

# Znanja dentalnih tehničara o uporabi CAD/CAM tehnologije u fiksnoj protetici u Osječko-baranjskoj županiji

---

Ljubičić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2023

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Dental Medicine and Health Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:243:040475>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-23**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Dental Medicine and Health Osijek  
Repository](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ZA DENTALNU MEDICINU I ZDRAVSTVO  
OSIJEK**

**Integrirani prijediplomski i diplomski sveučilišni studij Dentalne  
medicine**

**Ivan Ljubičić**

**ZNANJA DENTALNIH TEHNIČARA O  
UPORABI CAD/CAM TEHNOLOGIJE U  
FIKSNOJ PROTETICI U OSJEČKO-  
BARANJSKOJ ŽUPANIJI**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2023.**

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ZA DENTALNU MEDICINU I ZDRAVSTVO  
OSIJEK**

**Integrirani prijediplomski i diplomski sveučilišni studij Dentalne  
medicine**

**Ivan Ljubičić**

**ZNANJA DENTALNIH TEHNIČARA O  
UPORABI CAD/CAM TEHNOLOGIJE U  
FIKSNOJ PROTETICI U OSJEČKO-  
BARANJSKOJ ŽUPANIJI**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2023.**

Rad je ostvaren na Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo Osijek, Integrirani prijediplomski i diplomski studij Dentalne medicine.

Mentor rada: izv. prof. dr. sc. Davor Seifert, dr. med. dent.

Rad ima 35 listova, 12 tablica i 5 slika.

Znanstveno područje: Biomedicina i zdravstvo

Znanstveno polje: Dentalna medicina

Znanstvena grana: Protetika dentalne medicine

## **Zahvala**

*Želim zahvaliti obitelji na potpori tijekom školovanja.*

*Hvala kolegama na pomoći tijekom studija.*

*Najveća hvala mentoru izv. prof. dr. sc. Davoru Seifertu i doc. dr. sc. Nikolini Lešić na prenesenom znanju i trikovima koji olakšavaju svakodnevni rad.*

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Dijelovi CAD/CAM sustava .....	1
1.1.1. Skeneri.....	1
1.1.2. Softver za oblikovanje i proizvodnju.....	2
1.1.3. Alati za proces digitalne izrade .....	3
1.2. CAD/CAM sustavi u dentalnoj medicini .....	4
1.2.1. Ordinacijski sustav CAD/CAM proizvodnje.....	4
1.2.2. Laboratorijski sustav CAD/CAM proizvodnje.....	5
1.2.3. Centralizirani CAD/CAM sustav izrade u proizvodnim centrima .....	6
1.3. Upotreba CAD/CAM sustava u dentalnoj protetici .....	6
1.3.1. Upotreba CAD/CAM sustava u mobilnoj protetici .....	6
1.3.2. Upotreba CAD/CAM sustava u fiksnoj protetici .....	7
1.3.3. Upotreba CAD/CAM sustava u implantoprotetskoj terapiji .....	7
1.3.4. Upotreba CAD/CAM sustava u izradi kirurške šablone za postavu implantata.....	8
2. CILJ ISTRAŽIVANJA .....	9
3. ISPITANICI I METODE .....	10
3.1. Ustroj studije .....	10
3.2. Ispitanici .....	10
3.3. Metode.....	10
3.4. Statističke metode .....	10

4.	REZULTATI.....	12
4.1.	Deskriptivna statistička analiza .....	12
4.2.	Inferencijalna statistička analiza .....	21
5.	RASPRAVA .....	24
6.	ZAKLJUČAK.....	28
7.	SAŽETAK .....	29
8.	SUMMARY .....	30
9.	LITERATURA .....	31
10.	ŽIVOTOPIS .....	34

## 1. UVOD

CAD/CAM je akronim za računalno potpomognuto dizajniranje ili oblikovanje i računalno potpomognutu proizvodnju (1). Računalno potpomognuto oblikovanje (CAD) i računalno potpomognuta proizvodnja (CAM) područja su dentalne medicine i dentalne protetike koja se koriste za dizajniranje i izradu zubnih nadomjestaka, posebno protetskih nadomjestaka, uključujući krunice, ljske, inlay-e, onlay-e i overlay-e, fiksne mostove, nadomjestke na zubnim implantima, mobilne protetske nadomjestke i ortodontske aparate (2,3).

Računalno potpomognuti dizajn i proizvodnja razvijeni su 1960-ih za upotrebu u zrakoplovnoj i automobilskoj industriji (2). Korištenje CAD/CAM tehnologije u području dentalne medicine može se pratiti od 1980-ih (4). CAD/CAM tehnologija uvedena je u dentalnu medicinu 1986. godine od strane Mormann & Brandestinnija u Njemačkoj i danas se koristi u svim granama dentalne protetike (5). Koristeći CAD/CAM tehnologije, razne vrste protetskih nadomjestaka mogu se, ne samo dizajnirati, već i točno i precizno strojno izraditi. Tijekom proteklih 25 godina CAD/CAM tehnologija postala je iznimno popularna (1). Uvođenje i evolucija računalno potpomognute tehnologije projektiranja i proizvodnje (CAD/CAM) u dentalnoj medicini uvelike je revolucionirala koncepte liječenja i izradu protetskih nadomjestaka. Iako je ova tehnologija danas svakodnevica u fiksnoj protetici, još uvijek je znanost u nastajanju u području mobilne protetike (6). Računalno potpomognuti dizajn/proizvodnja pomoću računala (CAD/CAM) potpunih proteza uveden je nakon uspjeha CAD/CAM-a u implantološkoj i fiksnoj protetici (7). Računalno potpomognuto dizajniranje i računalno potpomognuta proizvodnja (CAD/CAM) pojavili su se kao novi pristup dizajnu i izradi potpunih proteza (8).

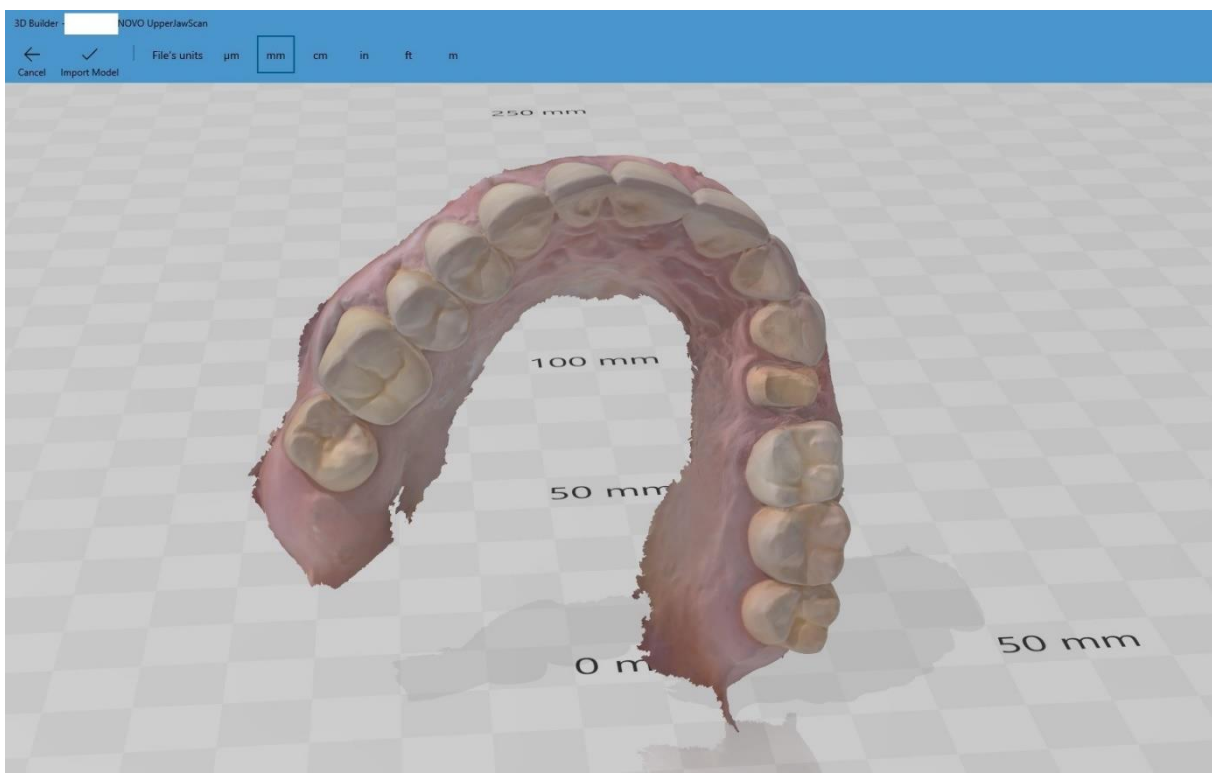
### 1.1. Dijelovi CAD/CAM sustava

#### 1.1.1. Skeneri

Skeniranje se izvodi izravno u pacijentovim ustima (intraoralno) ili neizravno nakon uzimanja otiska i izrade radnog odljeva (ekstraoralno). U osnovi postoje dvije različite mogućnosti ekstraoralnog skeniranja: optičko i mehaničko skeniranje (9). Osnova je optičkog skeniranja prikupljanje trodimenzionalnih struktura u takozvanom "postupku triangulacije". Ovdje su izvor svjetlosti, primjerice laser, i jedinica receptora u određenom kutu u međusobnom odnosu. Kroz ovaj kut računalo može izračunati trodimenzionalni skup podataka iz slike na prijemnoj



jedinici. Kao izvor osvjetljenja mogu poslužiti projekcije bijele svjetlosti ili laserska zraka (10,11). Kod mehaničkog skenera, radni model skenira se mehanički, red po red, pomoću rubinske kuglice i mjeri se trodimenzionalna struktura. Ovu vrstu skenera odlikuje visoka točnost skeniranja, pri čemu promjer rubinske kuglice odgovara najmanjoj frezi u sustavu glodanja, tako da se svi podaci prikupljeni sustavom mogu glodati. Nedostaci tehnike mehaničkog skeniranja vidljivi su u neumjereno kompliciranoj mehanici, koja čini aparaturu vrlo skupom s dugim vremenima obrade u usporedbi s optičkim sustavima (12).



Slika 1: Primjer intraoralnog skena. Izvor: autorova fotografija

### 1.1.2. Softver za oblikovanje i proizvodnju

Općenito, softver pretvara snimljene slike u digitalni model za oblikovanje i proizvodnju protetskog nadomjeska. Proizvođači osiguravaju poseban softver za dizajn raznih vrsta protetskih nadomjestaka. Softver CAD/CAM sustava koji je trenutno dostupan na tržištu kontinuirano se poboljšava. Najnovije mogućnosti stalno su dostupne korisniku putem ažuriranja. Podaci o konstrukciji mogu se pohraniti u različitim formatima podataka. Osnova

su stoga često podaci standardnog jezika teselacije (engl. *standard tessellation language* ili STL). Neki od predstavnika proizvođača CAD/CAM programa su Exocad (Exocad GmbH, Darmstadt, Njemačka) i 3Shape Dental System (3Shape, Kopenhagen, Danska) (13,14). Mnogi proizvođači, međutim, koriste vlastite formate podataka, specifične za određenog proizvođača, što rezultira time da podaci programa za proizvodnju nisu međusobno kompatibilni (10).

### 1.1.3. Alati za proces digitalne izrade

Posljednja faza dentalnog CAD/CAM procesa uključuje prijenos protetskog nadomjeska iz CAD modela u fizički dio koji se podvrgava obradi, završnoj obradi i poliranju prije predaje gotovog protetskog nadomjeska. Dvije primarne metode koje se koriste za izradu ovih nadomjestaka mogu biti subtraktivna (glodanje) ili aditivna proizvodnja, odnosno stereolitografija (engl. *stereolithography*). Tehnologija glodanja/strojne obrade vrsta je izrade protetskog nadomjeska koja koristi tehnologiju proizvodnje glodanjem od velikih čvrstih blokova. Jedinice za strojnu obradu podijeljene su u dvije klasifikacije. Klasifikacija po broju osi razlikuje glodalice s tri osi, četiri osi i glodalice s pet osi. Klasifikacija po vrsti materijala koji se obrađuje, razlikuje tvrde blokove koji uglavnom zahtijevaju mokro glodanje, a manji dio njih suho glodanje i mekane blokove koji prolaze suhu strojnu obradu. Aditivna proizvodnja definira se kao proces spajanja materijala za izradu objekata iz podataka 3D modela, obično sloj po sloj. Nakon završetka CAD dizajna, segmentira se u višeslojne slike. Za svaki milimetar materijala postoji 5-20 slojeva u koje stroj postavlja uzastopne slojeve tekućeg ili praškastog materijala koji se stapaju kako bi stvorili konačni oblik. Nakon toga slijedi daljnja obrada kako bi se uklonio višak materijala i nosivi okvir. Glavni je problem ove vrste proizvodnje mogućnost uzrokovanja razlike u konačnim dimenzijama nadomjestaka zbog kontrakcije tijekom izrade, naknadnog stvrdnjavanja i minimalne debljine slojeva. Postoji nekoliko tehnika koje se mogu uključiti u tehnologiju aditiva, uključujući *Direct Metal Laser Sintering* (DMLS), *Stereo Lithography* (SLA), *Scan, Spin and Selectively Photo curing* (3SP), *Poly Jet* i *Direct Light Projection* (DLP). Primarna razlika odnosi se na razvijanje z-ravnine, koja predstavlja okomite komponente nadomjestaka (15).

## 1.2. CAD/CAM sustavi u dentalnoj medicini

Ovisno o komponentama CAD/CAM sustava, u dentalnoj su medicini dostupna tri različita koncepta proizvodnje:

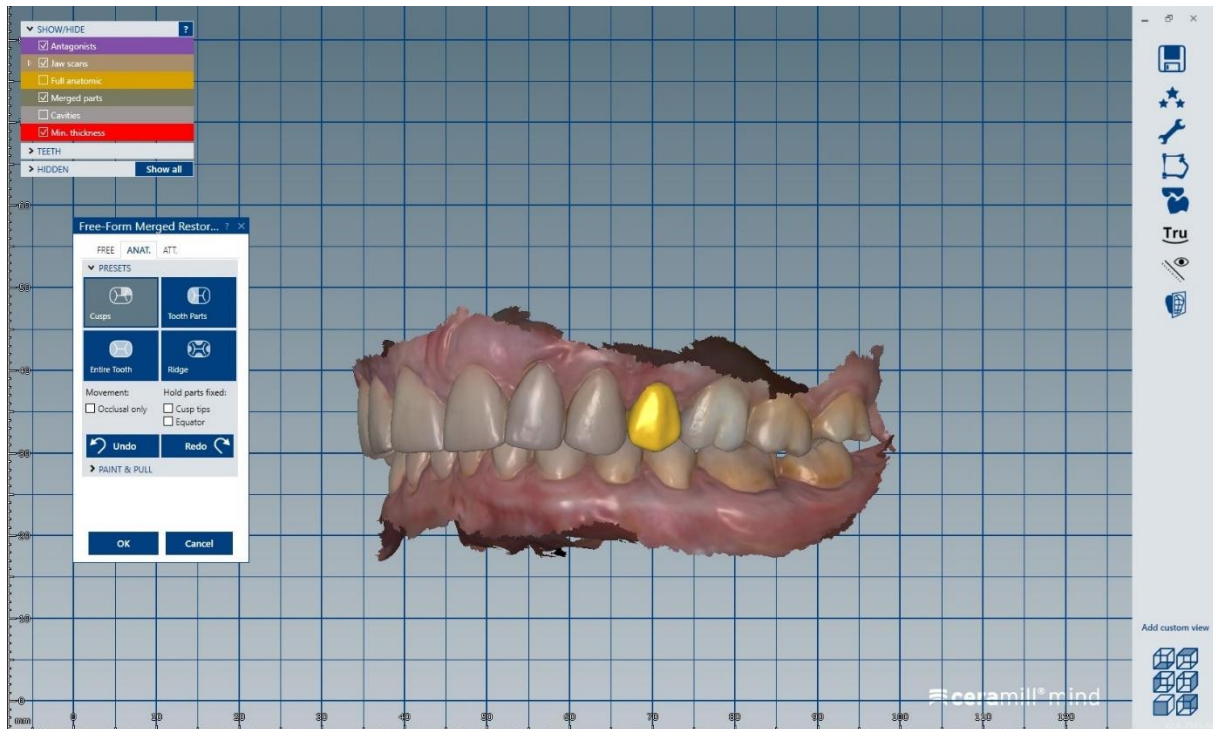
1. Ordinacijski sustav proizvodnje (engl. *in-office, chairside*)
2. Laboratorijski sustav proizvodnje (engl. *In-lab*)
3. Centralizirani sustav izrade u proizvodnim centrima (engl. *milling centre*) (16).

### 1.2.1. Ordinacijski sustav CAD/CAM proizvodnje

U ordinacijskom sustavu proizvodnje sve komponente CAD/CAM sistema su u sklopu ordinacije dentalne medicine. Izrada protetskih nadomjestaka tako se može odvijati bez laboratorijskih postupaka. Instrument za digitalizaciju je intraoralna kamera koja zamjenjuje konvencionalni otisak u većini kliničkih situacija. Time dolazi do uštede vremena, a pacijent dobiva neizravno izrađene restauracije prilikom jedne posjete (10). Neki od dostupnih proizvoda za digitalne otiske u ordinaciji dentalne medicine su: CEREC AC (Sirona, Charlotte, NC, SAD), E4D Dentist (D4D Technologies, Richardson, TX, SAD), iTero (Cadent, Carlstadt, NJ, SAD), Lava COS (3M ESPE, St Paul, MN, SAD) i 3Shape Trios (Kopenhagen, Danska). Sustavi CEREC i E4D uz intraoralni skener imaju uređaj za strojnu obradu te nude dizajn i glodanje nadoknada u ordinaciji dentalne medicine, dok iTero i Lava COS uređaji imaju samo intraoralni skener za uzimanje digitalnih otisaka. Svaki sustav koristi različite metode za dobivanje slika (2,16,17). Prvi predstavljeni sustav bio je CEREC 1 1986. Svi sustavi CEREC 1, 2 (1994. godine) i 3 (2000. godine) (Sirona Dental) koristili su kameru za snimanje više slika koje su spojene softverom. E4D (D4D TECH) snima nekoliko slika, koristeći lasersku crvenu svjetlost koja se odbija od strukture zuba i zahtjeva upotrebu praha samo u nekim ograničenim okolnostima. Nanošenje praha na zub brzo je i jednostavno, traje samo nekoliko sekundi, a prah se nakon toga lako uklanja zrakom i vodom. Sustav iTero koristi kameru koja snima nekoliko prikaza (fotografija) i koristi stroboskopski efekt kao i malu sondu koja dodiruje zub kako bi se dobila optimalna žarišna duljina; ovaj sustav ne zahtijeva upotrebu praha. Oralni skener LAVA Chairside (LAVA COS, 3M ESPE) ima potpuno drugačiji pristup korištenjem kontinuiranog video snimanja zuba. CEREC i LAVA trenutno zahtijevaju upotrebu praha za kamere za registraciju topografije (15,18).

### 1.2.2. Laboratorijski sustav CAD/CAM proizvodnje

Laboratorijski sustav CAD/CAM proizvodnje ekvivalent je konvencionalnoj proizvodnji i slijedu izrade protetskog nadomjeska između doktora dentalne medicine i dentalnog laboratorija. Doktor dentalne medicine šalje otisak u laboratorij na temelju kojega se izrađuje radni model skeniranjem otiska ili izlivanjem otiska u gipsu te skeniranjem gipsanog radnog modela. Postoji i mogućnost skeniranja direktno u ustima te slanja, u laboratorij, datoteke intraoralnog otiska na temelju kojeg se izrađuje radni model. Preostali CAD/CAM proizvodni koraci u potpunosti se izvode u dentalnom laboratoriju. Uz pomoć skenera, trodimenzionalni podaci proizvode se na temelju glavne matrice. Ti se podaci obrađuju pomoću softvera za dentalni dizajn. Nakon CAD-procesa podaci se šalju u poseban uređaj za glodanje koji proizvodi stvarnu geometriju u dentalnom laboratoriju. Na kraju se može procijeniti točno pristajanje nadomjeska i, ako je potrebno, ispraviti na temelju radnog modela (10). Velika prednost korištenja CAD/CAM sustava u laboratoriju je u tome što konačni protetski nadomjestak može izgledati točno kao privremeni, kada se tijekom predprotetske pripreme tehnikom navoštavanja izrađuje oblik budućeg protetskog nadomjeska te isti skenira i služi kao predložak za izradu privremenog i trajnog nadomjeska. CAD/CAM sustavi također skraćuju krivulju učenja za mlade dentalne tehničare, iako dentalni tehničar i dalje ručno završava svaki protetski nadomjestak. CAD/CAM tehnologija ne zamjenjuje potrebu za kvalificiranim dentalnim tehničarima (2).



Slika 2: Korisničko sučelje Ceramill mind programa (Amann Girrbach, Koblach, Austrija).  
Izvor: autorova fotografija

### 1.2.3. Centralizirani CAD/CAM sustav izrade u proizvodnim centrima

Treća je mogućnost računalno potpomognute proizvodnje protetskih nadomjestaka centralizirana proizvodnja u proizvodnom centru. U ovoj varijanti, moguće je da se „satelitski skeneri“ u dentalnom laboratoriju povezuju s proizvodnim centrom putem interneta. Skupovi podataka proizvedeni u dentalnom laboratoriju šalju se u proizvodni centar za izradu nadomjestaka pomoću CAD/CAM uređaja. Na kraju proizvodni centar šalje protetski nadomjestak u nadležni dentalni laboratorij. Ovaj model proizvodnje minimizira troškove laboratorija i ima potencijal za poboljšanje učinkovitosti proizvodnje (19).

## 1.3. Upotreba CAD/CAM sustava u dentalnoj protetici

### 1.3.1. Upotreba CAD/CAM sustava u mobilnoj protetici

Izrada potpunih i djelomičnih mobilnih proteza pomoću sustava računalno potpomognutog dizajna/proizvodnje uz pomoć računala (CAD/CAM) ima potencijal za pojednostavljivanje gore navedenog procesa i rješavanje problema povezanih s istim. Posljednjih godina CAD/CAM sustavi uspješno su uvedeni u restaurativnu dentalnu medicinu i maksilofacijalnu

kirurgiju. Štoviše, primijenjeni su i na područje mobilne dentalne protetike (20). Što se tiče mobilne djelomične proteze, radni odljev skenira se pomoću laboratorijskog skenera te se digitalno dizajnira baza djelomične proteze. Baza se izrađuje ispisom, ulaže te se izlije s krom-kobalt legurom ili se baza može tiskati od krom-kobalt legure izravnim metalnim laserskim sinteriranjem. U novije vrijeme, kako bi izbjegli neka nepoželjna svojstva metalnih legura, kao što su preosjetljivost na metal, stvaranje biofilma, metalni okus, estetika te sama težina takvog protetskog nadomjeska, uvedene su ne-metalne zamjene kao što je polietereeterketon (PEEK) od kojeg se direktno može izraditi baza djelomične proteze od PEEK blokova (15,21).

### **1.3.2. Upotreba CAD/CAM sustava u fiksnoj protetici**

Dentalne krunice i mostovi obično se koriste nakon operativnih i endodontskih tretmana. Osim toga, uvođenje oseointegriranih implantata proširilo je primjenu nadomjestaka krunica i mostova za obnovu bezubih prostora. Razvoj lijevanja zlatnih legura i dentalnih preciznih sustava lijevanja pridonio je primjeni metalnih nadomjestaka. Međutim, zahtjevi pacijenata za estetikom i biološkom sigurnošću povećali su potražnju za restauracijama bez metala. Stoga su potrebni i novi materijali i nova tehnologija obrade kako bi se zadovoljili zahtjevi pacijenata. Trenutni je trend rutinsko pružanje potpuno keramičkih nadomjestaka zbog novih dostupnih materijala kao što su visoko sinterirana staklokeramika, polikristalni aluminijev oksid i keramički materijali na bazi cirkonijevog oksida te ljepljivi monomeri. Osim toga, novi sustavi izrade u kombinaciji s računalno potpomognutim proizvodnim sustavom (dentalni CAD/CAM) postaju sve dostupniji. Dentalna tehnologija koja je prije bila usredotočena na konvencionalnu tehniku lijevanja uvelike je poboljšana uvođenjem dentalnih CAD/CAM sustava (22).

### **1.3.3. Upotreba CAD/CAM sustava u implantoprotetskoj terapiji**

CAD/CAM sustav omogućuje pojednostavljenu proizvodnju preciznih i izdržljivih komponenata dentalnih implantata. Preciznost dosjeda dokazana je u nekoliko laboratorijskih pokusa i pripisana je dizajnu implantata. Glodanje također olakšava izradu nadomjestaka od otpornih i estetskih materijala. CAD komponenta virtualno dizajnira 3D konturu konačnog dizajna implantata. CAM sustav proizvodi stvarnu komponentu implantata prema virtualnom dizajnu. Suprastrukture implantata proizvode se glodanjem u centralnom proizvodnom pogonu. Primjeri ovih sustava su Procera (Nobel Biocare), Etkon (Straumann), CAMStructure (Biomet 3i) i Atlantis (Astra Tech). Ovako izrađene suprastrukture kombiniraju većinu prednosti tvorničkih i individualno izrađenih suprastrukture (23).

#### **1.3.4. Upotreba CAD/CAM sustava u izradi kirurške šablone za postavu implantata**

Konvencionalne kirurške šablone korištene su kao kontrola za ručnu provjeru odstupanja osi implantata. Izravan prijenos podataka o digitalnom planiranju omogućuje izradu kirurških šablona u centralnom sustavu za proizvodnju bez potrebe za fizičkim transportom, što smanjuje logistički napor i troškove izrade kirurških šablona (24). Bibb i suradnici opisali su izradu kirurških šablona od nehrđajućeg čelika za postavljanje dentalnih implantata za protetsku retenciju korištenjem SLM tehnologije (25).

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Opći je cilj istraživanja utvrditi učestalost korištenja i stavove dentalnih tehničara o edukaciji i korištenju CAD/CAM tehnologije pri izradi radova u fiksnoj protetici u Osječko-baranjskoj županiji.

Specifični ciljevi istraživanja:

- Ispitati koliko dentalnih tehničara koristi CAD/CAM tehnologiju u svakodnevnom radu
- Ispitati stavove dentalnih tehničara o korištenju konvencionalnih tehnika i izrade radova CAD/CAM tehnologijom s obzirom na kvalitetu, dugotrajnost i estetiku protetskih radova
- Ispitati stavove dentalnih tehničara o prednostima i nedostacima CAD/CAM tehnologije u odnosu na konvencionalne tehnike izrade radova u fiksnoj protetici
- Ispitati stavove dentalnih tehničara o prijedlozima za veće prihvaćanje CAD/CAM tehnologije
- Ispitati stavove dentalnih tehničara o vlastitoj razini edukacije o korištenju CAD/CAM tehnologije
- Ispitati stavove dentalnih tehničara o kontinuiranom stručnom usavršavanju za korištenje CAD/CAM tehnologije.



### **3. ISPITANICI I METODE**

#### **3.1. Ustroj studije**

Studija je ustrojena kao presječno istraživanje (26).

#### **3.2. Ispitanici**

Ispitanici su dentalni tehničari na području Osječko-baranjske županije. Svi ispitanici su punoljetni i dobrovoljno su pristali sudjelovati u istraživanju.

#### **3.3. Metode**

Istraživanjem stavova dentalnih tehničara o uporabi CAD/CAM tehnologije u fiksnoj protetici obuhvaćeno je 56 ispitanika u Osječko-baranjskoj županiji. Svi upitnici popunjavani su on line putem Google aplikacije. Anketa je provedena u periodu od svibnja do rujna 2022. godine. Ispitanici su dali podatke u upitnicima koji su imali sljedeće četiri skupine podataka: opći podaci o ispitanicima (radno iskustvo kao dentalni tehničar, sektor rada), korištenje CAD/CAM tehnologije (koristi li, planira li se unaprijediti uređaje, od kada koristi, koje tehnike rada koristi), pitanja o stavovima prema edukaciji i stručnom usavršavanju za tu tehnologiju rada te pitanja o stavovima prema prednostima i nedostacima CAD/CAM tehnologije u odnosu na konvencionalne tehnike izrade fiksnoprotetskih radova. Pitanja u upitnicima bila su zatvorenog tipa, isključivo s jednim mogućim odgovorom od njih više ponuđenih. Izuzetak su tri pitanja: koje tehnike rada koristi, prednosti i nedostaci korištene tehnike te očekivana poboljšanja karakteristika te tehnike rada.

#### **3.4. Statističke metode**

Korištene su sljedeće metode statističke analize: deskriptivne metode (tabelarni i grafički prikazi, postoci, srednje vrijednosti, mjere disperzije te Spearmanov koeficijent korelacije ranga); inferencijalne metode (Kolmogorov-Smirnovljev test normalnosti distribucije, Mann-Whitneyev U test i Kruskal-Wallisov H test).

Zaključci u vezi razlika i povezanosti među varijablama doneseni su na uobičajenom nivou

signifikantnosti od 0,05 odnosno uz pouzdanost od 95%.

Rezultati analize prezentirani su i interpretirani u dva poglavlja: deskriptivna statistička analiza i inferencijalna statistička analiza. Iz dobivene excel datoteke popunjeni upitnici konvertirani su u SPSS datoteku. Na osnovu SPSS datoteke izvedene su statističke analize programom IBM SPSS Statistics 25 (SPSS Inc., Chicago, Il, SAD), a grafički prikazi izrađeni su pomoću Microsoft Office Excela 2010. za Windows (Microsoft Corporation, Redmont, WA, SAD) i SPSS programa.

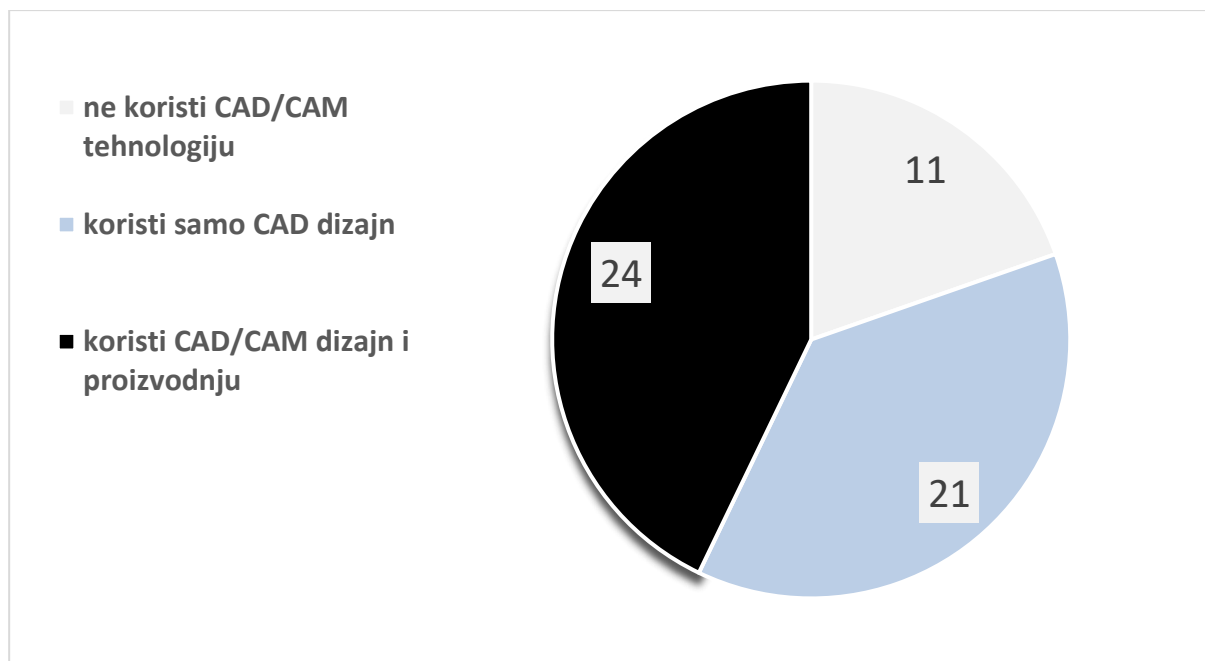
## 4. REZULTATI

### 4.1. Deskriptivna statistička analiza

Uzorak ispitanika činilo je 56 dentalnih tehničara, koji pretežno imaju 16-30 godina radnog iskustva (32 %). Velika većina ispitanika radi u privatnom sektoru (95 %). Za potrebe inferencijalne analize ono je podijeljeno u tri grupe: manje (do 7 godina), srednje (8-15 godina) i veće (16 i više godina). U tablici 1. navedene su frekvencije za dva opća pitanja o ispitanicima (pitanja 1-2 u upitniku).

Tablica 1. Anketirani dentalni tehničari prema općim podacima (u apsolutnim i relativnim frekvencijama) n = 56

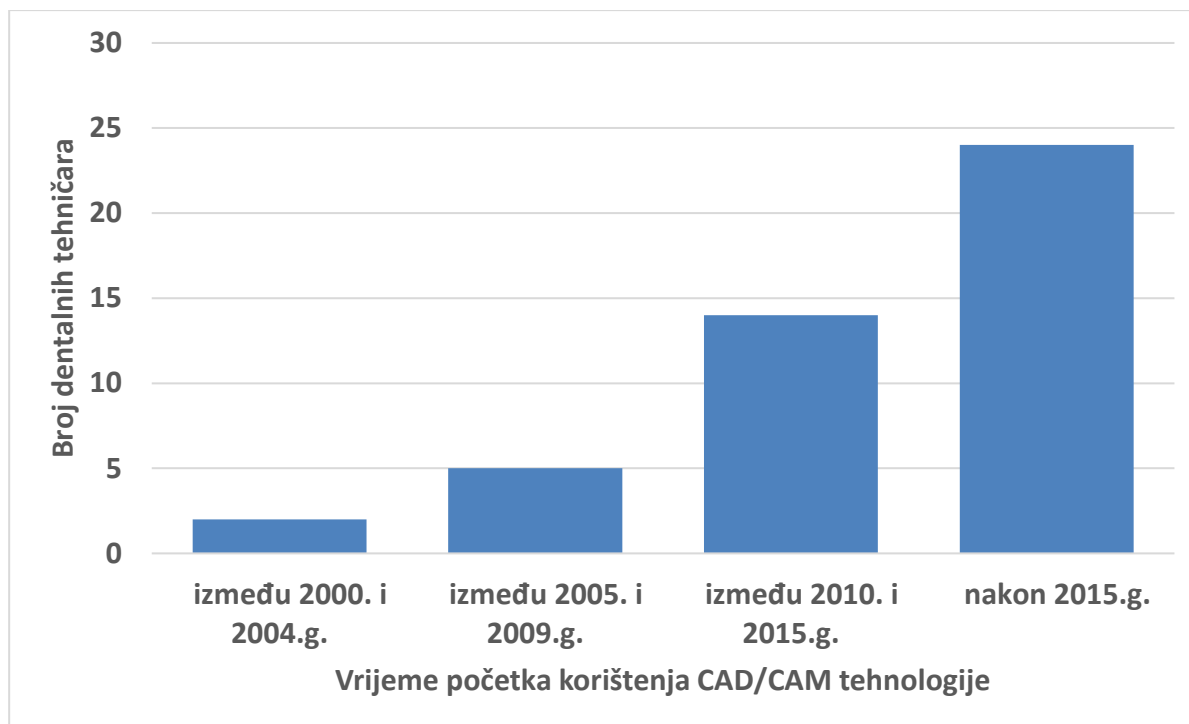
Varijabla i oblik varijable	Broj ispit.	% ispit.
Radno iskustvo u godinama:		
do 4	7	12
4 – 7	9	16
8 – 15	16	29
16 – 30	18	32
više od 30	6	11
Ukupno	56	100
Sektor rada:		
privatni	53	95
javni	3	5
Ukupno	56	100



Slika 3. Anketirani dentalni tehničari prema korištenju CAD/CAM tehnologije (n = 56)

Uzorak od 56 ispitanika za potrebe ovog istraživanja može se podijeliti na tri podskupa kao što je prikazano na slika 3. Od ukupno 56 ispitanika 11 dentalnih tehničara ne koristi CAD/CAM tehnologiju, 21 dentalni tehničar koristi CAD oblikovanje pomoću računala (*Computer Aided Design*) i 24 dentalna tehničara koji koriste CAD/CAM oblikovanje i proizvodnju pomoću računala (*Computer Aided Manufacturing*). U relativnom je izrazu 20 % onih koji ne koriste CAD/CAM tehnologiju, a 80 % korisnika CAD/CAM tehnologije dijeli se na 37 % korisnika CAD-a i 43 % korisnika CAD/CAM-a.

Od 11 ispitanika koji još uvijek ne koriste CAD/CAM tehnologije, njih četvero izjasnilo se da planiraju početi raditi s CAD/CAM tehnikom. Od 45 ispitanika koji koriste CAD/CAM tehnologije, njih 26 izjasnilo se da planiraju unaprijediti ili zamijeniti CAD/CAM tehnologiju.



Slika 4. Anketirani dentalni tehničari prema vremenu početka korištenja CAD/CAM tehnologije (n = 45)

Vrijeme početka korištenja CAD/CAM tehnologije prikazano je grafički jednostavnim stupcima na Slici 4.

Iz tablice 3 vidljiva je velika raznolikost u ocjenama dentalnih tehničara. Stoga je teško utvrditi koja je tvrdnja manje, a koja više prihvaćena. Taj problem rješavaju aritmetičke sredine koje su navedene u tablici 4. Raznoliko prihvaćanje tvrdnji u tablici 3 vidljivo je i iz raznolikih aritmetičkih sredina u tablici 4. Najmanje su prihvaćene tvrdnje 8 i 12. Dakle, ispitanici se smatraju nedovoljno educiranim (tvrdnja 8) i ispitanici smatraju da trenutni program obrazovanja dentalnih tehničara ne pruža odgovarajuću edukaciju (tvrdnja 12). Daleko je najviše prihvaćena tvrdnja 10 o isplativosti ulaganja u edukaciju. Opisana raznolikost prihvaćanja šest tvrdnji o edukaciji dentalnih tehničara za CAD/CAM tehnologiju ogleda se i u koeficijentima varijacije koje bi mogli podijeliti u dvije skupine: niži koeficijenti varijacije (17 – 41 %) kod četiri tvrdnje prema kojima su ispitanici prilično homogeni, suglasni (kod tvrdnji 9 - 11 i 13) i viši koeficijenti varijacije (53 % i 59 %) kod tvrdnji 8 i 12 prema kojima su ispitanici manje suglasni, manje homogeni. U tablici 3 su odgovori o stavovima na pet stupanjskoj skali (pitanja 8-13 u upitniku).

Tablica 3. Ocjene dentalnih tehničara o prihvatljivosti pojedinih tvrdnji u vezi edukacije i stručnog usavršavanja za korištenje CAD/CAM tehnologije (n = 56)

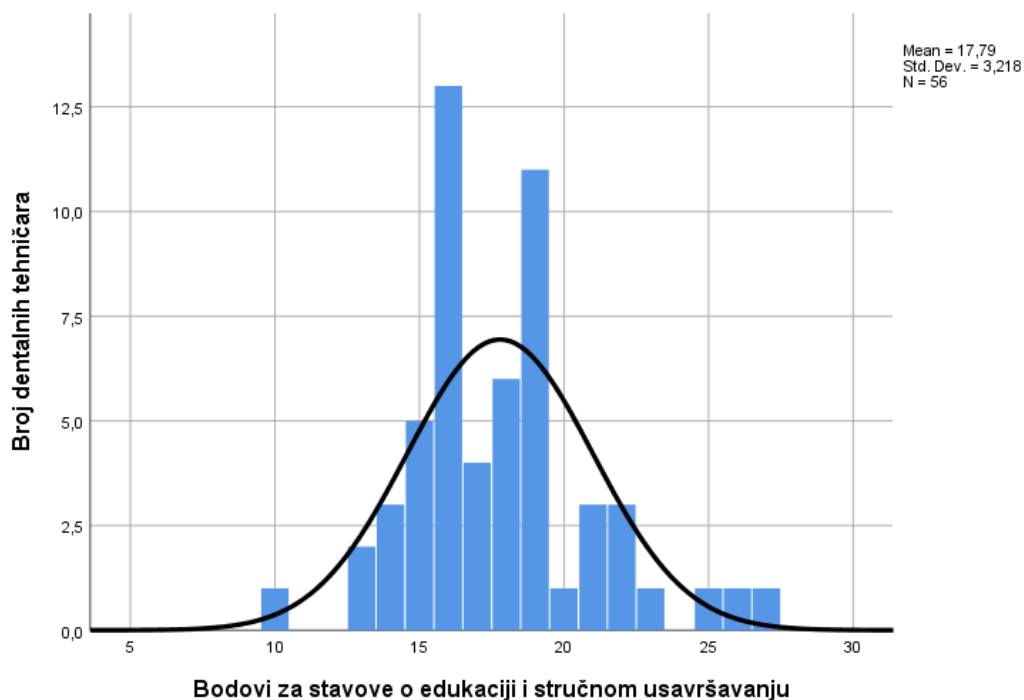
Tvrdnja	1 = uopće se ne slažem	2 = uglavnom se ne slažem	3 = nisam siguran	4 = uglavnom se slažem	5 = u potpun. se slažem	Ukupno
8. Dovoljno sam educiran o CAD/CAM tehnologiji tijekom obrazovanja za dentalnog tehničara	<b>26</b>	14	11	5	-	56
9. Dodatno sam se educirao o CAD/CAM tehnologiji	8	4	16	<b>17</b>	11	56
10. Isplativo je ulagati u edukaciju za korištenje CAD/CAM tehnologije	1	-	5	4	<b>46</b>	56
11. CAD/CAM tehnologija je dosta zastupljena u tečajevima stručne edukacije	4	<b>18</b>	12	9	13	56
12. Program obrazov.dentalnih tehničara uključuje odgovar.edukaciju o CAD/CAM tehnologiji	<b>24</b>	16	9	3	4	56
13. Doktori/doktorice dentalne medicine su dovoljno educirani o CAD/CAM tehnologiji	7	<b>20</b>	17	10	2	56

Napomena: u svakom retku tablice deblje je otisnuta najveća frekvencija

Aritmetičke sredine izvedene iz tablice 3 su prikazane u tablici 4.

Tablica 4. Deskriptivni pokazatelji za tvrdnje u vezi edukacije i stručnog usavršavanja za korištenje CAD/CAM tehnologije (n = 56)

Tvrdnja	Aritm.sredina	Standard.devij.	Koefic.varijac.
8. Dovoljno sam educiran o CAD/CAM tehnologiji tijekom obrazovanja za dentalnog tehničara	1,91	1,014	53
9. Dodatno sam se educirao o CAD/CAM tehnologiji	3,34	1,283	38
10. Isplativo je ulagati u edukaciju za korištenje CAD/CAM tehnologije	4,68	0,789	17
11. CAD/CAM tehnologija je dosta zastupljena u tečajevima stručne edukacije	3,16	1,304	41
12. Trenutni program obrazovanja dentalnih tehničara uključuje odgovarajuću edukaciju o CAD/CAM tehnologiji	2,05	1,212	59
13. Doktori/doktorice dentalne medicine su dovoljno educirani o CAD/CAM tehnologiji	2,64	1,034	39



Slika 5. Grafički prikaz distribucije broja bodova za stavove dentalnih tehničara o edukaciji i stručnom usavršavanju za CAD/CAM tehnologiju pomoću histograma u koji je ucrtana normalna krivulja (n = 56)

Kada se prihvaćanje tvrdnji o edukaciji i stručnom usavršavanju dentalnih tehničara za korištenje CAD/CAM tehnologije analizira po pojedinim ispitanicima u promatranom uzorku od 56 dentalnih tehničara dolazi se do još nekih spoznaja koje su opisane u nastavku. Zbroj ocjena za šest pitanja o edukaciji i stručnom usavršavanju za pojedine ispitanike tvori distribuciju frekvencija koja je prikazana u tablici 5, što je i grafički prikazano histogramom na slici 5. Vrijednosti (sume ocjena za edukaciju i stručno usavršavanje) prikazane su u tablici 5.

Tablica 5. Sume ocjena za edukaciju i stručno usavršavanje

	teoretski	stvarno
minimalno	6	10
prosječno	18	17,8
maksimalno	30	27



Bodovi u tablici 6 variraju od 10 do 27, prosjek im je 17,8 bodova što je vrlo blizu teoretskom prosjeku od 18 bodova. Osobito je karakteristično da je disperzija mala (koeficijent varijacije je 18%) što znači da su stavovi ispitanika o edukaciji međusobno vrlo slični, ispitanici su homogeni po njima. Distribucija bodova za stavove dentalnih tehničara o edukaciji i stručnom usavršavanju za CAD/CAM tehnologiju znatno je šiljastija od normalne distribucije (slika 5). Ova distribucija nije slična normalnoj distribuciji prema Kolmogorov-Smirnovljevom testu ( $z = 0,419$   $p < 0,001$ ) što onda znači da kod primjene inferencijalne statističke analize nije moguće koristiti parametrijske već samo neparametrijske testove.

Za potrebe inferencijalne statističke analize ispitanici su podijeljeni u tri kategorije (na osnovu vrijednosti kvartila) prema prihvaćanju tvrdnji o edukaciji kako je to prikazano u desnom dijelu tablice 6 (manje prihvaćanje, osrednje prihvaćanje, veće prihvaćanje).

Tablica 6. Anketirani dentalni tehničari prema prihvaćanju tvrdnji o edukaciji za CAD/CAM (n = 56)

Broj bodova	Broj ispit.	Broj ispit.	% ispit.	Stupanj prihvaćanja tvrdnji o edukaciji za CAD/CAM tehnologiju
10	1	11	20	manji
11	-			
12	-			
13	2			
14	3			
15	5	34	60	osrednji
16	13			
17	4			
18	6			
19	11	11	20	veći
20	1			
21	3			
22	3			
23	1			
24	-			
25	1			
26	1			
27	1			
Svega	56	56	100	

Tablica 7. Deskriptivni pokazatelji za prihvaćanje tvrdnji o edukaciji i stručnom usavršavanju dentalnih tehničara za CAD/CAM tehnologiju (n = 56)

Deskriptivni pokazatelj	Vrijed.
Aritmetička sredina	17,8
Medijalna vrijednost	17,5
Modalna vrijednost	16
Standardna devijacija	3,22
Koeficijent varijacije	18%
Kolmogorov-Smirnovljev test:	
z vrijednost u testu	0,157
p vrijednost u testu	0,002
normalnost distribucije	ne

Posljednja skupina pitanja u upitniku je pet pitanja vezanih uz prednosti i nedostatke CAD/CAM tehnologije u odnosu na konvencionalne tehnike izrade fiksno protetskih radova. Podaci o tome su smješteni u tablicama 8, 9, 10 i 11 gdje su stavljanje oznake + za prednosti, oznake – za nedostatke, a oznaka 0 za podjednaku kvalitetu CAD/CAM radova u odnosu na konvencionalne tehnike izrade. Svrha je ovih oznaka pojednostavljeno zbrajanje prednosti odnosno nedostataka CAD/CAM tehnologije u odnosu na konvencionalnu tehnologiju rada.

Tablica 8. Odgovori dentalnih tehničara na pitanja o kvaliteti protetskih proizvoda (n = 56)

Varijabla i oblik varijable	Broj ispit.	% ispit.	Oznaka
14. Kojom tehnikom otiskivanja smatrate da se dobije kvalitetniji otisak u fiksnoj protetici?			
intraoralnim skenerom	6	11	+
konvencionalnim tehnikama elastomerima	30	53	-
otisci su jednake kvalitete neovisno o korištenoj tehnici	20	36	0
Ukupno	56	100	
15. Kojom tehnikom rada smatrate da se dobivaju kvalitetniji fiksno protetski radovi?			
digitanim CAD/CAM tehnikama	18	32	+
konvencionalnim, nedigitalnim tehnikama	9	16	-
radovi su jednake kvalitete neovisno o korištenoj tehnici	29	52	0
Ukupno	56	100	

Tablica 9. Ocjene dentalnih tehničara o kvaliteti proizvoda CAD/CAM tehnologije (n = 56)

Tvrdnja	1 = uopće se ne slažem	2 = uglavnom se ne slažem	3 = nisam siguran	4 = uglavnom se slažem	5 = u potpun. se slažem	Ukupno
16. Fiksno protetski radovi izrađeni CAD/CAM tehnologijom su <b>dugotrajniji</b> od radova izrađenih konvencionalnim tehnikama	11	6	28	8	3	56
17. Fiksno protetski radovi izrađeni CAD/CAM tehnologijom su <b>bolje estetike</b> od radova izrađenih konvencionalnim tehnikama	7	11	16	16	6	56

Prema kodovima 1, 2, 3, 4 i 5 u tablici 8 mogu se izračunati prosječne ocjene:

kod pitanja 16 prosjek je 2,75

kod pitanja 17 prosjek je 3,05

Kod navedena dva pitanja kodovi 1 i 2 se mogu označiti sa -, kod 3 sa 0, a kodovi 4 i 5 sa +.

Tablica 10. Prednosti i nedostaci CAD/CAM tehnike rada (moguć višestruki izbor) prema ocjenama anketiranih dentalnih tehničara (n = 56)

Varijabla i oblik varijable	Broj ispit.	% ispit.	Oznaka
18. Smatrate li da je CAD/CAM tehnika rada (moguće više odabira):			
neisplativa investicija	1	2	-
nedovoljno razvijena tehnologija	6	11	-
prekomplicirana za svakodnevnu uporabu	23	41	-
nema širok spektar mogućnosti u protetici dentalne medicine	13	23	-
značajno brža od konvencionalnih tehnika	39	70	+
ne pruža dovoljnu individualizaciju protetskog rada	9	16	-
Ukupno	91	-	

Na osnovu oznaka -, 0 i + kod pitanja 14 do 18 može se napraviti sljedeći rezime koji je prikazan na tablici 11.

Tablica 11. Zbroj ocjena na pitanja 14-18 u upitniku

Pitanje	Oznaka		
	-	0	+
14	30	20	6
15	9	29	18
16	17	28	11
17	18	16	22
18	52	-	39
Ukupno	126	93	96

Posljednji redak tablice upućuje na zaključak da je, prema ocjenama anketiranih dentalnih tehničara, konvencionalna tehnika rada prevagnula kao prikladnija, odnosno da je zbroj prednosti CAD/CAM tehnologije niži nego što je zbroj za konvencionalne tehnike rada ( $96 < 126$ ).

Ovakav rezultat u vezi je i s očekivanjima koja su ispitanici iskazali u vezi CAD/CAM tehnologije u budućnosti. Odgovori na pitanje „19. Karakteristike CAD/CAM-a koje očekujem da će se uskoro značajno poboljšati su (moguće više odabira): snižavanje kupovne cijene CAD/CAM uređaja, 39 odgovora, snižavanje cijene edukacije za korištenje CAD/CAM uređaja, 32 odgovora, smanjenje vremena potrebnog za dizajniranje nadomjestaka, 16 odgovora, smanjenje vremena za strojnu izradu dizajniranih nadomjestaka, 8 odgovora, veće prihvaćanje CAD/CAM tehnologije od strane doktora/doktorica dentalne medicine, 14 odgovora, duže trajanje opreme kroz programe unaprjeđenja software-a i hardware-a CAD/CAM uređaja, 9 odgovora, poboljšanje estetike radova, 19 odgovora i povećanje kompatibilnosti različitih sustava CAD/CAM-a, 8 odgovora. Dakle, od 56 dentalnih tehničara dobiveno je ukupno 145 prijedloga za poboljšanja u budućnosti kako bi se ostvarila bolja kvaliteta radova, pojednostavio i ubrzao rad na CAD/CAM tehnologiji te ta tehnologija učinila pristupačnijom po cijeni i po funkcionalnosti.

#### 4.2. Inferencijalna statistička analiza

Ova je analiza napravljena dvjema neparametrijskim metodama: U testovima i H testovima. Svrha im je utvrditi postoji li statistički značajna razlika između medijana. Razlika se ne smatra statistički značajnom ukoliko je  $p > 0,05$  dok se može smatrati statistički značajnom ako je  $p < 0,05$ . Mann-Whitneyev U test se koristi kada nije primjenjiv t-test zbog nenormalnosti raspodjele, a nezavisna varijabla ima samo dvije kategorije. Kruskal-Wallisov H test koristi se

kada nezavisna varijabla ima tri ili više kategorije. Ovdje je izvedeno pet takvih neparametrijskih testova za koje su rezultati navedeni u tablici 12 ispod koje se nalazi interpretacija dobivenih rezultata. Kod svih tih testova je zavisna varijabla bio broj bodova za stavove ispitanika o edukaciji za korištenje CAD/CAM tehnologije. Što je sredina rangova u tablici 12 manja, to je prihvaćanje tvrdnji o edukaciji za CAD/CAM manje.

Tablica 12. Usporedba razlike u stavovima dentalnih tehničara o edukaciji za CAD/CAM tehnologiju pomoću U testova i H testova (n = 56)

	Varijabla	Grupa ispitanika	Broj ispit.	Sredine rangova	U odnosno H	z odn. df	p
1.	Radno iskustvo	manje	16	26,53			
		srednje	16	31,78			
		veće	24	27,63	H=0,972	df=2	0,615
2.	Sektor rada	privatni	53	29,18			
		javni	3	16,50	U=43,5	z=-1,325	0,185
3.	Korisnici u 2 grupe	nisu koris.	11	16,05			
		jesu koris.	45	31,54	U=110,5	z=-2,858	<b>0,004**</b>
4.	Korisnici u 3 grupe	nisu koris.	11	16,05			
		stariji koris.	21	32,88			
		noviji koris.	24	30,38	H=8,438	df=2	<b>0,015*</b>
5.	Korisnici u 3 grupe	nisu koris.	11	16,05			
		CAD	21	29,62			
		CAD/CAM	24	33,23	H=8,729	df=2	<b>0,013*</b>

Napomena: \* statistička značajnost do 5%; \*\* statistička značajnost do 1%; \*\*\* statistička značajnost do 0,1%

Zaključci temeljeni na rezultatima u tablici 12 su sljedeći:

dentalni tehničari manjeg staža imaju najmanje, a dentalni tehničari srednjeg staža pozitivnije stavove o edukaciji za CAD/CAM (26,53 < 31,78). Međutim, ta razlika nije statistički značajna (p = 0,615). Dentalni tehničari u privatnom sektoru imaju pozitivnije stavove o edukaciji za CAD/CAM od onih zaposlenih u javnom sektoru (29,18 > 16,50). No, ta razlika nije statistički značajna (p = 0,185). Dentalni tehničari koji nisu korisnici CAD/CAM imaju negativnije stavove o edukaciji za CAD/CAM od korisnika (16,05 < 31,54). No, treba naglasiti da je ta razlika statistički značajna (p = 0,004). Dentalni tehničari koji ne koriste CAD/CAM imaju negativnije stavove o edukaciji za CAD/CAM od starijih korisnika te tehnologije pa i onih koji tu tehnologiju koriste u novije vrijeme. Potrebno je naglasiti da je ta razlika statistički značajna (p = 0,015). Ispitanici koji nisu korisnici CAD/CAM imaju negativnije stavove o edukaciji za

CAD/CAM od korisnika, osobito CAD/CAM tehnologije ( $16,05 < 33,23$ ) i ta je razlika statistički značajna ( $p = 0,013$ ).

## 5. RASPRAVA

Tijekom protekla dva desetljeća uporaba CAD/CAM tehnologije u dentalnoj medicini eksponencijalno je porasla uslijed sve većih zahtjeva za brzim i efikasnim estetskim dentalnim liječenjem (27). Studije su pokazale brojne prednosti korištenja CAD/CAM tehnologije u odnosu na konvencionalne metode, uključujući bolja fizička i mehanička svojstva, smanjenje broja dolazaka pacijenta, povećanu produktivnost i smanjenu potrošnju materijala (28). Međutim, još uvijek su prisutni i nedostaci CAD/CAM tehnologije koji ograničavaju njihovu upotrebu, kao što su visoki inicijalni troškovi nabave CAD/CAM sistema, vrijeme i novac uloženi u edukaciju za rad s takvom tehnologijom, kao i mogućnost pogreške pri izradi digitalnog otiska a time i oblikovanja dentalnog nadomjeska (29). U ovom trenutku CAD/CAM tehnologija postaje sve važniji dio moderne dentalne medicine, uz pretpostavku njene potpune implementacije u svakodnevni rad koja će oblikovati i promijeniti dentalnu praksu u budućnosti. Uzimajući u obzir ovu činjenicu, postaje jasan nedostatak istraživanja usmjerenih na trenutno stanje korištenja CAD/CAM tehnologije, stavove korisnika o njenim prednostima i nedostacima te o njihovoj osposobljenosti za implementaciju takve tehnologije u svom svakodnevnom radu. Također, dostupna istraživanja pretežno obuhvaćaju studente ili doktore dentalne medicine, dok je u ispitivanjima zapostavljeno i drugo zdravstveno osoblje koje koristi CAD/CAM tehnologiju. Stoga je ovaj rad usmjeren na ispitivanje prakse i stavova dentalnih tehničara.

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da velika većina dentalnih tehničara koristi CAD/CAM tehnologiju. Skoro polovica ispitivanih se opredijelila samo za CAD dizajn, a proizvodnju prepuštaju drugim laboratorijima ili proizvodnim centrima. To je sve moguće zbog jednostavnog slanja dizajna e-mailom te brze dostave gotovog protetskog nadomjeska dostavnim službama. Glavni razlog za odabir takvog protokola, kao što je i ovo istraživanje pokazalo, su mišljenja većine dentalnih tehničara o visokim početnim ulaganjima u CAD/CAM proizvodnju. Dodatni razlog je kompliciran postupak korištenja CAD/CAM tehnologije, premda se velikom prednošću smatra brzina izrade u usporedbi s konvencionalnim metodama. Ispitanici ovog istraživanja veću su prednost dali konvencionalnim metodama ocjenjujući kvalitetu, dugotrajnost i estetiku radova. Kao najvažnije značajke, čije bi unaprjeđenje dovelo do šire uporabe CAD/CAM tehnologije, ispitanici dentalni tehničari istaknuli su bolju kvalitetu radova, jednostavniji i brži rad te cjenovna i funkcionalna pristupačnost CAD/CAM

tehnologije. Ovakvi rezultati su očekivani i usporedivi s rezultatima sličnih studija, gdje se kronološki može pratiti i pozitivan trend stavova prema CAD/CAM tehnologiji i korištenja iste u svakodnevnom radu. U istraživanju provedenom 2016. godine među britanskim doktorima dentalne medicine nitko od ispitivanih nije koristio bilo kakvu vrstu digitalne tehnologije zbog visokih troškova, nedostatka uvjerljivih prednosti nad konvencionalnim metodama te upitne kvalitete dentalnih nadomjestaka proizvedenih ordinacijskim sustavom CAD/CAM proizvodnje (30). U Saudijskoj Arabiji, 30 % ispitanih doktora dentalne medicine tijekom 2017. godine koristilo je CAD/CAM tehnologiju u svojoj kliničkoj praksi (31). Dvije studije provedene tijekom 2019. godine, među švicarskim i američkim doktorima dentalne medicine, pokazale su da je četvrtina, odnosno trećina dentalnih nadomjestaka proizvedena pomoću CAD/CAM tehnologije (32,33). Istraživanja koja su provedena kasnije, kao što je bilo istraživanje među austrijskim doktorima dentalne medicine 2022., pokazalo je da više od 80% ispitanika koristi CAD/CAM tehnologiju u svom radu, što je postotak sličan dobivenom ovim istraživanjem (34). Dio ispitivanih dentalnih tehničara u ovom istraživanju izrazilo je želju i namjeru za korištenjem CAD/CAM tehnologije u svom svakodnevnom radu. Slični rezultati dobiveni su i prethodno navedenim istraživanjima, gdje je većina ispitanika izrazila interes za uvođenjem digitalnih tehnologija u svoju praksu (27,30). Zanimljivo je da se preferencije ispitanika prema konvencionalnim odnosno digitalnim tehnikama razlikuju u provedenim istraživanjima. Ispitanici ovog istraživanja skloniji su konvencionalnim metodama, dok ispitanici u drugim provedenim istraživanjima preferiraju CAD/CAM tehnologiju te bi ju preporučili i drugim kolegama (27). Međutim, izražena zabrinutost oko cjelokupne kvalitete izrade dentalnih nadomjestaka CAD/CAM tehnologijom proteže se kroz sva ispitivanja, što zahtijeva dodatna ulaganja u ispitivanja i poboljšanje ovih karakteristika.

Kako je već spomenuto, većina istraživanja na sličnu tematiku provedena je među studentima i doktorima dentalne medicine, stoga je potreban oprez prilikom usporedbe rezultata ovog istraživanja i njihove interpretacije u okviru dosadašnjih spoznaja. Iz tog je razloga važno napomenuti kako je 2017. provedeno istraživanje među britanskim i irskim dentalnim tehničarima o korištenju CAD/CAM tehnologije (35). U tom istraživanju zanimljiva je bila činjenica da su dentalni tehničari s duljim radnim stažem i oni koji rade u privatnim laboratorijima bili skloniji ispuniti upitnik. CAD/CAM tehnologiju koristilo je 82 % ispitanika ovog istraživanja, a najviše njih educiralo se od strane proizvođača što naglašava potencijalni deficit znanja i problem pristranosti i nedostatka objektivne procjene prednosti i nedostataka ove tehnologije. Među najčešćim razlozima za korištenje digitalnih tehnologija bile su želja za



razvijanjem naprednih tehnologija u svom laboratoriju te očekivanje povećane produktivnosti i pouzdanosti. Većina ispitanika smatrala je kako je prerano za procijeniti je li im se ulaganje isplatilo i očekivanja ispunila, no ipak su naglasili kako im se produktivnost i kvaliteta rada poboljšala. Glavni razlozi zbog kojih se ispitanici dentalni tehničari nisu odlučili za uvođenje CAD/CAM tehnologije su visoka ulaganja i brzo zastarijevanje sustava. Dodatna zanimljivost koja je nastala ovim istraživanjem činjenica je kako upotreba digitalne tehnologije nije utjecala na smanjenje broja zaposlenika u laboratorijima ispitivanih dentalnih tehničara, što je u suprotnosti s popularnom pretpostavkom o zamjeni ljudske radne snage strojevima (35).

Jedna od važnih značajki rada s CAD/CAM sustavom je i educiranost i osposobljenost za takvu tehnologiju. Ispitanici ovog istraživanja ne smatraju se dovoljno educiranima za korištenje CAD/CAM tehnologije, a odgovorna je dijelom nedovoljna edukacija kroz obrazovni sustav. U skladu s time, daleko najviše ispitanika smatra kako se isplati ulagati u daljnju edukaciju o CAD/CAM tehnologiji. Negativnije stavove prema edukaciji za CAD/CAM imaju dentalni tehničari s najkraćim radnim stažem te oni koji su zaposleni u javnom sektoru, dok značajno pozitivnije stavove prema edukaciji za CAD/CAM imaju dentalni tehničari koji koriste CAD/CAM tehnologiju, neovisno o duljini korištenja, u usporedbi s dentalnim tehničarima koji ne koriste CAD/CAM tehnologiju. Slično mišljenje pokazuju i ispitanici prethodno provedenih istraživanja, koji smatraju edukaciju vezanu uz CAD/CAM tehnologiju nedovoljnom, dok mlađi doktori dentalne medicine smatraju edukaciju o korištenju CAD/CAM tehnologije izrazito važnom i voljni su uložiti dodatno vrijeme i resurse u kontinuiranu edukaciju i napredovanje u tom sektoru (27,30). Potrebno je istaknuti kako isti ti ispitanici uglavnom pohađaju tečajeve organizirane od strane proizvođača sustava, privatne tečajeve ili uče od kolega korisnika CAD/CAM tehnologije, dok se postojanje formalne nastave o digitalnoj tehnologiji uopće ne spominje (30). Kako bi budući djelatnici dentalne struke mogli formirati svoje mišljenje o digitalnim tehnologijama, potrebno ih je kroz formalno obrazovanje upoznavati s najnovijim dostignućima u dentalnoj medicini. Istraživanja pokazuju još uvijek očiti nedostatak takve prakse, pa je tako istraživanje provedeno 2019. godine u Indiji pokazalo kako je samo četvrtina studenata čula za CAD/CAM tehnologiju ili vidjela takav sistem, dok je velika većina ispitivanih studenata izjavila kako im kurikulum ne pomaže u stjecanju znanja o najnovijim tehnologijama. To pokazuje nedostatak praktičnog znanja i translacije kliničke osposobljenosti budućih korisnika neizostavnih dentalnih tehnologija u kliničkoj praksi (36).

Bitno je naglasiti važnost upoznavanja studenata s mogućnostima digitalne tehnologije u

dentalnoj struci, čemu studenti sve više teže, što nije iznenađujuće s obzirom na okolinu u kojoj odrastaju, u digitalnom svijetu koji utječe na njihove sklonosti i načine usvajanja novih znanja. Istraživanja su pokazala da studenti dentalne medicine pokazuju pozitivne stavove prema integraciji digitalnih tehnologija u edukaciju i kliničku praksu, a posebno je zanimljivo istaknuti kako je jedno takvo istraživanje provedeno 2018. godine među studentima dentalne medicine Sveučilišta u Zagrebu (37), koji su istaknuli kako smatraju CAD/CAM tehnologiju korisnom te kao glavnu prednost istaknuli kraće vrijeme izrade protetskog nadomjeska. U literaturi se spominje kako studenti dentalnih struka preferiraju vizualno učenje u usporedbi s ostalim studentima te se opisuje pozitivan utjecaj uvrštavanja CAD/CAM tehnologije u plan i program nastave na stavove studenata o toj tehnologiji (37). U svrhu potvrđivanja važnosti uvođenja CAD/CAM tehnologije u kurikulum obrazovanja dentalnih struka, provedeno je ispitivanje znanja o CAD/CAM tehnologiji među njemačkim studentima podijeljenima u dvije grupe. Ispitivana skupina učila je o CAD/CAM tehnologiji kroz praktičnu primjenu, dok je kontrolnoj skupini na raspolaganju bilo predavanje s video-materijalima. Prilikom provjere znanja, studenti koji su učili o CAD/CAM tehnologiji kroz praksu postigli su bolje rezultate na ispitu, a također su pozitivno ocijenili provođenje modula te iskazali povećani interes za korištenje ove tehnologije u svojoj budućoj praksi (38). Slično je istraživanje provedeno među američkim studentima od kojih je tijekom pretkliničke nastave dio imao priliku koristiti CAD/CAM tehnologiju za izradu protetskih nadomjestaka, dok su ostali studenti koristili konvencionalne tehnike. Premda su ispitivani studenti imali više prijašnjeg iskustva s korištenjem konvencionalnih metoda, studentima koji su koristili digitalne tehnologije pri izradi protetskog nadomjeska u ovom ispitivanju trebalo je manje vremena za izradu završnog produkta (39). Druge su studije također pokazale kako studenti koji koriste virtualnu simulaciju brže postižu jednaku razinu produktivnosti u usporedbi sa studentima koji koriste samo konvencionalne tehnike (40,41). Međutim, prilikom uvođenja takvih modula u dentalne kurikulume potrebno je imati na umu uloženo vrijeme i resurse za organizaciju takve nastave te uložiti napore u osmišljavanje takvih modula koji bi bili održivi bez smanjenja kvalitete obrazovnog procesa. U pilot studiji provedenoj u Njemačkoj predloženo je rješenje za problem nedovoljnih financijskih sredstava za provođenje edukacije o digitalnim tehnologijama u sklopu formalnog obrazovanja. Tijekom obaveznog kolegija u nastavu je bila uključena i radionica sponzorirana od strane proizvođača gdje su predstavnici tvrtke studentima prezentirali CAD/CAM tehnologiju kroz predavanja i praktične demonstracije. Takav modul učenja naišao je na odobravanje velikog broja studenata, a uspjeh se istoga procijenio i objektivno putem ispita kojeg su studenti polagali prije i nakon završene radionice, pokazavši puno bolje rezultate nakon odslušane radionice (42).

## 6. ZAKLJUČAK

U skladu s provedenim istraživanjem i dobivenim rezultatima mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- CAD/CAM tehnologiju u svom radu koristi 80 % ispitanih dentalnih tehničara.
- Uspoređujući korištenje konvencionalnih tehnika i CAD/CAM tehnologije s obzirom na kvalitetu, dugotrajnost i estetiku radova, dentalni tehničari veću prednost daju konvencionalnim metodama.
- Najveći broj ispitanika smatra da je korištenje CAD/CAM tehnologije značajno brže od korištenja konvencionalnih tehnika, no također velik broj njih smatra da je takva tehnika rada komplicirana za svakodnevnu uporabu.
- Kao najvažnije značajke, čije bi unaprjeđenje dovelo do šire uporabe CAD/CAM tehnologije, ispitanici dentalni tehničari istaknuli su bolju kvalitetu radova, jednostavniji i brži rad te cjenovna i funkcionalna pristupačnost CAD/CAM tehnologije.
- Ispitanici se smatraju nedovoljno educiranima za korištenje CAD/CAM tehnologije, a odgovornom smatraju neodgovarajuću edukaciju koju pruža trenutni program obrazovanja dentalnih tehničara. U skladu s time, daleko najviše ispitanika prihvatilo je tvrdnju o isplativosti ulaganja u daljnju edukaciju o CAD/CAM tehnologiji.
- Značajno pozitivnije stavove prema edukaciji za CAD/CAM imaju dentalni tehničari koji koriste CAD/CAM tehnologiju, neovisno o duljini korištenja, u usporedbi s dentalnim tehničarima koji ne koriste CAD/CAM tehnologiju.

## 7. SAŽETAK

**Cilj istraživanja:** Cilj istraživanja bio je ispitati stavove dentalnih tehničara u Osječko-baranjskoj županiji o korištenju i edukaciji CAD/CAM tehnologije pri izradi radova u fiksnoj protetici.

**Nacrt studije:** Presječno istraživanje provedeno na dentalnim tehničarima u Osječko-baranjskoj županiji.

**Ispitanici i metode:** Istraživanjem je obuhvaćeno 56 ispitanika iz Osječko-baranjske županije. Anкета je bila anonimna te se ispunjavala on line putem Google aplikacije.

**Rezultati:** Istraživanje je pokazalo da 80 % ispitanika koristi CAD/CAM tehnologiju. Od 11 ne korisnika, četvero se izjasnilo da planira početi. Većina ispitanika smatra da je korištenje CAD/CAM tehnologije brže od konvencionalnih tehnika, ali uzimajući u obzir kvalitetu, dugotrajnost i estetiku radova u fiksnoj protetici prednost daju konvencionalnim tehnikama. Ispitanici koji nisu korisnici CAD/CAM tehnologije imaju negativnije stavove o edukaciji od korisnika CAD/CAM tehnologije ( $p=0,004$ ). Od 56 ispitanika dobiveno je ukupno 145 prijedloga za veće prihvaćanje CAD/CAM tehnologije u budućnosti.

**Zaključak:** Ispitanici smatraju da nisu dovoljno educirani o korištenju CAD/CAM tehnologije, ali imaju pozitivne stavove o ulaganju u edukaciju o CAD/CAM tehnologiji. Kao najvažnije značajke, čije bi unaprjeđenje dovelo do šire uporabe CAD/CAM tehnologije, ispitanici su istaknuli bolju kvalitetu radova, jednostavniji i brži rad, te cjenovna i funkcionalna pristupačnost CAD/CAM tehnologije.

**Ključne riječi:** CAD/CAM; dentalni tehničari; dentalna medicina.

## 8. SUMMARY

### **Knowledge of dental technicians about CAD/CAM technology usage in fixed prosthodontics in Osijek-Baranja County**

**Objectives:** The objective of the research was to examine the attitudes of dental technicians in the Osijek-Baranja County regarding the use and education of CAD/CAM technology when creating fixed prostheses.

**Study outline:** Cross-sectional research conducted within dental technicians in Osijek-Baranja County.

**Participants and methods:** The research included 56 respondents from Osijek-Baranja County. The survey was anonymous and was completed online via the Google application.

**Results:** The survey showed that 80 % of participants use CAD/CAM technology. Out of the 11 non-users, four said they were planning to start. The majority of the respondents believe that the use of CAD/CAM technology is faster than conventional techniques, but taking into account the quality, durability and aesthetics of fixed prosthetics, they prefer conventional techniques. Respondents who are not users of CAD/CAM technology have more negative attitudes about education than users of CAD/CAM technology ( $p=0.004$ ). A total of 145 suggestions were received from 56 respondents for greater acceptance of CAD/CAM technology in the future.

**Conclusion:** The respondents believe that they are not sufficiently educated about the use of CAD/CAM technology, but they have positive attitudes about investing in education related to CAD/CAM technology. As the most important features, the improvement of which would lead to a wider use of CAD/CAM technology, the respondents pointed out better quality of fixed prostheses, simpler and faster workflow, cost and functional accessibility of CAD/CAM technology.

**Keywords:** CAD/CAM; dental technicians; dental medicine

## 9. LITERATURA

1. Tamrakar A, Rathee M, Mallick R, Dabas S. CAD/CAM in Prosthodontics - A Futuristic Overview. *Annals of Dental Speciality*. 2014;2(1):14–5.
2. Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dent Clin North Am*. 2011;55(3):559–70.
3. Rekow D. Computer-aided design and manufacturing in dentistry: a review of the state of the art. *J Prosthet Dent*. 1987;58(4):512–6.
4. Goodacre CJ, Garbacea A, Naylor WP, Daher T, Marchack CB, Lowry J. CAD/CAM fabricated complete dentures: concepts and clinical methods of obtaining required morphological data. *J Prosthet Dent*. 2012;107(1):34–46.
5. Mörmann WH. The evolution of the CEREC system. *J Am Dent Assoc*. 2006;137S(9).
6. Srinivasan M, Cantin Y, Mehl A, Gjengedal H, Müller F, Schimmel M. CAD/CAM milled removable complete dentures: an in vitro evaluation of trueness. *Clin Oral Investig*. 2017;21(6):2007–19.
7. Ettinger RL, Beck JD, Jakobsen J. Removable prosthodontic treatment needs: a survey. *J Prosthet Dent*. 1984;51(3):419–27.
8. Infante L, Yilmaz B, McGlumphy E, Finger I. Fabricating complete dentures with CAD/CAM technology. *J Prosthet Dent*. 2014;111(5):351–5.
9. Zarina R, Jaini J, Raj IJPCDR RS, Author C. Evolution of the Software and Hardware in CAD/CAM Systems used in Dentistry 1. *Int J Prev Clin Dent Res*. 2017;4(4):284–91.
10. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *BDJ*. 2008;204(9):505–11.
11. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC Oral Health*. 2017;17(1):149.
12. Webber B, McDonald A, Knowles J. An in vitro study of the compressive load at fracture of Procera AllCeram crowns with varying thickness of veneer porcelain. *J Prosthet Dent*. 2003;89(2):154–60.
13. Pascu NE, Dobrescu T, Opran C, Enciu G. Realistic scenes in CAD application. *Proc Eng*. 2014;69:304–9.
14. Ghaffari, T., Nourizadeh, A., Shafiee, E., Mahboub, F., Kalantari, A. Compressive Strength of Temporary Crowns Made from Default design in Two Types of Software. *J Dent*. 2023;24(1):47-52.

15. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *J Prosthodont Res.* 2016;60(2):72–84.
16. Dwivedi TN, Jakhanwal I, Singh Gill G, Narang A, Bhatheja A. Dwivedi TN et al. CAD-CAM in Prosthetic Dentistry CAD CAM in Prosthetic Dentistry: A Comprehensive Review. *Int J Comm Health Med Res.* 2017;3(2):56-59.
17. Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. *J Prosthodont.* 2018 ;27(1):35-41.
18. Marras I, Nikolaidis N, Mikrogeorgis G, Lyroudia K, Pitas I. A virtual system for cavity preparation in endodontics . *J Dent Educ.* 2008;72(4):494–502.
19. Uzun G. An Overview of Dental CAD/CAM Systems. *Biotechnology & Biotechnological Equipment [Internet].* 2008;22(1):530–5.
20. Kanazawa M, Inokoshi M, Minakuchi S, Ohbayashi N. Trial of a CAD/CAM system for fabricating complete dentures. *Dent Mater J.* 2011;30(1):93–6.
21. Wu Q, Zhang N, Dong B, Sun M, Yang X, Yu H. Esthetic rehabilitation for a Kennedy Class IV patient using detachable 3D printing diagnostic denture and removable partial denture with polyetheretherketone framework. *Heliyon.* 2022;8(10):e10834.
22. Miyazaki T, Hotta Y. CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. *Aust Dent J.* 2011;56(1):97–106.
23. Abduo J, Lyons K. Rationale for the use of CAD/CAM technology in implant prosthodontics. *Int J Dent.* 2013;2013.768121.
24. Neugebauer J, Kistler F, Zudorf G, Freyer D, Ritter L, Dreiseidler T, et al. CAD/CAM-produced surgical guides: Optimizing the treatment workflow. *Int J Comput Dent.* 2011;14(2):93–103.
25. Bibb R, Eggbeer D, Evans P, Bocca A, Sugar A. Rapid manufacture of custom-fitting surgical guides. *Rapid Prototyp J.* 2009;15(5):346–54.
26. Marušić M. Uvod u znanstveni rad u medicini. 4th edition. Zagreb: Medicinska naklada; 2008.
27. Nassani MZ, Ibraheem S, Shamsy E, Darwish M, Faden A, Kujan O. A Survey of Dentists' Perception of Chair-Side CAD/CAM Technology. *Healthcare (Basel).* 2021;9(1):68.
28. Baroudi K, Ibraheem SN. Assessment of Chair-side Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing Restorations: A Review of the Literature. *J Int Oral Health.* 2015;7(4):96-104.
29. Samra APB, Morais E, Mazur RF, Vieira SR, Rached RN. CAD/CAM in dentistry - A

- critical review. *Rev Odonto Cienc.* 2016;31:140-4.
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. Haider Y, Dimashkieh M, Rayyan M. Survey of Dental Materials Used by Dentists for Indirect Restorations in Saudi Arabia. *Int J Prosthodont.* 2017;30(1):83-85.
  32. Mühlemann S, Sandrini G, Ioannidis A, Jung RE, Hämmerle CHF. The use of digital technologies in dental practices in Switzerland: a cross-sectional survey. *Swiss Dent J.* 219;129(9):700-7.
  33. Dickens N, Haider H, Lien W, Simecek J, Stahl J. Longitudinal Analysis of CAD/CAM Restoration Incorporation Rates into Navy Dentistry. *Mil Med.* 2019;184(5-6):e365-e372.
  34. Krastev T, Payer M, Krastev Z, Cardelles JFP, Vegh A, Banyai D, Geczi Z, Vegh D. The Utilisation of CAD/CAM Technology Amongst Austrian Dentists: A Pilot Study. *Int Dent J.* 2023;73(3):430-4.
  35. Blackwell E, Nesbit M, Petridis H. Survey on the use of CAD-CAM technology by UK and Irish dental technicians. *Br Dent J.* 2017;222(9):689-93.
  36. Palanisamy SV, Hegde C. Awareness Among Dental Undergraduate Students Regarding CAD/CAM Technology—A Survey Report. *J Health Allied Sci NU.* 2019;9:57-63.
  37. Maltar M, Miloš L, Milardović S, Kovačić I, Peršić S, Juroš I, Kranjčić J. Attitudes of the Students from the School of Dental Medicine in Zagreb towards CAD/CAM. *Acta Stomatol Croat.* 2018;52(4):322-9.
  38. Schwindling FS, Deisenhofer UK, Porsche M, Rammelsberg P, Kappel S, Stober T. Establishing CAD/CAM in Preclinical Dental Education: Evaluation of a Hands-On Module. *J Dent Educ.* 2015;79(10):1215-21.
  39. Douglas RD, Hopp CD, Augustin MA. Dental students' preferences and performance in crown design: conventional wax-added versus CAD. *J Dent Educ.* 2014;78(12):1663-72.
  40. Buchanan JA. Experience with virtual reality-based technology in teaching restorative dental procedures. *J Dent Educ.* 2004;68(12):1258-65.
  41. Kikuchi H, Ikeda M, Araki K. Evaluation of virtual reality simulation system for porcelain fused to metal crown preparations at Tokyo Medical and Dental University. *J Dent Educ* 2013;77(6):782-92.
  42. Karl M, Franz M, Grobecker-Karl T, Scheib M. Pilot study on the effectiveness and students' attitude towards undergraduate training provided by industry. *Eur J Dent Educ.* 2018;22(3):174-8.