

# Tehnologija izrade monolitne i dvoslojne krunice iz cirkonij-oksidge keramike

---

Jindra, Sara

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:127:899654>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-03**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb School of Dental Medicine Repository](#)





Sveučilište u Zagrebu  
Stomatološki fakultet

Sara Jindra

# **TEHNOLOGIJA IZRADE MONOLITNE I DVOSLOJNE KRUNICE IZ CIRKONIJ- OKSIDNE KERAMIKE**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2022.

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

Mentor rada: doc. dr. sc. Lana Bergman

Lektorica hrvatskog jezika: Ivana Kovačić, mag.litt. comp. et mag. educ. philol. croat.

Lektorica engleskog jezika: Ivona Forgač, dipl. iur.

Sastav povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

Datum obrane rada: \_\_\_\_\_

Rad sadrži: 48 stranica

1 tablica

34 slike

CD

Rad je vlastito autorsko djelo, koje je u potpunosti samostalno napisano uz naznaku izvora drugih autora i dokumenata korištenih u radu. Osim ako nije drukčije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu izvorni su doprinos autora diplomskog rada. Autor je odgovoran za pribavljanje dopuštenja za korištenje ilustracijama koje nisu njegov izvorni doprinos, kao i za sve eventualne posljedice koje mogu nastati zbog nedopuštenog preuzimanja ilustracija odnosno propusta u navođenju njihova podrijetla.

## **Zahvala**

Zahvaljujem svojoj mentorici, doc. dr. sc. Lani Bergman, na stručnoj pomoći, savjetima, razumijevanju, podršci i trudu.

Hvala mojim kolegama s kojima sam provela ove najljepše studentske dane koje ću pamtiti zauvijek. Hvala svima s kojima sam imala priliku surađivati na mnogim projektima tijekom ovih godina. Hvala mojoj najboljoj grupi na danima ispunjenima smijehom, podrškom, kavama, druženjima i svim lijepim trenucima.

Hvala mojim prijateljicama koje su mi uvijek bile podrška i vjerovale u mene.

Hvala svim profesorima koji su nesebično dijelili svoje znanje te svim djelatnicima fakulteta. Hvala Juri, Zvonimiru i Aniti na pomoći oko slučaja u ovom diplomskom radu.

Hvala mojoj prekrasnoj obitelji koja je uvijek tu za mene i koja se veselila svakom mom položenom ispitu kao da je njihov.

Hvala mojoj bakici koja se molila prije svakog mog ispita i koja je jedva dočekala ovaj dan.

A najveće HVALA mojim roditeljima, mami Jasni i tati Kreši, koji su mi pružili sve u životu i zbog kojih sam tu gdje jesam. Hvala na ogromnoj podršci i razumijevanju, na svim lijepim riječima i riječima ohrabrenja. Hvala tati na svim savjetima i pomoći vezanih oko struke – učim od najboljeg. Oprostite na stresu koji ste proživljavali svaki puta kada sam spremala ispit. Nikada vam ovo neću zaboraviti. Volim vas.

Za kraj, hvala Bogu koji mi je dao snagu na ovom putu.

## **TEHNOLOGIJA IZRADE MONOLITNE I DVOSLOJNE KRUNICE IZ CIRKONIJ-OKSIDNE KERAMIKE**

### **Sažetak**

Dentalna industrija dugi niz godina istražuje i unaprjeđuje materijale za izradu protetskih nadomjestaka kako bi se poboljšala estetika, izbjegla upotreba metala te postigla biokompatibilnost i trajnost. Donedavno je zlatni standard u protetici bila metal-keramika, ali zbog potencijalnih alergijskih reakcija na neke komponente dentalnih legura trend je povećana upotreba bezmetalnih sustava koji su inertni. Sve veća težnja za nadomjescima koji bi bili što sličniji prirodnim zubima dovela je do razvoja materijala koji uz pravilnu indikaciju i tehnologiju izrade daju upravo takve rezultate.

Današnje težnje doktora dentalne medicine su da se osim estetske postigne i visoka funkcijska vrijednost nadomjeska uz što manji gubitak tkiva zuba. S obzirom na to da su dobra mehanička svojstva prisutna kod materijala za izradu potpunih keramičkih krunica, taj oblik terapije ušao je u svakodnevnu praksu. Potpuno keramičke krunice zbog svojih visokih estetskih svojstava, kao što su translucencija i transparentcija, metoda su izbora kod rješavanja zahtjevnih slučajeva u cilju postizanja što boljeg uklapanja protetskog nadomjeska u zubni niz.

Najčešće korišteni materijal za izradu bezmetalnih nadomjestaka je cirkonij-oksidna keramika zbog širokog spektra indikacija koje pokriva. Cirkonij-oksidnu keramiku odlikuju izuzetna mehanička, ali i napretkom tehnologije i estetska svojstva koja su omogućila upotrebu u svim segmentima zubnog niza.

U ovom diplomskom radu prikazat ću slučaj i usporediti tehnologije izrade monolitne i dvoslojne krunice iz cirkonij-oksidne keramike.

**Ključne riječi:** cirkonij-oksidna keramika, obložna keramika, monolitna krunica, dvoslojna krunica, CAD/CAM

# MANUFACTURING TECHNOLOGY OF MONOLITHIC AND LAYERED ZIRCONIA CROWN

## Summary

For many years, the dental industry has been researching and improving materials for the production of prosthodontic restorations in order to improve aesthetics, avoid the use of metals and achieve biocompatibility and durability. Until recently, the gold standard in prosthetics was porcelain fused to metal, but due to potential allergic reactions to some components of dental alloys, the trend is to increase the use of full ceramic systems that are biologically inert. The increasing tendency for restorations that would be as similar as possible to natural teeth has led to the development of materials that, with the correct indication and technology of production, produce exactly such results.

Today's aspirations of doctors of dental medicine are to achieve, in addition to aesthetics, a high functional value of the restoration with minimal loss of tooth tissue. Given that good mechanical properties are present in the materials for the production of full ceramic crowns, this form of therapy has entered everyday practice. Full ceramic crowns due to their high aesthetic properties, such as translucency and transparency, are a method of choice in solving demanding cases in order to achieve the best possible fit of the prosthodontic restoration into the dental arch.

The most commonly used material for the production of metal-free restorations is zirconium oxide ceramic due to the wide range of indications it covers. Zirconium oxide ceramics are characterized by exceptional mechanical, but also due to the technological progress of the material, the advance in the aesthetic properties which have enabled their use in all segments of the dental arch.

In this thesis, I will present the case and compare the technologies for producing monolithic and layered crowns from zirconium oxide ceramics.

Keywords: zirconium oxide ceramic, layering ceramics, monolithic crown, layered crown, CAD/CAM

## SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. PODJELA DENTALNIH KERAMIKA	2
1.1.1. CIRKONIJ-OKSIDNA KERAMIKA	3
1.1.2. OBLOŽNA KERAMIKA	4
1.2. VEZA IZMEĐU OBLOŽNE I CIRKONIJ-OKSIDNE KERAMIKE	5
1.2.1. VRSTA VEZE	5
1.2.2. KOMPLIKACIJE KOD DVOSLOJNIH SUSTAVA	5
1.2.3. VRSTE LOMA	6
1.3. INDIKACIJE I KONTRAINDIKACIJE	6
1.3.1. INDIKACIJE	6
1.3.2. KONTRAINDIKACIJE	7
1.4. CAD/CAM TEHNOLOGIJA IZRADE NADOMJESTAKA	8
1.5. PROTOKOL IZRADE MONOLITNE KRUNICE IZ CIRKONIJ-OKSIDNE KERAMIKE U ORDINACIJI I DENTALNOM LABORATORIJU	9
1.5.1. U ordinaciji	9
1.5.1.1. Pretprotetska sanacija	9
1.5.1.2. Konfekcijska kompozitna nadogradnja	9
1.5.1.3. Brušenje zuba	10
1.5.1.4. Uzimanje otiska	11
1.5.1.5. Određivanje boje	13
1.5.1.6. Izrada provizorija	13
1.5.1.7. Cementiranje	14
1.5.2. U dentalnom laboratoriju	14
1.6. PROTOKOL IZRADE DVOJSLOJNE KRUNICE IZ CIRKONIJ-OKSIDNE KERAMIKE U ORDINACIJI I DENTALNOM LABORATORIJU	15
1.6.1. U dentalnom laboratoriju	15
2. PRIKAZ SLUČAJA	17
2.1. PROTOKOL IZRADE MONOLITNE KRUNICE IZ CIRKONIJ-OKSIDNE KERAMIKE U ORDINACIJI I DENTALNOM LABORATORIJU	18
2.1.1. U ORDINACIJI	18

2.1.2. U DENTALNOM LABORATORIJU	25
2.2. PROTOKOL IZRADE DVOSLOJNE KRUNICE IZ CIRKONIJ-OKSIDNE KERAMIKE U ORDINACIJI I DENTALNOM LABORATORIJU	33
2.2.1. U ORDINACIJI	33
2.2.2. U DENTALNOM LABORATORIJU	34
3. RASPRAVA	38
4. ZAKLJUČAK	40
5. LITERATURA	42
6. ŽIVOTOPIS	47



## **Popis skraćenica**

TZP – eng. Tetragonal zirconia polycrystal, hrv. tetragonalni polikristalinični cirkonij-oksidi

Y –TZP – eng. yttrium – stabilized tetragonal zirconia, hrv. itrijem stabiliziran cirkonij-oksidi

CAD/CAM – eng. *computer-aided design/ computer-aided manufacturing*, hrv. računalom potpomognuto oblikovanje i računalom potpomognuta izrada nadomjeska

3D – trodimenzionalno



Keramika zauzima vrlo važno mjesto u protetici dentalne medicine. Dentalne keramike su anorganski materijali sastavljeni od metalnih i nemetalnih elemenata povezanih ionskom i/ili kovalentnom vezom. Zbog dobrih mehaničkih i optičkih svojstava glavni su građivni materijal u fiksnoj protetici. Konvencionalna zubna keramika je u osnovi keramizirano staklo na osnovi kvarca i mreže kalijeve i/ili natrijeve glinice. Moderne su keramike strukturirane polikristalinične građe.

Zahtjevi koje keramički materijali moraju ispuniti za primjenu u protetici:

- imitirati prirodna zubna tkiva
- imati što nižu temperaturu sinteriranja
- imati ujednačen koeficijent termičke istezljivosti osnovne konstrukcije i obložnog materijala; metala i keramike (metal-keramički sustavi) te jezgrenog i obložnog materijala (potpuno keramički sustavi)
- otpornost u vlažnom mediju
- tribološka svojstva koja odgovaraju tvrdim zubnim tkivima (1).

Razvojem struke razvijali su se i keramički materijali tako da se osnovi klasične keramike dodaju različite druge tvari. Osnovu čine kvarc, glinenci i kaolin. Pomoću metalnih oksida može se postići određeni opacitet ili fluorescencija, šećer daje materijalu svojstvo plastičnosti, a katalizatori (borovi oksidi ili alkalni karbonati) utječu na temperaturu pečenja keramičkih slojeva na slitini (2). Keramika je krhak materijal te stoga dolazi do loma prilikom opterećenja (3).

## **1.1. PODJELA DENTALNIH KERAMIKA**

Postoje podjele keramičkih materijala prema različitim kriterijima. Keramički materijali mogu se podijeliti prema namjeni, indikaciji, sastavu, tehnikama izradbe, mikrostrukтури, svojstvima i temperaturi pečenja (1). Glavna podjela je prema sastavu na silikatne i oksidne keramike (2). Nadalje, silikatne keramike dijele se na staklokeramike i glinične keramike. Glinične keramike imaju najbolja optička svojstva te se koriste kao obložna keramika, za izradu monolitnih nadomjestaka te estetskih ljuski. Oksidne keramike dijele se na aluminij-oksidnu keramiku i cirkonij-oksidnu keramiku. Oksidne keramike na tržište dolaze u blokovima, koji se izrađuju

tvornički, a odlikuje ih ujednačena mikrostruktura te visok stupanj čistoće čime se ističu njihova mehanička svojstva (3).

Podjela keramičkih materijala prema sastavu:

- silikatna (amorfna staklena matrica porozne strukture, glavna sastavnica je  $\text{SiO}_2$  uz  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{ZrO}_2$  – naziva se i keramizirano staklo). Čine je glinična i staklokeramika.
- oksidna/ polikristalinična (glavna kristalinična faza mogu biti  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{ThO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$  s malo ili bez staklene matrice). Čine je aluminij-oksidna i cirkonij-oksidna keramika (1).

### 1.1.1. Cirkonij-oksidna keramika

Cirkonij-oksidna keramika polikristalinična je keramika koja se otprilike 95% sastoji od cirkonijeva dioksida ( $\text{ZrO}_2$ ), a ostatak čini itrijev oksid koji stabilizira kristalnu rešetku. Cirkonij-oksidna keramika je keramika koja se učestalo koristi u dentalnoj protetici, a najviše se koristi za nadomjeske u stražnjem dijelu zubnog luka zbog većeg opterećenja koje je tamo prisutno (4). Cirkonijev dioksid dimenzijski je stabilan te ima izuzetno dobra mehanička, kemijska i estetska svojstva (3). Cirkonijev dioksid može biti u obliku metastabilne tetragonske faze koja se naziva *Tetragonal Zirconia Polycrystalline* ili *Tetragonal Zirconia Powder* ili TZP. Ukoliko se cirkonijevu dioksidu doda itrijev oksid koji ima ulogu stabilizirati ga, tada je riječ o *Yttrium Stabilized Tetragonal Zirconia Powder* ili Y-TZP-u. Upravo se taj stabilizirani oblik cirkonijeva dioksida najviše koristi u protetici jer ima visoku čvrstoću i lomnu žilavost, svojstvo transformacijskog očvrnuća te je zbog toga materijal izbora za izradu bezmetalnih mostova dužih raspona. U fiksnoj se protetici koristi za nadogradnje, krunice, mostove, implantate i implantatne nadogradnje. U usporedbi s čvrstim konvencionalnim keramikama keramike ojačane cirkonijem otpornije su na lom. Cirkonijev dioksid obrađuje se samo strojno, stoga se gloda u predsinteriranom stanju u oko 30% većoj dimenziji i tek nakon sinteriranja postiže krajnja mehanička svojstva i konačne dimenzije jer kod tih postupaka dolazi do transformacija unutar materijala (5). U dvoslojnim sustavima koristi se za izradu osnovne konstrukcije dok je kod monolitnog sustava riječ o tehnici bojenja (3).

Svi materijali koji se koriste u kliničkoj praksi moraju biti biokompatibilni. Da bi se dokazalo da je neki materijal biokompatibilan, testira se na alergogenost, citotoksičnost, mutagenost i kancerogenost (6). U istraživanjima je dokazano da je cirkonij-oksidna keramika citotoksičnija

od aluminij-oksidge keramike te je dokazana bioinertnost materijala u ispitivanjima za mutagenost i kancerogenost(7).

Kao što je već spomenuto, cirkonij-oksidge keramika ima izrazita estetska svojstva, što nije bio slučaj u počecima korištenja tog materijala koji je tada bio izrazito opak i koristio se samo za izradu osnovne konstrukcije u dvoslojnim sustavima. Razvojem materijala dobile su se translucentne varijante kojima su značajno poboljšana estetska svojstva nauštrb mehaničkih. Kad govorimo o estetici, cilj je estetike da nadomjestak izgleda prirodno i u tome važnu ulogu ima translucencija. Translucencija je količina svjetlosti koja ne bude niti apsorbirana niti odbijena od površine strukture, već prodire kroz strukturu. Najslabiji prodor svjetlosti naziva se opacitet, dok je kod najjačeg prodora svjetlosti riječ o transparentiji (8). Zbog translucencije bitno je izbjegavati obojene ili tamnije podloge te metalne nadogradnje, odnosno materijale koji ne provode svjetlost (9).

Kako bi se postigla što bolja estetika, koriste se tonirani blokovi cirkonij-oksidge keramike. Dobrim pozicioniranjem dizajniranog nadomjeska u bloku materijala može se postići nijansiranost monolitnog nadomjeska ili jezgrene konstrukcije od transparentne nijanse pri incizalnom rubu pa sve do opaknije nijanse na cervikalnom dijelu. Nadomjesci se nakon glodanja moraju sinterirati. Sinteriranjem se dobije gusta struktura. S obzirom na kontrakciju, prilikom sinteriranja blokovi su označeni barkodovima koji sadrže informacije o tome pa se prije glodanja skenira barkod na bloku materijala kako bi softver izračunao točnu stopu kontrakcije.

### **1.1.2. Obložna keramika**

Obložna keramika je sloj keramike koji je u dvoslojnom sustavu vezan za osnovnu konstrukciju koja je izrađena od druge vrste keramike ili metala. Glavna je uloga obložne keramike estetika, odnosno da nadomjestak izgleda što prirodnije. Kao obložna keramika najčešće se koristi glinična keramika zbog svojih izvrsnih optičkih svojstava s obzirom na to da propušta velik dio svjetlosti. Obložna keramika koja se koristi u dvoslojnim sustavima s cirkonij-oksidge osnovom je nanofluorapatitna staklokeramika (IPS e.max Ceram). Određena punila dodaju se radi poboljšanja karakteristika obložne keramike i to je poznato kao disperzijsko jačanje. Leucit ima zadatak pojačivača kristalinične faze u koncentraciji 35 – 40 vol% (10).

## **1.2. VEZA IZMEĐU OBLOŽNE I CIRKONIJ-OKSIDNE KERAMIKE**

Veliki problem koji se pojavljuje u svim dvoslojnim sustavima jest veza između površine osnovne konstrukcije i obložnog materijala. Adhezija keramike na površinu odljeva bila je predmetom brojnih istraživanja. Nekoliko je čimbenika koji potpomažu vezu: vlaženje keramike, oksidni sloj te mehanička retencija kod metal-keramike. Dobro vlaženje keramike na osnovnu metalnu konstrukciju osigurava kvalitetnu penetraciju stakla u nepravilnosti na površini i veću kontaktnu površinu. Difuzija atoma iz metala i keramike u tanki oksidni sloj tvori podlogu dobroj vezi. Nepravilnosti na površini također će pridonijeti kvalitetnijoj vezi na mikroskopskoj razini, posebice ako su prisutna potkopana mjesta. U potpuno keramičkim sustavima naglasak se stavlja na kvalitetu brušenja uporišnoga zuba i oblikovanju nadomjeska, mada postoje različiti materijali (npr. vezna sredstva/silani) i postupci (npr. regeneracijska pečenja, pjeskarenje) kojima se poboljšava veza osnovne konstrukcije i obložne keramike. U monolitnim sustavima nadomjestak se izrađuje jednokomadno, glodanjem iz bloka pa problem veze ne postoji (1).

### **1.2.1. Vrsta veze**

Budući da su obložna keramika i osnovna konstrukcija izrađeni od materijala različitih svojstava, oni su povezani vezom određene čvrstoće. Toplo tlačena litij-disilikatna staklokeramika, koja se koristi za fasetiranje, ima čvršću vezu s osnovnom konstrukcijom od cirkonijeva dioksida u usporedbi s gliničnom keramikom te se može koristiti kao alternativa slojevanju glinične keramike u dvoslojnim sustavima (11). Još se uvijek istražuje veza u potpuno keramičkom sustavu koja se bazira na mehaničkoj retenciji, dok kod metal-keramičkog sustava postoji već poznata kemijska veza između metala i keramike (12).

### **1.2.2. Komplikacije kod dvoslojnih sustava**

Kao glavni problem veze između sloja obložne keramike i osnovne konstrukcije navodi se kemijska inertnost cirkonijeva dioksida. Lom i raslojavanje obložne keramike najčešće su komplikacije do kojih dolazi na spoju obložne keramike i osnovne konstrukcije ili između slojeva obložne keramike. Na spojnoj površini između obložne keramike i osnovne konstrukcije može doći do kompresijskog naprezanja pa dolazi do adhezivnog loma, dok unutar slojeva keramike dolazi do vlačnog naprezanja koje rezultira kohezivnim lomom (13). Svojstva

keramike temelje se na kovalentnim i usmjerenim atomskim vezama. Takav način vezanja atoma ne dozvoljava njihovo pomicanje te zbog toga dolazi do poroznosti keramike i njezine niske tolerancije na vlačne sile. Do komplikacija može doći zbog nepravilnog brušenja i slabih adhezivnih sila između slojeva. Također, razlogom komplikacija smatraju se i rezidualna naprezanja unutar nadomjeska. Do rezidualnog naprezanja unutar nadomjeska može doći zbog neujednačenih koeficijenata termičkog istezanja između obložne keramike i osnovne konstrukcije te temperaturnih gradijenata tijekom hlađenja. U obložnom sloju dolazi do naprezanja zbog razlike u debljini obložne keramike i osnovne konstrukcije (13).

### **1.2.3. Vrste loma**

Uzroci su loma kod keramičkih krunica raznoliki te do njih može doći zbog propusta u laboratorijskom postupku, poroznosti materijala, neadekvatne površinske obrade uslijed čega mogu nastati površinske pukotine te zbog velikih zrna nastalih tijekom procesa proizvodnje keramičkog praha. Unutar strukture keramike mogu se naći pore koje su mjesta visoke osjetljivosti i tijekom prenaprezanja nastaju mikropukotine koje se dalje šire kroz materijal.

Prosječna veličina mikropukotina iznosi 20 – 50 mikrometara. Postoje mikropukotine unutar strukture keramike i one na površini. Pri procesu hlađenja dolazi do mikropukotina unutar strukture (14), a mikropukotine na površini nastaju tijekom strojnog glodanja i poliranja dijamantrnim svrdlima (15). Također, na površini nadomjeska, postoje i sekundarne pore. Topljivost same površine nadomjeska s obzirom na medij u kojem se nalazi jedan je od razloga zašto nastaju. Kada je struktura narušena, narušavaju se i svojstva gradivnog materijala, a time i funkcijska trajnost keramičkog nadomjeska (16). Zaostatna naprezanja, korozivno djelovanje tekućina u usnoj šupljini kojima je nadomjestak izložen te cikličko opterećenje nadomjeska omogućuju daljnje širenje pukotine kroz materijal te tako s vremenom otpornost na lom postaje manja i dolazi do loma i pri normalnom opterećenju (17).

## **1.3. INDIKACIJE I KONTRAINDIKACIJE**

### **1.3.1. Indikacije**

Cirkonij-oksidna keramika koristi se za izradu pojedinačnih krunica u području prednjih i stražnjih zubi. Također moguća je i izrada višečlanih mostova iz cirkonij-oksidne keramike. Upravo zbog svojih izvrsnih estetskih svojstava, translucetna cirkonij-oksidna keramika

ponajviše je indicirana u prednjem, vidljivom dijelu zubnog niza. U stražnjem segmentu, gdje su prisutne veće žvačne sile, koristi se čvršća cirkonij-oksidna keramika u obliku monolitnih nadomjestaka ili kao osnovna konstrukcija u dvoslojnim sustavima. Nadomjesci izrađeni od cirkonij-oksidne keramike indicirani su kod:

- morfoloških defekata zubi
- abrazivnih ili erozivnih defekata
- nestabilnih ispuna koji su posljedica velikih karijesnih defekata
- promjene boje zuba
- bruksizma (u obliku monolitnih nadomjestaka)
- anomalija položaja ili oblika zuba
- korekcije zagriža
- traumatskih oštećenja
- izrade mosta ( na mjestu nosača mosta) (18).

Ostale indikacije su kod nadomjestaka na implantatima i polukružnih mostova na implantatima te pojedinačnih krunica stražnje regije kod pacijenata sa smanjenim okluzalnim prostorom ili oralnom parafunkcijom (19).

Kada se govori o mostovima, cirkonij-oksidna keramika najčešće se koristi za mostove u prednjem dijelu zubnog niza, ali može se koristiti i u lateralnom segmentu. Izrada višečlanih mostova ovisi o mogućnosti CAD/CAM sustava koji se koristi. Iz cirkonij-oksidne keramike može se izraditi i most koji završava privjeskom iako je to statički nepovoljna situacija. Most od cirkonij-oksidne keramike može se izraditi i kao tangencijalni most ili kao most sa širom bazom. Ključna stavka kod izrade potpuno keramičkog mosta je jedinstveni smjer uvođenja (20).

### **1.3.2. Kontraindikacije**

Glavne kontraindikacije za potpuno keramičke nadomjeske su loša oralna higijena, veći parodontni defekti, nejasni okluzalni odnosi i teži okluzalni poremećaji, premalo preostalog zubnog tkiva i nepravilno brušenje uporišnog zuba(20, 21). Ne preporučuje se izrada mostova na lijepljenje (Maryland mostova) zbog nemogućnosti adhezivnog cementiranja (18).



#### 1.4. CAD/CAM TEHNOLOGIJA IZRADE NADOMJESTAKA

Tijek rada uz pomoć *computer-aided design* (CAD) i *computer-aided manufacturing* (CAM) tehnologije koristi se već od početka 1980-ih godina. Težilo se procesima koji daju visoku kvalitetu uz standardizirane blokove s visokim stupnjem iskorištenosti. CAD označava računalno oblikovanje budućeg nadomjeska, a CAM označava računalnu izradu protetičkog nadomjeska. Razvojem CAD/CAM tehnologije prošireno je i poboljšano područje izrade bezmetalnih krunica. Danas se koristi više CAD programa koji su komercijalno prihvatljivi za dizajniranje virtualnih 3D restauracija u kompjuterskom softveru. Vrlo je važno znanje onoga koji upravlja CAD/CAM sustavom. Iako je sustav gotovo automatiziran, važno je znanje i iskustvo kako bi se oblikovao adekvatan nadomjestak. Kada je dizajn nadomjeska završen, 3D CAD prebacuje ga prema CAM softveru koji pretvara virtualni model u grupu naredbi te počinje proces izrade dizajniranog nadomjeska.

Proces započinje digitalnom snimkom (skenom) površina dentalnog objekta. Digitalnu snimku možemo učiniti direktno u ustima ili uporabom gipsanog odljeva, nakon klasičnog otiskivanja u ustima pacijenta. 3D površina u digitalnom obliku osnova je za izradu zadanog nadomjeska. Najčešće korišten format za 3D mjerenja je STL format (Standard Tessellation Language). Dodatak STL formatu je Additive Manufacturing File (AMF), standardni format za opis objekta kod postupka 3D ispisa. Zvanični ISO/ASTM (International Standardizing Organizations/American Society for Testing and Materials) je XML format koji omogućava bilo kojem CAD softveru da izradi oblike i odnose svakog 3D objekta za svaki 3D printer.

Nakon prihvata skena ili otiska u dentalnom laboratoriju radi se završno oblikovanje te kao takvo pretvara u naredbe pod kontrolom CAM komponenti u CAD/CAM sustavu. Oblikovanje, odnosno glodanje može biti suho i mokro. Mokrim glodanjem sprječava se pregrijavanje materijala, i koristi se za glodanje metala ili staklokeramike. S obzirom da se cirkonij-oksida keramika gloda u predsinteriranom stanju (konzistencija slična kredi), koristi se suho glodanje. Jedna od vodećih CAD/CAM tehnologija je glodanje CEREC postupkom (Sirona, Bensheim) koji koristi keramičke sustave VITA (VITA zahnfabrik) i ProCad (Ivoclar/ Vivadent). Blokovi za strojnu obradu mogu biti od glinične keramike, staklokeramike te oksidnih keramika kao i u estetskom smislu monokromatski i polikromatski. Keramički blokovi glodani do punog oblika individualiziraju se tehnikom bojenja radi postizanja prirodne estetike zuba. Industrijski izrađeni CAD/CAM blokovi ukazuju na malu poroznost i stoga na visoku mehaničku otpornost.

CAD/CAM tehnologija dovela je revoluciju u područje fiksne protetike. Prednosti su standardizirani proizvodni procesi s predvidljivim i efikasnim tijekom rada (2).

## **1.5. PROTOKOL IZRADE MONOLITNE KRUNICE IZ CIRKONIJ-OKSIDNE KERAMIKE U ORDINACIJI I DENTALNOM LABORATORIJU**

### **1.5.1. U ORDINACIJI**

#### **1.5.1.1. Preprotetska sanacija**

Najčešći postupci u preprotetskoj sanaciji obuhvaćaju endodontske i restaurativne zahvate te kirurške zahvate kao što su vađenje zuba, zaostalih korijena te apikotomiju. Produljenje kliničke krune zuba, uklanjanje mekih i tvrdih naslaga i uklanjanje zubnog plaka pripadaju parodontološkoj terapiji koja se također mora učiniti prije izrade protetskog rada (22).

#### **1.5.1.2. Konfekcijska kompozitna nadogradnja**

Nadogradnja je indicirana kod zuba kod kojih nema dovoljno preostalog zubnog tkiva koje bi osiguralo rezistenciju i retenciju protetskog nadomjeska te optimalan prijenos sila. Indikacija za izradu nadogradnje je endodontski liječeni zub u čiji korijen se nadogradnja mora usidriti, dok je kod vitalnih zubi dovoljno koristiti adhezivne tehnike s kompozitnim materijalima za nadoknadu izgubljene kliničke krune zuba ukoliko je to moguće. Ukoliko je prevelik gubitak krune vitalnog zuba, radi se devitalizacija te se nadogradnja sidri u korijenu (23).

Preduvjet za izradu konfekcijske kompozitne nadogradnje je dovoljna količina zubnog tkiva cervikalno (3-5mm u visinu), koje omogućuje efekt obruča (ferrule). On je neophodan kod izrade adhezivno cementiranih konfekcijskih kompozitnih nadogradnji jer omogućuje osiguravanje suhog radnog polja i optimalan prijenos sila.

Preparacija korijenskog kanala prvi je korak pri izradi nadogradnje. Bitna je poštedna preparacija jer se gubitkom zubnog tkiva povećava šansa za lom zuba. Preparacijom za nadogradnju uklanja se gutaperka do dubine minimalno jedne polovine korijena i bitno je dobro očistiti gutaperku sa stijenki korijenskog kanala kako bi se omogućilo kvalitetno adhezivno cementiranje. U apikalnom dijelu gutaperka treba ispunjavati minimalno 4 mm.

Za preparaciju korijenskog kanala koriste se specijalna svrdla i plavi kolječnik bez vodenog hlađenja. Prvo se koristi pilot svrdlo koje je uže od punjenja te se koristi stoper koji se stavlja na svrdlo u dužini koja se odredila uz pomoć rendgenske slike. Sljedeće svrdlo koje se koristi je svrdlo većeg promjera koje sastruže gutaperku sa stijenki kanala.

Kod ovog pacijenta izrađena je estetska nadogradnja te je korišten kompozitni kolčić ojačan staklenim vlaknima, a neke njegove karakteristike su izvrsna mogućnost vezivanja sa zubom pri čemu se stvara monoblok te modul elastičnosti koji je sličan dentinu. Prednosti su i brza izrada, niska cijena te boja koja se ne prozire kroz protetski nadomjestak. Za cementiranje kompozitnog kolčića koristi se kompozitni cement te se kruna oblikuje kompozitnim materijalom. Praktično je koristiti i tzv. *core* materijale – to su kompozitni cementi s više punila s kojima se kolčić cementira u korijenski kanal, ali se iz istog materijala nadoknađuje i krunski dio nadogradnje (23).

### 1.5.1.3. Brušenje zuba

O brušenju ovisi uspjeh fiksnog protetskog rada, ponajviše estetski i funkcijski, ali i zdravlje parodonta. U cervikalnom dijelu zub se brusi sa zaobljenom ili pravokutnom stepenicom (24). Zbog nedostatnog brušenja uporišnog zuba može doći do pojačanog naprezanja nadomjeska u vestibulolingvalnom dijelu što uzrokuje tipični polumjesečasti lom vestibularnog dijela krunice. Kod potpuno keramičkih nadomjestaka izrađenih iz keramičkih materijala niske savojne čvrstoće (manje od 350 MPa) zub se brusi na pravokutnu stepenicu u širini od 1mm. Zaobljena stepenica indicirana je kod keramičkih materijala visoke savojne čvrstoće (više od 350 MPa). Pravokutna stepenica omogućuje nadomjesku pravilan dosjed te pruža otpor silama koje su usmjerene s incizalnih dijelova zuba, ona je šira i omogućuje deblji sloj materijala nadomjeska te se debljinom materijala kompenziraju slabija mehanička svojstva keramika niže savojne čvrstoće (25). Okluzalni kut konvergencije iznosi između četiri i šest te je bitno sve kutove i prijelaze zaobliti kako bi se osigurala strukturna trajnost nadomjeska (26). Za brušenje se koriste dijamantna svrdla i crveni kolječnik (27).

Za oksidne keramičke krunice koristi se zaobljena stepenica koja iznosi 0,3 – 0,5 mm(28). Stepenica se smješta supragingivno radi parodontoprofilakse, ali ukoliko je potrebno, može se ispreparirati 0,5 mm subgingivno. Debljina preparacije uz vrat zuba trebala bi iznositi 1 mm, dok širina incizalnog brida u vestibulo-oralnom smjeru treba biti minimalno 0,9 mm. Aksijalna

redukcija iznosi 1 – 1,5 mm, a skraćenje incizalnog ruba 2 mm. Konvergentni kut kod preparacije za cirkonij-oksidnu keramičku krunicu iznosi 12°– 14° (29). Velika važnosti pridodaje se završnoj obradi brušenog zuba, tj. poliranju zuba. Potrebno je otkloniti podminirana mjesta i caklinu koja nije poduprta te zagladiti sve prijelaze preparacije.

#### **1.5.1.4. Uzimanje otiska**

Najbitnija faza u izradi fiksnoprotetskog rada je otisak. Cilj otiska je vjerno prikazati situaciju u ustima te o otisku ovisi hoće li dosjed nadomjeska biti precizan. Otisak može biti analogni i digitalni. Kod digitalnih otisaka manje su šanse da dođe do pogreški nego kod analognog otiska.

Materijale za otiskivanje možemo podijeliti prema elastičnosti te konzistenciji. Prema elastičnosti dijele se na elastične i neelastične, dok se elastični dijele na sintetičke elastomere (silikoni, polieteri i polisulfidi) i hidrokoloide (reverzibilni i ireverzibilni). Kada se govori o konzistenciji, postoje rijetki, srednje gusti i gusti, odnosno kitasti materijali.

Za otiskivanje u fiksnoj protetici najviše se koriste sintetički elastomeri čiji su predstavnici silikoni i polieteri te su oboje dvokomponentni sustavi.

Silikoni se dijele na adicijske i kondenzacijske silikone koji se koriste uglavnom kao pomoćno sredstvo zbog svoje dimenzijske nestabilnosti. Kod adicijskih silikona miješaju se dvije paste, prva koja sadrži polimer sa silanskim skupinama, punilo i boju te druga koja sadrži polimer sa završnim vinil-skupinama, filtrom i katalizatorom. Oni su dimenzijski stabilni, elastični i veoma precizni, ali i zahtijevaju suho radno polje. Koriste se za izradu radnih modela i registraciju zagriža.

Polieteri također pripadaju u sintetičke elastomere te ih čine baza (polieter i punilo) i katalizator (esteri sulfonske kiseline i inertna ulja). Uspoređujući ih sa silikonima, imaju manju polimerizacijsku kontrakciju, ali je koeficijent termičke ekspanzije veći. Tikotropno svojstvo zbog kojeg u trenutku naprežanja (npr. kod potiskivanja kroz špricu) postaju rjeđi, daje im prednost nad silikonima. Polieteri su precizni, hidrofilni te imaju dobru dimenzijsku stabilnost. Izrazita čvrstoća nakon stvrdnjavanja navodi se kao njihova mana jer je vađenje materijala iz podminiranih područja otežano te postoji opasnost od ekstrakcije parodontološki ugroženih,

nebrušenih zuba. Također, zbog čvrstoće polietera može doći do trganja sadrenog modela te se zato modeli moraju lijevati iz tvrde sadre tipa IV ili V (30).

Hidrokoloidi također pripadaju u elastične materijale za otiskivanje. Ireverzibilni hidrokoloidi koriste se uglavnom za izradu anatomskeg modela. Ireverzibilni hidrokoloidi su elastični, ali i slabo otporni na trganje te dimenzijski nestabilni pa se ne koriste za precizne otiske u fiksnoj protetici. Reverzibilni hidrokoloidi rijetko se koriste u kliničkoj praksi te se više koriste u zubotehničkim laboratorijima za proces dubliranja (31).

Kod uzimanja otiska, uz odabir materijala, ključan je i odabir žlice. Žlice dijelimo na konfekcijske i individualne. Individualne žlice najčešće su izrađene od svjetlosno ili hladno polimerizirajućeg akrilata te one omogućuju ujednačenost debljine materijala u svim dijelovima jer osiguravaju razmak između žlice i zuba (2 – 3 mm). Konfekcijske žlice, koje se još nazivaju i tvorničkim žlicama, mogu se podijeliti na plastične i metalne. Također mogu biti perforirane i neperforirane te imati podebljani rub. Bitno je da žlica obuhvaća sve zube, da osigura dobru retenciju otisnog materijala i dovoljno mjesta za materijal. Za otiske elastomerima i ireverzibilnim hidrokoloidima najčešće se koristi metalna žlica.

Pri uzimanju otiska, kako bi se postiglo precizno prilijeganje protetskog nadomjeska, bitno je precizno otisnuti područje granice preparacije. Za točnu reprodukciju okolnog mekog tkiva nužno je prikazati rub preparacije. Gingivnaretrakcija postiže se uporabom retrakcijskih konaca (neimpregnirani) koji mehanički odmiču gingivu (32), a pritom treba težiti tome da ne dođe do trajne retrakcije marginalne gingive.

Tehnike otiskivanja mogu se podijeliti na :

- jednovremeni otisni postupak s jednim ili dvama materijalima
- dvovremeni otisni postupak s dvama materijalima.

Kako se struka razvija, sve više se koriste digitalni intraoralni skeneri koji služe za uzimanje digitalnog otiska i time skraćuju vrijeme izrade nadomjeska te dovode do manje pogrešaka pri

izradi za razliku od analognih otisaka. Metoda uzimanja digitalnog otiska je ugodnija za pacijenta jer je intraoralni skener manjih dimenzija od konfekcijskih žlica za otiske. Nakon digitalizacije analognog otiska skeniranjem modela u ekstraoralnom skeneru postupak se nastavlja u CAD programu.

#### **1.5.1.5. Određivanje boje**

Za određivanje boje nadomjeska koristi se ključ boja te vizualna metoda odabira boje. Odabir boje vizualnom metodom dosta je subjektivan, stoga je potrebno standardizirati uvjete kod određivanja boje. Čimbenici koji utječu na odabir boje su: uvjeti osvjetljenja, kut promatranja, dob, spol, sposobnost i iskustvo promatrača te njegovo psihofizičko stanje i mnogi drugi.

Neke od smjernica za vizualno određivanje boje su:

- potrebno je neutralnije okruženje
- pacijenta prekriti sivom neutralnom pregačom ukoliko nosi odjeću jarkih boja
- ukloniti ruž sa usana
- očistiti zube od naslaga
- zub kojem se određuje boja trebao bi biti udaljen oko 50 cm od očiju promatrača te u njihovoj razini u razini
- određivati svjetlinu kroz poluzatvorene oči jer se tada inaktiviraju čunjići
- ako postoji dvojba, treba odabrati boju veće svjetline i manje zasićenosti
- najbolje je određivati boju na dnevnoj svjetlosti između 10 i 15 sati (33).

#### **1.5.1.6. Izrada provizorija**

U razdoblju od brušenja zuba do trajnog cementiranja konačnog fiksno protetskog rada zub i pripadajući mu dijelovi stomatognatnog sustava bit će zaštićeni privremenim nadomjeskom. Privremene krunice moraju osigurati položajnu stabilnost brušenog zuba, zaštitu brušenog zuba, zaštitu marginalne gingive, rubnu prilagodbu, zaštitu mekih tkiva, stabilnu i funkcionalnu okluziju, estetsku nadoknadu te neometano i kvalitetno provođenje oralne higijene.

Privremene krunice mogu se podijeliti prema:

- a) trajanju nošenja

- kratkotrajne
- dugotrajne
- b) vrsti
  - konfekcijske
  - individualno izrađene
- c) načinu izrade
  - direktna tehnika
  - indirektna tehnika (31).

### **1.5.1.7.Cementiranje**

Cementi su materijali koji se u fiksnoj protetici koriste za fiksaciju nadomjestka na brušeni zub kako bi se zaštitio zub nosač i osigurala stabilna retencija nadomjeska. Prostor između fiksnoprotetskog nadomjeska i brušenog zuba popunjava se cementom (31). Cementi se dijele na privremene i trajne, a trajni se dijele na cink-oksifosfatni, polikarboksilatni, staklenoionomerni, smolom modificirani i kompozitni cement. Sve češće se koristi samoadhezivni cement kod kojeg je jednostavnija primjena jer ne zahtjeva pripremu površine nadomjeska ili zuba. U usporedbi s klasičnim kompozitnim cementom vezna čvrstoća samoadhezivnih cemenata je manja, no važnija je primarna retencija nadomjeska od odabira cementa.

Cirkonijev dioksid nije moguće adhezivno cementirati jer nema staklenu fazu te ga se ne može jetkati kao što je slučaj kod silikatnih keramika pri čemu se ostvaruje veza između metakrilnih skupina adhezivnog cementa i silikata u keramici. Cirkonij-oksidna keramika trebala bi se cementirati staklenoionomernim cementima te bi se trebao izbjegavati predtretmanu obliku pjeskarenja jer njime može doći do transformacije površine cirkonijevog oksida (27).

### **1.5.2. U DENTALNOM LABORATORIJU**

Keramički blok stavlja se na metalni nosač u glodalici te je na taj način fiksiran u komori za glodanje. Blok se glodje dijamentnim frezama i diskovima. Keramički blok vrti se oko svoje

osi, a dijamantne freze i disk se vrte i transliraju gore – dolje oko blokate ga pri tom izrezuju u zadani oblik (34).

Postoje dvije vrste blokova cirkonij-oksidge keramike – sinterirani i predsinterirani tip cirkonij-oksidge keramike. Kod sinterirane keramike ne dolazi do dimenzijskih promjena, a zbog velike je tvrdoće teže obradiva te je povećana mogućnost loma. Predsinterirani tip cirkonij-oksidge keramike lakše je obradiv, ali dolazi do dimenzijskih promjena zbog kontrakcije prilikom sinteriranja. Predsinterirana keramika prolazi proces sinteriranja u peći za sinteriranje te tada postiže konačna mehanička svojstva i dimenzije (31).

Kod dvoslojnih sustava, nakon napečenja slojeva obložne keramike u većoj dimenziji, površina se oblikuje dijamantnim diskovima i frezama čime se postiže konačni izgled i boja nadomjeska. Također, za obradu se mogu koristiti i gumice impregnirane abrazivnim sredstvima, a kod poliranja mogu se koristiti paste za poliranje koje sadrže dijamantne čestice.

Kod monolitnih nadomjestaka, ukoliko je potrebno, površina se može pigmentirati kako bi se nadomjestak dodatno individualizirao. To je tehnika bojenja. Nakon obrade slijedi glaziranje, što podrazumijeva nanošenje sloja niže taljive keramike koja se peče pri atmosferskom tlaku. Glaziranjem se postiže sjaj i glatkoća nadomjeska, a smanjuje se abrazivni učinak na zube antagoniste. Također, glaziranje osigurava dodatnu čvrstoću nadomjeska budući da popunjava pukotine unutar keramike (2).

## **1.6. PROTOKOL IZRADE DVOSLOJNE KRUNICE IZ CIRKONIJ-OKSIDNE KERAMIKE U ORDINACIJI I DENTALNOM LABORATORIJU**

### **1.6.1. U DENTALNOM LABORATORIJU**

Osnovna konstrukcija od cirkonij-oksidge keramike izrađuje se u CAD/CAM sustavu glodanjem (35).

Staklokeramika nastaje kontroliranom kristalizacijom stakla na visokoj temperaturi te pri tom nastaju kristali koji se rasprše unutar staklene matrice. Kako bi se modificirala optička i mehanička svojstva, dodaju se razni kristali tijekom procesa kristalizacije. Upravo dodatak



kristala omogućuje veću čvrstoću, dok veći udio stakla bolje oponaša svojstva dentina i cakline. U laboratorijskoj izradi staklokeramika se može podijeliti na tlačenu, ljevljivui računalom potpomognutu izradu iz keramičkog bloka.

Tlačena staklokeramika koja se koristi u kombinaciji s osnovnom konstrukcijom iz cirkonijevog dioksida je IPS e-max Press (36).

IPS e-max litij-disilikatna staklokeramika sadrži igličaste kristale koji su bolje raspoređeni u staklenoj matrici i ima savojnu čvrstoću oko 400 MPa. Press verzija dolazi u keramičkim valjčićima (ingotima)u dvije veličine i četiri stupnja translucencije te je namijenjena toplo-tlačnoj tehnici proizvodnje, a CAD inačica predviđena je za strojnu obradu.

Moguće je izglodati obložnu staklokeramiku za dvoslojni sustav. U CAD/CAM sustavu odvojeno se dizajniraju osnovna konstrukcija iz cirkonijevog dioksida i obložna keramika. Nakon glodanja i sinteriranja, obložna keramika lijepi se na osnovnu konstrukciju. To se zove CAD on tehnika (37).

## **2. PRIKAZ SLUČAJA**

## 2.1. PROTOKOL IZRADE MONOLITNE KRUNICE IZ CIRKONIJ-OKSIDNE KERAMIKE U ORDINACIJI I DENTALNOM LABORATORIJU

### 2.1.1. U ORDINACIJI

Pacijent dolazi u ordinaciju radi sanacije gornjeg lijevog središnjeg sjekutića, zuba 21, koji je frakturiran uslijed automobilske nesreće. Kliničkim pregledom i analizom rendgenske snimke ustanovljeno je neadekvatno endodontsko liječenje zuba 21 (Slika 1.). Potrebno je napraviti reviziju punjenja zuba 21, izraditi kompozitnu nadogradnju te naposljetku izraditi pojedinačnu krunicu na tom zubu. Pacijent je odlučio uz dogovor sa stomatologom da će se izraditi pojedinačna estetska krunica. Materijal izbora je translucetna cirkonij-oksidna keramika, budući da je pacijent u 20-im godinama te mu je bitno da je nadomjestak visoke estetike. Za potrebu ovog diplomskog rada izradit će se i monolitna i dvoslojna krunica iz cirkonij-oksidne keramike kako bismo ih što bolje mogli usporediti, a na kraju će se cementirati krunica koja se bolje estetski uklapa u ostatak zubnog niza.

Učinjena je revizija punjenja zuba 21 (Slika 2).



**Slika 1.** Neadekvatno endodontsko liječenje.



**Slika 2.** Revizija punjenja korijenskog kanala.

Nakon revizije punjenja, korijenski kanal je prepariran za nadogradnju (Slika 3.) te se izrađuje konfekcijska kompozitna nadogradnja (Slika 4.)



**Slika 3.** Zub prepariran za nadogradnju.



**Slika 4.** Izrada konfekcijske kompozitne nadogradnje.

Prije početka terapije određena je boja budućeg nadomjeska (Slika 5.).



**Slika 5.** Određivanje boje.

Uzet je jednovremeni otisak u konfekcijskoj žlici s jednim materijalom – ireverzibilnim hidrokolidom u suprotnoj (donjoj) čeljusti (Slika 6.). Nadalje, uzet je dvovremeni otisak adicijskim silikonom s dvama materijalima različite konzistencije iz kojeg će se izraditi radni model. Prvo se nakon brušenja uzeo otisak kitastim materijalom kako bi se individualizirala konfekcijska žlica (Slika 7.). Otisak se nakon vađenja iz usta obradi, tj. uklone se podminirana mjesta te pregrade između nebrušenih zubi. Rijetki materijal nanosi se oko brušenih zuba i u impresije zuba na prvom otisku te se žlica vraća u usta bez jačeg pritiska (38) (Slika 8.).



**Slika 6.** Otisak suprotne čeljusti alginatom.



**Slika 7.** Prvi otisak kitastim materijalom.



**Slika 8.** Dvofazni dvovremeni korekturni otisak.

Uzimanjem međučeljusnog registrata zabilježi se odnos gornje i donje čeljusti. Pri uzimanju međučeljusnog registrata pacijentovi zubi moraju biti u položaju maksimalne interkuspidacije. Ona odgovara centričnoj ili habitualnoj okluziji. U ovom slučaju uzet je međučeljusni registrat sintetičkim elastomerom (Slika 9.). Materijal se nanese na donji zubni niz te pacijent zagriže tako da svi zubi budu u kontaktu. Neke od prednosti korištenja sintetičkih elastomera su preciznost i dimenzijska stabilnost te nema deformacije registrata, kao što je slučaj kod voštanog registrata.



**Slika 9.** Međučeljusni registrat.

Izrađena je privremena krunica od kompozitnog materijala direktnom tehnikom uz pomoć celuloidne kapice. Celuloidne kapice izrađene su od tankog, mekog i prozirnog celuloznog acetata te nakon što se odabere veličina, ona se pažljivo adaptira na bataljak tako da ne smeta okluziji i artikulaciji i da svojim rubom ne vrši pritisak na marginalnu gingivu. Prije nego što se celuloidna kapica ispuni materijalom iz kojeg se izrađuje privremena krunica, bataljak izolira da ne bi došlo do sljepljivanja na stijenke izbrušena zuba. Kada se kapica ispuni, namješta se na bataljak, a višak materijala se odstranjuje plastičnim instrumentom. Tijekom polimerizacije, krunica se nekoliko puta skida i ponovno adaptira na bataljak da bi se distorzija do koje dolazi tijekom polimerizacije svela na najmanju moguću mjeru. Nakon cjelokupne polimerizacije odstranjuje se celuloidna kapica, a privremena krunica se usklađuje s obzirom na okluziju i artikulaciju. Marginalni rub privremene krunice se ispolira. Krunica se pričvršćuje privremenim cementom.

Pacijent dolazi na probu krunice (Slika 10., Slika 11.). Krunica ima pravilan dosjed na bataljak, odgovarajući oblik i boju te se cementira (Slika 12.) samovezujućim kompozitnim cementom (Slika 13.).





**Slika 10.** Proba monolitne krunice.



**Slika 11.** Proba monolitne krunice.



**Slika 12.** Cementirana monolitna krunica.

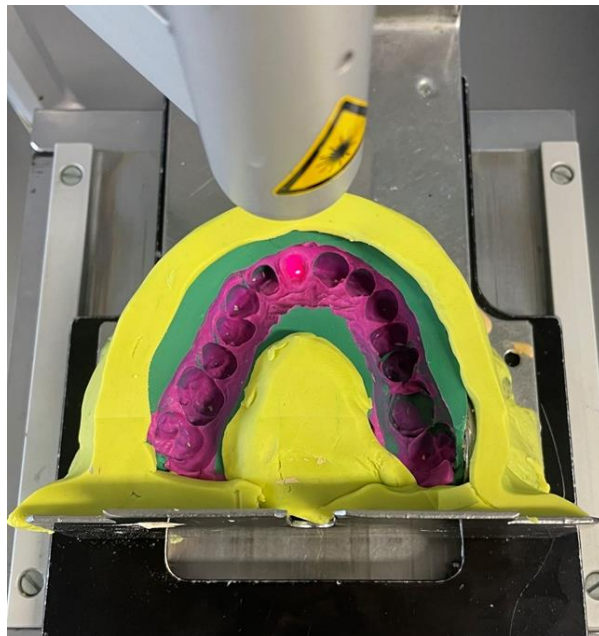


**Slika 13.** Samovezujući kompozitni cement.

### **2.1.2. U DENTALNOM LABORATORIJU**

Konvencionalni otisci poslani su u dentalni laboratorij gdje se izlijevaju radni modeli s pokretnim bataljcima (Slika 14., Slika 15.). Kako bi se nadomjestak proizveo uz pomoć CAD/CAM sustava modele je potrebno digitalizirati. To se radi skeniranjem u ekstraoralnom skeneru (Slika 16., Slika 17., Slika 18.). Nakon digitalizacije modela, u sustavu se odabire zub (Slika 19.) na kojem će se nadomjestak izrađivati, vrsta nadomjestka (Slika 20.) te odabir

materijala (Slika 21.). Nakon toga slijedi dizajn nadomjeska na virtualnom modelu (Slika 22.). Nakon dizajniranja, podaci se šalju u glodalicu (Slika 23.) gdje se dizajnirani objekt glođe iz odabranog bloka materijala (Slika 24., Slika 25.). Nakon toga slijedi sinteriranje kako bi nadomjestak dostigao željene dimenzije i mehanička svojstva. Nadomjestak se obrađuje i šalje u ordinaciju na probu (Slika 26.). Konačno se individualizira tehnikom bojenja nanošenjem pigmenata te se glazira (Slika 27.).



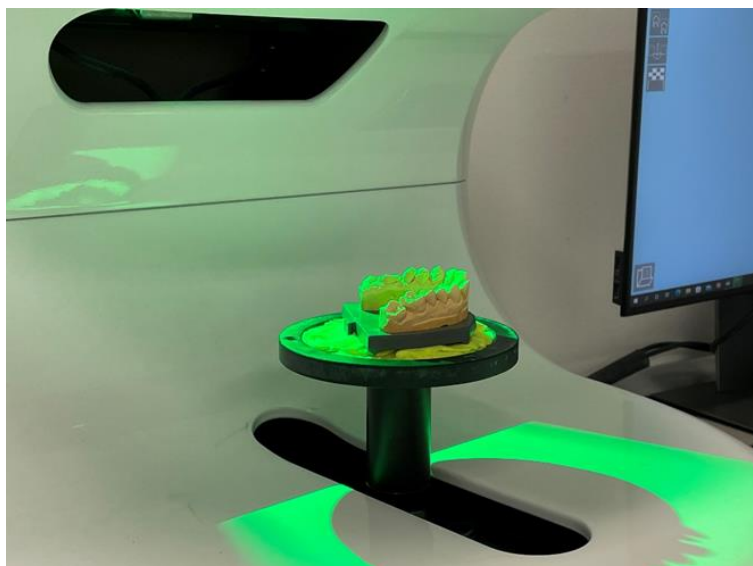
**Slika 14.** Izrada radnog modela s pokretnim bataljkom.



**Slika 15.** Radni model.



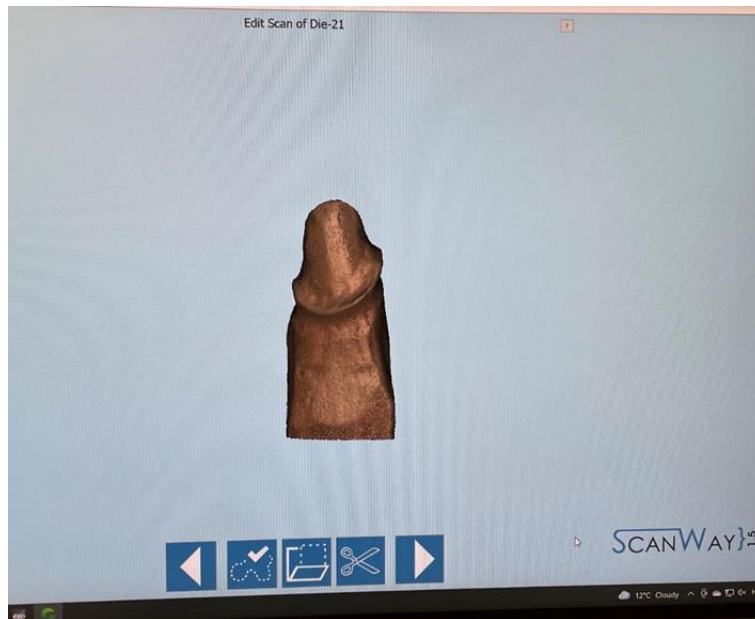
**Slika 16.** Ekstraoralni skener.



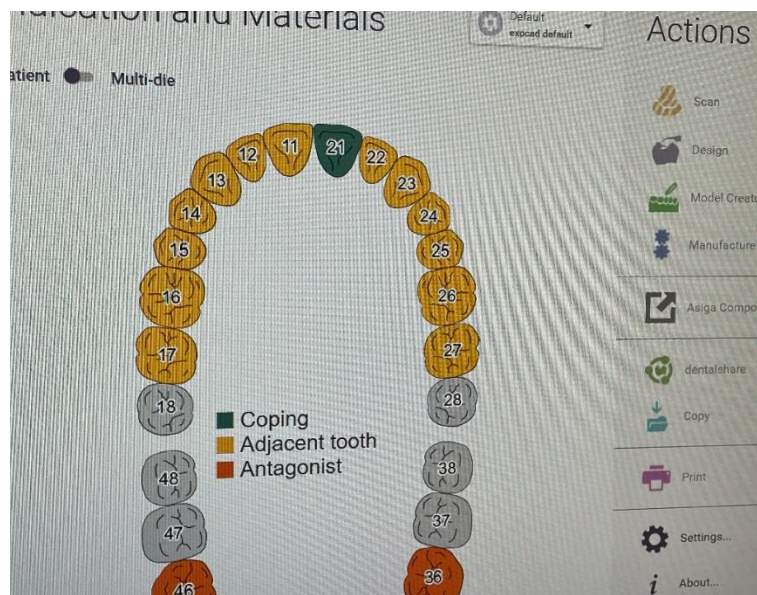
**Slika 17.** Skeniranje radnog modela.



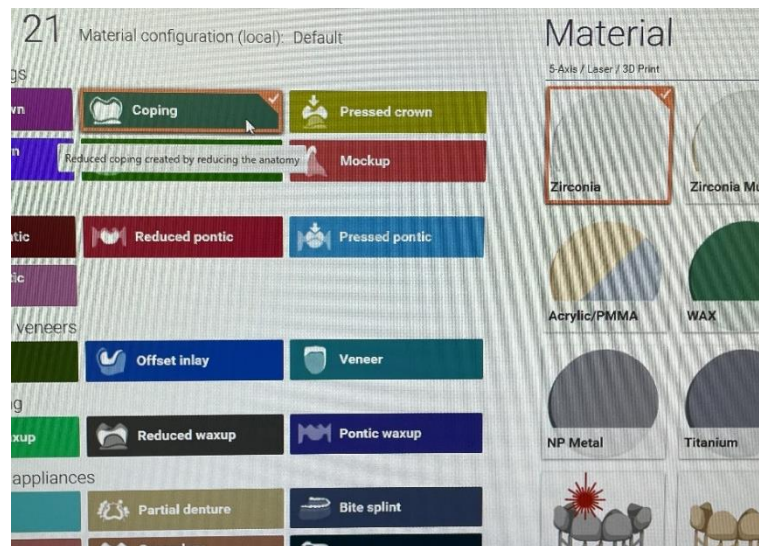
**Slika 18.** Skeniranje bataljka.



Slika 19. Sken radnog bataljka.



Slika 20. Definiranje zuba, vrste nadomjestka i materijala u softveru.



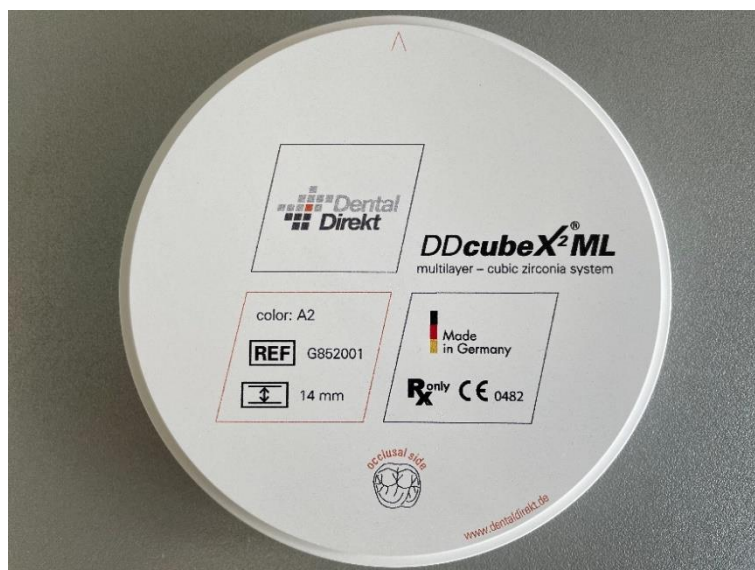
Slika 21. Odabir materijala u softveru.



Slika 22. Dizajn monolitne krunice.



Slika 23. Glodalica.

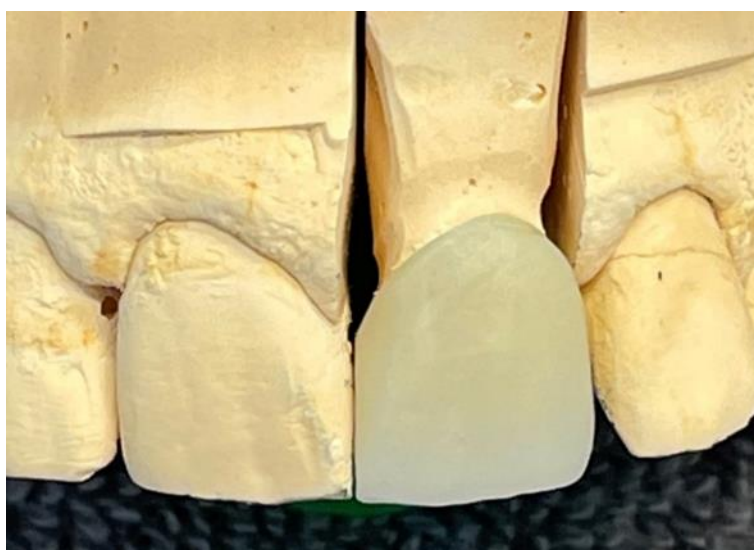


Slika 24. Blok translucantnog cirkonijevog dioksida iz kojeg se glode monolitna krunica.





**Slika 25.** Proces suhog glodanja.



**Slika 26.** Monolitna krunica na modelu.



**Slika 27.** Individualizacija monolitne krunice tehnikom bojenja.

## **2.2. PROTOKOLIZRADE DVOSLOJNE KRUNICE IZ CIRKONIJ-OKSIDNE KERAMIKE U ORDINACIJI I DENTALNOM LABORATORIJU**

### **2.2.1. U ORDINACIJI**

Postupak je isti kao i kod izrade monolitne cirkonij-oksidge krunice. Postupak koji nedostaje kod monolitne krunice je proba osnovne konstrukcije u ustima pacijenta (Slika 28.). Nakon toga slijedi proba gotove cirkonij-oksidge krunice (Slika 29.).



**Slika 28.** Proba osnovne konstrukcije.

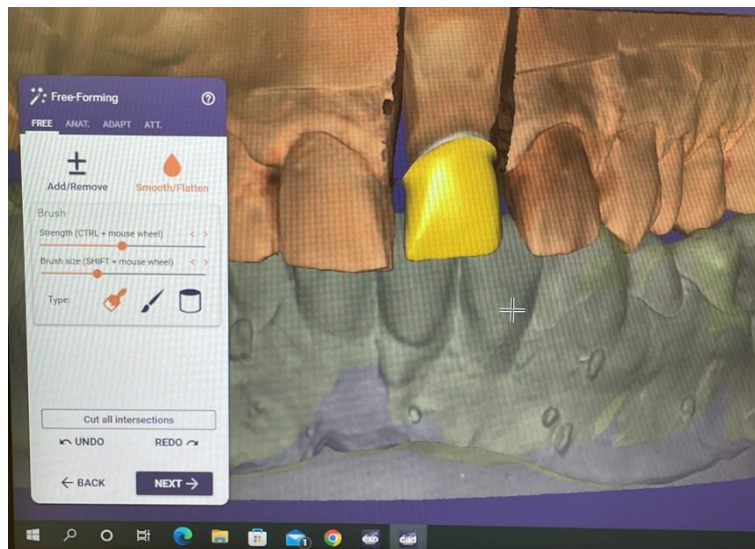


**Slika 29.** Proba dvoslojne krunice.

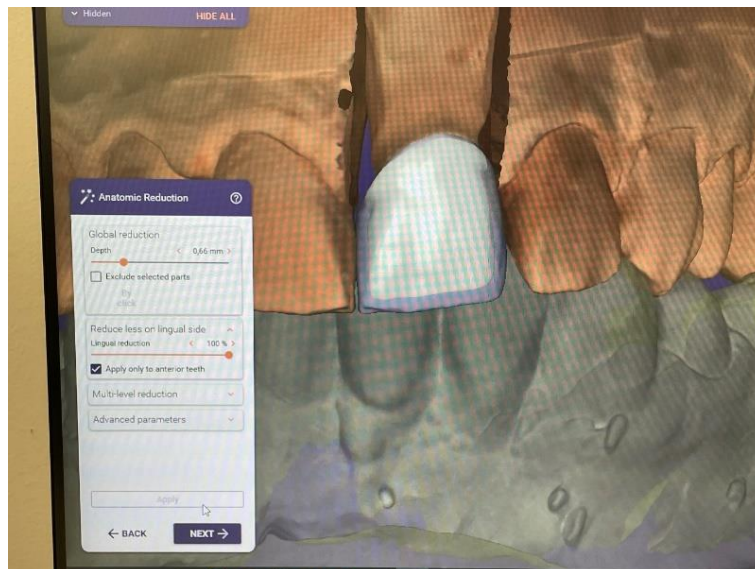
### **2.2.2. U DENTALNOM LABORATORIJU**

Razlika u laboratorijskom dijelu izrade između monolitne i dvoslojne krunice je što se u softveru dizajnira samo osnovna konstrukcija (Slika 30., Slika 31.), a ne krunica potpune morfologije. Konstrukcija se glođe iz čvršćeg cirkonijevog dioksida (Slika 32., Slika 33.) te se

nakon glodanja i sinteriranja na osnovnu konstrukciju ručno nanosi glinična obložna keramika (Slika 34.) do konačnog oblika i boje. Slijedi proba u ustima pacijenta i ako je sve u uredu, nadomjestak se glazira.



Slika 30. Dizajn osnovne konstrukcije.



Slika 31. Dizajn osnovne konstrukcije s kontrolom debljine buduće obložne keramike.



**Slika 32.** Blok materijala iz kojeg će se glodati osnovna konstrukcija.



**Slika 33.** Osnovna konstrukcija na modelu.



Slika 34. Obložne keramike.



Kako bi se eliminirali nedostaci dvoslojnih potpuno keramičkih krunica, izrađuju se monolitne keramičke krunice. Dugoročni uspjeh nadomjestaka najviše ovisi o rubnom dosjedu na koji utječe debljina rubnog dijele krunice. Istraživanja su pokazala da smanjena debljina ruba krunice omogućuje očuvanje strukture zuba. Mnogo veća rubna pukotina izmjerena je kod dvoslojnih cirkonij-oksidsnih krunica u odnosu na monolitne (39).

Nadalje, istraživanje abrazivnog potencijala monolitnih krunica iz cirkonijevog dioksida je pokazalo da monolitni polirani neglazirani cirkonijev dioksid uzrokuje najmanje trošenje suprotnih prirodnih zuba, potom slijedi monolitni polirani glazirani cirkonij pa monolitni nepolirani neglazirani cirkonij (40). Lopez i sur. dokazali su da monolitne krunice iz cirkonij oksidne keramike imaju veću otpornost na lom od dvoslojnih sustava (41).

Isto tako, mehanička svojstva narušavaju se neadekvatnom obradom površine, krivim odabirom obložnog materijala te kvalitetom sinteriranja. Uvijek bi trebalo koristiti obložnu keramiku i keramiku za osnovnu konstrukciju istog proizvođača jer su termički koeficijenti kod njih usklađeni (42).

Tablica 1. Usporedba određenih svojstava cirkonij-oksidsne keramike i drugih biomaterijala (42).

Svojstvo	Jedinice	TI-legura	Čelik	CoCr legura	TZP	Aluminij-oksidsna keramika
Young-ov modul	GPa	110	200	230	210	380
Čvrstoća	MPa	800	650	700	900-1200	>500
Tvrdoća	HV <sub>0,1</sub>	100	190	300	1200	2200

Također, uspoređujući nadomjestke iz cirkonij oksidne keramike kod pacijenata s bruksizmom i kod onih bez bruksizma, dokazano je da nema razlike u trajnosti nadomjeska te da više problema kod bruksista uzrokuju dvoslojne krunice zbog fraktura obložne keramike (43).





U današnje vrijeme, sve je veća upotreba potpuno keramičkih krunica koje se najčešće izrađuju od cirkonij-oksidge keramike. Cirkonij-oksidge keramika pokazala se kao izvrstan materijal ponajviše zbog svojih estetskih svojstava. Potpuno keramičke krunice iz cirkonij-oksidge keramike mogu biti monolitne i dvoslojne. Zbog većeg broja komplikacija kod dvoslojnih keramičkih krunica, više se koriste monolitne krunice.

Kod izrade potpuno keramičkih krunica koristi se CAD/CAM tehnologija koja uvelike ubrzava i pojednostavljuje tijekom izrade krunice. Pri izradi krunice CAD/CAM tehnologijom manja je mogućnost pogreške te je to jedan od razloga zašto je ovaj način izrade sve zastupljeniji u dentalnoj medicini.



1. Mehulić K. Dentalna keramika: Zahtjevi za primjenu keramičkih materijala u dentalnoj medicini. In: Mehulić K. i suradnici. Dentalni materijali. Zagreb: Medicinska naklada; 2017. p.191-92.
2. Kranjčić J. Laboratorijska izrada protetičkih radova od keramike. In: Jakovac M., Kranjčić J. i suradnici. Pretklinička i laboratorijska fiksna protetika. Zagreb: Stega-tisak; 2020. p. 177-96.
3. Jakovac M. i suradnici. Brušenje zuba: Materijali za izradu krunica. Materijali za izradu krunica. In: Jakovac M., Kranjčić J. i suradnici. Pretklinička i laboratorijska fiksna protetika. Zagreb: Stega-tisak; 2020. p. 58-60.
4. Stamenković D. Gradivni stomatološki materijali. Beograd: Stomatološki fakultet u Beogradu; 2007.
5. Sundh A, Molin M, Sjogren G. Fracture resistance of yttrium oxide partially-stabilized zirconia all-ceramic bridges after veneering and mechanical fatigue testing. *Dent Mater.* 2005;21:476-82.
6. Carinci F, Pezetti F, Volinia S, Francioso F, Arcelli D, Farina E, Piattelli A. Zirconium oxide: analysis of MG63 osteoblast-like cell response by means of a microarray technology. *Biomaterials.* 2004;25:215-28.
7. Ito A, Tateishi T, Niwa S, Tange S. In vitro evaluation of the cytocompatibility of wear particles generated by UHMWPE-zirconia friction. *Clin Mat.* 1993;12:203-9.
8. Knezović Zlatarić D. Boja. In: Knezović Zlatarić D. Osnove estetike u dentalnoj medicini. Zagreb: Hrvatska komora dentalne medicine Zagreb; 2013. p. 42-60.
9. Kurbad A., Reichel K. Potpuno keramičke krunice na prednjim zubima: Načela potpune keramičke krunice. In: Baltzer A., Kaufmann-Jinoian V., Kurbad A., Reichel K. CAD/CAM i potpuna keramika: Estetski nadomjesci u stomatološkoj praksi. Zagreb: Media ogled d.o.o.; 2009. p. 97-101.
10. Knezović Zlatarić D. Estetski postupci-protetsko rješenje: Vrste materijala: Silikatni keramički materijal. In: Knezović Zlatarić D. Osnove estetike u dentalnoj medicini. Zagreb: Hrvatska komora dentalne medicine Zagreb; 2013. p. 172-73.
11. Moses A, Ganesan L, Shankar S, Hariharan A. A comparative evaluation of shear bond strength between feldspathic porcelain and lithium di silicate ceramic layered to a zirconia core- An in vitro study. *J Clin Exp Dent.* 2020 Nov 1;12(11):e1039-e1044. doi: 10.4317/jced.57569. PMID: 33262869; PMCID: PMC7680571.
12. Wegner SM, Kern M: Long-term resin bond strength to zirconia ceramic. *J Esthet Restor Dent.* 2004; 16:327-8.

13. Schilingburg H, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett ES. Fundamentals of fixed prosthodontics. 3. izd. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc; 1997.
14. Mackert JR, Rueggeberg FA, Lockwood PE, Evans AL, Thompson WO. Isothermal anneal effect on microcrack density around leucite particles in dental porcelain. *J Dent Res.* 1994;73:1221-7.
15. Anusavice KJ, Gray A, Shen C. Influence of initial flaw size on crack growth in air tempered porcelain. *J Dent Res.* 1991;70:131-6.
16. Cheung KC, Darvell BW. Sintering of dental porcelain: effect of time and temperature on appearance and porosity. *Dent Mater.* 2002;18:163-73.
17. Anusavice KJ, Lee RB. Effect of firing temperature and water exposure on crack propagation in unglazed porcelain. *J Dent Res.* 1989;68:1075-81.
18. Kurbad A., Reichel K. Radovi od cirkonijeva oksida izrađeni CAD/CAM tehnikom: Klinički i laboratorijski aspekti : Indikacije za krunice. In: Baltzer A., Kaufmann-Jinoian V., Kurbad A., Reichel K. CAD/CAM i potpuna keramika: Estetski nadomjesci u stomatološkoj praksi. Zagreb: Media ogled d.o.o.; 2009. p. 160-61.
19. Carames J, Tovar Suinaga L, Yu YCP, Pérez A, Kang M. Clinical advantages and limitations of monolithic zirconia restorations full arch implant supported reconstruction: case series. *Int J Dent.* 2015;2015:1-7.
20. Kurbad A., Reichel K. Potpuno keramičke krunice za lateralne zube izrađene CAD/Cam tehnikom. In: Baltzer A., Kaufmann-Jinoian V., Kurbad A., Reichel K. CAD/CAM i potpuna keramika: Estetski nadomjesci u stomatološkoj praksi. Zagreb: Media ogled d.o.o.; 2009. p. 61- 81.
21. Čatović A, Komar D, Čatić A i sur. Klinička fiksna protetika – krunice. 1. izd. Zagreb: Medicinska naklada; 2015. 198 p.
22. Bergman L. Pretprotetička sanacija pacijenta. In: Jakovac M., Kranjčić J. i suradnici. Pretklinička i laboratorijska fiksna protetika. Zagreb: Stega-tisak; 2020. p. 33-38.
23. Jakovac M., Carek A. Nadogradnja zuba. In: Jakovac M., Kranjčić J. i suradnici. Pretklinička i laboratorijska fiksna protetika. Zagreb: Stega-tisak; 2020. p. 39-44.
24. Jakovac M. i suradnici. Brušenje zuba. In: Jakovac M., Kranjčić J. i suradnici. Pretklinička i laboratorijska fiksna protetika. Zagreb: Stega-tisak; 2020. p. 45-92.
25. Santosa RE. Provisional restoration options in dentistry. *Aust Dent J* 2007;52:234-242.
26. Goodacre CJ, Campagni WV, Aquilino SA. Tooth preparations for complete crowns: an art form based on scientific principles. *J. Prosthet Dent.* 2001;85:363-76.

27. Jakovac M, Kralj Z. Cirkonij oksidna keramika u fiksnoj protetici. *Sonda*. 2011; 22:64-9.
28. Mehulić K. Keramički materijali u stomatološkoj protetici. Zagreb: Školska knjiga; 2010.
29. Kraljević K, Kraljević Šimunković S. Djelomične proteze. Zagreb: In Tri;2012.
30. Mehulić K i sur. Dentalni materijali. Zagreb: Medicinska naklada; 2017. p 242-332.
31. Čatović A, Komar D, Čatić A i sur. Klinička fiksna protetika I- Krunice. Zagreb: Medicinska naklada; 2015.
32. Magne P., Belser U. Adhezivno cementirani keramički nadomjesci u prednjoj denticiji: Biomimetski pristup. Zagreb: Media ogled d.o.o.; 2010. p. 274.
33. Gürel G. Znanje i vještina u izradi estetskih keramičkih ljuski. Zagreb: Media ogled d.o.o.; 2009. p. 288-290.
34. Glavina D, Škrinjarić I. Novi postupak za izradbu keramičkih ispuna: CAD/CAM sustav tehnologija 21. stoljeća. *Acta Stomatol Croat*. 2001; 1:43-51.
35. Vešligaj J, Vučinac I, Jakovac M. Laboratorijski postupci u izradi potpuno keramičkog rada od aluminij oksidne keramike. *Sonda*. 2009; 80-2.
36. Mehulić K. Staklokeramika. *Acta Stomatol Croat*. 2005; 4:477-481.
37. Schweiger, M., Tauch, D., Keutschegger, W., Hehle, J., Kappert, H.f., Rheinberger, V.m., (2011), IPS e.max CAD-on technique: lithium-disilicatemetszirconia, International Association for Dental Research [online], Dostupno na: <https://iadr.abstractarchives.com/abstract/2011sandiego-148063/ips-emax-cad-on-technique-lithium-disilicate-meets-zirconia> [29.6.2022.].
38. Carek A., Jakovac M. Otisak u fiksnoj protetici. In: Jakovac M., Kranjčić J. i suradnici. *Preklinička i laboratorijska fiksna protetika*. Zagreb: Stega-tisak; 2020. p. 93-106.
39. Mohaghegh M, Firouzmandi M, Ansarifard E, Ramazani L. Marginal Fit of Full Contour Monolithic Zirconia in Different Thicknesses and Layered Zirconia Crowns. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2020 Sep 28;10(5):652-658. doi: 10.4103/jispcd.JISPCD\_25\_20. PMID: 33282776; PMCID: PMC7685281.
40. Gundugollu Y, Yalavarthy RS, Krishna MH, Kalluri S, Pydi SK, Tedlapu SK. Comparison of the effect of monolithic and layered zirconia on natural teeth wear: An in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2018 Oct-Dec;18(4):336-342. doi: 10.4103/jips.jips\_105\_18. PMID: 30449962; PMCID: PMC6180733.

41. Lopez-Suarez, Carlos et al. "Comparative fracture behavior of monolithic and veneered zirconia posterior fixed dental prostheses." *Dental materials journal* vol. 36,6 (2017): 816-821. doi:10.4012/dmj.2016-391.
42. Jakovac M. Utjecaj toplinske obradbe na mikrostrukturne promjene i ostala svojstva cirkonijeve keramike (disertacija). Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2008.
43. Heller, Hadas et al. "Survival and Success Rates of Monolithic Zirconia Restorations Supported by Teeth and Implants in Bruxer versus Non-Bruxer Patients: A Retrospective Study." *Materials (Basel, Switzerland)* vol. 15,3 833. 22 Jan. 2022, doi:10.3390/ma15030833.





Sara Jindra rođena je 24.7.1996. godine u Koprivnici. Nakon završetka Osnovne škole Antuna Nemčića Gostovinskog u Koprivnici upisuje Gimnaziju Frana Galovića u Koprivnici, koju završava 2015. godine te upisuje Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu. 2015. godine postaje članica pjevačkog zbora Stomatološkog fakulteta „Z(u)bor“ za koji dobiva Rektorovu nagradu za društveno koristan rad u akademskoj i široj zajednici u akademskoj godini 2017./2018. Sudjelovala je na Sveučilišnoj smotri 2015. i 2019. godine. Od 2018. godine sudjeluje u organizaciji Dentakla – spektakla studenata dentalne medicine te 2020.godine postaje voditeljica projekta. Sudjelovala je u projektu „Zubić“ te na Svjetskom danu oralnog zdravlja. Završila je tečaj Studentske ekipe prve pomoći – „StEPP“ . Sudjelovala je na 4. međunarodnom kongresu studenata dentalne medicine u Ljubljani 2018. godine te na 3. i 4. Simpoziju studenata dentalne medicine u Zagrebu. 2019. godine pridružuje se Studentskoj sekciji za protetiku. Članica je Studentskog zbora Stomatološkog fakulteta i Fakultetskog vijeća u akademskim godinama 2019./2020. i 2020./2021. Akademске godine 2019./2020. bila je demonstratorica na Zavodu za endodonciju i restaurativnu dentalnu medicinu. 2020. godine postaje voditeljica Studentske sekcije za restaurativnu dentalnu medicinu i endodonciju te 2022. godine sudjeluje u organizaciji 5. Simpozija studenata dentalne medicine. 2022. godine sudjeluje na Danu dentalne traume.