



Preciznost optičkih metoda skeniranja Cerec[®] 3D sistema u postupku izrade keramičkih inleja

Accuracy of optical scanning methods of the Cerec[®] 3D system in the process of making ceramic inlays

Branka Trifković*, Aleksandar Todorović*, Vojkan Lazić*,
Miroslav Draganjac†, Nemanja Mirković†, Bojan Jokić‡

*Stomatološki fakultet, Klinika za stomatološku protetiku, Beograd, Srbija;

†Vojnomedicinska akademija, Klinika za stomatologiju, Beograd, Srbija;

‡Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, Srbija

Apstrakt

Uvod/Cilj. Jedan od rezultata dugogodišnjeg tehnološkog usavršavanja Cerec[®] 3D sistema jeste implementacija jednog intraoralnog i dva ekstraoralna metoda optičkog skeniranja koji se, u zavisnosti od postojeće indikacije, primenjuju u izradi fiksnih nadoknada. Cilj rada bio je da se utvrdi stepen preciznosti optičkih metoda skeniranja Cerec[®] 3D sistema u postupku izrade keramičkih inleja. **Metode.** Ispitivanje je sprovedeno u okviru tri eksperimentalne grupe inleja u čijoj izradi su primenjena tri postupka skeniranja Cerec[®] 3D sistema. Keramički inleji izrađeni konvencionalnom metodologijom predstavljali su kontrolnu grupu. Preciznost optičkih metoda skeniranja Cerec[®] 3D sistema ispitivana je indirektno, merenjem veličine rubnog zaptivanja između inleja i demarkacije preparacije pomoću skenirajućeg elektronskog mikroskopa (SEM). **Rezultati.** Istraživanjem je ustanovljeno da postoji razlika u preciznosti postojećih metoda skeniranja stomatoloških *Computer aided design-computer aided manufacturing* (CAD/CAM) tehnologija. Najviši stepen preciznosti pokazala je tehnika optičkog ekstraoralnog površinskog skeniranja. Vrednost rubnog zaptivanja inleja izrađenih primenom ove tehnike iznosila je $32,97 \pm 13,17 \mu$. Tehnike intraoralnog optičkog površinskog i ekstraoralnog tačkastog skeniranja pokazuju niži nivo preciznosti ($40,29 \pm 21,46 \mu$ za inleje intraoralnog optičkog površinskog i $99,67 \pm 37,25 \mu$ za inleje ekstraoralnog tačkastog skeniranja). **Zaključak.** Optičke metode skeniranja u stomatološkim CAD/CAM tehnologijama predstavljaju precizne metode prostorne digitalizacije modela; pri tom, najveću preciznost pruža primena ekstraoralnih optičkih metoda skeniranja.

Ključne reči:

zub, trajne nadoknade; porculan, stomatološki; stomatološki otisci, tehnike; osetljivost i specifičnost; tomografija, optička.

Abstract

Background/Aim. One of the results of many years of Cerec[®] 3D CAD/CAM system technological development is implementation of one intraoral and two extraoral optical scanning methods which, depending on the current indications, are applied in making fixed restorations. The aim of this study was to determine the degree of precision of optical scanning methods by the use of the Cerec[®] 3D CAD/CAM system in the process of making ceramic inlays. **Methods.** The study was conducted in three experimental groups of inlays prepared using the procedure of three methods of scanning Cerec[®] 3D system. Ceramic inlays made by conventional methodology were the control group. The accuracy of optical scanning methods of the Cerec[®] 3D system computer aided design-computer aided manufacturing (CAD/CAM) was indirectly examined by measuring a marginal gap size between inlays and demarcation preparation by scanning electron microscope (SEM). **Results.** The results of the study showed a difference in the accuracy of the existing methods of scanning dental CAD/CAM systems. The highest level of accuracy was achieved by the extraoral optical superficial scanning technique. The value of marginal gap size inlays made with the technique of extraoral optical superficial scanning was $32.97 \pm 13.17 \mu$. Techniques of intraoral optical superficial and extraoral point laser scanning showed a lower level of accuracy ($40.29 \pm 21.46 \mu$ for inlays of intraoral optical superficial scanning and $99.67 \pm 37.25 \mu$ for inlays of extraoral point laser scanning). **Conclusion.** Optical scanning methods in dental CAM/CAM technologies are precise methods of digitizing the spatial models; application of extraoral optical scanning methods provides the highest precision.

Key words:

denture, partial, fixed; metal ceramic alloys; dental casting technique; sensitivity and specificity; tomography, optical.

Uvod

Temelj savremene fiksne protetike predstavlja preciznost zubnih nadoknada¹. Trodimenzionalno skeniranje, kompjutersko dizajniranje i numerički upravljana izrada zubnih nadoknada predstavljaju značajna tehnološka dostignuća koja su doprinela povećanju njihove preciznosti.

Jedan od najvažnijih kriterijuma u kliničkoj i laboratorijskoj evaluaciji vrednosti fiksnih nadoknada jeste veličina marginalnog zjapa, odnosno kvalitet rubnog zaptivanja. U „lancu“ konvencionalne izrade fiksnih nadoknada tri najslabije karike koje utiču na njihovu preciznost jesu: postupak otiskivanja i manuelna izrada radnog modela i nadoknade. Analogno pomenutoj konstataciji, u dentalnoj *computer aided technics* (CAD/CAM) tehnologiji, na preciznost izrade utiču: prostorna digitalizacija, kompjutersko dizajniranje i mašinska izrada nadoknade. Nezavisno od primene konvencionalnih ili CAD/CAM postupaka, svaki segment rada ima svoju grešku. Nepreciznost završene nadoknade je veća ukoliko se greška javlja u ranijoj fazi njene izrade².

Kvalitet otisaka ima prvi i odlučujući uticaj na preciznost postupka izrade zubne nadoknade³. Trend u razvoju dentalne CAD/CAM tehnologije jeste da različite metode prostorne digitalizacije preparisanog zuba zamene njegovo konvencionalno otiskivanje. Nažalost, premeravanje gipsanog modela ili ređe otiska, još uvek predstavlja najčešću realnost^{4,5}.

Optičko skeniranje, dugogodišnja primena i neprestano usavršavanje tehničkih karakteristika predstavljaju neka od obeležja po kojima je prepoznatljiv Cerec[®]3D sistem. Početak razvoja sistema (1980–1985) obeležila je primena postupka intraoralnog optičkog skeniranja. Nekoliko godina kasnije na tržištu se pojavljuju dva optička ekstraoralna skenera: Cerec Scan (2000) koji u postupku skeniranja koristi laserske zrake i InEos skener (2005) koji koristi svetlosne zrake^{6,7}. Postavljaju se pitanja da li postoji i kolika je razlika u preciznosti postupaka optičkog skeniranja Cerec[®]3D sistema, kao i koji faktori utiču na preciznost.

Cerec[®]3D sistem ne pruža mogućnost da se podaci o skeniranom objektu dobiju u obliku „slobodne“ forme, što isključuje mogućnost da se preciznost skeniranih podataka ispita u nekom od softvera specijalne namene. Rukovodeći se precizno definisanom metodologijom istraživanja, preciznost optičkih metoda skeniranja primenom sistema Cerec[®]3D ispitivana je indirektno, merenjem veličine rubnog zaptivanja između inleja i demarkacije preparacije pomoću SEM (*scanning electron microscope*). Najčešći izvor grešaka u postupka trodimenzionalnog skeniranja predstavljaju kompleksne forme površina manuelno preparisanog zuba za čiju digitalizaciju je neophodna primena različitih mernih principa^{8,9}.

Polazeći od pomenutih karakteristika, definisana je radna hipoteza uz pretpostavku da postoji razlika u preciznosti keramičkih inleja izrađenih primenom tri različita postupka optičkog skeniranja Cerec[®]3D sistema. Na osnovu radne hipoteze cilj ove studije bio je da se utvrdi stepen preciznosti optičkih metoda skeniranja Cerec[®]3D sistema u postupku izrade keramičkih inleja.

Metode

Testiranje radne hipoteze sprovedeno je u okviru tri eksperimentalne i jedne kontrolne grupe: grupa I – 15 keramičkih inleja izrađenih tehnikom intraoralnog optičkog površinskog skeniranja; grupa II – 15 keramičkih inleja izrađenih tehnikom ekstraoralnog optičkog površinskog skeniranja; grupa III – 15 keramičkih inleja izrađenih tehnikom ekstraoralnog optičkog tačkastog skeniranja; grupa IV (kontrolna) – 15 keramičkih inleja izrađenih tehnikom livenja rastopljene staklokeramike.

U okviru istraživanja upotrebljeni su akrilatni zubi (DSP-model *teeth*, Nr.16. KaVo, Germany), koji su za potrebe brušenja i otiskivanja postavljeni u radni model (KaVo, *basic study model*). Preparacija je izvršena u aparatu za frezovanje (SCHICK, Dentalgeräte, S3 Master, Germany), na koji je postavljen specijalni držač za turbinu.

Preparacija za inleje klase II lokalizovane okluzomezijalno podrazumevala je dubinu kaviteta od 2 mm, zaobljene prelaze između unutrašnjih zidova, divergenciju zidova kaviteta oko 6° ka okluzalnoj i aproksimalnim površinama, širinu okluzalnog kaviteta u veličini ½ kvržičnog rastojanja i širinu istmusa na okluzalnoj površini oko 2 mm. Dimenzija stepenika na aproksimalnom zidu kaviteta iznosila je 2 mm. Stepnik je bio udaljen 1 mm od glednocementne granice i sa aproksimalnim zidom kaviteta formirao je ugao od 90°¹⁰.

Radni model bio je fiksiran na postolje aparata za frezovanje tako da omogućiti da položaj borera bude paralelan sa aksijalnom osovinom zuba koji se prepariše. Na ovaj način postignuto je da nagib aksijalnih zidova kaviteta za inlej determiniše koničnost upotrebljenih borera. Ovakav način preparacije omogućio je vodeno hlađenje, upotrebu dijamantskih borera adekvatnih dimenzija i stepena koničnosti od 6° i završnu obradu ultrafinim dijamantskim borerima (Logic – Set 3, NTI).

Primenom standardizovane metodologije preparacije, preparisano je 15 akrilatnih zuba koji su poslužili kao osnovni modeli na kojima su, primenom odabranih tehnika skeniranja, napravljeni eksperimentalni uzorci.

Skeniranje radnih modela obavljeno je pomoću tri skenera Cerec[®]3D sistema: intraoralni optički skener (Cerec, Sirona) – tehnika intraoralnog optičkog površinskog skeniranja; InEos optički skener (Cerec, Sirona) – tehnika ekstraoralnog optičkog površinskog skeniranja i Cerec Scan laserski tačkasti skener integrisan u mašini za frezovanje (Cerec, Sirona) – tehnika ekstraoralnog optičkog tačkastog skeniranja.

Eksperimentalno skeniranje optičkim površinskim intraoralnim skenerom u *in vitro* uslovima zahtevalo je da se modifikuje tehnika intraoralnog skeniranja. *In vitro* eksperimentalni uslovi zahtevali su skeniranje osnovnog modela sa preparisanim zubima. Priprema zuba za intraoralno skeniranje podrazumevala je nanošenje tankog sloja tečnosti (CEREC[®] – *liquid*, VITA, Bad Sackingen, Nemačka) i adekvatnog praha (CEREC[®] – *powder*, VITA, Bad Sackingen, Nemačka) (slika 1). Skeniranje je izvršeno pomoću intraoralnog optičkog površinskog skenera.



Sl. 1 – Model (prah nanešen)

Za potrebe skeniranja optičkim ekstraoralnim površinskim i tačkastim skenerom bilo je neophodno izlivanje radnih modela od gipsa. Kao osnova za otiskivanje upotrebljeni su modeli koji su skenirani intraoralnim skenerom. Otisak za izradu radnih modela uzet je adicijom silikonima (A *silicone impression material – elite HD+*, ZHERMACK), standardnom kašikom, primenom jednofazne tehnike otiskivanja. Radni modeli izliveni su od specijalnog gipsa koji se proizvodi isključivo za potrebe Cerec® sistema (CAM stone M, Siladent) (slika 2). Tehničke karakteristike Cerec® sistema omogućile su skeniranje istog gipsanog modela pomoću InEos i Cerec Scan skenera.



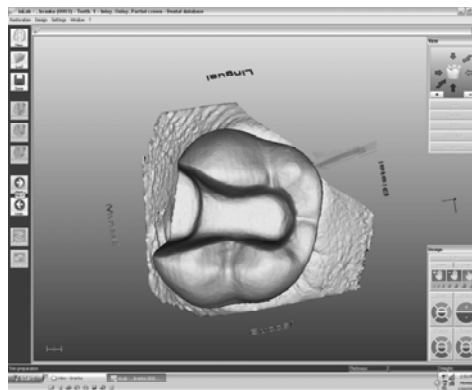
Sl. 2 – Radni model od gipsa

Kontrolnu grupu predstavljalo je 15 keramičkih inleja (IPS *Empress-2 esthetic*, A3, Ivoclar Vivadent) izrađenih u skladu sa uputstvima proizvođača.

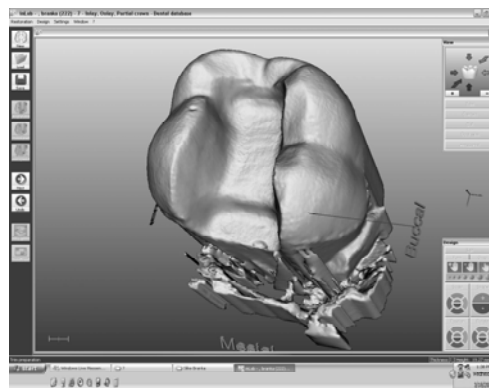
Tehničke karakteristike Cerec®3D sistema koji objedinjuje tri različita metoda optičkog skeniranja, pružaju mogućnost da postupak kompjuterskog dizajniranja i mašinske izrade nadoknada budu identični za sve načine 3D skeniranja. Pomenuta karakteristika omogućava da u okviru sistema u kome su od tri parametra dva konstantna (kompjuterom kontrolisano dizajniranje i izrada), a jedan promenljiv (prostorna digitalizacija), utvrdimo vrednost promenljivog parametra.

Kompjutersko dizajniranje vršeno je pomoću softvera Cerec®3D, verzija 3,10 (slike 3 i 4). Predviđena debljina prostora za cementni film, determinisana u sistemskom softveru, iznosila je 0 μ.

Mašinska izrada inleja eksperimentalnih grupa izvedena je u numerički upravljanoj glodalici Cerec in Lab koja ima dva motora (u levom motoru pozicioniran je borer *Step Bur* 12, dok je u desnom motoru pozicioniran *Cylinder Pointed*



Sl. 3 – Virtuelni radni model (ekstraoralni skener)



Sl. 4 – Virtuelni radni model (tačkasti skener)

Bur Ø1,6). Da bismo sveli na minimum uticaj koji trošenje borera ima na preciznost nadoknada, u postupku izrade nadoknada svake eksperimentalne grupe upotrebljeni su novi boreri. Za izradu inleja svih eksperimentalnih grupa upotrebljeni su blokovi od alumina keramike (Vita Mark II, A3, Vita). Inleji kontrolne grupe izrađeni su od livene staklo keramike (IPS *Empress-2 esthetic*, A3, Ivoclar Vivadent).

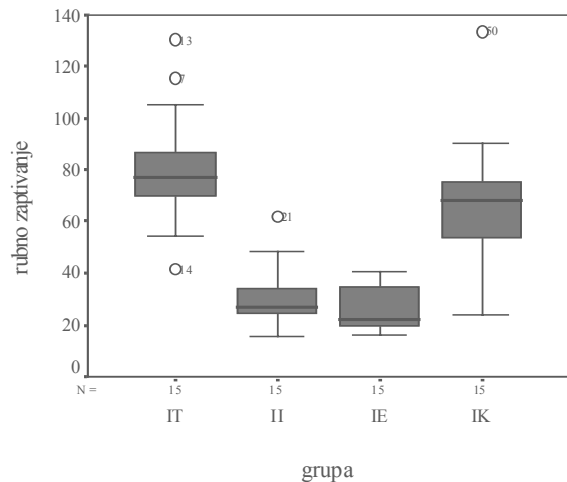
Da bi mogli da se podvrgnu merenju, svi uzorci morali su da zadovolje propisane kriterijume koji determinišu podobnost nadoknada za cementiranje (Ryge i Sayder), a oni podrazumevaju da oštra sonda ne može da penetrira u prostor između zuba i nadoknade i da nema okom vidljivih defekta na mestu njihovog kontakta¹¹.

Priprema eksperimentalnih uzoraka za merenje podrazumevala je fiksiranje za osnovni model na osnovu koga su izrađeni eksperimentalni uzorci. Fiksacija je izvršena pomoću paste za privremeno fiksiranje nadoknada za zub (Rely X™ Temp NE, 3M ESPE). Na pripremljenim uzorcima determinisano je 18 mernih tačaka od kojih je 12 lokalizovano na okluzalnoj, a šest na aproksimalnoj površini kaviteta. Merenje preciznosti vršeno je pomoću skenirajućeg elektronskog mikroskopa JOEL JSM-5800 – *scanning* mikroskop, sa uveličanjem 100×. Merenja su obuhvatala skeniranje uzoraka na determinisanim mernim tačkama i kvantifikaciju veličine diskrepance između inleja i demarkacije preparacije. Za obradu skeniranih slika upotrebljen je program Image pro 40.

Statistička analiza dobijenih rezultata obavljena je pomoću statističkog programskog paketa SPSS (SPSS 17,0 za Windows, SPSS Inc., 2005).

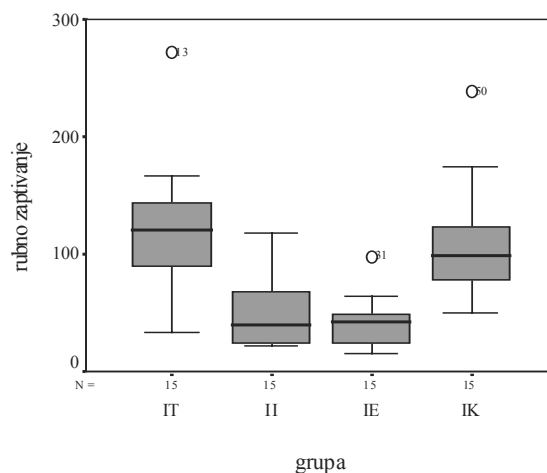
Rezultati

Izmerene vrednosti rubnog zaptivanja na okluzalnoj površini inleja pokazuju statistički značajnu razliku između posmatranih grupa. U svih 12 tačaka najveće vrednosti zjapa rubnog zaptivanja izmerene su kod inleja tačkastog, a najmanje kod inleja ekstraoralnog skeniranja (slika 5), što je bilo statistički značajno.



Sl. 5 – Prosečne vrednosti rubnog zaptivanja na okluzalnoj površini inleja

Rubno zaptivanje vrednosti od 0 do 140 μ , grupa IT inleja tačkastog skeniranja; grupa II inleja intraoralnog skeniranja; grupa IE inleja ekstraoralnog skeniranja; inleji IK kontrolne grupe.



Sl. 6 – Inleji, rubno zaptivanje u šest tačaka na aproksimalnoj površini

Rubno zaptivanje vrednosti od 0 do 300 μ ; grupa IT inleja tačkastog skeniranja; grupa II inleja intraoralnog skeniranja; grupa IE inleja ekstraoralnog skeniranja; IK inleji kontrolne grupe.

Kad su u pitanju prosečne vrednosti rubnog zaptivanja na okluzalnoj i aproksimalnoj površini inleja između posmatranih grupa inleja statistički značajna razlika u vrednostima rubnog zaptivanja uočena je kod svih posmatranih parametara u 18 tačaka merenja. Najveće vrednosti rubnog zaptivanja izmerene su u grupi inleja tačkastog, a najmanje kod ekstraoralnog skeniranja (tabela 1).

Tabela 1

Vrednosti rubnog zaptivanja na okluznoj i aproksimalnoj površini inleja

Površina inleje	Rubno zaptivanje ($\bar{x} \pm SD, \mu$)				<i>p</i>
	Tačkasto skeniranje	Intraoralno skeniranje	Ekstraoralno skeniranje	Kontrolna grupa	
Okluzno, 12 tačaka	80,59 \pm 22,96	30,97 \pm 12,66	25,82 \pm 8,56	65,49 \pm 28,48	0,000*
Aproksimalno, 6 tačaka	118,76 \pm 57,72	49,62 \pm 33,09	40,11 \pm 21,57	108,38 \pm 48,95	0,000*
Okluzno + aproksimalno	99,67 \pm 37,25	40,29 \pm 21,46	32,97 \pm 13,17	86,93 \pm 36,76	0,000*

*statistički značajna razlika (jednofaktorske analize varijanse)

Između grupe inleja tačkastog skeniranja i kontrolne grupe nije uočena statistički značajna razlika ($p = 0,249$). Nije uočena statistički značajna razlika u vrednostima rubnog zaptivanja između inleja intra- i ekstraoralnog skeniranja ($p = 0,998$). Statistički značajno veće vrednosti rubnog zaptivanja izmerene su u kontrolnoj grupi inleja u odnosu na grupu inleja ekstraoralnog skeniranja.

Na aproksimalnoj površini inleja, najmanje vrednosti rubnog zaptivanja izmerene su, takođe, u grupi inleja ekstraoralnog skeniranja. Statistički značajno najviše vrednosti izmerene su u grupi inleja tačkastog skeniranja i u kontrolnoj grupi inleja (slika 6).

Između inleja intra- i ekstraoralnog skeniranja nije uočena statistički značajna razlika u vrednostima rubnog zaptivanja ($p = 0,997$). U ekstraoralnoj grupi inleja vrednosti ovog parametra bile su statistički značajno veće nego u kontrolnoj grupi ($p = 0,002$). Statistički značajno manje vrednosti rubnog zaptivanja izmerene su u grupi inleja intraoralnog skeniranja nego u kontrolnoj grupi inleja ($p = 0,000$).

Vrednosti rubnog zaptivanja izmerene na obe posmatrane površine u grupi inleja sa tačkastim skeniranjem bile su statistički značajno veće od vrednosti izmerenih u grupi sa ekstraoralnim skeniranjem ($p = 0,000$) i intraoralnim skeniranjem ($p = 0,000$). Između ove grupe inleja i kontrolne grupe nije uočena statistički značajna razlika u vrednostima ovog parametra ($p = 0,998$). U grupi inleja sa intraoralnim skeniranjem prosečne vrednosti rubnog zaptivanja u svim posmatranim tačkama nisu se statistički značajno razlikovale u poređenju sa vrednostima ovog parametra u grupi inleja ekstraoralnog skeniranja ($p = 0,995$), dok su bile značajno manje od vrednosti u kontrolnoj grupi inleja ($p = 0,000$). Statistički značajno manje vrednosti rubnog zaptivanja izmerene su u grupi inleja ekstraoralnog skeniranja, nego u kontrolnoj grupi inleja ($p = 0,000$).

Diskusija

Iskustva iz kliničke prakse pokazuju da na preciznost fiksnih nadoknada utiče svaka faza u postupku njihove izrade, počevši od preparacije zuba pa do cementiranja nadokna-

de^{12,13}. Ako uzmemo u obzir da sve komponente CAD/CAM sistema utiču na preciznost, može se konstatovati da je ukupna greška u preciznosti zbir svih pojedinačnih grešaka koje se javljaju u celokupnom postupku izrade nadoknada. Ove činjenice najbolje ilustruje istraživanje koje pokazuje da preciznosti sistema Titan koji koristi mehaničku digitalizacija na nivou skeniranja iznosi 3–5 μ , a da konačna preciznost na nivou demarkacije iznosi 111 μ ¹⁴. Pomenuta konstatacija jasno ističe da postupci kompjuterskog dizajniranja i mašinske obrade u velikoj meri utiču na krajnju preciznost fiksnih nadoknada.

CAD/CAM sistemi koji primenjuju različite metode skeniranja poseduju veliki broj elementa koji utiču na preciznost: kompjuterom vođena inspekcija ili prostorna digitalizacija modela (način prikupljanja skeniranih podataka, vrsta kamere za optičko skeniranje, klinički parametri, upotreba praha, udaljenost kamere od objekta koji se skenira, veličina triangulacionog ugla, preciznost i tačnost skenera i sl.), kompjuterom vođeno dizajniranje (mogućnosti hardvera i softvera, gustina oblaka tačaka 3 D skenera, kvalitet postupka interpolacije i sl.) i izrada nadoknada (broj stepeni slobode radnih delova, dimenzije borera za frezovanje, usklađenost brusnih instrumenata sa tehničkim mogućnostima mašine za frezovanje)¹⁵.

Svaki od pomenutih elemenata pojedinačno doprinosi ukupnoj grešci celog sistema. Kada bi se svi elementi približili idealnim uslovima moguće je postići preciznost od 1 μ ¹⁶. Na ovom nivou preciznosti nema mogućnosti da se izvede precizno cementiranje nijednom konvencionalnom metodom, a razlog za to je veličina čestica cemenata koja znatno premašuje pomenutu dimenziju. CAD/CAM sistemi u okviru svojih softvera poseduju opcije koje omogućavaju da se unapred determiniše dimenzija prostora za cementni film. Nakamura i sar.¹⁷ ističu da debljina cementnog filma od 10 do 50 μ omogućava bolju marginalnu adaptaciju nadoknada izrađenih Cerec[®]3D sistemom.

Intraoralno optičko skeniranje predstavlja najpoželjniju metodu čije su greške vezane za grešku metoda i postupka skeniranja, dok su greške koje su posledica konvencionalnog otiskivanja i izrade radnog modela isključene. Intraoralne metode omogućavaju skeniranje geometrijski komplikovanih struktura (inleji, onleji, delimične krune, nepravilna površina krune zuba), međutim ove metode skeniranja prate i izvesni nedostaci. Intraoralni skeneri nemaju mogućnost skeniranja podminiranih površina i subgingivalno lociranih demarkacija. Primena ovog metoda kod Cerec sistema uglavnom je ograničena na mali broj kliničkih indikacija (inleji, onleji, fasete, endokrune, mostovi do tri člana).

Aplikacija praha ili adekvatnih zamena za prah dovodi do toga da se ne skenira direktno površina zuba. Prah u najtanjem nanetom sloju dovodi do greške u preciznosti od 20 do 40 μ ¹⁸. Neki autori smatraju da sloj praha ima debljinu od 13 do 85 μ ¹⁹. Debljina sloja praha ili adekvatnih zamena za prah zavisi od tehnike nanošenja i veštine terapeuta da ga nanese u ravnomernom i najtanjem mogućem sloju. Prevelika količina praha može da kompromituje preciznost skeniranja, jer se dimenzije i oblik izvorne površine menjaju.

Postupak intraoralnog skeniranja prate i problemi koji su redovno prisutni u usnoj duplji: skoro 100% vlažnost vazduha u usnoj duplji, prisustvo pljuvačke, pokreti bolesnika i ruke terapeuta za vreme skeniranja. Pokreti kamere i bolesnika dovode do zamućenja slike. Nejasne slike ivica preparacije kompromituju precizno definisanje demarkacije, što za krajnju posledicu ima neadekvatnu marginalnu adaptaciju fiksne nadoknade. Ne smemo zaboraviti ni postupak pozicioniranja kamere za vreme skeniranja, propisane udaljenosti kamere od objekta koji se skenira (za Cerec preporučeno 3–4 mm od okluzalne površine objekta), kao ni veličinu triangulacionog ugla koji za Cerec iznosi od 3–4°²⁰.

Ograničene mogućnosti intraoralnih metoda kompenzuje primena ekstraoralnih metoda skeniranja, naročito kada je potrebno skenirati površine većih dimenzija ili celu vilicu. Primena ekstraoralnih metoda zahteva konvencionalno otiskivanje i izradu radnih modela. Ove postupke prate problemi vezani za trodimenzionalne promene i dimenzionalna stabilnost stomatoloških materijala koji su posledica komplikovanih hemijskih reakcija u toku njihovog vezivanja, što direktno utiče na preciznost nadoknada. Poželjno je da za vreme skeniranja skener i model miruju, što je karakteristika većine ekstraoralnih skenera. Međutim, skeniranje pomoću Cerec Scan skenera zahteva da se model pomera, što može da utiče na preciznost skeniranih podataka.

Rudolph i sar.²¹ upoređivali su uticaj postupaka skeniranja na ukupnu preciznost CAD/CAM sistema. Rezultati pokazuju da odabrani postupci digitalizacije na različite načine utiču na preciznost i da je najveća devijacija skeniranih podataka u zonama zuba koje naglo menjaju zakrivljenost. U proseku, ukupna odstupanja u preciznosti između modela i gotove nadoknade izrađene CAD/CAM tehnologijama iznose od 50 do 75 μ ^{22,23}.

Luthardt i sar.²⁴ u svojim *in vitro* istraživanjima dolaze do rezultata koji prikazuju veću preciznost ekstraoralnih metoda skeniranja u poređenju sa intraoralnim metodama Cerec[®]3D sistema. Kao moguće razloge za ovakvu razliku navode različitu metodologiju postupaka digitalizacije modela, kao i činjenicu da su dimenzionalne promene otisnih materijala u kliničkim uslovima znatno veće od dimenzionalnih promena u *in vitro* uslovima. Ova konstatacija ukazuje na mogućnost da preciznost ekstraoralnih metoda skeniranja u *in vivo* uslovima, a u poređenju sa rezultatima njihove studije, bude neznatno niža.

Rezultati ovog eksperimenta pokazuju značajne razlike u vrednostima rubnog zaptivanja izmerenim na okluzalnoj i aproksimalnoj površini uzoraka. Najprecizniji su bili inleji ekstraoralnog skeniranja i u proseku vrednosti su iznosile $32,97 \pm 13,17 \mu$, potom slede inleji intraoralnog skeniranja $40,29 \pm 21,46 \mu$, inleji kontrolne grupe u proseku pokazuju vrednosti rubnog zaptivanja oko $86,93 \pm 36,76 \mu$, dok su inleji tačkastog skeniranja imali najmanji stepen preciznosti, $99,67 \pm 37,25 \mu$. Dobijeni rezultati ukazuju na to da tehnika ekstraoralnog optičkog površinskog skeniranja ima najviši nivo preciznosti. Visoke vrednosti rubnog zaptivanja inleja tačkastog ekstraoralnog skeniranja, koji ukazuju na nepreci-

znost primenjene tehnike, potvrđuju brojni autori koji ukazuju na to da pomeranje objekta ili izvora zraka u toku skeniranja smanjuje preciznost skeniranih podataka²⁵.

Činjenica da ne postoji statistički značajna razlika u vrednostima rubnog zaptivanja između inleja tačkastog skeniranja i kontrolne grupe inleja ukazuje na to da se ukupna greška koja nastaje u postupku tačkastog skeniranja ne razlikuju bitno od ukupne greške konvencionalne tehnike izrade. Dobijeni rezultati istraživanja potvrđuju teze koje ističu da intraoralne optičke tehnike skeniranja omogućavaju izradu nadoknada veće preciznosti u poređenju sa konvencionalnim načinom izrade. Razlog za ovakve rezultate treba tražiti u različitim tehnologijama izrade nadoknada.

Preciznost nadoknada na nivou rubnog zaptivanja Cerec[®]2 sistema iznosila je u proseku od 50 do čak 300 μ ^{26, 27}. Međutim, treba uzeti u obzir debljinu prostora za cementni film Cerec sistema.

Chen i sar.²⁸ u svojoj studiji pokazuju da je vrednost marginalnog zjapa inleja druge klase izrađenih Cerec[®]2 sistemom pre cementiranja iznosila na aksijalnom zidu $67 \pm 18 \mu$, cervikalnom stepeniku $84 \pm 22 \mu$ i okluzalnoj površini 58μ . Vrednosti rubnog zaptivanja inleja druge klase Cerec[®]1 sistema na okluzalnoj površini iznosile su $89 \pm 65 \mu$, dok su na aproksimalnoj površini izmerene vrednosti bile $105 \pm 81 \mu$. Isti autori ističu da su vrednosti marginalnog zjapa inleja II klase Cerec[®]2 sistema na okluzalnoj površini iznosile $59 \pm 35 \mu$, dok su vrednosti na aproksimalnoj površini iznosile $97 \pm 66 \mu$ ²⁹. Podaci ukazuju na veću preciznost Cerec[®]2 sistema u poređenju sa njegovim predhodnikom.

Ako pomenute vrednosti uporedimo sa vrednostima dobijenim u ovom eksperimentu možemo konstatovati da je preciznost pojedinih tehnika skeniranja Cerec[®]3D sistema različita. Kod određenih metoda skeniranja znatno je veća u odnosu na preciznost Cerec[®]1 i Cerec[®]2 sistema. Moramo uzeti u obzir i konstataciju da se dobijene vrednosti o Cerec[®]1 i 2 sistemu odnose na rezultate intraoralnog skeniranja (kao što je poznato ovi sistemi ne podržavaju tehnike ekstraoralnih skeniranja koje su implementirane u okviru Cerec[®]3D sistema).

Zaključak

Rezultati istraživanja objektivno potvrđuju radnu hipotezu da postoji razlika u preciznosti optičkih metoda skeniranja primenom Cerec[®]3D CAD/CAM sistema u postupku izrade inleja.

Ekstraoralne metode skeniranja pokazuju najviši stepen preciznosti u poređenju sa intraoralnim optičkim površinskim i tačkastim ekstraoralnim skeniranjem. Intraoralne metode prostorne digitalizacije modela pokazuju visok stepen preciznosti. U poređenju sa metodom ekstraoralnog optičkog površinskog skeniranja, intraoralne metode imaju neznatno niži stepen preciznosti, dok u odnosu na tačkasto skeniranje intraoralne metode pokazuju znatno viši stepen preciznosti.

Optičke metode skeniranja primenom Cerec[®]3D CAD/CAM sistema predstavljaju precizne metode prostorne digitalizacije modela.

L I T E R A T U R A

1. *Todorović A, Lazjić V.* Computer aided design and manufacturing of dental restorations „computerized impression” technology. Stomatološki glasnik Srbije 2006; 53(1): 42–53. (Serbian)
2. *Todorović A.* CAD/CAM technology in the planning and development of the partial dentures [dissertation]. Belgrade: Scool of Dentistry; 2000. (Serbian).
3. *Luthardt RG, Bornemann G, Lemelson S, Walter MH, Huls A.* An innovative method for evaluation of the 3-D internal fit of CAD/CAM crowns fabricated after direct optical versus indirect laser scan digitizing. Int J Prosthodont 2004;17(6): 680–5.
4. *Rekow D.* Computer-aided design and manufacturing in dentistry: a review of the state of the art. J Prosthet Dent 1987; 58: 512–6.
5. *Becker J.* CAD/CAM in dentistry. Part I. ZWR 1996; 105: 119–25. (Germany)
6. *Schug J, Pfeiffer J, Sener B, Mörmann WH.* Grinding precision and accuracy of the fit of CEREC-2 CAD/CIM inlays. Schweiz Monatsschr Zahnmed 1995; 105: 913–9. (Germany)
7. *Arnetz G, Pongratz D.* Milling precision and fitting accuracy of Cerec Scan milled restorations. Int J Comput Dent 2005; 8: 273–81.
8. *Bindl A, Mörmann WH.* An up to 5-Year Clinical Evaluation of Posterior In-Ceram CAD/CAM Core. Crowns. Int J Prosthodont 2002; 15: 451–6.
9. *Mörmann WH, Bindl A.* All-ceramic chair-side computer-aided design/computer-aided machining restorations. Dent Clin N Am 2002; 46: 405–26.
10. *Arnetz G, Arnetz G.* Design of preparations for all-ceramic inlay materials. Int J Comput Dent 2006; 9(4): 289–98.
11. *Ryge G, Snyder M.* Evaluating the clinical quality of restorations. J Am Dent Asso 1973; 87: 369–77.
12. *Luthardt RG, Koch R, Rudolph H, Walter MH.* Qualitative computer aided evaluation of dental impressions in vivo. Dent Mater 2006; 22(1): 69–76.
13. *Wang CJ, Millstein PL, Nathanson D.* Effects of cement, cement space, marginal design, seating aid materials, and seating force on crown cementation. Int J Prosthodont 1992; 16: 587–92.
14. *Frantz W.* Variability in dentist's design of a removable maxillary partial denture. J Prosthet Dent 1973; 29: 172–82.
15. *Wiedbahn K.* The optical Cerec impression–electronic model production. Int J Comput Dent 1998; 1: 41–54.
16. *Rudolph H, Luthardt RG, Walter MH.* Computer-aided analysis of the influence of digitizing and surfacing on the accuracy in dental CAD/CAM technology. Comput Biol Med 2007; 37(5): 579–87.
17. *Nakamura T, Tanaka H, Kimura S, Akao T, Okamoto K, Wakabayashi K, et al.* In vitro study on marginal and internal fit of CAD/CAM all-ceramic crowns. Dent Mater J 2005; 24(3): 456–9.
18. *Hickel R, Dasch W, Mehl A, Kremers L.* CAD/CAM – Fillings of the future? Int Dent J 1997; 47: 247–58.
19. *Meyer BJ, Mörmann WH, Lutz F.* Optimization of the powder application in the Cerec method with environment –friendly propellant systems. Schweiz Monatsschr Zahnmed 1990; 100: 1462–8. (German)
20. *Wiedbahn K.* The optical Cerec impression–electronic model production. Int J Comput Dent 1998; 1(1): 41–54. (English, German)

21. *Rudolph H, Lutbarđt RG, Walter MH.* Computer-aided analysis of the influence of digitizing and surfacing on the accuracy in dental CAD/CAM technology. *Comput Biol Med* 2007; 37: 579–87.
22. *Van der Zel JM.* Ceramic-fused-to-metal restorations with a new CAD/CAM system. *Quintessence Int* 1993; 24: 769–78.
23. *van der Zel JM, Vlaar S, de Ruiter WJ, Davidson C.* The CICERO system for CAD/CAM fabrication of full-ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 2001; 85(3): 261–7.
24. *Lutbarđt RG, Loos R, Quaas S.* Accuracy of intraoral data acquisition in comparison to the conventional impression. *Int J Comput Dent* 2005; 8: 283–94.
25. *Pfeiffer J.* Dental CAD/CAM technologies: the optical impression (I). *Int J Comput Dent* 1998; 1(1): 29–33. (English, German)
26. *Mou SH, Chai T, Wang JS, Shiau YY.* Influence of different convergence angles and tooth preparation heights on the internal adaptation of Cerec crowns. *J Prosthet Dent* 2002; 87: 248–55.
27. *Bindl A, Windisch S, Mörmann WH.* Full-ceramic CAD/CIM anterior crowns and copings. *Int J Comp Dent* 1999; 2: 97–111.
28. *Chen Y, Zhao Y, Wang H.* Marginal fit of CAD/CAM ceramic inlays. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* 1997; 15(4): 317–8. (Chinese)
29. *Sturdevant JR, Bayne SC, Heymann HO.* Margin gap size of ceramic inlays using second-generation CAD/CAM equipment. *J Esthet Dent* 1999; 11(4): 206–14.

Primljen 21. X 2009.
Revidiran 29. I 2010.
Prihvaćen 17. II 2010.