

Novi postupak za izradbu keramičkih ispuna: CAD/CIM sustav tehnologija 21. stoljeća

Domagoj Glavina
Ilija Škrinjarčić

Zavod za pedodonciju
Stomatološki fakultet
Sveučilišta u Zagrebu

Sažetak

Postupak CAD/CIM primjenjuje se u stomatologiji od godine 1996. U radu je prikazan razvoj postupka i njegove mogućnosti. Prikazan je postupak primjene i izradbe ispuna i faseta. Istaknute su prednosti i nedostaci u usporedbi s postojećim konvencionalnim postupcima. Među glavne prednosti metode spadaju izradba ispuna i faseta u jednom posjetu ordinaciji, ne zahtijeva rad tehničara u laboratoriju, standardizirana je kakvoća izrađenih ispuna i faseta itd. Prikazane su faze izradbe inleja i njegov konačni izgled u ustima. Zaključno je istaknuto da postupak pruža mogućnost brže i jednostavnije izradbe inleja s kakvoćom usporedivom s laboratorijski izrađenim inlejima. Daljnja su istraživanja potrebna kako bi se riješila problematika širine rubne pukotine i uporaba najboljih materijala za cementiranje ispuna te postiglo što bolje kliničko ponašanje ispuna i faseta izrađenih CAD/CIM tehnologijom. Klinički rezultati pokazuju da ovaj tehnološki postupak ima dobru budućnost primjene u suvremenoj stomatološkoj praksi.

Ključne riječi: CAD/CIM tehnologija, Cerec, keramički inlej.

Acta Stomat Croat
2001; 43-51

IZVORNI ZNANSTVENI
RAD
Primljeno: 15. travnja 2000.

Adresa za dopisivanje:

Dr. sc. Domagoj Glavina
Zavod za pedodonciju
Stomatološki fakultet
Gundulićeva 5, 10000 Zagreb

Uvod

Problem estetske rekonstrukcije tvrdih zubnih tkiva već dugo postoji u stomatologiji, ne samo u nadomještanju zubnih tkiva destruiranih karijesom već i u zbrinjavanju traumatskih ozljeda, endogenih i egzogenih diskoloracija, hipoplastičnih defekata tvrdih zubnih tkiva, poremećaja oblika i veličine zuba, te drugih malformacija. U tu se svrhu, osim klasičnih kompozitnih ispuna, dogradnji i inleja, upotrebljava i laboratorijski izrađeni kompozitni i keramički inleji, te fasete (1).

CAD/CAM (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacture) sustav ulazi u stomatologiju godine 1989. nastankom uređaja CEREC (CEramic REConstruction) za izradbu inleja, onleja i labijal-

nih faseta u ordinaciji tijekom jednog posjeta. Pritom se ne provodi klasičan otisni postupak već postupak optičkog "otiska" i terapeutove vlastite procjene oblika i veličine inleja, onleja ili fasete. Razvitkom tehnološkog postupka postignuta je potpuna integracija svih faza izradbe, te taj sustav godine 1996. postaje CAD/CIM (Computer Aided Design / Computer Integrated Manufacturing) (2, 3, 4).

Prednosti postupka u njegovoj su jednostavnosti: nije potreban laboratorij, nema klasičnog otisnog postupka (može se ponavljati po želji), velika je brzina izradbe (moguće je izraditi nekoliko faseta u jednom posjetu), a cijena je prihvatljiva (nema troškova laboratorija, ušteda vremena) uz jednaku ili višu kakvoću izrađenog nadomjestka (3, 5, 6, 7).

Nedostatci CAD/CAM sustava u prvom su redu u visokim troškovima CEREC aparature i u ovladavanju tehnikom.

Prvi CAD/CAM aparat za izradbu faseta i inleja razvili su Mormann i Brandestini 1985. godine iako je i prije bilo takvih pokušaja (8-14). Taj se sustav osobito razvio godine 1986. kada ga je preuzela tvrtka Siemens. Od tada su razvijeni i materijali prikladni za Cerec sustav - Vita CEREC Mark I (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Njemačka), DICOR MGC (Dicor, De Trey Dentsply Int., Wiesbaden, Njemačka) u obliku porculanskih blokova koji su po fizikalnim svojstvima (tvrdoća) najsličniji caklini (15,16). Godine 1991. tvrtka Siemens poboljšala je računanje rubova površine kaviteta i marginalnoga ruba COS 2,0 programom za računalo (CEREC Operating System 2.0 software, Siemens, Bensheim, Njemačka) (17, 18, 19). Električna "E" turbina uvela se je u zamjenu za vodenu godine 1992. što je omogućilo 3-4 puta bolju kakvoću rezanja i tako točnije rubove faseta i inleja. Također je uveden i novi program za računalo CEREC 2,1 (CEREC Operating System 2.1 software, Siemens, Bensheim, Njemačka) (6, 20, 21). Novim programskim rješenjima uvedenim 1997. godine - C.O.S. 4,24 (CEREC Operating System 4.24 software, Siemens,

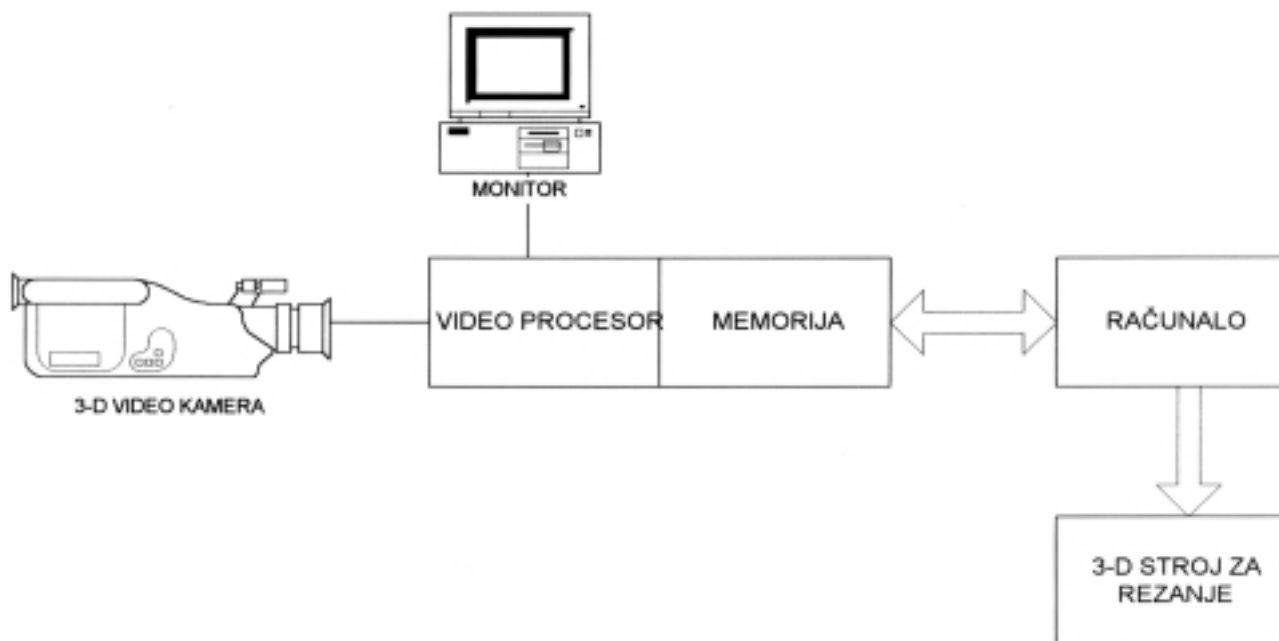
Bensheim, Njemačka) i CROWN 1,0 (CEREC Crown 1.0 software, Siemens, Bensheim, Njemačka) moguće je osim ispuna i faseta izraditi i keramičke krunice.

Cerec sustav za izradbu inleja, onleja i faseta sastoji se od sljedećih dijelova:

1. 3-D oralne videokamere,
2. monitora,
3. tastature,
4. pokazivača (engl: Track ball),
5. Računalnih programskih ključeva za oblikovanje fasete/inleja i
6. integrirane jedinice za rezanje.

Shematski CEREC sustav funkcionira na sljedeći način: oralna videokamera donosi sliku na zaslon monitora, tu se ona memorira i određuju se rubovi fasete/inleja, njih zatim računalo obradi i informaciju šalje u stroj za rezanje koji od keramičkoga bloka izrađuje fasetu/inleja (5, 6) (Slika 1).

Keramički blok nalazi se na metalnome nosaču, što omogućuje fiksaciju u komoru za rezanje. Reže se dijamantnim diskovima i brusilima uz istodobno hlađenje vodenim sprejem. Kako se keramički blok vrti oko svoje osi, tako se i dijamantni disk i brusilo vrte i transliraju gore i dolje oko keramičkoga



Slika 1. Shematski prikaz CEREC sustava

Figure 1. Schematic appearance of the Cerec system

bloka i pritom ga režu. Za rezanje jednoga keramičkog bloka u fasetu/inlejš potrebna je serija od oko 200-400 nareza (3). Kretanje dijamantnoga diska omogućuje električna vodilica (20, 22).

Načelo optičkog otiska

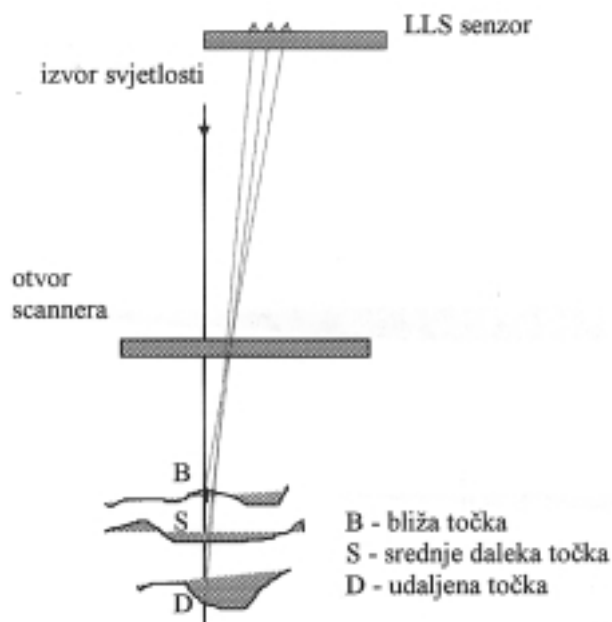
Optički otisak može se definirati kao način prenošenja slike prepariranoga kaviteta na monitor maloga računala (4). Postupak se izvodi tako da se mala videokamera s lećom širokom 1 cm i CCD (Charge Coupled Device) senzorom (Slika 2) s 256 x 256 pixela stavi iznad okluzalne površine kaviteta prepariranoga zuba (2, 4, 16, 23, 24).



Slika 2. Oralna kamera za uzimanje "optičkog otiska"
Figure 2. Oral camera for taking the "optical impression"

Kada se kamera postavi iznad prepariranoga zuba, skener emitira infracrvene zrake kroz leću a one prolaze kroz unutarnju rešetku koja se sastoji od usporednih linija. Uzorak svijetlih i tamnih linija koje padaju na površinu prepariranoga zuba reflektiraju se natrag na fotoreceptor. Intenzitet reflektiranoga svjetla registrira se kao napon koji se poslije pretvara u digitalnu formu (3, 5, 16, 24). Tamniji dijelovi prepariranoga zuba višega su napona, a svjetliji dijelovi nižega napona (5, 25). Ta se informacija poslije prenosi u računalo. Informacija o dubini kaviteta dobiva se distorzijom rešetke usporednih linija koja ovisi o dubini prepariranoga kaviteta (2, 5, 23). Načelo rada skenera temelji se na načelu aktivne triangulacije (postoji nekoliko optičkih kanala) i fenomenu paralakse koji

je uzročno povezan - zraka svjetlosti projicira se kroz otvor na površinu kaviteta i tako stvara tri osvijetljene točke (prema udaljenosti): bližu, srednju i udaljenu. Odbijena zraka svjetlosti prolazi kroz drugi otvor i stvara tri slike koje su odmaknute lateralno zbog efekta paralakse. Na taj se način može točno izračunati položaj svake pojedine točke u prostoru (2, 16, 26) (Slika 3).



Slika 3. Načelo rada skenera
Figure 3. Principle of the scanner operation

Modeliranje CEREC ispuna

Temelj za dizajniranje CEREC ispuna čini trodimenzionalna prezentacija podataka dobivenih skeniranjem (optičkim otiskom) gdje je dobivena veličina i vrijednost faze (napona) za svaku skeniranu točku (pixel). Ta je vrijednost izravno vezana za dubinu skenirane točke (kaviteta). Tako se na ekranu mogu prepoznati razna područja prepariranoga zuba s obzirom na dubinu: svjetlija područja označavaju elevirana područja, a tamnija područja sive boje dublja, podminirana područja (27).

Uporabom tako interpretiranih podataka trodimenzionalni dizajn može se izvesti u nekoliko slojeva koji označavaju *dno*, *ekvator* te *okluzalnu ravninu*:

Tijekom postupka dizajniranja inleja ili fasete prvo se označi dno kaviteta. Kada je dno označeno, program automatski snima lijevu i desnu stijenku od mezijalno prema distalno. Tako su sve površine inleja koje su u izravnom doticaju s kavitetom određene. Nastavlja se s određivanjem proksimalnih površina koje moraju biti u doticaju sa susjednim zubima. Kontaktna točka određuje se u ravnini ekvatora automatski. No ona se može pratiti u presjeku i po potrebi korigirati (27). Također je moguće visinu kontaktne točke povisiti ili pak sniziti (3, 5, 16, 27) (Tablica 1).

Tablica 1. Svojstva CEREC-1 i CEREC 2 aparata
Table 1. Characteristics of CEREC-1 and CEREC-2 system

Osobina / Characteristics	CEREC-1	CEREC-2
Image processing board		
Processor 50 MHz	Bez grafičkog procesora s CPU podrškom	S grafičkim procesorom s TI TMS 34010
RAM	128 KB RAM	0.5 MB RAM 1.75 MB RAM Video RAM
Display	Crno i bijelo	Crno i bijelo i u boji
Disk drive	1 MB neformatirani	4 MB neformatirani
CPU ploča	MC 68000 7 MHz 16 bit, 380 kb RAM	MC 68020 20 MHz 32 bit, 4 MB RAM i koprocesor

Materijali za izradbu CEREC ispuna

Cerec sustav za izradbu keramičkih ispuna predviđa upotrebu blokova keramike montiranih na metalni nosač iz kojega se faseta ili inleja izrađuju rezanjem (9, 14, 15, 28, 29).

Gotovi keramički blokovi imaju prednost prema dentalnoj keramici koja se priređuje u laboratoriju zbog svojih unificiranih, lako kontroliranih i standardiziranih svojstava. Oni nisu podložni dimenzijskim promjenama tijekom laboratorijske izradbe i pečenja, te su prilagođeni strojnoj obradi (30, 31, 32). Dimenzije blokova mogu biti različite, već prema veličini i obliku inleja ili fasete koja se izrađuje.

Vrsta keramičkoga materijala koja se najčešće primjenjuje u izradbi inleja i faseta CEREC metodom jest keramika izrađena od prirodnih minerala glinenaca (engl: feldspat) (32).

Indikacije za izradbu CEREC ispuna

Općenito, indikacije za izradbu CEREC faseta i inleja mogu se promatrati kao opće i specijalne. Pritom je potrebno uzeti u obzir i kontraindikacije (6, 7, 16, 29, 33, 34, 35).

Opće indikacije zahtijevaju sljedeće uvjete:

1. parodontno tkivo bez upale i eksudacije,
2. dobru oralnu higijenu,
3. supragingivnu preparaciju (budući da se rabi adhezivna tehnika cementiranja, rubovi preparacije moraju biti eksponirani zbog skeniranja CEREC kamerom),
4. preciznu i čistu preparaciju.

Specijalne indikacije za izradbu CEREC inleja i faseta jesu:

1. fraktura krune,
2. hipoplazija cakline,
3. korektura nakon ortodontske terapije,
4. kozmetičke korekture - diastema, smanjivanje interdentalnih prostora, elongacija krune zuba, diskoloracija,
5. erozije zubnih tkiva,
6. zamjena postojećih ispuna (kompozit, amalgam).

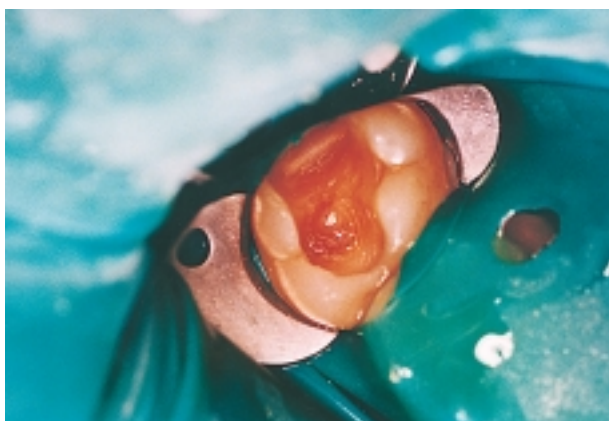
Među kontraindikacije mogu se ubrojiti:

1. loša oralna higijena s perzistirajućim gingivalnim upalnim promjenama,
2. stanje okluzalne traume - bruksizam, brukso-manija,
3. premalena površina za aplikaciju adhezivnog sustava za cementiranje,
4. devitalizirani zubi,
5. ograničenje samog CEREC sustava - nemogućnost izradbe fasete ili inleja većeg od 14 x 12 mm.

Preparacija kaviteta

Preparacija kaviteta prije nego što se uzme "optički otisak" temeljni je i najvažniji postupak. O njemu ovisi preciznost izradbe inleja ili fasete. Da bi "optički otisak" bio oštih rubova, jasan i precizan, potrebno je uzeti u obzir nekoliko posebnih pravila (Slika 4):

- kavitet treba imati ravno dno i okomite stijenke kaviteta,
- supragingivna preparacija, zbog potrebe adhezivne tehnike cementiranja,
- meziodistalni nagib unutarnjih stijenki kaviteta u cijeloj dužini kaviteta od 4 - 6°,
- okluzalna dubina preparacije treba biti najmanje 2 mm,
- širina preparacije na isthmusu treba biti 1/3 interkuspalnog raspona, a najmanje 2 mm,
- preparacija proksimalnog dijela kaviteta, tj. bukalne i oralne stijenke kaviteta od cerviksne stuba divergiraju od 4 - 7° prema okluzalno,
- kod preparacije fasete, debljina fasete mora biti najmanje 0,7 mm (3, 5, 15, 16, 29, 31, 36, 37).



Slika 4. Preparirani kavitet pripremljen za uzimanje otiska
Figure 4. Prepared cavity prior to the "optical impression"

Klinički postupak kod uzimanja optičkog otiska

Priprema

Da bi stijenke kaviteta što bolje reflektirale svjetlo, to jest da bi se na zaslonu što detaljnije i

jasnije vidjele, potrebno ih je prekriti reflektirajućim sredstvom. U tu se svrhu upotrebljava i CEREC tekućina (CEREC Liquid, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Njemačka) koja se kistom nanese na površinu kaviteta. Ona osigurava adheziju CEREC praha (CEREC Powder, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Njemačka) (reflektirajućeg) koji se nanese u aerosolu pod kutem (Slika 5), a ne izravno na dno kaviteta jer je sloj praha u tom slučaju predebeo i može utjecati na adaptaciju inleja ili fasete (2, 3, 4, 5, 6). Osim CEREC praha može se uporabiti i pripravak SCAN'WHITE (Dentaco, Bad Homburg, Njemačka) u obliku tekućine koji se kistom nanese po površini kaviteta. Nakon otiska i prah i tekućina mogu se lako ukloniti vodenim sprejem (38).



Slika 5. Kavitet prekriven titanovim dioksidom prije uzimanja "optičkog otiska"

Figure 5. Cavity coated with titanium dioxide powder prior to the "optical impression"

Uzimanje otiska

Nakon preparacije i pripreme kaviteta kamera se skine s nosača i prinese iznad kaviteta, te se pritisne papučica na dnu aparata. Prilagođavanje je potrebno raditi objema rukama pazeći pri tome da leća kamere ne bude u doticaju sa zubom, jer time se može oštetiti (ogrebotina) ili ukoliko dođe do kontakta s reflektirajućim prahom, čestice praha mogu utjecati na kvalitetu slike. Orijehtacija i kvaliteta slike neprestano se kontroliraju na zaslonu. Kada se prikaz kaviteta, s obzirom na preciznost slike, oštrinu, orijentaciju kaviteta, zadovoljavajuće uskladi, otpusti se papučica. Time je optički otisak "uzet" (2, 3, 5, 6, 15, 16, 23, 24, 26).

Modeliranje ispuna

U okviru za dijalog "Design mode" odabere se inlejš. Moguće je odabrati nekoliko modela dizajniranja: *ekstrapolaciju, korelaciju I i korelaciju II.*

Ekstrapolacija - dizajn uključuje nekoliko razina: dno kaviteta, proksimalnu kontaktnu liniju, kavopovršinski rub, marginalni rub i fisurnu liniju. Uvijek se počinje crtanjem linije dna kaviteta, a završetkom svake faze automatski se prelazi na novu. Kod izradbe onleja, gdje je potrebno nadoknaditi kvržice, moguće je odrediti visinu kvržica i dubinu fisura. Temelj za rekonstrukciju zubnih tkiva postojeći su podatci o zubu i linije koje se crtaju.

Korelacija I - odabire se onda kada ne postoji intaktna okluzalna morfologija već se ona modelira u plastičnome materijalu u ustima ili na modelu. Potrebno je uzeti dva optička otiska. Prvi je otisak prepariranoga kaviteta, a drugi otisak preparirane okluzalne površine (funkcijski optički otisak). Samo modeliranje inleja isto je kao kod programa ekstrapolacije.

Korelacija II - odabire se onda kada postoji prihvatljiva okluzalna morfologija (npr. stari ispun). Prvo se uzima otisak postojeće okluzalne morfologije (funkcionalni otisak), a zatim otisak prepariranoga kaviteta. Dizajniranje inleja isto je kao kod ekstrapolacije (2, 35, 39, 40).

Prigodom crtanja linije ekvatora (proksimalna linija) i visine i nagiba kvržica moguće je kontrolirati dizajn na okomitom i vodoravnom presjeku (prozorima) te provesti potrebne korekcije kontaktne točke i visine ili nagiba kvržica (2, 35, 39, 40).

Modeliranje fasete

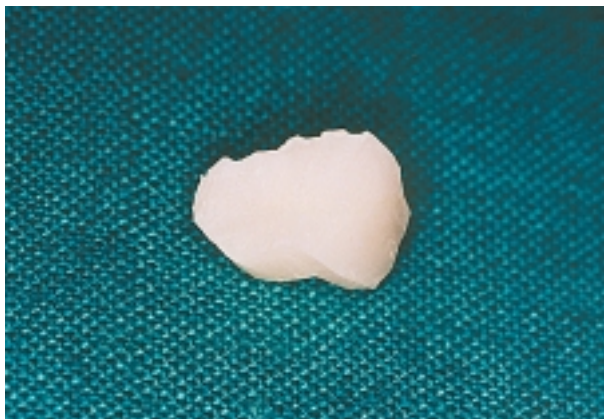
Pri modeliranju fasete moguće je odabrati nekoliko različitih modela dizajniranja:

- ekstenziju incizalnog ruba,
- lateralnu ekstenziju,
- konstrukciju incizalnoga kuta,
- slobodno oblikovanje površine

Sam dizajn sličan je dizajnu inleja. Najprije se nacrtava dno kaviteta, a zatim proksimalni kontakti

(kontaktna točka). Dalje se modelira ekstenzija ili incizalni rub, te površinska linija (engl: top line) (6, 37, 41, 42)

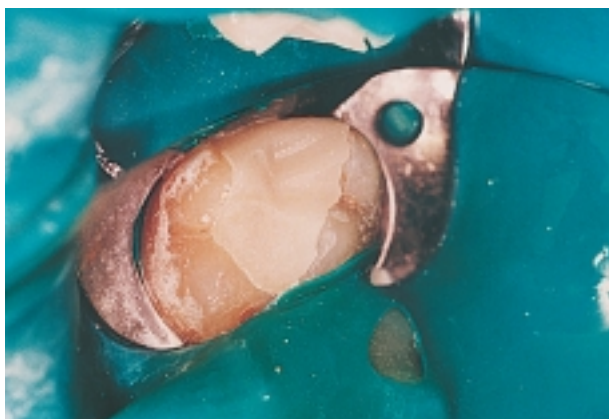
Nakon završenoga dizajniranja inleja ili fasete, u komoru za rezanje stavlja se keramički blok veličine koja je označena na zaslonu. Potrebno je također označiti funkciju dodatnoga rezanja. Njime se označava posebno rezanje donje strane inleja ili fasete koja naliježe na preparirani kavitet (5). Na zaslonu se vidi koliko je očekivano trajanje operacije rezanja. Nakon što je rezanje gotovo, inlejš ili faseta se izvadi iz komore za rezanje i iskuša na zubu (5) (Slike 6 a i b te Slika 7).



Slika 6a. Gotov CEREC keramički inlejš
Figure 6a. Fabricated Cerec ceramic inlay



Slika 6b. Gotov CEREC keramički inlejš
Figure 6b. Fabricated Cerec ceramic inlay



Slika 7. Proba gotova inleja u kavitetu
Figure 7. Fitting of the inlay into the cavity

Cementiranje inleja ili fasete

Cementiranje inleja ili fasete provodi se adhezivnom tehnikom. To uključuje pripremu cakline i dentina (engl. total etch) te aplikaciju adhezivnog sustava na površinu cakline i dentina. Površina keramičkog inleja ili fasete jetka se 5% hidrofluornom kiselinom (HF) ili amonijevim bifluoridom (5, 6, 7, 15, 16, 29, 31). Nakon jetkanja aplicira se silanski spoj (npr. Monobond S, Vivadent Schaan, Liechtenstein), te organska smola i polimerizira. Nanese se mikrohibridni kompozitni materijal za cementiranje (npr. Tetric, Vivadent, Schaan, Liechtenstein) i uz pomoć ultrazvučnog aparata inlej ili faseta postavi se u optimalan položaj. Višak materijala za cementiranje se ukloni i provede polimerizacija.



Slika 8. Definitivno cementirani inlej u kavitetu
Figure 8. Cementation of the inlay into the cavity

Fasete se obasjavaju prvo s palatinalne strane 60 sek., a nakon toga s bukalne strane 60 sek. Inlej se obasjava također sa svih strana 60 sek. da bi se poboljšala polimerizacija spojnoga sredstva.

Nakon polimerizacije inlej ili faseta obrade se dijamantnim svrdlima i poliraju raznim kombinacijama sredstava za poliranje - sof-lex diskovima, dijamantnim kamenčićima, čeličnim četkicama za poliranje keramike, pastama za poliranje keramike, gumicama itd. (5, 6, 7, 15, 16, 29, 31) (Slika 8).

Rasprava i zaključak

Izradba inleja Cerec sustavom bitno olakšava klinički postupak jer izbjegava klasični otisni postupak i rad laboratorija, te je u jednome posjetu moguće izraditi više inleja. Kakvoća izrađenih ispuna usporediva je s laboratorijskim inlejima. Provedene kliničke studije pokazuju intaktan rub inleja i nakon nekoliko godina (23, 43-48). Budući da ne postoji laboratorijska faza rada, kakvoća materijala ne ovisi o manipulaciji u laboratoriju već je ona standardizirana i znanih je mehaničkih i kemijskih svojstava (28, 30).

Mogućnost poliranja keramičkih materijala također je vrlo dobra, što znatno pridonosi estetskom efektu inleja. Sukladno kliničkim istraživanjima tolerancija periodontnih struktura vrlo je dobra, a zbog adhezivne tehnike cementiranja i male rubne pukotine koja je ispunjena kompozitnim materijalima iritacije pulpe i pojava sekundarnog karijesa vrlo su rijetki (16, 23, 43-48).

Mogućnost izradbe keramičkih ispuna CAD/CIM postupkom može znatno unaprijediti kliničku praksu: ubrzati i poboljšati klinički postupak i osigurati bolju kakvoću rada. Materijali koji se upotrebljavaju poznatih su i standardiziranih svojstava, biokompatibilni i daju se dobro polirati. Dalji razvoj te tehnologije i integriranje izradbe keramičkih krunica obećava dobru budućnost CAD/CIM tehnologiji.

Literatura

1. JEDYNAKIEWICZ NM, MARTIN N. CAD/CAM Technology in restorative dentistry. J Dent Res 1992; 71:1.
2. MORMANN W, BRANDESTINI M. The fundamental inventive principles of CEREC CAD/CIM and other CAD/CAM methods. In CAD/CIM in Aesthetic Dentistry - CEREC 10 year anniversary symposium. Ed. Mormann WH Quintessence Publishing Co Berlin 1996; 81.

3. LEINFELDER KF, ISENBERG BP, ESSIG ME. A new method for generating ceramic restorations: a CAD - CAM system. *J Am Dent Assoc* 1989; 118: 703-7.
4. MORMANN WH, BINDL A. The new creativity in ceramic restorations. *Dental CAD/CIM*. Quintessence Int 1996; 27:821-8.
5. MORMANN W H, BRANDESTINI M, LUTZ F, BARBAKOW F. Chairside computer - aided direct ceramic inlays. *Quintessence Int* 1989; 20(5): 329-39.
6. WIEDHAHN K J. Cerec - Veneers in der Praxis. *Quintessenz* 1995; 46(22): 23-43.
7. SIERVO S, PAMPALONE A, VALENTI G, BANDETTINI B, SIERVO R. Porcelain CAD - CAM veneers - some new uses explored. *J Am Dent Assoc* 1992; 123: 63-7.
8. HEITLINGER P, RODDER F. Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. *De Patent No. 25911*, 1979.
9. MORMANN WH, BRANDESTINI M. Verfahren zur Herstellung Medizinischer und Zahntechnischer Alloplastischer, Endo und Exoprothetischer Passkörper. *European patent No. 0 0054 785*, 1985.
10. WILLIAMS AG. The Switzerland and Minnesota developments in CAD/CAM. *J Dent Pract Adm* 1987; 4:50-4.
11. REKOW D. Computer aided design and manufacturing in dentistry: a review of the state of the art. *J Prosthet Dent* 1987; 58:512-6.
12. MOERMANN W, JANS H, BRANDESTINI M, FERRU A, LUTZ F. Computer machine adhesive porcelain inlays: margin adaptation after fatigue stress. *J Dent Res* 1986; 65: 762.
13. MORMANN W, BRANDESTINI M. Method and apparatus for the fabrication of custom-shaped implants. *US patent No. 5 575 805*, 1986.
14. MORMANN WH, BRANDESTINI M. Blank from which a dental implant can be machined, and a method of making the blank. *United States Patent No 4 615 678*, October 7, 1986.
15. DAVID SB, LOPRESTI JT. Tooth colored posterior restorations using Cerec method (CAD/CAM) generated Ceramic inlays. *Compend Contin Educ Dent* 1995; XV(6): 803-10.
16. GLAVINA D. Analiza marginalne adaptacije i površine CEREC keramičkih ispuna i faseta. Sveučilište u Zagrebu 1998. Disertacija.
17. WIEDHAHN K. Die neue CEREC - Software 2.0. *ZMK* 1991; 2.
18. SALIGER G, PAULUS W, ORTH U, STEIN G, LIEBALD I, PFEIFER. COS 2.0 - From the optical impression to the inlay. *Proceedings of the international symposium on computer restorations*. Quintessence Verlag 1991: 503-510.
19. INOKOSHI S, VAN MEERBEEK B, WILLEMS G, LAMBRECHTS P, BRAEM M, VANHERLE G. Marginal accuracy of CAD/CAM inlays made with the original and the update software. *J Dent* 1992; 20:171-177.
20. MORMANN WH, FURRER O. Efficiency of an electric drive in the CEREC CAD/CAM unit. *J Dent Res* 1992; 72:516(Abst 3).
21. ARNETZL G, BRATSCHKO RO, HAAS M, WEGSCHEIDER W. CEREC-Computer -Rekonstruktion. Die Software COS 2.0 und 2.1 - Beschreibung und Erfahrung mit der neuen Generation der CEREC - Software. *Z Stomatol* 1992; 89(6):333-9.
22. FEHER A, MORMANN WH, LUTZ F. Effizienz von Cerec CAD-CAM Schleifscheiben. *Kurtzfassungen der Internationales Symposium für Computerrestorationen*. Zahnärztliches Institut der Universität Zürich 1991; poster 20.
23. SJOGREN G, BERGMAN M, MOLIN M, BESSING C. A clinical examination of ceramic (Cerec) inlays. *Acta Odontol Scand* 1992; 50:171-8.
24. MORMANN W, BRANDESTINI M. Die Cerec Computer Reconstruction. *Inlays, Onlays und Veneers*. Berlin: Quintessenz Verlag-GmbH, 1989.
25. SALIGER G, PAULUS W, ORTH U, STEIN G, LIEBALD I, PFEIFER J. C.O.S. 2.0 - Vom optischen Abdruck zum Inlay. *Kurtzfassungen der Internationales Symposium für Computerrestorationen*. Zahnärztliches Institut der Universität Zürich 1991; Poster 19.
26. MEHL A, GLOGER W, KUNZELMANN K-H, HICKEL R. Entwicklung eines neuen optischen Oberflächenmeßgerätes zur präzisen dreidimensionalen Zahnvermessung. *Dtsch Zahnärztl Z* 1996; 51(1):23-7.
27. HOFMANN N. Die Herstellung und Eingliederung von computergefrasteten Ceramic-Inlays. *ZWR* 1990; 99 Jahrgang : Juli.
28. RASMUSSEN ST, NGAJI-OKUMU W, BOENKE K, O'BRIEN WJ. Optimum particle size distribution for reduced sintering shrinkage of a dental porcelain. *Dent Mater* 1997; 13:43-50.
29. NATHASON D, RIIS DN, CATALDO GL, ASHAYERI N. CAD-CAM ceramic inlays and onlays: using an indirect technique. *J Am Dent Assoc* 1994; 125:421-7.
30. DATZMANN G. CEREC VITABLOCK MARK II machinable ceramic. In *CAD/CIM in Aesthetic Dentistry - CEREC 10 year anniversary symposium*. Ed. Mormann WH. Quintessence Publishing Co Berlin 1996; 205-15.
31. KREJCI I, LUTZ F, REIMER M. Wear of CAD/CAM ceramic inlays: Restorations, opposing cusp, and luting cements. *Quintessence Int* 1994; 25(3):199-207.
32. SIEBERT GK, NEUKIRCHEN S. Full ceramic restorations - a survey of different systems. In *CAD/CIM in Aesthetic Dentistry - CEREC 10 year anniversary symposium*. Ed. Mormann WH. Quintessence Publishing Co Berlin 1996; 73-80.
33. JEDYNAKIEWICZ NM, MARTIN N. Extending the clinical scope of the CEREC system. In *CAD/CIM in Aesthetic Dentistry - CEREC 10 year anniversary symposium*. Ed. Mormann WH Quintessence Publishing Co Berlin, 1996; 133-41.

34. MARTIN N, JEDYNAKIEWICZ NM. Optimising factors for extensive CEREC restorations. In CAD/CIM in Aesthetic Dentistry - CEREC 10 year anniversary symposium. Berlin: Mormann WH Quintessence Publishing Co, 1996; 153-60.
35. REISS B. CEREC practice integration. In CAD/CIM in Aesthetic Dentistry - CEREC 10 year anniversary symposium. Ed. Mormann WH Quintessence Publishing Co Berlin, 1996; 267-76.
36. JEDYNAKIEWICZ NM, MARTIN N. Procedures for multi-cusp restorations. In CAD/CIM in Aesthetic Dentistry - CEREC 10 year anniversary symposium. Ed. Mormann WH Quintessence Publishing Co Berlin, 1996; 143-51.
37. WIEDHAHN K. Covering the incisal edge with CEREC veneers. In CAD/CIM in Aesthetic Dentistry - CEREC 10 year anniversary symposium. Ed. Mormann WH Quintessence Publishing Co Berlin, 1996; 161-72.
38. HEMBREE Jr JH. Comparisons of fit of CAD/CAM restorations using three imaging surfaces. *Quintessence Int* 1995; 26(2):145-7.
39. MORMANN W, MATTIOLA A. Computer-generated occlusion of CEREC 2 inlays and overlays. In CAD/CIM in Aesthetic Dentistry - CEREC 10 year anniversary symposium. Ed. Mormann WH Quintessence Publishing Co Berlin 1996; 391-407.
40. DE NISCO S, MORMANN WH. Occlusal morphology of CEREC 2 inlays and overlays. In CAD/CIM in Aesthetic Dentistry - CEREC 10 year anniversary symposium. Ed. Mormann WH Quintessence Publishing Co Berlin, 1996; 369-89.
41. FRITZSCHE G. Using the correlation II program for designing veneers. In CAD/CIM in Aesthetic Dentistry - CEREC 10 year anniversary symposium. Ed. Mormann WH Quintessence Publishing Co Berlin 1996; 185-94.
42. WIEDHAHN K. Controlled individualization of CEREC veneers. In CAD/CIM in Aesthetic Dentistry - CEREC 10 year anniversary symposium. Ed. Mormann WH Quintessence Publishing Co Berlin, 1996; 173-84.
43. ISENBERG BP, ESSIG ME, LEINFELDER KF. Three-year clinical evaluation of CAD-CAM restorations. *J Esthet Dent* 1992; 4(5):173-6.
44. LIU PR, ISENBERG BP, LEINFELDER KF. Evaluating CAD-CAM generated ceramic veneers. *JADA* 1993; 124:59-63.
45. GLADYS S, VAN MEERBEEK B, INOKOSHI S, WILLEMS G, BRAEM M, LAMBRECHTS P, VAN-HERLE G. Clinical and semiquantitative marginal analysis of four tooth-coloured inlay systems at 3 years. *J Dent* 1995; 23(6):329-38.
46. SJÖGREN G, MOLIN M, VAN DIJKEN J, BERGMAN M. Ceramic inlays (Cerec) cemented with either a dual-cured or a chemically cured composite resin luting agent. *Acta Odontol Scand* 1995; 53:325-30.
47. ZUELLIG-SINGER R, BRYANT RW. Three years evaluation of computer-machined ceramic inlays: Influence of luting agent. *Quintessence Int* 1998; 29:573-82.
48. HAAS M, ARNETZL G, PERTL C, POLANSKY R, SMETAN M. Cerec vs laboratory inlays. In CAD/CIM in Aesthetic Dentistry - CEREC 10 year anniversary symposium. Ed. Mormann WH, Quintessence Publishing Co Berlin 1996; 299-312.