4. RASPRAVA 27
5. ZAKLJUČAK 31
6. LITERATURA 33
7. ŽIVOTOPIS 37

Popis skraćenica

ADA	American Dental Association
3D	trodimenzionalno
CAD/CAM	Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing
CEREC	chairside economical restoration of esthetic ceramics
STL	standard transformation language
Y-TZP	Yttrium-stabilized tetragonal zirconia
SAC	The Self adjusting crown
LED	light emitting diode

1. UVOD

Protetika dentalne medicine, prema definiciji Udruge američkih stomatologa (ADA – engl. American Dental Association), grana je dentalne medicine koja uključuje dijagnostiku, planiranje terapije, rehabilitaciju i održavanje oralne funkcije, udobnosti, izgleda i zdravlja pacijenata s kliničkim stanjem povezanim s nedostajućim ili manjkavim zubima i/ili oralnim i maksilofacijalnim tkivima, pomoću biokompatibilnih zamjena (1). Fiksna protetika, nadalje, kao jedan dio dentalne protetike, u užem terapijskom smislu bavi se izradom krunica i mostova; samostalno ili u kombinaciji s ostalim stomatološkim disciplinama. U njezin djelokrug pripada i izrada nadogradnji, lijevanih ili konfekcijskih, u svrhu očvršćenja oslabljenih zubnih kruna (2). U slučajevima manjeg gubitka krune zuba moguća je izrada inlaya, onlaya ili overlaya, ovisno o tome koliko nedostaje kvržica pojedinog zuba. Prema podacima Državnog zavoda za statistiku iz 2011. godine vidi se progresivan porast stanovništva starije životne dobi (starijih od 65 godina) u odnosu na cjelokupan broj stanovništva (3). Upravo taj podatak - produženje životnog vijeka pacijenata - ukazuje na potrebu za sve većim brojem fiksno ili mobilno protetičkih nadomjestaka, kao i za napretkom navedenih stomatoloških disciplina.

Na svim znanstvenim i stručnim područjima prati se veliki napredak računalne i digitalne tehnologije. Taj brzi razvoj utječe i na dentalnu medicinu kao znanstvenu i stručnu disciplinu te računalna tehnologija pronalazi svoje mjesto u raznim granama dentalne medicine što je vidljivo primjerice u primjeni lasera, razvoju digitalne radiologije „Cone beam Computed Tomography“, digitalnih glodalica te trodimenzionalnih ispisa (3D printera).

U protetici dentalne medicine napredak pratimo pojavom i razvojem CAD/CAM (eng. Computer aided design / Computer aided manufacturing) tehnologije koja u novije vrijeme sve više zamjenjuje kovencionalnu tehnologiju izrade protetičkih nadomjestaka. Izraz CAD/CAM objedinjuje dva pojma: CAD - računalom potpomognuto oblikovanje te CAM - računalom potpomognuta izrada. S obzirom na raznolike prijevode izraza u literaturi potrebno je naglasiti kako isti ne daje informaciju o tome na koji način je izrađen sami protetički nadomjestak (4).

Svrha ovoga rada je prikazati značaj i primjenu CAD/CAM tehnologije u izradi potpuno keramičkih nadomjestaka s naglaskom na prednostima i nedostatcima takvog postupka izrade protetičkih nadomjestaka u odnosu na konvencionalnu tehniku. U ovome će se radu prikazati postupak izrade potpuno keramičkih nadomjestaka CAD/CAM tehnologijom, osnovni

materijali koji se primjenjuju u tom postupku, a navest će se i neki od CAD/CAM sustava koji su najčešće u upotrebi.

2. KONVENCIONALNA FIKSNOPROTETIČKA TERAPIJA

Razlozi dolazaka pacijenata u protetsku ambulantu, odnosno čimbenici koji dovode do potrebe za fiksnoprotetskom terapijom pacijenata su različiti. Mogu se podijeliti na estetske, funkcijske, simptomske i patološke (2). Estetskih je razloga mnogo. Promjena boje zuba čimbenik je koji možemo uočiti na prirodnim zubima kao i na krunicama i mostovima izrađenima od akrilata. Kod prirodnih zubi promjena može biti posljedica obojenja dentinskih tubulusa nakon endodontskog zahvata, traume zuba i pekida cirkulacije ili djelovanja hrane u rubnim pukotinama između ispuna i samog zuba dok je kod protetičkih nadomjestaka izrađenih od akrilata promjena boje uzrokovana lošim svojstvima samog akrilata - abrazivnosti i upijanjem vode, što za posljedicu ima promjenu boje zuba na pojedinim mjestima. Još jedan estetski, ali i funkcijski čimbenik, jest promjena oblika zuba, najčešće kao posljedica loma uslijed nepravilnih međučeljusnih odnosa ili endodontski liječenih zubi s velikim ispunima u zubnim krunama. U funkcijske razloge dodatno ubrajamo i osjetljivost pojedinih zuba pri mastikaciji, prerane kontakte te izvrtanje, rotaciju i izrastanje zubi uslijed gubitka pojedinih zubi.

Oticanje i bol, koji svoju podlogu imaju u patološkim procesima, svrstavamo u simptomske uzroke te ih najčešće vidimo u pacijenata s dotrajalim fiksnoprotetičkim nadomjescima.

Patološki su razlozi najčešće vezani za retrakciju gingive i mekih tkiva sluznice usne šupljine te za štetno djelovanje nefunkcionalnih dotrajalih radova (2).

2.1. Anamneza i prvi pregled

Svaka protetička terapija, bilo konvencionalna ili ona provedena primjenom CAD/CAM tehnologije, započinje uzimanjem detaljne anamneze, kako stomatološke, tako i općemedicinske. Tim postupkom saznajemo osnovne podatke o pacijentovom zdravlju, prethodnim zahvatima, lijekovima koje uzima, mogućim alergijama na stomatološke materijale te se time osiguravamo neželjenih posljedica i poduzimamo mjere zaštite, i za pacijenta, liječnika i ostalo medicinsko osoblje.

Nakon detaljne anamneze slijedi intraoralni pregled kojim se utvrđuje status zubi i usne šupljine te ispituje potreba za provođenjem pretprotetičke pripreme pacijenta koja može sadržavati oralno kirurške, parodontološke, endodontske, restaurativne i ortodontske zahvate.

Postupci moraju biti pažljivo planirani i provedeni kako bi zubi i parodontna tkiva bili zdravi i dobro pripremljeni (5).

Jednako bitan dio prvog posjeta pacijenta je i analiza rendgenogramske snimke koja može dati uvid u stupanj gubitka kosti, postojanje patoloških procesa, zaostale korjenove, njihov broj, položaj i veličinu. Za potrebe bilo kakve fiksnoprotetičke terapije, a posebno za veće oralne rehabilitacije, učinkovitije je koristiti ortopantomogram zato što je ciljana dentalna snimka ograničena na usko područje i može obuhvatiti područje od najviše tri zuba (2).

Na temelju prikupljenih podataka liječnik postavlja dijagnozu te donosi odluku o planu terapije. S obzirom na već spomenuto starenje stanovništva dobro je napomenuti kako na odluku o konačnom planu terapije utječe i opće zdravstveno stanje pacijenta. Pri tom se misli na patološka stanja koja prate osobe starije životne dobi, kao i na fiziološke pojave starenja, primjerice suhoću usta, povećanu krhkost zubi te progresivnu migraciju parodontoloških vlakana (5).

2.2. Brušenje zubi

Nakon anamneze, prvog pregleda te moguće pretprotetičke pripreme pacijenta slijedi brušenje zuba. Brušenje je nazaobilazan dio fiksnoprotetičke terapije u svrhu djelomičnog ili potpunog preoblikovanja i smanjivanja kliničke krune zuba čime će se stvoriti dovoljno prostora za budući nadomjestak koji će svojim oblikom, položajem, bojom, veličinom i funkcijom nadomjestiti prirodan zub (5). Izbrušeni zub nazivamo bataljkom te je osnovno pravilo da je njegov najveći obujam u području dentogingivnog sulkusa.

Pet je osnovnih načela koja određuju oblik, veličinu i tijek brušenja (5):

1. očuvanje tvrdih zubnih tkiva,

2. postizanje retencijskog i rezistencijskog oblika brušenog zuba,

3. osiguravanje strukturne trajnosti protetičkog nadomjestka,

4. osiguravanje rubne cjelovitosti,

5. očuvanje zdravlja parodontnog tkiva brušenog zuba.

Oblik bataljka mora zadovoljiti tri osnovna čimbenika: biološki, estetski i mehanički. Biološki je čimbenik povezan sa zdravljem svih oralnih tkiva te upućuje liječnika kako mora voditi brigu o vitalitetu zuba te također nastojati sačuvati integritet gingive, okolnih mekih tkiva, parodonta i spriječiti njihovo oštećenje. Mehaničkim čimbenicima osiguravaju se retencija, odnosno otpor djelovanju vertikalnih sila koje nastoje odići nadomjestak s njegova ležišta, rezistencija, koja se opire silama horizontalnog djelovanja, kao i strukturna trajnost ovisna o samoj debljini materijala koji se opire djelovanju sila unutar funkcijske dinamike stomatognatog sustava. Zadovoljavanjem posljednjih, estetskih čimbenika liječnik teži dobiti novi, protetički nadomjestak što sličniji prvotnom izgledu zuba (5).

2.3. Kontrola preparacije

Provjera preparacije bataljka također je nezaobilazan dio fiksnoprotetičke terapije, posebno kada se radi o većim oralnim rehabilitacijama (2). U prvom redu obavlja se izravnim pogledom na zub, kao i neizravnim pogledom u stomatološkom zrcalu. Moguće je, također, uzeti kontrolne alginatne otiske te izlijevanjem istih provjeriti točnost preparacije i paralelnost zubi nosača na sadrenim modelima. Često korišten način kontrole jest test sondom prilikom kojeg ravnu sondu prislanjamo uz prepariranu plohu. Na taj način uočavamo mjesta na kojima sonda ne prilježe ravnomjerno uz zub, nego ga samo dodiruje točkasto. Upravo su to mjesta koja zahtijevaju dodatno brušenje i ispravljanje.

2.4. Otiskivanje

Za svaki protetički rad, bez obzira je li izrađen konvencionalnom metodom ili primjenom CAD/CAM tehnologije, od neizmjerne je važnosti što preciznije situaciju iz usne šupljine prenijeti u dentalni laboratorij. Stoga je, uz vještu ruku samog liječnika, potrebno koristiti se dimenzijski stabilnim i preciznim materijalima. Navedena činjenica najviše vrijedi upravo za fiksnu protetiku jer je riječ o iznimno zahtijevnim, a često i minimalnim preparacijama (ovisno o vrsti fiksnoprotetičkog nadomjeska). Upravo dobrim otiskom dajemo dentalnom tehničaru precizan prikaz brušenih zubi i njihovog međusobnog odnosa, kao i odnosa brušenih zubi prema ostalim intaktnim zubima i mekim tkivima, a naročito su važan detalj precizno

otisnuti rubovi preparacije. Samim time pridonosi se smanjenju mogućnosti nastanka pogreške koja bi se očitovala u nezadovoljavajućem dosjedu ili rubnom zatvaranju budućeg nadomjeska.

Na tržištu postoji veliki broj otisnih materijala te svaki od njih teži zadovoljiti svojstva idealnog materijala. Takav bi u prvom redu trebao biti izrazito dimenzijski stabilan, odnosno otporan na utjecaj vlage iz okoline te na pritisak i deformaciju. Morao bi biti bez nusprodukata polimerizacije i inertan prema sredstvima za dezinfekciju. Nadalje, izrazito bitno svojstvo očituje se pri vađenju otiska iz usne šplјine. U tom bi se trenutku materijal trebao razvući i nakon određenog vremena ponovno vratiti u prvobitno stanje. Taj povratak materijala u prvobitno stanje naziva se svojstvom elastičnosti materijala. Idealan bi materijal također trebao biti netoksičan, ugodan pacijentu i jednostavan za pripremu i rukovanje (6). Prema elastičnosti materijale u svakodnevnoj primjeni klasificiramo kao elastične i neelastične. Elastični materijali su hidrokoloidi i elastomeri dok su neelastični kruti, pokazuju malo ili nimalo elasticiteta te svaka značajnija deformacija rezultira trajnom deformacijom. Koriste se tamo gdje nema podminiranih mjesta i uglavnom u bezubih pacijenata (6). Izbor materijala za konačni otisak velik je s obzirom na proizvođače, a svima im je zajedničko da pripadaju suvremenim materijalima za otiske. Elastomerni materijali dostupni su u velikom broju različitih boja, mirisa i viskoziteta, radnog vremena, vremena stvrdnjavanja i drugih fizičkih svojstava.

Otisak za anatomski model dovoljno je napraviti ireverzibilnim hidrokoloidom; dok se kasnije sami bataljak otiskuje nekim od elastomera ili pak polieterima zbog njihove preciznosti. Tehnike otiskivanja elastomerima dijelimo na jednovremene i dvovremene te također na otiskivanje jednim ili dvama materijalima. Jednovremenim otiskom u individalnoj žlici koristimo jedan materijal srednje konzistencije dok se onim u konfekcijskoj žlici služimo dvama materijalima različite konzistencije u istom trenutku. Za razliku od njih dvovremeni otisak uvijek sadrži dva materijala od kojih prvi, gusti individualizira žlicu, a sekundarni, rijetki čini završni otisak.

Ovisno o materijalu od kojega će biti izrađen budući protetički nadomjestak neizostavna je klinička faza probe rada u pacijentovim ustima bez obzira radi li se o metalnom odljevu ili keramičkoj jezgri. Način probe gotovo se ne razlikuje; prvo se provjere vanjska obilježja, tekstura, oblik i mogući defekti metala/keramike, također unutarnja obilježja, a zatim rubno

prilijeganje nadomjeska na bataljak, odnos prema antagonistima i susjednim zubima (kontaktna točka) (5).

2.5. Cementiranje nadomjeska

Kako bismo novonastali protetički nadomjestak fiksirali na izbrušeni zub, služimo se cementima. Cementi moraju udovoljiti biološkim, fizikalnim, mehaničkim i estetskim zahtjevima te bi, u idealnom slučaju, trebali sačuvati biološka tkiva i ostvariti nepropusnu vezu sa zubom, kao i materijalom od kojega je izrađen nadomjestak. Ne smiju biti toksični ni izazivati alergijske reakcije. Trebali bi biti biokompatibilni, štititi bataljak od štetnih vanjskih noksi te imati bakteriostatska ili baktericidna svojstva. Vrijeme rada treba biti dovoljno dugo, a vrijeme svezivanja omogućiti postavljanje materijala u nadomjestak dok je u fazi optimalne konzistencije. Kao i kod otisnih materijala svaki cement nastoji postići navedena svojstva idealnog materijala ili mu se barem što više približiti. Iz navedenog razloga na tržištu se također javila velika količina različitih materijala koje dijelimo prema nekoliko kriterija. Za praktični rad jedna od najvažnijih podjela je prema načinu primjene, zatim prema kemijskom sastavu te prema stupnju prianjanja na zubna tkiva (7). Prva ih dijeli na privremene i trajne; na zubna tkiva mogu prianjati neadhezivno (mehanički), mikromehanički i adhezivno dok je najraznovrsnija podjela prema kemijskom sastavu. Ona razlikuje 10 vrsta cemenata od kojih svaki ima određene prednosti i nedostatke te se u skladu s tim koriste u za to predviđenim kliničkim situacijama.

Bez obzira na vrstu materijala samo fiksiranje protetičkog nadomjeska uključuje niz postupaka koji, ukoliko se ne provedu prema zadanim uputama, mogu rezultirati ranim gubitkom protetičkog nadomjestka. Doktor dentalne medicine mora dobro poznavati tip keramike koji koristi kako bi znao koju vrstu cementa odabrati te također slijediti upute proizvođača cementa i na pravilan način pripremiti površinu zuba kako bi protetički nadomjestak bio što dugotrajniji (8).

3. CAD/CAM SUSTAVI

3.1. Povijest razvoja CAD/CAM tehnologije

Nastankom i razvojem CAD/CAM tehnologije osamdesetih godina 20. stoljeća smatralo se kako će nova tehnologija biti jednostavnija za uporabu i izradu protetičkih nadomjestaka. No, nedugo zatim dolaze do izražaja njezine u to vrijeme još uvijek negativne osobine te brojni parametri koji se moraju unaprijediti kako bi CAD/CAM tehnologija našla svoju primjenu u svakodnevnoj dentalnoj medicini. U prvom redu, vrijeme manipulacije i obrade podataka trebali bi biti na istom ili višem stupnju nego kod konvencionalnih tehnologija. Nužno je, također, bilo unaprjeđenje računalnog programa i uređaja za skeniranje kojim su se, osim brušenih zubi, morali skenirati položaj i morfologija susjednih zubi te zuba antagonista. Unaprijeđeni računalni program morao bi dobro skenirati granicu preparacije te brojne druge parametre samog bataljka u svrhu postizanja visoke estetike. Posljednja je stavka, no ne manje bitna, veličina same glodalice koja se morala smanjiti kako bi se prilagodila uvjetima u ordinaciji dentalne medicine ili dentalnom laboratoriju (9).

Govoreći o razvoju, važno je istaknuti trojicu bitnih liječnika koji uvelike doprinose razvoju CAD/CAM tehnologije (10). Prvi od njih bio je dr. Duret, doktor dentalne medicine, koji je 1971. počeo izrađivati krunice na temelju virtualnog otiska, njihovog kasnijeg dizajna te završnog glodanja u numerički kontroliranoj glodalici. Na temelju toga razvija prvi CAD/CAM sustav, nazvan „Sopha“ koji postaje temelj kasnijeg razvoja same tehnologije.

Slijedi ga dr. Moermann koji izradom inlaya postaje začetnik CEREC (engl. - chairside economical restoration of esthetic ceramics) sustava. Naime, kao što sami naziv kaže, njegova tehnologija temelji se na izradi protetičkog nadomjeska izravno u ordinaciji. Intraoralnom kamerom izmjerio bi dimenzije ispreparirranog kaviteta, dizajnirao sami inlay te ga izradio u jedinici za glodanje. Upravo taj sustav bio je velika inovacija za to vrijeme s obzirom da skraćuje vrijeme izrade nadomjeska što je upravo bio jedan od nedostataka konvencionalne tehnologije.

Posljednji je dr. Andresson koji 1983. godine razvija Procera sustav (11). Sustav je, zbog sve veće pojave alergija na nikal-titanske legure, razvijen s ciljem izbjegavanja nikla kao sastojka samih radova te se bazirao na izradi radova od potpune keramike (10).

U isto vrijeme javljali su se i otpori razvoju same tehnologije, primjerice u Japanu gdje je bez obzira na brojna istraživanja u korist CAD/CAM sustavima zdravstveno osiguranje odbijalo

uvesti rutinsko, svakodnevno korištenje same tehnologije (10). Bez obzira na to, vjerovalo se da će digitalizacijom i razvojem računalne tehnologije CAD/CAM tehnologija ipak zaživjeti u dentalnoj medicini, što se kasnije pokazalo točnim.

3.2. Osnovna svojstva CAD/CAM sustava

U dentalnoj medicini svi CAD/CAM sustavi sastoje se od 3 komponente (4):

- skenera, koji transformira podatke o objektu iz geometrijskog u digitalni oblik kakav računalo može prepoznati,
- računalnog programa, koji obrađuje snimljene podatke i omogućava virtualno konstruiranje protetičkog nadomjestka te
- glodalice, čiji je zadatak izraditi (glodati) željeni nadomjestak. Primjer glodalice prikazan je na Slici 1.



Slika 1. Primjer laboratorijske glodalice

Prema navodima iz literature razvoj CAD/CAM tehnologije donio je mnoge prednosti u protetiku dentalne medicine (12). Proširio se spektar do tada korištenih materijala, primjerice na tržištu se pojavljuje cirkonij oksidna keramika koja se obrađuje CAD-CAM tehnologijom (13). Mnoge radne faze odrađuje CAD/CAM sustav stoga se smanjila potreba za radom dentalnih tehničara, a samim time i vrijeme potrebno za izradu završnog nadomjeska. Primjerice, za izradu keramičke krunice na molaru pomoću sustava DECSY ® potrebne su prosječno četiri minute, za intraoralni digitalni otisak jedna minuta za konstruiranje i oblikovanje nadomjeska, dvije minute za prijenos i obradu podataka te zaključno devedeset minuta za izradu (glodanje) same keramičke krunice (10). Iz navedenog je vidljivo kako je vrijeme izrade značajno skraćeno u odnosu na konvencionalnu tehnologiju te pacijent može dobiti gotov protetički nadomjestak u samo jednom posjetu. Ukidanjem pojedinih laboratorijskih faza u izradi protetičkih nadomjestaka CAD/CAM tehnologijom smanjuje se i mogućnost ljudske pogreške (5).

Još jedna od prednosti CAD/CAM tehnologije je i sama trajnost i kvaliteta izrađenog protetičkog nadomjeska. Prema literaturi (10,12) protetičke nadomjeske izrađene CAD/CAM tehnologijom karakterizira dugotrajnost i smanjen rizik od lomova keramike.

3.3. Podjela CAD/CAM sustava

Osnovna podjela CAD/CAM sustava bazira se na temelju metode izrade same krunice. Dijele se na (5):

- izravni sustav izrade krunice neposredno u ordinaciji (in office, chairside),
- neizravni sustav izrade u dentalnom laboratoriju (in lab system),
- centralizirana izrada u proizvodnim centrima.

- Izravni sustav izrade krunice neposredno u ordinaciji (in office, chairside)

Svi se dijelovi sustava nalaze unutar ordinacije, nadomjestak se izrađuje bez sudjelovanja dentalnog laboratorija te samim time može biti završen u jednom posjetu. Specifičnost je ove tehnike digitalni otisak koji podrazumijeva skeniranje isprepariranog bataljka intraoralnom kamerom, potom se planira i oblikuje krunica na računalu te se tako dobiveni podaci šalju u

glodalicu koja glođe keramičke blokove u boji zuba do željenog oblika. Tehnologija ujedinjuje spomenute prednosti CAD/CAM sustava smanjujući vrijeme potrebno za izradu nadomjeska kao i mogućnost ljudske pogreške te samim time što je nadomjestak gotov u jednom posjetu smanjuje se mogućnost oštećenja bataljka vanjskim iritansima (5). Spomenuti „CEREC“ sustav najpoznatiji je i najviše prihvaćeni pripadnik ove skupine (11).

- Neizravni sustav izrade u zubotehničkom laboratoriju (in lab system)

Postupak izrade neizravnom tehnikom može se usporediti s konvencionalnom tehnologijom izrade protetičkog nadomjeska jer podrazumijeva suradnju dentalnog laboratorija i liječnika dentalne medicine. Za razliku od prethodne tehnike u kojoj se digitalnim otiskom skeniralo stanje u usnoj šupljini sada se u dentalnom laboratoriju skenira izliveni radni model pacijenta, dobiven iz klasičnog otiska koji je prethodno uzeo doktor dentalne medicine. Dobiveni se podaci obrađuju u računalnom programu te se nadomjestak izrađuje u glodalici koja je također smještena u laboratoriju. Ovom tehnikom najčešće se izrađuju keramičke jezgre koje se, nakon probe u ustima, tehnikom slojevanja individualiziraju te je time rad završen.

- Centralizirana izrada u proizvodnim centrima

Početni postupak odgovara prethodnoj tehnici, skenira se radni model u dentalnom laboratoriju, no zatim se podaci internetom šalju u specijalizirane centre u kojima se izrađuje protetički nadomjestak. Završna obrada obavlja se ponovno u dentalnom laboratoriju (5). Prednost ove tehnike je u manjoj potrebi za financijskim ulaganjem s obzirom da se CAM jedinica nalazi u proizvodnom centru pa je potrebno uložiti samo u sustav za skeniranje (11).

CAD/CAM sustave možemo također podijeliti i prema načinu dijeljenja podataka na:

- zatvorene sustave - oni koji sadrže sva tri dijela: jedinicu za skeniranje, računalni program i jedinicu za glodanje unutar jednog sustava. Time su liječnici dentalne medicine, kao i laboratorij, prisiljeni nabaviti sve dijelove od istog proizvođača te nema dijeljenja podataka među sustavima (14);
- otvorene sustave - omogućuju razmjenu podataka među raznim sustavima, sa CAD jedinice jednog sustava na CAM jedinicu drugog sustava. Podaci se dijele u obliku STL formata (STL – engl. standard transformation language) te su takvim sustavima

liječnici dentalne medicine dobili mogućnost suradnje s više dentalnih laboratorija, kao i sami dentalni laboratoriji koji sada mogu primiti digitalne informacije iz više izvora (15).

3.4. Postupak izrade potpuno keramičkog nadomjeska CAD/CAM tehnologijom

Potrebno je navesti indikacije i kontraindikacije za izradu protetičkih nadomjestaka CAD/CAM tehnologijom. Također je važno poznavati uvjete koji moraju biti zadovoljeni za primjenu navedene tehnologije. Naime, pacijent mora provoditi dobru oralnu higijenu dok parodontno tkivo mora biti zdravo bez znakova upale (5). Poželjno je da je završna cervikalna linija preparacije zuba jasno i precizno oblikovana te smještena supragingivno ili barem u razini ruba gingive kako bi se mogla skenirati intraoralnom kamerom te kako bi se postiglo suho radno polje prilikom završnog adhezivnog cementiranja (16).

Indikacije za izradu potpuno keramičkih krunica CAD/CAM tehnologijom odgovaraju općim indikacijama za izradu krunica. Na prvom je mjestu estetska indikacija koja nastoji vratiti narušeni estetski sklad zuba s preostalim zubima. Uzročnici tog nesklada mogu biti mnogobrojni karijesni defekti, prirođene i stečene anomalije tvrdih zubnih tkiva, potamnjele zubne krune, posebice u prednjem dijelu zubnog luka. Krunice se također izrađuju u slučajevima zaštite zuba od prijevremenog loma čime se zadovoljava protektivna indikacija te u svrhu spriječavanja većih oštećenja stomatognatog sustava što odgovara profilaktičnoj indikaciji (5).

Postoje stanja u usnoj šupljini u kojima je uporaba CAD/CAM tehnologije kontraindicirana. Primjerice, za vrijeme upale gingive otežano bi bilo održati suho radno polje prilikom adhezivnog cementiranja što gingivitis čini jednom od kontraindikacija. Također se pacijenatima s bruksizmom ili dubokim zagrizom ne preporuča izrada keramičkih krunica zbog jakih sila koje mogu dovesti do pucanja keramike. Nadalje, u slučajevima niske kliničke krune zuba preostali interokluzijski prostor može biti nedovoljan za potrebnu debljinu keramičkog nadomjeska (5,16). Posljednja je kontraindikacija, ne i manje važna, treći i četvrti stupanj atrofije parodonta prema protetskim kriterijima. Trećem stupnju atrofije parodonta pripadaju zubi koji su prilikom palpacije pomični u aksijalnom smjeru, a u slučajevima kada koštani džep seže do apeksa zuba govorimo o četvrtom stupnju. Zbog nepovratnih promjena u

parodontu navedena se stanja svrstavaju u apsolutne kontraindikacije te kao takva vrijedi za sve tipove krunica (5).

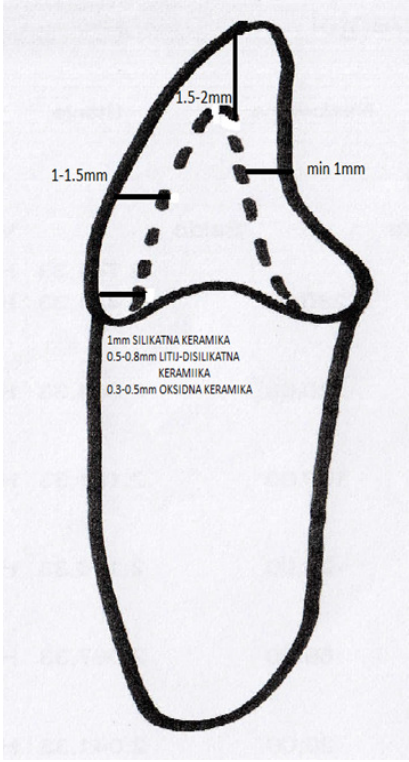
Izrada potpuno keramičkog nadomjeska CAD/CAM tehnologijom obuhvaća sljedeće faze:

- prvi pregled, anamneza, plan terapije,
- preparacija zuba ili kaviteta,
- intraoralni optički otisak te registriranje međučeljusnih odnosa; u slučajevima suradnje s dentalnim laboratorijem - konvencionalni otisak, izrada radnog modela, skeniranje radnog modela te registracija međučeljusnog odnosa,
- konstruiranje i oblikovanje protetičkog keramičkog nadomjeska u odgovarajućem računalnom programu,
- izrada (glodanje) keramičkog nadomjeska iz blokova odgovarajućeg keramičkog materijala do punog oblika ili glodanje samo jezgre (keramičke kapice),
- proba u pacijentovim ustima,
- ukoliko se izrađuje keramička kapica, nakon probe u ustima pacijenta slijedi nanošenje obložne keramike i oblikovanje nadomjeska do punog oblika (tehnika slojevanja), proba u ustima,
- završna obrada i glaziranje potpuno keramičkog nadomjeska,
- cementiranje nadomjeska.

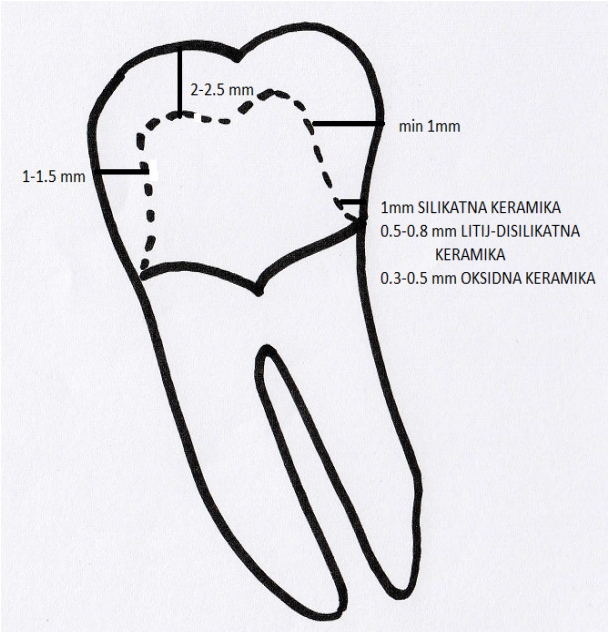
3.4.1. Preparacija zuba

Brušenje zuba za strojnu izradu krunice trebalo bi, kao i kod konvencionalne tehnologije izrade, zadovoljiti tri čimbenika (mehanički, biološki i estetski) te slijediti opća načela preparacije zuba. Kako je vidljivo na Slici 2. i Slici 3., vestibularna se ploha skraćuje prosječno 1 – 1,5 mm. To je količina zubnog tkiva koja se mora odstraniti kako bi bilo dovoljno mjesta za keramički materijal. Lingvalne i palatinalne plohe bruse se minimalno 1 mm. Jednako se zub skraćuje i na aproksimalnim plohama te se teži dobiti koničnost nasuprotnih stijenki od 4 do 6 stupnjeva. Zub se brusi na zaobljenu ili pravokutnu stepenicu ovisno o savojnoj čvrstoći keramike. Naime, za keramike savojne čvrstoće do 350 Mpa (glinične i neke staklo-keramike) koristi se pravokutna stepenica širine 1 mm dok se za nadomjeske izrađene od litij disilikatnih ili oksidnih keramika (savojna čvrstoća veća od 350 Mpa) zub brusi na zaobljenu stepenicu (5). Njezina širina ovisi o vrsti keramike koja će se

primijeniti; 0,5 – 0,8 mm za litij disilikatne i 0,5 mm za oksidne keramičke krunice (17). U vertikalnoj dimenziji prednji zub skraćujemo 1,5 – 2 mm dok se kod stražnjih zuba dopušta redukcija zubnog tkiva i 0,5 mm više. S obzirom na krhkost keramike i sklonost pucanju završnim poliranjem je neizmjerno važno sve oštre rubove i prijelaze među plohama brušenog zuba zaobliti kako bismo spriječili neželjene posljedice (5).

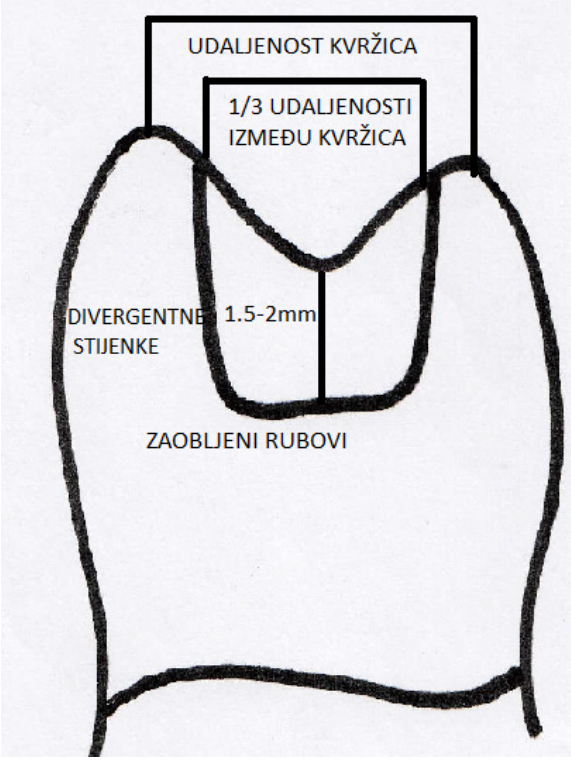


Slika 2. Preparacija prednjeg zuba za potpuno keramički nadomjestak



Slika 3. Preparacija stražnjeg zuba za potpuno keramički nadomjestak

Specifičnost preparacije zuba za izradu keramičkih inlaya prikazana je na Slici 4. Dubina preparacije trebala bi iznositi 1.5 – 2 mm dok njena širina iznosi približno 1/3 udaljenosti među kvržicama (18). Dno kaviteta mora biti ravno, stijenke divergiraju prema okluzalno, a svi rubovi kao i kod preparacija za krunice moraju biti zaobljeni (16,18). U slučaju keramičkih inlaya, linija kaviteta se ne zakošava kao kod preparacije za kovinski inlay.



Slika 4. Preparacija za keramički inlay

3.4.2. Optički otisak

Ovisno o korištenom sustavu postoje i različiti načini uzimanja otisaka. Princip rada in office sustava zasniva se na uzimanju otiska intraoralnom kamerom, izravno u ustima pacijenta. Kamera sadrži skener koji, kada se postavi iznad bataljka, emitira infracrvene zrake kroz leću i one padaju na zub koji želimo skenirati. Potom se vraćaju natrag u fotoreceptor te se upravo taj intenzitet reflektiranoga svjetla registrira kao napon koji se poslije pretvara u digitalnu formu (16).

Klinički postupak započinje pripremom kaviteta ili preparacijom cijele površine zuba ovisno o vrsti potpuno keramičkog nadomjeska, prskanjem kaviteta reflektirajućim sredstvom - prahom titanovog dioksida, kako bi se stijenke kaviteta vidjele što jasnije i detaljnije, iako u novijim sustavima to nije potrebno. Prah je važno nanositi pod kutem kako se ne bi stvorio predebeo sloj na dnu kaviteta koji bi kasnije otežao adaptaciju samog nadomjeska (16). Autori navode nanošenje praha na isprepariranu zub ili kavitet te susjedni zub i okolno meko tkivo kako bi se stvorila ravnomjerno reflektirajuća površina (19). Nakon pripreme kamera se postavlja iznad zuba te se pritiskom papučice na dnu aparata, pazeći da kamera ne dođe u dodir sa zubom, skenira bataljak, ostali zubi i meka tkiva. Na zaslonu računala prati se kvaliteta slike te se otpuštanjem papučice otisak smatra završenim.

U slučaju korištenja in lab sustava otisak u ordinaciji uzima se standardnim otisnim materijalima, elastomerima ili polieterima te se izliven u sadri radni model skenira u dentalnom laboratoriju. Moguće je uzeti klasičan otisak te njega skenirati optičkim čitačem ili pak objekt (nadomjestak) izmodelirati u vosku ili svjetlosno polimerizirajućem akrilatu te ga u toj fazi skenirati uz mogućnost virtualne korekcije (5).

Nakon skeniranja isprepariranog zuba ili kaviteta u odgovarajućem računalnom programu konstruira se i oblikuje protetički nadomjestak do željenog oblika i veličine.

3.4.3. Cementiranje potpuno keramičkog nadomjeska

Način cementiranja određen je vrstom keramike od koje se izrađuje nadomjestak. Od velike je važnosti odabir pravog načina s obzirom da može utjecati na izgled krunice, kao i na njezinu trajnost (5). Strojna keramika savojne čvrstoće veće od 350 Mpa (litij disilikatna, staklom infiltrirana oksidna keramika, polikristalinična oksidna keramika) može se cementirati i adhezivno i konvencionalnim cementima. Za razliku od nje keramika koja ima savojnu čvrstoću manju od navedenog (glinična keramika i neke staklokeramike) obavezno se cementira adhezivnim cementima. Keramika je krhka, ima sklonost pucanju te se takvim cementiranjem stvara monoblok zuba i krunice. Na taj način ojačava se sama keramika te se sile nastale žvakanjem prenose na zub (5).

Postupak adhezivnog cmentiranja započinje osiguravanjem suhog radnog polja. Pri cementiranju krunica visoke translucencije treba voditi računa o valjanom izboru boje

cementa kako se ne bi utjecalo na promjenu boje krunice. Također je potreban odgovarajući predtretman tvrdog zubnog tkiva i potpuno keramičkog nadomjeska. U većini slučajeva, ukoliko kiselina nije sadržana unutar adhezivnog sustava, caklina i dentin se jetkaju ortofosfornom kiselinom. Potom se nanosi adhezijski sustav pri čemu se preporuča ne osvijeliti ga prije postavljanja nadomjeska kako bi se sloj adheziva bolje povezao s cementom (20). Potrebno je, također, pripremiti keramički nadomjestak. Nakon čišćenja i odmašćivanja rada, keramika se jetka fluorovodičnom kiselinom. Ovaj korak ponovo ovisi o vrsti keramike. Naime, na keramike s visokim udjelom stakla nanosi se flurovodična kiselina u svrhu stvaranja mikropukotina koje će kasnije upotpuniti cement. Keramike s nižim udjelom stakla otporne su na djelovanje kiseline te se one, s istim ciljem, pjeskare česticama aluminijevog oksida. U postupku adhezijskog cementiranja, nakon postizanja hrapavosti površine, rad se silanizira te je kao takav spreman za cementiranje. Teško je dati standardnu uputu za postupak cementiranja jer različiti proizvođači cemenata zahtijevaju različit način rada. Stoga je važno pri radu pridržavati se uputa proizvođača materijala.

3.5. Materijali za strojnu izradu potpuno keramičkog nadomjeska

Za izradu protetičkih nadomjestaka CAD/CAM tehnologijom mogu se rabiti različiti materijali (5). Dijelimo ih na metale: titan i njegove legure, kao i kobalt-krom legure, koji su u uporabi najviše zbog njihove niže cijene, blokove polimernih i kompozitnih materijala, voštane blokove te na keramičke materijale (21).

Dentalna se keramika smatra najboljim estetskim materijalom u dentalnoj medicini (5) te se upravo estetika navodi kao njezina glavna prednost. Također, izrazito važno svojstvo keramike je biokompatibilnost u čemu je u prednosti pred radovima od metal-keramike. Otpornija je na trošenje u odnosu na ostale materijale te ima visoku tvrdoću i čvrstoću.

S druge strane, s obzirom na to da je krhka i da na opterećenje reagira lomom, a ne deformacijom, tražili su se načini za njezino očvršćenje kako bi se mogla primijeniti i u stražnjim dijelovima zubnog luka. Ojačanje se postiže uključivanjem određene vrste, veličine i količine kristala, zamjenom malih iona alkalnih metala većima i transformacijom koja se postiže određenim naprezanjima (5).

Uporaba keramike indicirana je u sljedećim slučajevima: izrada krunica, mostova, ljuskica, neizravnih restauracija (inlay, onlay, overlay), kao i suprastruktura na implantatima (17) .

Postoje razne podjele dentalne keramike, no vrlo je obuhvatna podjela keramičkih materijala na temelju kemijskog sastava te prema tehnološkom postupku koji je dijeli na keramiku izrađenu u laboratoriju i strojno obradivu keramiku.
Prema kemijskom sastavu dijeli se na dvije velike skupine: silikatne i oksidne keramike. U silikatnu keramiku spadaju glinična i staklokeramika, dok su aluminij oksidna i cirkonij oksidna keramika podvrste oksidne keramike.

Prva od navedenih, glinična keramika, konvencionalna je keramika koja se najčešće koristi za izradu ljuskica, inlaya kao i krunica u prednjem segmentu. Često je u svrhu poboljšanja svojstava i očvršćenja ojačana leucitnim kristalima. Druga vrsta silikatne keramike polikristalni je materijal, nastala kontroliranom kristalizacijom stakla. Sastoji se od kristala i amorfne staklene matrice. Može se podijeliti na staklokeramiku ojačanu leucitima (IPS Empress), litij disilikatnu (IPS Empress 2, eMax) te fluoroapatitnu koja se često koristi kao obložna. Zbog svoje velike stabilnosti litij disilikatni blokovi zauzimaju važnu ulogu u izradi krunica na prednjim i stražnjim zubima. S obzirom da čvrstoća može biti i veća od 350 MPa, njome je moguće izraditi i mostove manjeg raspona u frontalnom području do drugog premolara. Blokovi mogu biti monokromatski, u jednoj boji, ili polikromatski u kojima je jedna trećina bloka napravljena od tamnijeg temeljnog sloja, druga je neutralna kao monokromni blok, dok je zadnja translucentna te se najčešće koriste u sklopu chairside sustava (5). Bez obzira što se ovim materijalima postiže izvrsna estetika, biokompatibilnost i otpornost na trošenje, oni i dalje nisu dovoljno čvrsti kako bi mogli podnijeti žvačne sile u stražnjem segmentu zubnog luka. Za tu indikaciju rabe se polikristalinične oksidne keramike visoke čvrstoće, aluminij i cirkonij oksidne keramike (22).

Na tržištu postoje i gotovi blokovi aluminij oksidne keramike za strojnu obradu. Raspodjela čestica materijala dobivenog na ovaj način je ujednačenija, homogenost materijala bolja, a time su i čvrstoća, žilavost, gustoća i tvrdoća veće (5). Podvrste su aluminijske keramike, keramike infiltrirane staklom. Osnovno je obilježje ovih materijala da su blokovi relativno porozni i mekani te samim time i lako obradivi. Nakon obrade dobiva se kapica (jezgra) koja se u peći pod visokom temperaturom infiltrira staklom (najčešće lantanovim) u svrhu postizanja veće čvrstoće (5). Možemo ih podijeliti na keramiku ojačanu magnezijevim

oksidom (In Ceram Spinell) koja se zbog najveće translucencije koristi za izradu krunica na prednjim vitalnim zubima, zatim na keramiku ojačanu cirkonijevim oksidom (In Ceram Zirconia) koja se za razliku od prethodne preporuča koristiti i na avitalnim, potamnjelim zubima upravo zbog male translucencije kod izrade krunica i manjih mostova (do tri člana) na prednjim i stražnjim zubima te na keramiku ojačanu aluminijevim oksidom (In Ceram Alumina). Posljednja je pogodna za izradu krunica u svim segmentima i za mostove manjeg raspona u prednjem segmentu.

Keramika temeljena na cirkonijevom dioksidu jedina je vrsta keramike koja se zbog svoje izrazite čvrstoće može izrađivati samo strojnom tehnikom. Cirkonijev dioksid poznati je polimorf koji se pojavljuje u tri oblika: monoklinskom, kubnom i tetragonskom (21). Moguć je međusobni prelazak iz jednog u drugi oblik. Upravo se zato cirkonijev dioksid stabilizira oksidima, najčešće 3 – 5 % itrijevim oksidom. Tako nastaje itrijem stabiliziran cirkonijev dioksid, odnosno tetragonski cirkonijevi polikristali (Y-TZP – eng. Yttrium-stabilized tetragonal zirconia) (13). Važna karakteristika cirkonij oksidne keramike je transformacijsko očvršćenje cirkonijevog dioksida što mu daje mogućnost zaustavljanja širenja pukotine u materijalu. Pukotina uzrokuje vlačno naprezanje u materijalu što rezultira transformacijom tetragonskih kristala u monoklinske uz lokalno povećanje volumena za 3 do 4% te time izrazitim očvršćenjem materijala. Upravo to povećanje volumena uzrokuje promjenu sile vlačnog naprezanja u silu tlačnog naprezanja na vrhu pukotine što onda zaustavlja daljnju propagaciju pukotine (5,13,17).

Blokovi cirkonij oksidne keramike dolaze u dvije vrste (5). Prvi tip su potpuno sinterirani blokovi koji se nakon konstruiranja i oblikovanja protetičkog nadomjeska moraju samo glodati u CAM jedinici. Time je izbjegnuta dimenzijska promjena prilikom sinteriranja, a samim time je i bolji dosjed na bataljak, dok je, s druge strane, takav blok tvrđi, teže obradiv, a CAM jedinica (naročito freze kojima se keramički blok glođe) sklonija bržem trošenju. S druge su strane presinterirani blokovi koji se nakon obrade stavljaju u peć za sinteriranje. Tijekom postupka dolazi do dimenzijske promjene koja može iznositi i do 25% (čestice se zbijaju, materijal postaje gušći i čvršći, a zapremnina mu se smanjuje). Iz tog razloga na presinteriranim blokovima nalazi se tvornički kod koji se očitava prije samog frezanja i pomaže u kalkulaciji buduće promjene dimenzije i predimenzioniranju u računalnom programu na zadanu vrijednost (5).

Općenito se može reći kako se kod CAD/CAM tehnologije izrade potpuno keramičkih nadomjestaka iz bloka keramičkog materijala glođu kapice (jezgre) na koje se nakon probe u pacijentovim ustima nanosi odgovarajuća obložna keramika do punog oblika protetičkog nadomjeska ili se pak konstruirani protetički nadomjestak glođe iz bloka keramičkog materijala do punog oblika te se završno prije cementiranja samo boji i glazira.

Primjer keramičkog bloka za strojnu obradu prikazan je na Slici 5.



Slika 5. Keramički blok za strojnu izradu

3.6. Primjeri CAD/CAM sustava

Brzi razvoj tehnologije na svim poljima društva vidi se i u razvoju i uvođenju novih CAD/CAM sustava u dentalnoj medicini što potvrđuju podaci iz literature (11, 14, 22, 23). U ovom poglavlju opisat će se neki od njih s naglaskom na raznolike mogućnosti sustava, način skeniranja te obrade materijala odnosno same izrade protetičkih nadomjestaka.

Cerec sustav pojavljuje se na tržištu 1987. godine (11), kao CEREC 1 sustav koji kombinira intraoralni skener i jedinicu za glodanje unutar istog sustava, a začetnikom se smatra već spomenuti dr. Moerman. Sustav se sastoji od velikih brusnih kotača te iz tog razloga nije u mogućnosti precizno oblikovati okluzalnu plohu protetičkog nadomjeska. Zbog tog nedostatka javlja se potreba za razvojem novih sustava dok se sam CEREC 1 koristi za izradu jednostavnih inlaya (23).

Nedugo nakon određenih tehnoloških unaprjeđenja (1983.) razvija se CEREC 2 sustav. On ima dijamantno cilindrično brusno sredstvo te se time proširuje mogućnost rada sa spomenutim CAD/CAM sustavom i na izradu djelomičnih i potpunih keramičkih krunica (24).

Daljnjim razvojem sustava na tržištu se pojavljuje treća verzija, CEREC 3, koja sada može sadržavati računalni program i glodalicu kao dvije međusobno odvojene jedinice. Prednosti u odnosu na prethodni sustav su mogućnost 3D snimanja željenog zuba ili preparacije, mogućnost dizajniranja protetičkog nadomjeska te odvojena jedinica za glodanje (12). Nadalje, sustav ima mogućnost automatskog oblikovanja okluzalne plohe nadomjeska. Uz pomoć automatiziranih alata za oblikovanje okluzalnih površina uspostavlja se točan i precizan odnos prema zubima antagonistima. Također sustav sam prepoznaje rub preparacije te omogućuje pregled, provjeru ili promjenu pojedinih detalja u svrhu postizanja što preciznijeg rubnog dosjeda nadomjeska (23). Na temelju spomenutih prednosti u odnosu na prethodne sustave, ovaj se sustav još naziva i CEREC 3D sustav te su indikacije proširene na izradu mostova do četiri člana (14). U literaturi se sustav može naći i pod nazivom „The Self adjusting crown“ sustav (SAC). U tome je nazivu upravo sadržana mogućnost oblikovanja morfologije zuba u odnosu na međučeljusni registrat, ali i činjenica da je takva automatska mogućnost izvediva samo kod nadomjestaka kojima se restaurira manji segment okluzije, odnosno kod izrade krunica (25).

Bez obzira što se razvojem CEREC sustava utjelovljuje chairside sustav izrade protetičkih nadomjestaka, CEREC ima i svoju inačicu laboratorijske izrade radova, CEREC inLab. Kako je već objašnjeno, sustav podrazumijeva i rad u dentalnom laboratoriju, a glavna je razlika u načinu uzimanja otiska koji započinje konvencionalnom metodom te se izliveni otisak (sadreni radni model) skenira te tako digitalizira u dentalnom laboratoriju.

Posljednih godina razvijaju se CEREC 4 i CEREC 4.5 sustavi koji sa sobom nose mogućnost snimanja cijelog zubnog luka (14).

Procera sustav, predstavljen djelovanjem dr. Andresona, prvi je sustav koji pruža mogućnost vanjske izrade radova posredstvom internetske povezanosti (14). Na temelju toga, prema podjeli CAD/CAM sustava u odnosu na metodu izrade krunica, sustav svrstavamo u treću kategoriju – kategoriju centralizirane izrade protetičkih nadomjestaka u proizvodnim centrima. Klinički se skenerom prvo prikupe informacije o bataljku ili ispreparirranom kavitetu te se temeljem prikupljenih podataka dobiva 3D slika skenirane površine u odgovarajućem računalnom programu. Podaci se, zatim, putem internetske veze šalju u velike proizvodne centre gdje se već opisanim postupkom izrađuju protetički nadomjesci (14). Radovi su napravljeni od aluminij oksidne ili cirkonij oksidne keramike te se prvotno izrađuju u predimenzioniranom obliku kako bi se nadoknadilo skupljanje keramike koje nastaje naknadnim postupkom sinteriranja (22). Završno, nadomjesci se šalju natrag u dentalni laboratorij na završnu obradu (11).

Celay sustav razvio je dr. Stefan I. Eidenberg u Švicarskoj. Sustav se temelji na modelaciji budućeg protetičkog nadomjeska u vosku na radnom modelu koji se potom stavlja u priključnu jedinicu sustava (11). Sustav ima mogućnost pantografskog pamćenja izmodeliranog voštanog nadomjeska te na temelju takvih informacija glodalica izrađuje nadomjestak iz presinteriranih keramičkih blokova (23).

Lava sustav pojavio se 2008. godine na tržištu. Sastoji se od pokretnih kolica, zaslona na dodir i skenera s intraoralnom kamerom koja sadrži sustav leća i LED (engl. Light Emitting Diode) svjetleće diode. Nakon završenog skeniranja, isključenjem softvera, informacije se putem internetske veze šalju u laboratorij gdje se nadomjestak izrađuje (11). Sustav sadrži 8 mogućih boja keramike s ciljem postizanja što bolje estetike budućih protetičkih nadomjestaka (22).

Posljednjih se godina CAD/CAM sustavi koriste također za izradu djelomičnih i potpunih mobilnih proteza. Prepreka toj izradi u samim počecima bila je nemogućnost snimanja i skeniranja mekih tkiva usne šupljine. Daljnjim je razvojem omogućeno otiskivanje konvencionalnom metodom kojom se dobro prikaže granica buduće proteze te skeniranjem samog otiska, pohranjivanje digitalnih podataka u 3D obliku te izrada proteze u glodalici (12). Napretkom struke te sve većom uporabom implantata u literaturi se navodi i primjena CAD/CAM tehnologije u izradi proteza nošenih implantatima, kao i maksilofacijalnih proteza (12).

4. RASPRAVA

Razvoj i unaprjeđenje CAD/CAM tehnologije odražava se pozitivno na razvoj dentalne medicine. Prikazom brojnih inačica CAD/CAM sustava u ovom radu vidljivo je kako postoji sve veća potreba za istim jer sama tehnologija i njena primjena u praksi donose brojne prednosti. Razvoj novih estetskih materijala (13) zadovoljava težnje i želje pacijenata koji dolaze sa sve većim estetskim i funkcionalnim zahtjevima. Unaprijeđena je i kvaliteta izrađenih protetičkih nadomjestaka, kao i njihova trajnost (10,12). No, kako napreduje razvoj dentalnog turizma u Hrvatskoj s ograničenim vremenom potrebnim za protetičku rehabilitaciju pacijenata, povećana je i potreba za što bržom izradom protetičkih nadomjestaka. Primjenom CAD/CAM tehnologije, posebice in office sustava, smanjena je potreba za uključivanjem dentalnog laboratorija u izradu nadomjeska, smanjena mogućnost ljudske pogreške te samim time smanjeno i vrijeme potrebno za izradu planiranog protetičkog nadomjeska (5,10).

Za potrebe strojne izrade protetičkih nadomjestaka CAD/CAM tehnologijom otisak je moguće uzeti skeniranjem intraoralnom kamerom izravno u ustima pacijenta, kao i skeniranjem konvencionalno uzetog otiska ili već izlivenog radnog modela. U literaturi se navode prednosti optičkog intraoralnog otiska u odnosu na konvencionalni otisak. Naime, provedeno je 2013. godine istraživanje među studentima druge godine dentalne medicine na Sveučilištu u Bostonu prilikom kojega su uspoređivali digitalni i konvencionalni otisak. Zaključeno je kako je digitalni intraoralni otisak učinkovitiji; za uzimanje konvencionalnog potrebno je više vremena tijekom rada uključujući i vrijeme potrebno za ponavljanje otiska u slučaju pogreške te su ga i sami ispitanici ocijenili kao težu metodu otiskivanja. Čak 60% ispitanih studenata odlučilo bi se za digitalni otisak, 33% za obje metode dok bi samo 7% ispitanih izabralo konvencionalnu metodu otiskivanja (26). Nadalje, in vivo istraživanje iz 2017. također uspoređuje navedena dva otiska s ciljem utvrđivanja preciznosti digitalnog intraoralnog u odnosu na konvencionalni otisak. Korištene su dvije vrste digitalnog intraoralnog otiska i otisak ireverzibilnim hidroloidom (alginatom) kao konvencionalna metoda otiskivanja. Zaključeno je kako otisak uzet ireverzibilnim hidrokoloidom ima najmanju preciznost, odnosno pokazana je statistički značajna prednost obiju vrsta digitalnog intraoralnog otiska u odnosu na konvencionalni (27). Još jedna od važnih prednosti digitalnog otiska je upravo u tome što sama tehnika ne ovisi toliko o iskustvu samog liječnika (28), kao što je slučaj sa konvencionalnom metodom otiskivanja.

Da Costa i sur. (19) također su međusobno uspoređivali metodu otiskivanja intraoralnim skenerom i metodu ekstraoralnog skeniranja, međutim nisu dobivene statistički značajne razlike između testiranih metoda skeniranja (19).

Osim brojnih prednosti CAD/CAM tehnologije potrebno je spomenuti i nedostatke samog sustava od kojih se najviše ističe upravo visoka cijena sustava, odnosno opreme u koju trebaju uložiti stomatološka ordinacija ili dentalni laboratorij. Također, od iznimne je važnosti edukacija stomatologa i tehničara koji moraju dobro poznavati sustav koji koriste kako bi izrada nadomjestaka bila što učinkovitija i preciznija.

Informiranost, odnosno neinformiranost stomatologa o CAD/CAM tehnologiji i njenoj primjeni u praksi pokazala se kao potencijalni problem u smislu većeg uvođenja i primjene CAD/CAM tehnologije u svakodnevni rad. Naime, u dostupnoj literaturi vrlo je malo podataka o zastupljenosti i primjeni CAD/CAM tehnologije u svijetu, kao i potpuni nedostatak istih za Hrvatsku. Iz tog razloga provedeno je istraživanje o informiranosti o primjeni CAD/CAM tehnologije u Hrvatskoj. Ispitanici su podijeljeni u skupine s obzirom na stupanj obrazovanja (studenti te diplomirani liječnici dentalne medicine), kao i s obzirom na mjesto obrazovanja (studij u Zagrebu u odnosu na studij u Rijeci i Splitu). Temeljem razultata i statističke analize zaključeno je kako je većina ispitanika čula za CAD/CAM tehnologiju (29). Studenti su o toj temi učili na fakultetu dok su se liječnici dentalne medicine dodatno informirali izvan fakultetske nastave, na kongresima i tečajevima (29). Većina ispitanika, također, navodi kako već koristi ili u budućnosti planira koristiti CAD/CAM tehnologiju (29). Bez obzira na to, analizom svih rezultata istraživanja očita je potreba za dodatnom informiranošću i edukacijom, kako studenata, tako i liječnika dentalne medicine. Rezultati sličnog istraživanja iz Velike Britanije provedenog među doktorima dentalne medicine ukazuju da većina ispitanika ne koristi CAD/CAM tehnologiju te kao glavne razloge navode visoku cijenu opreme i nedovoljnu tehnološku osviještenost (30). Većina ih ipak smatra kako CAD/CAM tehnologija donosi brojne prednosti i napredak samoj struci te su zainteresirani za uvođenje iste u svakodnevnu praksu.

Iako postoje nedostaci, činjenica je da se CAD/CAM tehnologija postupno vodi u protetiku dentalne medicine, posebice u posljednja dva desetljeća (22). Razvoj tehnologije prati i razvoj keramičkih materijala koji zbog svojih izvrsnih estetskih svojstava, biokompatibilnosti te dugotrajnosti, tvrdoće i čvrstoće postaju vodeći materijali za izradu protetičkih nadomjestaka. Stoga je omogućena izrada potpuno keramički nadomjestaka visoke kvalitete u skladu s

određenom indikacijom odnosno kliničkim slučajem. Litij disilikatni blokovi preporučuju se za izradu inlaya, onlaya, prednjih i stražnjih krunica te krunica nošenih implantatima i estetskih ljuskica (31) koje su danas zbog estetskih zahtjeva pacijenata sve više u upotrebi. Nadalje, keramika veće savojne čvrstoće - polikristalinična oksidna keramika koristi se za izradu mostova većih raspona, posebice nadomjesci od itrijem stabiliziranog cirkonijevog dioksida koji se odlikuje najvećom čvrstoćom među ostalim materijalima te kao takav ima veliku važnost općenito među materijalima koji se rabe u sustavima CAD/CAM tehnologije (5).

5. ZAKLJUČAK

Zbog sve većih estetskih i funkcijskih zahtjeva pacijenata javlja se potreba za razvojem i dodatnim unaprjeđenjem struke, a samim time i razvojem novih i modernijih tehnologija izrade protetičkih nadomjestaka. Stoga se u svakodnevnoj praksi pojavljuje CAD/CAM tehnologija – sustav digitalne izrade protetičkih nadomjestaka. Prednosti su CAD/CAM tehnologije kraći tijek izrade protetičkih nadomjestaka, preciznost nadomjestaka i njihov estetski izgled, smanjenje potrebe za dentalnim laboratorijem kao i smanjenje mogućnosti ljudske pogreške.

Razvoj CAD/CAM tehnologije u dentalnoj medicini za sobom povlači i razvoj keramičkih materijala pogodnih za strojnu obradu uz mogućnost postizanja vrhunske estetike, što je često glavni zahtjev pacijenata. Razvojem keramika veće savojne čvrstoće, kao i unaprjeđenjem njihove estetike, keramički materijali preuzimaju vodeću ulogu u dentalnoj protetici, odnosno postaju materijali dostupni za primjenu u svim kliničkim indikacijama. CAD/CAM tehnologija ima i određene nedostatke: visoka cijena sustava i njegove opreme; smanjena potreba za radom dentalnog laboratorija ponekad se može javiti i kao nedostatak s obzirom da u nekim kliničkim situacijama ne postoji stroj koji može zamijeniti ljudsku ruku i estetiku koju ona može postići; potreba dodatne edukacije liječnika dentalne medicine i ostalog zdravstvenog osoblja.

Unatoč nedostacima, a zahvaljujući svim prednostima koje CAD/CAM sustav pruža, ova tehnologija postupno se uvodi u svakodnevnu praksu. Na svakom je liječniku dentalne medicine da u skladu sa svojim mogućnostima, opremljenosti ordinacije te zahtjevima i mogućnostima pacijenata odluči o potencijalnom korištenju jednog od sustava u svrhu izrade što kvalitetnijih i dugotrajnih radova te zadovoljavanja zahtjeva pacijenata.

6. LITERATURA

1. American Dental Association. Glossary of Dental Clinical and Administrative Terms. [Internet]. Chicago: American Dental Association; 2018 [cited 2018 Aug 28] Available from: https://www.ada.org/en/publications/cdt/glossary-of-dental-clinical-and-administrative-ter
2. Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Klinička fiksna protetika: Ispitno štivo. Ćatović A, editor. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu; 1999. 299 p.
3. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske. Popis stanovništva, kućanstava i stanova 2011. [Internet]. Zagreb: Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske; 2011 [cited 2018 Aug 28]. Dostupno sa: http://www.dzs.hr/Hrv/censuses/census2011/censuslogo.htm.
4. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. Br Dent J. 2008; 204(9):505-11
5. Ćatović A, Komar D, Ćatić A. Klinička fiksna protetika I: Krunice. Zagreb: Medicinska naklada; 2015. 200 p.
6. Perić I. Otisni materijali i tehnike otiskivanja u fiksnoj protetici [diplomski rad]. Rijeka: Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci; 2011. 56 p.
7. Zelić M. Konvencionalno vs. adhezivno cementiranje fiksnoprotetskih nadomjestaka [diplomski rad]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2016. 58 p.
8. Vargas MA, Bergeron C, Diaz-Arnold A. Cementing all-ceramic restorations: recommendations for success. J Am Dent Assoc. 2011;142 Suppl 2:20-4.
9. Herrguth M, Wichmann M, Reich S. The aesthetics of all-ceramic veneered and monolithic CAD/CAM crowns. J Oral Rehab. 2005;32:747-52.
10. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD / CAM : current status and future perspectives from 20 years of experience. Dent Mater J. 2009; 28(1):44–56.
11. Zarina R, Jaini JL, Raj RS. Evolution of the Software and Hardware in CAD/CAM Systems used in Dentistry. Int J Prev Clin Dent Res. 2017;4(3):1-8.
12. Aeran H, Kumar V, Seth J, Sharma A. Computer aided designing-computer aided milling in prosthodontics: a promising technology fot future. IJSS Case Report & Reviews. 2014;1:23-7.
13. Živko-Babić J, Carek A, Jakovac M. Zirconium Oxide Ceramics in Prosthodontics. Acta Stomatol Croat. 2005;39(1):25–8.

14. Abdullah A, Muhammed FK, Zheng B, Liu Y. An Overview of Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM) in Restorative Dentistry. J Dent Mater Tech. 2018;7(1):1-10.
15. Fasbinder DJ. CAD-CAM. Inside Dentristy [Internet]. 2011 [cited 2018 Aug 8];7(7):1. Available from: https://www.dentalaegis.com/id/2011/08/2011-technology-update-computer-assisted-design-computer-assisted-machining
16. Glavina D, Škrinjarić I. Novi postupak za izradbu keramičkih ispuna: CAD/CAM sustav tehnologija 21. Stoljeća. Acta Stomatol Croat. 2001;35(1):43-50.
17. Mehulić K. Keramički materijali u stomatološkoj protetici. Zagreb: Školska knjiga; 2010. 114.
18. Thompson MC, Thompson KM, Swain M. The all-ceramic, inlay supported fixed partial denture. Part 1.Ceramic inlay preparation design: a literature review. Aust Dent J. 2010;55(2):120-7.
19. da Costa JB, Pelogia F, Hagedorn B, Ferracane JL. Evaluation of different methods of optical impression making on the marginal gap of onlays created with CEREC 3D. Oper Dent. 2010;35(3):324-9.
20. Coelho Santos MJ, Navarro MF, Tam L, McComb D. The effect of dentin adhesive and cure mode on film thickness and microtensile bond strength to dentin in indirect restorations. Oper Dent. 2005;30(1):50-7.
21. Dentsply Sirona [Internet]. York: Dentsply Sirona; 2018 [cited 2018 Aug 28]. Available from: https://www.dentsplysirona.com/en-us/products/prosthetics/cad-cam/materials.html
22. Liu PR. A panorama of dental CAD/CAM restorative systems. Compend Contin Educ Dent. 2005;26(7):507-8.
23. Usha G, Prashanth TR, Roopa RN, Yashwanth G, Murtuza. Advanced ceramics; A review of material science. J Dent Sci. 2014;5(2):5-11
24. Mörmann WH. The evolution of the CEREC system. J Am Dent Assoc. 2006;137 Suppl 1:7-13.
25. Reich S, Wichmann M, Bürgel P. The self-adjusting crown (SAC). Int J Comput Dent. 2005;8(1):47-58.
26. Lee SJ, Gallucci GO. Digital vs. conventional implant impressions: efficiency outcomes. Clin Oral Implants Res. 2013;24(1):111-5.

27. Zimmermann M, Koller C, Rumetsch M, Ender A, Mehl A. Precision of guided scanning procedures for full-arch digital impressions in vivo. J Orofac Orthop. 2017;78(6):466-71.
28. Kamimura E, Tanaka S, Takaba M, Tachi K, Baba K. In vivo evaluation of inter-operator reproducibility of digital dental and conventional impression techniques. PLoS One. [Internet] 2017 [cited 2018 Aug 28];12(6):[about 12 p.]. Available from: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179188
29. Maltar M. Informiranost o primjeni CAD/CAM tehnologije u stomatološkoj protetici [diplomski rad]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2018. 49p.
30. Tran D, Nesbit M, Petridis H. Survey of UK dentists regarding the use of CAD/CAM technology. Br Dent J. 2016;221(10):639-44.
31. Miyazaki T, Hotta Y. CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. Aust Dent J. 2011;56(1):97-106.

7. ŽIVOTOPIS

Lucija Miloš rođena je 20. 06. 1994. godine u Zagrebu. Nakon završene Osnovne škole Brestje upisuje VII. gimnaziju u Zagrebu koju završava 2012. godine. Iste godine upisuje Stomatološki fakultet na Sveučilištu u Zagrebu. Tijekom studija, dvije godine bila je demonstrator na Zavodu za endodonciju i restaurativnu stomatologiju kao i godinu dana na Zavodu za dentalnu antropologiju. Sudjelovala je na projektima za djecu „Zubić vila“ i „Zubomobil“ te volontirala na dječjem ljetnom kampu u Bronxu u New Yorku. Također je bila aktivna članica pjevačkog zbora Stomatološkog fakulteta Z(u)bor, za što 2018. godine dobiva Rektorovu nagradu.