

Monolitni keramički nadomjesci

Pavić, Dominik

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:127:933493>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International](#)/[Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-19**



Repository / Repozitorij:

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





SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
STOMATOLOŠKI FAKULTET

Dominik Pavić

MONOLITNI KERAMIČKI NADOMJESCI

Diplomski rad

Zagreb, 2017.

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

Mentor rada: doc. dr. sc. Slađana Milardović Ortolan, Zavod za fiksnu protetiku
Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Jasminka Kuzle, prof. hrvatskog jezika i književnosti

Lektor engleskog jezika: Silvije Devald, prof. povijesti i engleskog jezika i književnosti

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. _____
2. _____
3. _____

Datum obrane rada: _____

Rad sadrži: 35 stranica
1 tablicu
12 slika
CD

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

Zahvala

Zahvaljujem se svojoj mentorici doc. dr. sc. Slađani Milardović Ortolan na iznimnom strpljenju, pomoći i trudu koje je uložila pri izradi ovoga rada te na fotografijama koje mi je dala na korištenje.

Hvala i dr. med. dent. Josipu Česu na dopuštenju za izradu fotografija korištenih u radu.

Posebno hvala Tebi, obitelji i prijateljima na potpori tijekom studiranja.

Monolitni keramički nadomjesci

Sažetak

Kod dvoslojnih nadomjestaka obložna keramika vezana je za osnovnu konstrukciju građenu od druge vrste keramike ili metala. U praksi se pokazalo da je teško postići zadovoljavajuću veznu čvrstoću između dvaju slojeva pa se komplikacije očituju raslojavanjem nadomjestka ili lomom tanke i krhke obložne keramike. Te se komplikacije pokušavaju izbjeći izradom nadomjestaka u jednom komadu. Monolitni keramički nadomjesci jednokomadni su nadomjesci izrađeni od jedne vrste materijala. Glavna prednost im je kompaktnost i samim time otpornost djelovanju žvačnih sila.

Najčešće primjenjivane keramike u monolitnom obliku su litij-disilikatna i cirkonij-oksidna. Litij-disilikatna keramika odlikuje se izvrsnim optičkim svojstvima koja omogućuju oponašanje prirodne boje i translucencije zuba zbog čega je prvenstveno indicirana za estetsku zonu. Cirkonijev oksid ima bolja mehanička svojstva kao što su tvrdoća, savojna čvrstoća i otpornost na lom, ali lošija optička svojstva u odnosu na litij-disilikatnu keramiku, stoga se još uvijek češće koristi na stražnjim zubima. Međutim, u novije su se vrijeme pojavile cirkonij-oksidne keramike povećanog stupnja translucencije čime se dodatno povećavaju mogućnosti njihove primjene. Daljnim razvojem suvremenih keramičkih materijala očekuje se dodatno povećavanje opsega indikacija za monoline nadomjestke.

Ključne riječi: monolitni keramički nadomjesci; dvoslojni keramički nadomjesci; cirkonij-oksidna keramika; litij-disilikatna keramika

Monolithic ceramic restorations

Summary

In bilayered restorations a core structure made of metal or ceramics is covered with a veneer ceramic. Clinical experience has shown that it is difficult to achieve the desired bond strength between the two layers, therefore, complications such as chipping or fracture of the thin and fragile ceramic layer is a common complication. These complications are tried to be avoided by introducing one-piece, i.e. monolithic restorations. Monolithic ceramic restorations are made of only one type of material. Their main advantage is compactness, and thus high resistance to bite forces.

The most commonly used types of ceramic materials for monolithic restorations are lithium disilicate and zirconium-oxide. Lithium-disilicate has great optical properties which can mimic natural tooth colour and translucency, and therefore it is primarily indicated in the esthetic zone. Zirconium-oxide has outstanding mechanical properties, such as hardness, flexure strength and fracture resistance, but inferior optical properties in comparison to lithium-disilicate, and therefore it is mainly used in the posterior area. However, nowadays zirconium-oxide ceramics with a higher translucency level have been introduced, which opens new possibilities for their use. Further development of ceramic materials is expected to further broaden the indications for monolithic ceramic restorations.

Key words: monolithic ceramic restorations; bilayered ceramic restorations; zirconium-oxide ceramics; lithium-disilicate ceramics

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. KLASIFIKACIJA POTPUNO KERAMIČKIH SUSTAVA	4
3. DVOSLOJNI POTPUNO KERAMIČKI NADOMJESCI U DENTALNOJ MEDICINI	7
4. MONOLITNI POTPUNO KERAMIČKI NADOMJESCI U DENTALNOJ MEDICINI.....	10
4.1. Općenito	11
4.2. Litij-disilikatni monolitni nadomjesci	11
4.2.1. Način izrade.....	12
4.2.2. Mehanička svojstva	12
4.2.3. Optička svojstva	13
4.3. Cirkonij-oksidni monolitni nadomjesci	14
4.3.1. Način izrade.....	15
4.3.2. Mehanička svojstva	16
4.3.3. Optička svojstva	16
4.4. Ostali monolitni nadomjesci.....	20
4.5. Indikacije i kontraindikacije za primjenu monolitnih keramičkih nadomjestaka.....	21
4.6. Specifičnosti brušenja zubi za monolitne keramičke nadomjeske	22
4.7. Prednosti i nedostaci monolitnih nadomjestaka u odnosu na dvoslojne.....	23
5. RASPRAVA.....	25
6. ZAKLJUČAK	28
7. LITERATURA	30
8. ŽIVOTOPIS	34

Popis skraćenica

CAD (eng. computer-aided design) - računalno potpomognuti dizajn

CAM (computer-aided manufacturing) - računalno potpomognuta izrada

KTR – koeficijent termičkog rastezanja

Problem estetike metalnih nadomjestaka uvidio je Charles H. Land još 1887. te je izradio prvu potpuno keramičku krunicu napečenjem keramike na platinsku foliju, tzv. „jacket-krunicu“ (1). Česti lomovi i ograničena mogućnost primjene, isključivo na prednjim zubima, zahtijevali su usavršavanje ovog sustava. Abraham Weinstein je u kasnim pedesetima uveo metalnu jezgru kao podlogu keramici. Tako su razvijeni metal-keramički sustavi. Međutim, problem estetike time nije riješen jer je boja metala često prosijavala kroz keramiku, posebno na rubu preparacije. Tijekom godina metal je zamjenjivan različitim materijalima radi poboljšanja estetskih svojstava.

Mc Lean i Hughes 1965. godine ojačali su jacket-krunicu dodatkom aluminijskoga dioksida, ali je primjena i dalje bila ograničena samo na prednji segment zubnog niza (1). Pokušalo se ostaviti foliju u nadomjestku radi ojačanja, ali su se time narušila estetska svojstva. Keramički materijali su se i dalje usavršavali te su razvijeni dvoslojni potpuno keramički sustavi koji su zadovoljavali estetska svojstva, ali je trajnost tih nadomjestaka bila smanjena zbog raslojavanja i loma obložne keramike (2). Iz tih je razloga metal-keramika dugo bila prvi izbor u fiksnoj protetici, iako je i kod njih postojao problem postizanja optimalne vezne čvrstoće između slojeva dvaju potpuno različitih materijala.

Napredak tehnologije, a posebno pojava računalno potpomognutog dizajna (CAD) i računalno potpomognute izrade (CAM), omogućio je izradu monolitnih nadomjestaka visoke savojne čvrstoće koji se uspješno odupiru jakim žvačnim silama. Tako potpuno keramički sustavi sve više nadomještaju metal-keramičke u fiksno-protetskoj terapiji.

Keramički materijal koji je nametnuo ideju o korištenju u monolitnom obliku bez potrebe za dodatnim ojačanjem ili estetskim unapređenjem drugim keramičkim materijalom je litijev disilikat. Svojim optičkim svojstvima oponaša prirodna obilježja zuba, a mehaničke su karakteristike bitno poboljšane u odnosu na konvencionalne keramike. Ipak, njegova primjena i dalje ostaje ograničena na pojedinačne nadomjestke i manje mostove u prednjem segmentu.

S vremenom se za izradu monolitnih nadomjestaka nametnula i cirkonij-oksidna keramika od koje je, s obzirom na iznimno visoku čvrstoću, moguće izraditi i višečlane mostove čak i na stražnjim zubima, ali je problem predstavljala mlječno bijela boja koja je zahtijevala nanošenje sloja obložne keramike kako bi se postigla optička svojstva sličnija prirodnim zubima.

Cilj je ovog rada dati pregled najčešće korištenih keramičkih materijala za izradu monolitnih nadomjestaka u fiksnoj protetici, načina njihove izrade, indikacija i kontraindikacija za njihovu primjenu te usporediti monolitne s dvoslojnim keramičkim sustavima.

2. KLASIFIKACIJA POTPUNO KERAMIČKIH SUSTAVA

Potpuni keramički sustavi u dentalnoj medicini mogu se podijeliti prema različitim kriterijima. Moguća je podjela prema: kemijskom sastavu keramike, indikacijama za primjenu, temperaturi pečenja, translucenciji, otpornosti na lomove, načinu izrade itd.

S obzirom na kemijski sastav i lomnu čvrstoću razlikuju se (3):

a) **Glinična keramika** – ovaj se materijal po svojstvima nalazi između tvrdog porculana i stakla. Osnovne komponente su glinica, kaolin i kvarc. Koristi se u izradi inleja, onleja, ljuskica i krunica te kao obložna keramika. Ima malu savojnu čvrstoću (do 120 MPa) zbog čega ne podnosi jake žvačne sile.

b) Keramika s udjelom stakla

- Staklokeramika – prirodno ili sintetski proizvedena staklena matrica s dodanim kristalima (leucit, flourapatit, litijev disilikat). Iznimnih je estetskih, ali slabijih mehaničkih svojstava. Savojna čvrstoća leucitima ojačane keramike u rasponu je od 250 do 300 MPa pa se uglavnom koristi u prednjoj regiji zubnog niza za izradu ljuskica i krunica. Litij-disilikatna i cirkonijem ojačana litij-silikatna keramika doseže čvrstoću i do 420 MPa pa se osim za pojedinačne nadomjestke na prednjim i stražnjim zubima može koristiti i za tročlane mostove u prednjem segmentu do drugog pretkutnjaka (4).
- Infiltracijska keramika – porozni kostur keramike, obično načinjen od kristala aluminijske oksida, infiltriran niskoviskoznim obojenim staklom (najčešće lantanovim). Na tržištu postoje tri vrste ove keramike (Alumina, ojačana aluminijskim oksidom, savojne čvrstoće oko 450 MPa; Spinell, ojačan magnezijevim oksidom, čvrstoće oko 220 MPa; Zirconia, ojačana cirkonijevim oksidom, čvrstoće 600 – 700 MPa) koje se koriste za izradu krunica, prednjih mostova do tri člana, jezgre za krunice i osnovne konstrukcije za prednji most do tri člana (3).

c) **Polikristalinična keramika** – ima velik udio kristala u sastavu čime su postignuta iznimna mehanička svojstva. U ovoj skupini razlikuju se:

- Cirkonij-oksidna keramika – obrađuje se strojno, pomoću CAD/CAM sustava od presinteriranog („zelenog“) ili gusto sinteriranog bloka keramike. Visokih je vrijednosti savojne čvrstoće (preko 1000 MPa) pa se etablirala kao jezgrena materijal koji u pravilu zahtijeva korištenje obložne keramike s obzirom na mutnoću cirkonijeva

oksida kao posljedice velike gustoće kristala unutar materijala. Osim za izradu krunica, koristi se i za izradu mostova koji mogu obuhvaćati čitav zubni luk. Sve bolja estetska svojstva u novije vrijeme proširuju indikacije za primjenu ove keramike.

- Aluminijska keramika – za razliku od prethodno spomenutih infiltracijskih keramika, ovu skupinu karakteriziraju kvalitetnija mehanička svojstva. Izrađuje se u CAD/CAM sustavima od industrijski dobivenih gusto sinteriranih blokova i koristi u izradi jezgara za krunice i osnovne konstrukcije za mostove do tri člana.

Još jedna podjela keramičkih sustava prema kemijskom sastavu koja se često koristi prikazana je na Slici 1. (5).



Slika 1. Jedna od najčešćih podjela keramičkih sustava prema kemijskom sastavu

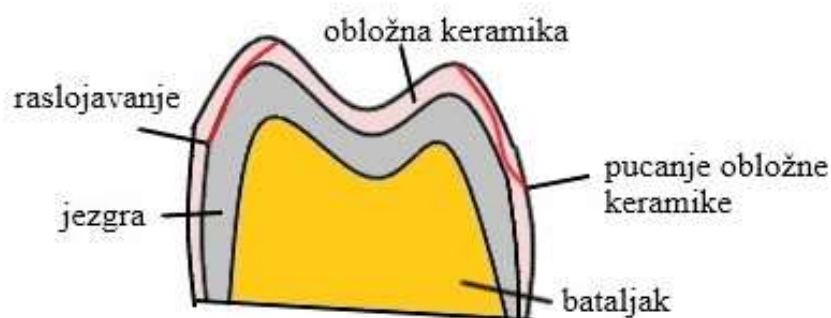
**3. DVOSLOJNI POTPUNO KERAMIČKI NADOMJESCI U DENTALNOJ
MEDICINI**

Dvoslojni sustavi, kao što im naziv kaže, sastoje se od osnovne konstrukcije ili čvrste jezgre koja čini podlogu obložnom materijalu. Osnovna konstrukcija zaslužna je za čvrstoću nadomjestka, dok se obložnim materijalom teži što prirodnijem izgledu.

Osnovna konstrukcija može biti metalna ili keramička, a obložni sloj akrilatni ili keramički. Osnovna konstrukcija, bila ona keramička ili metalna, treba biti lako obradiva, ostvarivati dobru vezu s obložnim materijalom, imati sličan koeficijent termičkoga rastezanja (KTR) s estetskim materijalom, malu gustoću i toplinsku vodljivost, mora biti kemijski stabilna, prihvatljive cijene i indiferentna prema okolnom tkivu (1). Obložni estetski materijal izvana osigurava konačan oblik i boju, odnosno izgled krunice.

U dvoslojnim potpuno keramičkim sustavima keramika izgrađuje i osnovnu konstrukciju i obložni sloj nadomjestka. Na osnovnu konstrukciju obložni estetski materijal može se nanositi ručno u slojevima, CAD/CAM tehnologijom ili tlačnim postupkom.

Slaba točka dvoslojnih keramičkih nadomjestaka upravo je na spoju dvaju materijala. Najčešće komplikacije su lom i raslojavanje obložne keramike (Slika 2.). Uzrok tome može biti nepravilno brušenje zuba pri čemu nastaje neujednačeno debeli sloj keramike, slabe adhezivne sile između slojeva ili pojava rezidualnih napreznja unutar nadomjestka (napreznje uslijed neujednačenih koeficijenata termičkog rastezanja između osnovne konstrukcije i obložne keramike, napreznje koje nastaje uslijed temperaturnih gradijenata tijekom hlađenja, napreznje u obložnom sloju zbog razlike u debljini osnovne konstrukcije i obložne keramike, kompresijsko napreznje na spojnoj površini između osnovne konstrukcije i obložne keramike te vlačno napreznje unutar keramike) (6). Jezgra, kao i obložna keramika, mogu biti građene od različitih vrsta keramike.



Slika 2. Najčešće komplikacije dvoslojnih keramičkih sustava

Anunmana i suradnici ispitivali su veznu čvrstoću dvoslojnih potpuno keramičkih sustava (7). Usporedili su vezu fluorapatitne staklokeramike s litij-disilikatnom jezgrom, fluorapatitne staklokeramike s cirkonij-oksidge jezgrom i fluorapatitne staklokeramikeramike sa staklokeramičkom jezgrom (kontrolna skupina). Zadovoljavajuća vezna čvrstoća izmjerena je na spoju fluorapatitne staklokeramike i litij-disilikatne jezgre ($0,69 \text{ MPa/m}^2$) sa sličnim vrijednostima kao u kontrolnoj skupini ($0,74 \text{ MPa/m}^2$). S druge strane, čvrstoća na spoju fluorapatitne obložne staklokeramike i cirkonij-oksidge jezgre bila je značajno manja u odnosu na druge skupine ($0,13 \text{ MPa/m}^2$). Autori istraživanja pretpostavili su da je razlog tomu toplinsko nepodudaranje KTR-a i različitih procesa proizvodnje.

Upravo slaba veza cirkonij-oksidge jezgre i obložne staklokeramike dovodi do neuspjeha u primjeni ovog sustava potpune keramike. Prema istraživanju Sailera i suradnika odvajanje obložne keramike od cirkonij-oksidge jezgre dogodilo se u 13% slučajeva ovog sustava na tročlanim mostovima tijekom trogodišnjeg praćenja (8). Također, klinička ispitivanja Gordona J. Christensena pokazuju pet puta veću prevalenciju loma obložne keramike u dvoslojnim keramičkim sustavima sa cirkonij-oksidge jezgrom u odnosu na dvoslojne metal-keramičke sustave (2). S druge strane, staklokeramička jezgra u ovim sustavima pokazuje bolju vezu s obložnom keramikom te manju pojavnost raslojavanja ili loma obložne keramike, ali slabija mehanička svojstva.

**4. MONOLITNI POTPUNO KERAMIČKI NADOMJESCI U DENTALNOJ
MEDICINI**

4.1. Općenito

Nakon neuspjelih pokušaja uporabe tzv. jacket-krunice i dvoslojnih potpuno keramičkih sustava u dijelovima zubnog niza opterećenog većim žvačnim silama, stvorila se potreba za pronalaskom rješenja koje bi zadovoljio visoke estetske zahtjeve pacijenata, ali i omogućilo odgovarajuću funkciju zahvaljujući dobrim mehaničkim svojstvima gradivnog materijala. Tako su se razvili monolitni potpuno keramički nadomjesci, nadomjesci izrađeni u jednom komadu iz jedne vrste keramike. Time je izbjegnuta jedna od najčešćih komplikacija dvoslojnih sustava - raslojavanje, odnosno lom obložne keramike, a zadržane su estetske prednosti u odnosu na metal-keramičke sustave. Najčešće primjenjivane keramike u monolitnom obliku su litij-disilikatna i cirkonij-oksidna keramika. Litij-disilikatna keramika najbolji je izbor za rekonstrukciju prednjih zubi zbog prirodnosti boje i translucencije materijala. Cirkonij-oksidna keramika zbog svojih izvrsnih mehaničkih svojstava najprikladnija je za višestruke nadomjestke u području jačih žvačnih sila.

4.2. Litij-disilikatni monolitni nadomjesci

Litij-disilikatna keramika pripada skupini staklokeramika, staklu sličnih materijala koji se podvrgavaju toplinskoj obradi da se potakne djelomična devitifikacija, tj. gubitak staklaste strukture kristalizacijom stakla. Tako nastale kristalne čestice, iglice ili pločice sprečavaju širenje pukotina u materijalu pod utjecajem intraoralne sile čime se postiže povećana čvrstoća i otpornost materijala (9).

Radi ojačanja materijala najprije su dodavani kristali leucita čime time nije postignuta zadovoljavajuća čvrstoća keramike za primjenu u stražnjem segmentu ili za izradu mostova. Dodavanjem litijeva disilikata ($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_7$) postignuta je svojnja čvrstoća od oko 400 MPa koja omogućuje širu primjenu ove vrste staklokeramike (10). U staklenoj matrici ravnomjerno su raspoređeni kristali $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ u obliku iglica u koncentraciji od 70% volumena. Ovaj se materijal koristi kao jezgri materijal u dvoslojnim potpuno keramičkim i kao bložni materijal u metal-keramičkim sustavima. Materijal je izbora u sanaciji zuba u estetskoj zoni zbog iznimne sposobnosti oponašanja optičkih svojstava prirodnih zuba. Koristi se i u izradi tročlanih mostova na prednjim zubima te za pojedinačne nadomjestke u stražnjem segmentu.

Upravo zbog optimalne ravnoteže između mehaničkih i optičkih svojstava počela je uporaba litij-disilikatne keramike u obliku monolitnih nadomjestaka za izradu krunica ili mostova u cijelosti koji se dovršavaju tehnikom bojenja.

4.2.1. Način izrade

U izradi monolitnih litij-disilikatnih nadomjestaka razlikuju se dvije tehnike:

1. Toplo-tlačna tehnika – kod ove tehnike nadomjestak se modelira u vosku. Voštani objekt se postavi u kivetu, ulije uložni materijal i zagrijava u peći kako bi vosak izgorio te se na taj način stvorio prostor, odnosno kalup za izradu keramičkog objekta. Originalan, tvornički izrađeni keramički valjčić odabrane boje, zagrijava se na temperaturu od oko 1000 °C (ovisno o materijalu) čime prelazi u plastično stanje. U takvome stanju stavlja se u kivetu i tlačnim postupkom utiskuje u prostor koji je zaostao nakon izgaranja voska (11). Prva i najpoznatija LiS₂ keramika za toplo-tlačnu obradu je IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent).
2. CAD/CAM tehnika – u ovoj tehnici koriste se tvornički izrađeni keramički blokovi. Blok se glode u posebnim glodalamicama koje su sastavni dio CAD/CAM sustava. Proces obično traje vrlo kratko i rad može biti gotov za manje od dva sata, ovisno o uređaju (11). Predstavnik ove skupine materijala je IPS e.max CAD. To je litij-disilikatna staklokeramika koja dolazi u blokovima. Nakon inicijalnog modeliranja, materijal je relativno mekan i plavkast, a njegova čvrstoća iznosi do 160 MPa. Dok je u tom stanju moguće su i neke prilagodbe manualnom obradom. Zatim se sinterira 30 minuta na 850°C čime se dostiže konačna savojna čvrstoća od preko 400 MPa.

4.2.2. Mehanička svojstva

Stalnim istraživanjima keramičkih materijala pokušavaju se dodatno unaprijediti njihova mehanička svojstva. To su prije svega svojstva savojne čvrstoće, modula elastičnosti, tvrdoće i otpornosti na lom. IPS e.max Press i IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn) kao najpoznatiji predstavnici litij-disilikatne keramike dosežu vrijednosti savojne čvrstoće i preko 400 MPa što ih čini primjenjivima materijalima i u područjima jačih žvačnih sila (12). Modul elastičnosti litij-disilikatne keramike iznosi oko 95 GPa, slično modulu elastičnosti

cakline (90 GPa), što poboljšava kvalitetu veze između nadomjestka i zuba (13). Otpornost na lom, koji iznosi oko $1,5 \text{ MPa/m}^2$, također je veća u odnosu na caklinu ($1,0 \text{ MPa/m}^2$) (13). Te vrijednosti još su veće kod litij-disilikatnih keramika ojačanima inkluzijama cirkonijeva-oksida za koje se smatra da ojačavaju strukturu keramike sprečavanjem napredovanja pukotine (14).

4.2.3. Optička svojstva

Ključni čimbenici koji određuju estetsku vrijednost nadomjestka su podudarnost boje i stupnja translucencije s prirodnim zubima. Translucencija ili stupanj prozirnosti dentalnih materijala definirana je razlikom u boji materijala u odnosu na bijelu ili crnu pozadinu, mjereno spektrofotometrom (translucencijski parametar). Ovisi o kemijskom sastavu i strukturnim razlikama materijala. Visoka translucencija omogućuje prirodnost materijala i zadovoljavajuću estetiku, no u nekim slučajevima nije poželjna. Primjerice, u slučaju prekrivanja diskoloriranih zuba ili metalne osnovne konstrukcije bolja opcija je primjena manje prozirnih materijala.

Litij-disilikatna keramika u ovom je trenutku materijal izbora za nadomjestke u estetskoj zoni. S jedne strane ima bolja mehanička svojstva od drugih visoko estetskih keramika, a s druge ima bolja estetska svojstva i od najtranslucentije cirkon-oksidne keramike. Keramički valjčići dolaze u četiri stupnja translucencije: visoka translucencija (HT), niska translucencija (LT), srednji opacitet (MO) i visoki opacitet (HO). Ovisno o boji bataljka bira se keramički blok odgovarajućeg stupnja translucencije i boje. Za jače diskolorirane zube, preporučuje se manje prozirna keramika kako bi se prikrila boja bataljka.

Mogućnosti postizanja konačnog oblika i boje nadomjestka od litij-disilikatne staklokeramike su tehnika slojevanja i tehnika bojenja. Kod tehnike slojevanja modelira se jezgra reduciranog anatomskog oblika kako bi se ostavilo dovoljno prostora za individualno slojevanje obložnim keramikama. Nakon toplo-tlačnog postupka na dobivenu se osnovu slojevito nanosi fluorapatitna keramika koja oponaša dentin, caklinu i prema potrebi služi za postizanje posebnih učinaka. Navedenom tehnikom osiguravaju se najpovoljnija estetska svojstva jer se nadomjestak izrađuje sloj po sloj, analogno slojevitoj građi prirodnog zuba. Na taj se način postiže dojam „dubine“ (15).

Kod tehnike bojenja izrađuje se monolitna krunica koja je u potpunosti građena od jednog materijala u jednom komadu. Takva krunica završno se individualizira bojama. Monolitne krunice odlikuju se velikom čvrstoćom, ali im je estetska vrijednost često upitna jer jedan materijal sam po sebi ne može objediniti potrebne varijacije translucencije svojstvene prirodnom zubu. Korištenje površinskih pigmenata u svrhu korekcije boje može dodatno pojačati opacitet. Stoga nadomjesci izrađeni tehnikom bojenja mogu izgledati neprirodno ako se ne koriste u kombinaciji s HT ili LT keramikama (15).

Danas na tržištu postoje višebojni blokovi od litij-disilikatne keramike kojima se pokušava izbjeći monotoni dojam koji je često svojstven monolitnim nadomjescima.

4.3. Cirkonij-oksidni monolitni nadomjesci

Potpuno keramički sustavi ispunjavali su zahtjeve tržišta za estetikom, ali nisu imali potpuno zadovoljavajuća mehanička svojstva. Daljnim razvojem keramičkih materijala dobivena je cirkonij-oksidna keramika, prvi bezmetalni sustav čija su mehanička svojstva u potpunosti ispunjavala zahtjeve stomatološke protetike za sanacijom stražnjih zuba, čak i za izradu protetskih radova većeg raspona (16). Manji stupanj translucencije, a time i manja estetska vrijednost cirkonijeva oksida u odnosu na staklokeramičke materijale, kompenziran je dodavanjem tekućina za bojenje, modifikacijama u procesu proizvodnje i temperaturi sinteriranja.

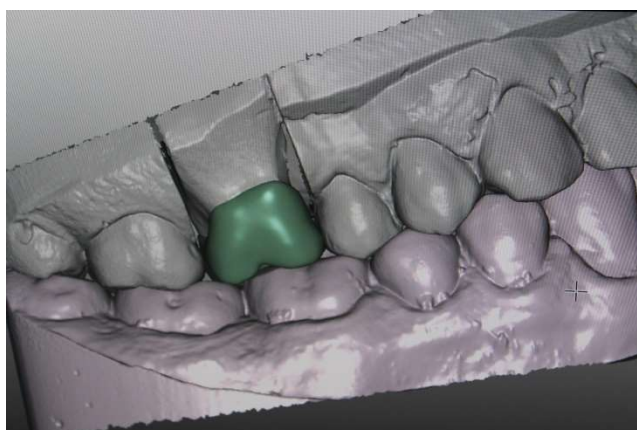
Cirkonijev dioksid (ZrO_2) je keramički materijal bez staklene faze nastao dodavanjem kisika čistom, elementarnom cirkoniju. To je polikristalinični bijeli mekani neprozirni materijal koji se pojavljuje u tri oblika ovisno o temperaturi: monoklinskom, kubičnom i tetragonskom. Na sobnoj temperaturi bez stabilizatora je u monoklinskom obliku. Na temperaturama većim od $1170^{\circ}C$ prelazi u tetragonski oblik, a iznad $2370^{\circ}C$ prelazi u kubičnu fazu. Stabilizacija se očituje u snižavanju temperature transformacije, odnosno zadržavanju cirkonij dioksida u tetragonskoj fazi na sobnoj temperaturi primjenom 3 – 5% itrijeva oksida (16).

Cirkonijev dioksid se pri niskim temperaturama u vlažnom mediju, kao što je usna šupljina, transformira iz tetragonske u monoklinsku fazu, što može imati utjecaja na mehanička

svojstva ako zahvati veću površinu materijala. Pri tome se povećava hrapavost površine, a smanjuju tvrdoća i Youngov modul elastičnosti materijala te je moguća pojava mikro i makro pukotina keramike (17). S druge strane, to svojstvo materijala može imati i pozitivno djelovanje u obliku zaustavljanja širenja pukotine nadomjeska. To je tzv. transformacijsko očvrnuće cirkonijevog dioksida. Naime, pukotina uzrokuje vlačno naprezanje u samom materijalu što rezultira transformacijom tetragonskih kristala u monoklinske uz lokalno povećanje volumena za 3 – 5% te se na taj način zaustavlja daljnje širenje pukotine (18).

4.3.1. Način izrade

Jedini način izrade cirkonijevog oksida u dentalnoj medicini je pomoću CAD/CAM sustava koji se sastoji od stroja za glodanje, skenera, peći za sinteriranje i računala s odgovarajućim programom (16). Prvo se skeniraju bataljci na sadrenim modelima ili u ustima, ovisno o vrsti aparata. U odgovarajućem CAD-programu dizajnira se nadomjestak (Slika 3.). U glodalicu se umeće keramički blok predsinteriranog ili već sinteriranog cirkonijevog oksida. Predsinterirani blok potrebno je predimenzionirati za oko 30% zbog skvrčavanja koje se događa za vrijeme sinteriranja u peći na temperaturi od 1350 – 1500°C tijekom 6 sati. Prednost predsinteriranog bloka je u mekoći koja omogućuje jednostavniju obradu i manje trošenje instrumenata za glodanje u odnosu na sinterirane blokove, a nedostatak u tome što je predsinterirani blok potrebno predimenzionirati zbog čega se smanjuje iskoristivost bloka.



Slika 3. Dizajniranje nadomjestka u CAD programu

4.3.2. Mehanička svojstva

Upravo su povoljna mehanička svojstva uz bolja optička svojstva u odnosu na metale ovu vrstu keramike učinila estetskom alternativom za izradu nadomjestaka na stražnjim zubima. Pojavom translucenčnih cirkonij-oksidnih materijala unaprijeđena su estetska svojstva materijala tako da se sve češće koristi i na prednjim zubima.

Brojnim istraživanjima ispitivana je otpornost na lom cirkonij-oksidne keramike u odnosu na druge vrste keramike i metal-keramičke sustave. Nakamura i suradnici usporedili su otpornost na lom okluzalno stanjene cirkonij oksidne keramike u odnosu na litij-disilikatnu keramiku preporučene debljine materijala (19). Dokazali su da je potrebna veća sila za lom cirkonij-oksidne keramike okluzalne debljine od 0,5 mm (5558 ± 522 N), nego litij-disilikatne debljine 1,5 mm (3147 ± 409 N). Vrijednosti savojne čvrstoće (900 – 1200 MPa) i Youngovog modula elastičnosti (210GPa) također su veće u odnosu na ostale vrste dentalnih keramika.

Mörmann i suradnici usporedili su tvrdoću cirkonij-oksidne keramike s devet estetskih CAD/CAM materijala, nano-kompozitnim materijalom i caklinom (20). Prema rezultatima cirkonij-oksidna keramika pokazala je najveće vrijednosti tvrdoće. To nameće sumnju da kao najtvrdi materijal cirkonijev oksid ujedno uzrokuje i najveće trošenje nasuprotne cakline ili druge vrste materijala. Međutim, Janyavula i suradnici usporedili su iznose trošenja cakline u kontaktu sa staklokeramikom i cirkonij-oksidnom keramikom obrađenom na više načina i utvrdili sa je trošenje cakline bilo znatno manje u kontaktu s poliranom cirkonij-oksidnom keramikom ($0,11 \pm 0,04$ mm³) u odnosu na staklokeramiku ($1,46 \pm 0,5$ mm³), ali manje i u odnosu na glaziranu cirkonij-oksidnu keramiku ($0,59 \pm 0,1$ mm³) (21). Ovi rezultati dokazuju da cirkonij-oksidna keramika, kao najtvrdi materijal, u odnosu na ostale materijale za restauraciju zuba ne uzrokuje i najveći gubitak nasuprotne cakline te da trošenje suprotne cakline ovisi i o načinu završne obrade nadomjestka.

4.3.3. Optička svojstva

Zbog svoje mliječno bijele boje (Slika 4.) cirkonijev oksid najprije se koristio za izradu jezgre u dvoslojnim potpuno keramičkim sustavima, a na tu se osnovu nanosila estetski prihvatljivija staklokeramika. To je dovodilo do ranije spomenutih lomova obložne keramike kod takvih

nadomjestaka. Zbog toga su se unapređivala estetska svojstva cirkonijeva-oksida kako bi se mogao primjenjivati u monolitnom obliku.



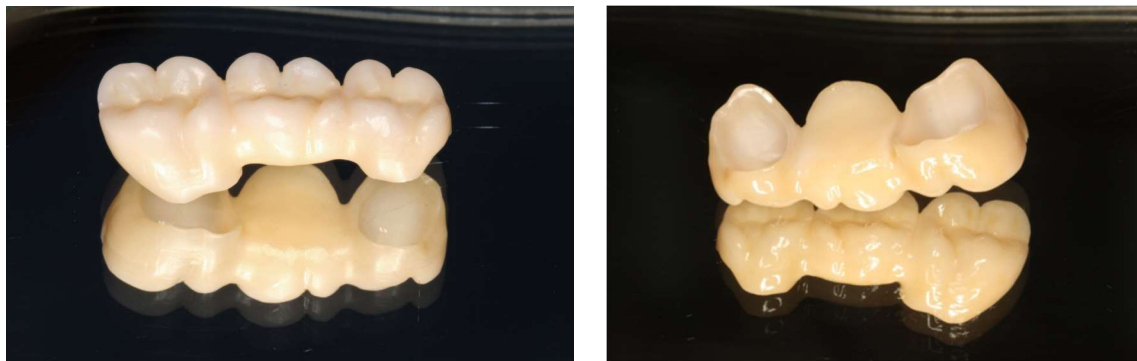
Slika 4. Opakno bijela boja cirkonij-oksida u usporedbi sa translucentnijim prirodnim zubima

Da bi se imitirala prirodna boja zuba, predsinteriranom keramičkom bloku dodavale su se tekućine za bojenje (Slika 5. a do c) te se površina nadomjestka obrađivala na različite načine (Slika 6. a i b). Kim i suradnici ispitivali su učinak različitog broja nanošenja tekućine za bojenje na optička svojstva monolitne cirkonij-oksidne keramike, kao i utjecaj poliranja i glaziranja nadomjeska na boju keramike (22, 23). Zaključili su da ponavljanje nanošenja tekućina za bojenje uzrokuje tamniju i žuću boju cirkonija (22). Poliranjem nadomjestka primijetili su razliku u boji i smanjenje svjetline u odnosu na neobrađen nadomjestak, dok su glaziranjem keramike dobili žućkastiji i manje svijetao nadomjestak (23). U drugom istraživanju primijećena je razlika u translucenciji nadomjestka s obzirom na obradu. Utvrđeno je da polirani cirkonijev oksid pokazuje najviše vrijednosti translucencije u odnosu na glazirani ili obložnom keramikom prekriveni cirkonij-oksid (24).

Unatoč velikom napretku u odnosu na početne sustave, još uvijek je cirkonij-oksidna keramika s obzirom na estetska svojstva manje vrijedna od staklokeramike. Nedovoljna translucencija nadomjestka potrebna za imitaciju prirodnih zuba je vidljiva na Slici 7.



Slika 5. (a), (b) i (c) Infiltracijsko bojenje nesinteriranog mosta od cirkonij-oksidnog mosta.



Slika 6. (a) i (b) Most od monolitne cirkonij oksidne keramike nakon sinteriranja



Slika 7. Most od monolitne cirkonij oksidne keramike u ustima

Nedavno su se na tržištu pojavile "translucentne" cirkonij-oksidne keramike. Veća translucencija postignuta je izradom materijala s česticama manjih dimenzija, ujednačene veličine i linearnog rasporeda te minimalne poroznosti koja sprečava raspršenje svjetlosti

(25). Ti su procesi značajno povećali translucenciju u odnosu na konvencionalni cirkonij-oksidi te su pridonijeli boljim optičkim svojstvima nakon završnog bojenja (Slike 8. i 9.).

Unatoč tome, litij-disilikatna keramika i dalje ima znatno veći stupanj translucencije koji je u proporcionalnom odnosu s vrijednostima transmitancije, tj. udjelom upadnog zračenja određene valne duljine koji je prošao kroz medij na koji pada zračenje (Tablica 1.) (26).



Slika 8. Monolitni most od translucetne cirkonij-oksidge keramike



Slika 9. Monolitni most od translucetne cirkonij-oksidge keramike

Tablica 1. Usporedba vrijednosti transmitancije različitih vrsta keramika (26).

Vrsta keramike	Transmitancija
Konvencionalni cirkonij-oksidi	0,06510558
Translucentni cirkonij-oksidi	0,14396933
Konvencionalni litij-disilikati	0,15873866
Translucentni litij-disilikati	0,20775941

4.4. Ostali monolitni nadomjestci

Rjeđe se u obliku monolitnih nadomjestaka mogu primjenjivati glinična keramika, leucitima ojačana keramika te cirkonijem ojačana litij-silikatna keramika.

Glina keramika silikatna je keramika inkorporirana kristalima leucita s različitim volumnim udjelom. Novije generacije ove keramike s 30%-tnim volumnim udjelom kristala razvijene su za CAD-CAM obradu (Vita Mark II). Zbog viših vrijednosti savojne čvrstoće (150 MPa) ova vrsta keramike pogodna je i za izradu monolitnih krunica na prednjim zubima, inleja i onleja (24).

Stakleni matriks leucitima ojačane keramike temeljen je na aluminij-silikatnom staklu. Njemu su dodani kristali leucita volumnog udjela 35 – 45% sa svrhom poboljšanja biomehaničkih svojstava i povećanja savojne čvrstoće. Tako se u obliku monolitnih krunica na prednjim zubima mogu koristiti IPS Empress (160 – 180 MPa) i IPS Empress CAD (160 MPa) keramike (27). Dolazi i u višebojnim blokovima za dodatno unapređenje optičkih svojstava.

U svrhu izrade monolitnih keramičkih krunica na prednjim zubima može se koristiti i cirkonijem ojačana litij-silikatna keramika. Dva proizvoda ove vrste keramike koja dosežu vrijednosti savojne čvrstoće i do 370 MPa su Vita Suprinity i Celtra DeguDent.

Zanimljivo je napomenuti da su i nekada često korištene metalne krunice zapravo monolitne, međutim, s obzirom na visoke estetske zahtjeve, danas se ne smatraju prihvatljivim rješenjem za široku primjenu u fiksno protetskoj terapiji.

4.5. Indikacije i kontraindikacije za primjenu monolitnih keramičkih nadomjestaka

Indikacije za primjenu monolitnih keramičkih nadomjestaka svakim su danom sve brojnije zahvaljujući konstantnom razvoju mehaničkih i estetskih svojstava materijala. Najčešće korištene vrste keramike u monolitnom obliku su litij-disilikatna i cirkonij-oksidna. Cirkonij-oksidna keramika se zbog svojih iznimnim mehaničkih svojstava i visoke savojne čvrstoće koristi u izradi pojedinačnih krunica na stražnjim zubima, višečlanih mostova u stražnjem i prednjem dijelu zubnog niza, pojedinačnih krunica stražnje regije kod pacijenata s oralnom parafunkcijom ili smanjenim okluzalnim prostorom, nadomjestaka na implantatima i polukružnih mostova na implantatima (Slike 6. i 7.) (28).

Suprotno cirkonij-oksidnoj keramici, litij-disilikatnu keramiku karakteriziraju izvrsna estetska svojstva te je indicirana za izradu monolitnih inleja, onleja, pojedinačnih krunica na prednjim i stražnjim zubima i mostova na prednjim zubima. Ostale se vrste keramike u monolitnom obliku uglavnom koriste u izradi pojedinačnih krunica, inleja i onleja.

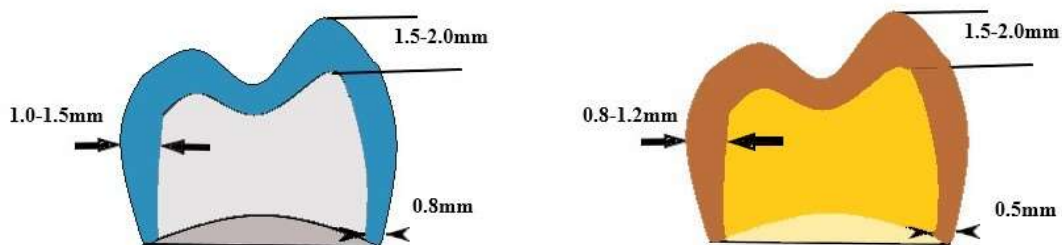
Kontraindikacije za terapiju monolitnim keramičkim nadomjescima su: loša oralna higijena, nepravilno brušenje uporišnog zuba, premalo preostalog zubnog tkiva i oralne parafunkcije (za keramike niske savojne čvrstoće) (1).

Usprkos zadovoljavajućoj estetici litij-disilikatnih i translucenčnih cirkonij-oksidnih keramika, u situacijama s visokim estetskim zahtjevima prednost se i dalje daje dvoslojnim keramičkim sustavima. Primarni razlog tomu je slojevita građa zuba koju je teško oponašati samo jednim slojem keramičkog materijala. Isto tako, translucenčni monolitni nadomjesci kontraindicirani su u slučajevima diskoloriranih zuba, mutnije keramike izgledaju neprirodno pa se pribjegava dvoslojnim sustava s opaknom jezgrom i translucenčnom obložnom keramikom.

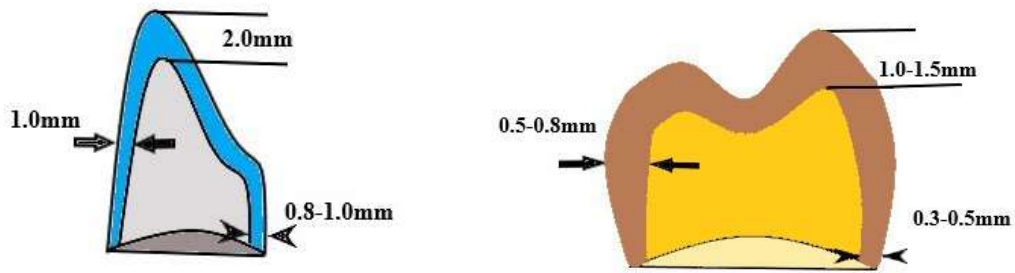
4.6. Specifičnosti brušenja zubi za monolitne keramičke nadomjeske

Preparacija zuba uključuje nepovratno uklanjanje tvrdih zubnih struktura. Količina zubnog tkiva koju je potrebno ukloniti ovisi o vrsti materijala od kojeg je izrađen nadomjestak. Preparacija zuba za dvoslojne potpuno keramičke krunice (Slika 10.) zahtijeva okluzalnu redukciju od 1,5 do 2 mm. Ovisno o vrsti keramike, aksijalna redukcija trebala bi iznositi približno 1 do 1,5 mm za silikatne keramike i 0,8 do 1,2 mm za oksidne keramike (29). Preporučena minimalna širina stepenice za silikatne keramike je 0,8 mm, a za oksidne keramike 0,5 mm (4).

Prednost monolitnih nadomjestaka u odnosu na dvoslojne je u poštudnosti zubnog tkiva, tj. manje je potrebno prostora za keramički materijal jer se koristi samo jedan sloj čvrstog materijala, dok je u dvoslojnim sustavima za svaki od dva sloja potrebno osigurati dovoljnu debljinu keramike kako bi se mogla oduprijeti žvačnim silama. Prema preporukama proizvođača za količinu brušenja pri izradi monolitnih cirkonij-oksidnih nadomjestaka okluzalno je dovoljno osigurati 1 – 1,5 mm prostora, aksijalno 0,5 – 0,8 mm, a širina stepenice trebala bi biti između 0,3 i 0,5 mm (Slika 11.) (30). Za monolitni litij-disilikatni nadomjestak na prednjim zubima potrebno je izbrusiti 2 mm incizalno, 1 mm aksijalno i 0,8 do 1 mm na stepenici (30). Budući da se za monolitne keramičke sustave, posebno one izrađene u CAD-CAM-u, najčešće koriste keramike visokih vrijednosti savojne čvrstoće (preko 350 MPa), stepenica je zaobljena. Ona osigurava strukturnu trajnost nadomjeska, a ne zahtijeva nepotrebno uklanjanje tvrdog zubnog tkiva. Okluzalni kut konvergencije trebao bi biti između 4° i 6°, te je potrebno glatko zaobliti sve kutove i prijelaze (31).



Slika 10. Količina brušenja zuba za dvoslojne: **a)** silikatne keramike i **b)** oksidne keramike.



Slika 11. Količina brušenja za monolitnu: a) litij-disilikatnu i b) cirkonij-oksidnu keramiku.

4.7. Prednosti i nedostaci monolitnih nadomjestaka u odnosu na dvoslojne

Glavni nedostatak dvoslojnih keramičkih sustava koji je potaknuo intenzivniji razvoj monolitnih dentalnih keramika je raslojavanje obložne keramike od osnovne konstrukcije te lom krhkije obložne staklokeramike (Slika 12.). Raslojavanje je posebno izraženo u slučajevima gdje se koriste različiti procesi u proizvodnji slojeva keramike te kad su koeficijenti termičke ekspanzije ta dva sloja keramike značajnijih razlika u odnosu na dvoslojne sustave u kojima su KTR i način proizvodnje isti ili slični (7). Česti su i lomovi obložne keramike takvih sustava zbog tankog sloja obložne keramike niske savojne čvrstoće. Upravo je izostanak ovih komplikacija glavna prednost monolitnih nadomjestaka.



Slika 12. Lom obložne keramike

Tehnološki postupak izrade monolitnih nadomjestaka jednostavniji je i brži u odnosu na dvoslojne nadomjeske jer uključuje samo jedan proces, dok je kod dvoslojnih sustava potrebno kombinirati dva često potpuno različita procesa od kojih svaki donosi rizik od proceduralnih pograšaka koje su mogu akumulirati i očitovati nepovoljnim mehaničkim ili optičkim svojstvima gotovog nadomjeska.

Usto, prednost monolitnih nadomjestaka je i u reduciranoj količini uklanjanja tvrdog zubnog tkiva jer je za dvoslojne sustave potrebno pripremiti dovoljno prostora za dva sloja keramike.

S druge strane, nedostatak monolitnih nadomjestaka je lošija estetika, posebice cirkonij-oksidge keramike, u odnosu na dvoslojne sustave kod kojih je obložni sloj građen od keramike boljih estetskih svojstava.

Konstantnim unapređenjem mehaničkih svojstava litij-disilikatne keramike i estetskih svojstava cirkonij-oksidge keramike vodi prema rješenju nedostataka monolitnih nadomjestaka i njihovoj široj primjeni u fiksno protetskoj terapiji.

Monolitni potpuno keramički nadomjesci danas se sve više nameću kao alternativno rješenje u fiksno protetskoj terapiji zbog kvalitetnih mehaničkih i optičkih svojstava.

Glavni nedostatak dvoslojnih keramičkih sustava koji je potaknuo intenzivniji razvoj monolitnih dentalnih keramika je raslojavanje obložne keramike, kao i česti lomovi. Raslojavanje je posebno izraženo u slučajevima u kojima se koriste različiti procesi u proizvodnji slojeva keramike te kad su koeficijenti termičke ekspanzije ta dva sloja keramike značajnijih razlika u odnosu na dvoslojne sustave u kojima su KTR i način proizvodnje isti ili slični (7). S druge strane česti su i lomovi obložne keramike takvih sustava zbog tankog sloja materijala niske savojne čvrstoće.

Navedene komplikacije pokušale su se izbjeći modifikacijama procesa napečenja keramike te korištenjem CAD/CAM sustava u izradi obložne keramike (32, 33). Schmitter i suradnici su u jednom in vitro istraživanju usporedili otpornost dvoslojnih sustava u kojima je cirkonij-oksida jezgra obložena keramikom izrađenom na dva različita načina (33). Obložna litij-disilikatna keramika je u polovici nadomjestaka bila izrađena CAD-CAM tehnikom dok je u drugoj polovici nanosena konvencionalnom tehnikom slojevanja. Ukupno 87,5% nadomjestaka izrađenih tehnikom slojevanja nisu uspjeli izdržati sile razvijene tijekom simulacije žvakanja, dok su obložne keramike izrađene u CAD-CAM-u bile značajno otpornije na djelovanje istih sila. No, ni ova saznanja ne garantiraju trajnost dvoslojnih sustava. Upravo je izostanak ovih komplikacija glavna prednost monolitnih nadomjestaka.

Također, monolitni nadomjesci zahtijevaju manje brušenja tvrdog zubnog tkiva jer nema potrebe za stvaranjem dodatnog prostora za obložni sloj keramike. Time je omogućena njihova primjena i u područjima smanjenog okluzalnog prostora. S druge strane, izradom nadomjestaka u jednom komadu i od jednog materijala otežano je postizanje visoke estetike kao kod dvoslojnih sustava.

Modifikacijom procesa proizvodnje i sinteriranja postignut je veći stupanj translucencije cirkonij-oksida. Veća translucencija postignuta je izradom materijala s česticama manjih dimenzija, ujednačene veličine i linearnog rasporeda te minimalne poroznosti što sprječava raspršenje svjetlosti (25). Ti procesi značajno su povećali stupanj translucencije u odnosu na konvencionalni cirkonij-oksid, ali je litij-disilikatna keramika i dalje pokazivala značajno veće

vrijednosti translucencije koja je proporcionalna vrijednostima transmitancije, tj. udjelom upadnog zračenja određene valne duljine koji je prošao kroz medij na koji pada zračenje (26).

Kod monolitnih cirkonij-oksidnih nadomjestaka dodatno se otvara pitanje odnosa prema zubnom tkivu s obzirom na veliku tvrdoću materijala. Ovisno o tome je li keramika polirana, glazirana ili nije obrađena ni jednom od ovih metoda, razlikuju se različite vrijednosti trošenja cakline nasuprotnih zuba i različite vrijednosti trošenja samog keramičkog nadomjestka. Iz istraživanja Nathaniela i suradnika vidljivo je da polirana keramika najmanje troši caklinu suprotnih zubi, a keramika koja nije završno glazirana ili polirana uzrokuje najveći gubitak cakline (34). Razlog tomu je što je polirana keramika najmanje hrapava. Također, i sama se keramika najmanje troši ako je polirana. Glaziranje, odnosno poliranje keramike utječe i na prijanjanje okolnog mekog tkiva na rubu nadomjeska. Glaziranjem se povećava hidrofilnost nadomjestka čime se ometa adhezija gingive na krunu zuba, dok se poliranjem povećava hidrofobnost i bolje prijanjanje tkiva na keramiku.

Svojstva dentalnih materijala stalno se unaprijeđuju te se provode brojna istraživanja u svrhu pronalaska idealnog rješenja koje će zadovoljiti sve zahtjeve za dugoročne uspješne primjene u usnoj šupljini.

Metal-keramički nadomjesci sve više gube status zlatnog standarda u fiksoprotetskoj terapiji, prije svega zbog iznimno visokih estetskih zahtjeva suvremenog društva. Kod dvoslojnih potpuno keramičkih sustava ostao je problem postizanja vezne čvrstoće između jezgrenog i obložnog materijala, a usto mnogi sustavi ne mogu podnijeti jača žvačna opterećenja tipična za stražnji segment zubnog niza.

Rezultati brojnih istraživanja dokazali su opravdanost sve učestalije primjene monolitnih keramičkih nadomjestaka. Kombinacija njihovih kvalitetnih mehaničkih i optičkih svojstava učinila ih je adekvatnom alternativom, a u nekim slučajevima čak i boljim rješenjem u odnosu na druge dostupne sustave. Razvoj CAD/CAM tehnologije ubrzao je njihovu integraciju u dentalnu protetiku.

Danas se monolitni keramički nadomjesci najčešće izrađuju od litij-disilikatne i cirkonij-oksidge keramike. U vidljivom segmentu zubnog niza indicirana je translucetnija litij-disilikatna keramika, dok na stražnjim zubima prednost treba dati cirkonijevom oksidu zbog visokih vrijednosti savojne čvrstoće, tvrdoće i otpornosti na lom.

1. Čatović A, Komar D, Čatić A i sur. Klinička fiksna protetika – krunice. 1. izd. Zagreb: Medicinska naklada; 2015. 198 p.
2. Christensen GJ. PFM vs. zirconia restorations – how are they comparing clinically?. CR found. 2008;1:1-2.
3. Milardović Ortolan S, Mehulić K, Viskiće J, Jakšić A. Cementiranje potpuno keramičkih protetskih radova. Sonda. 2010;20:54.
4. Kern M, Thompson VP, Beuer F, Frankenberger R, Kohal RJ, Kunzelmann KH, Pospiech P, Reiss B. All-Ceramics at a Glance: An introduction to the indications, material selection, preparation and insertion techniques for all-ceramic restorations. 3. izd. Malsch: AG-Keramik; 2017. 190 p.
5. Kunzelmann KH. Vollkeramik auf einen Blick: Leitfaden zur Indikation, Werkstoffauswahl, Vorbereitung und Eingliederung von vollkeramischen Restaurationen, Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde. 3. izd. Malsch: AG-Keramik; 2008. 101 p.
6. Schilingburg H, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett ES. Fundamentals of fixed prosthodontics. 3. izd. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc; 1997.
7. Anunmana C, Anusavice KJ, Mecholsky JJ. Interfacial toughness of bilayer dental ceramics based on a short-bar, chevron-notch test. Dent Mater. 2010;26:111.
8. Sailer I, Fehér A, Filser F. Prospective clinical study of zirconia posterior fixed partial dentures: 3-year follow-up. Quintessence Int. 2006;37:41-9.
9. Antonson SA, Anusavice KJ, Brantley WA, Esquivel-Upshaw JF, Gettleman L, Lemons JE, et al. Phillips' science of dental materials. 12. izd. Amsterdam: Elsevier; 2012. 592 p.
10. Milardović Ortolan S, Medojević D, Bergman L, Viskiće J, Mehulić K. Klinički i laboratorijski tijek izrade staklokeramičke krunice. Sonda. 2012;13:88-91.
11. Kunzelmann KH, Kern M, Pospiech P, Raigrodski AJ, Strassler HE, Mehl A. All-ceramic at a glance: introduction to indications, material selection, preparation and insertion of all-ceramic restorations. 1. izd. Etilingen: Society for Dental Ceramics; 2006.
12. IPS e.max lithium disilicate [Internet]. Schaan: Ivoclar Vivadent; 2017 [cited 2017 Aug 17]. Available from: <http://www.ivoclarvivadent.com/en/p/all/products/all-ceramics/ips-emax-dentist/ips-emax-lithium-disilicate>.
13. Zhang Y, Mai Z, Barani A, Bush M, Law B. Fracture-resistant monolithic dental crowns. Dent Mater. 2015;32:442-9.
14. Elsaka S, Elnaghy A. Mechanical properties of zirconia reinforced lithium silicate glass-ceramic. Dent Mater. 2016;32:908-14.

15. Milardović Ortolan S. Utjecaj biološke osnove, optičkih svojstava i debljine gradivnih fiksacijskih materijala na boju nadomjeska od litij-disilikatne staklokeramike [dissertation]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2014. 146 p.
16. Jakovac M, Kralj Z. Cirkonij oksidna keramika u fiksnoj protetici. *Sonda*. 2011;12:64-9.
17. Malkondu O, Tinastepe N, Akan E, Kazazoğlu E. An overview of monolithic zirconia in dentistry. *Biotechnol Biotechnol Equip*. 2016;30:644-52.
18. Christel P, Meunier A, Heller M, Torre JP, Peille CN. Mechanical properties and short-term in-vivo evaluation of yttrium-oxide-partially-stabilized zirconia. *J Biomed Mater Res*. 1989;23:45-61.
19. Nakamura K, Harada A, Inagaki R, et al. Fracture resistance of monolithic zirconia molar crowns with reduced thickness. *Acta Odontol Scand*. 2015;73:602-8.
20. Mormann WH, Stawarczyk B, Ender A. Wear characteristics of current aesthetic dental restorative CAD/CAM materials: two-body wear, gloss retention, roughness and Martens hardness. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2013;20:113-25.
21. Janyavula S, Lawson N, Cakir D. The wear of polished and glazed zirconia against enamel. *J Prosthet Dent*. 2013;109:22-9.
22. Kim HK, Kim SH. Effect of the number of coloring liquid applications on the optical properties of monolithic zirconia. *Dent Mater*. 2014;30:229-37.
23. Kim HK, Kim SH, Lee JB, et al. Effect of polishing and glazing on the color and spectral distribution of monolithic zirconia. *J Adv Prosthodontics*. 2013;5:296-304.
24. Fradeani M, Redemagni M, Corrado M. Porcelain laminate veneers: 6- to 12-year clinical evaluation - a retrospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2005;25:9-17.
25. Kim MJ, Ahn JS, Kim JH, Kim HY, Kim WC. Effects of the sintering conditions of dental zirconia ceramics on the grain size and translucency. *J Adv Prosthodont*. 2013;5:161-6.
26. Harianawala HH, Kheur MG, Apte SK, Kale BB, Sethi TS, Kheur SM. Comparative analysis of transmittance for different types of commercially available zirconia and lithium disilicate materials. *J Adv Prosthodont*. 2014;6:456-61.
27. Giordano R, McLaren EA. Ceramics overview: classification by microstructure and processing methods. *Compend Contin Educ Dent*. 2010;31:682-700.
28. 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.

29. Kern M. Vollkeramik auf einen Blick: Leitfaden zur Indikation, Werkstoffauswahl, Vorbereitung und Eingliederung von vollkeramischen Restaurationen, Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde. 5. izd. Malsch: AG-Keramik; 2012. 152 p.
30. Baker B, Jacobi I, Newsome P, Penn D, Reaney D. A Clinician's guide to Prosthodontics. 1.izd. Alexandria: Southern Cross Dental; 2017. 154 p.
31. 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.
32. Rues S, Kröger E, Müller D, Schmitter M. Effect of firing protocols on cohesive failure of all-ceramic crowns. *J Dent.* 2010;38:987-94.
33. Schmitter M, Müller D, Rues S. In vitro chipping behaviour of all-ceramic crowns with a zirconia framework and feldspathic veneering: comparison of CAD/CAM-produced veneer with manually layered veneer. *J Oral Rehabil.* 2013;40:519-25.
34. Lawson NC, Janyavula S, Syklawer S, McLaren EA, Burgess JO. Wear of enamel opposing zirconia and lithium disilicate after adjustment, polishing and glazing. *J Dent.* 2014; 42:1586-91.

Dominik Pavić rođen je 17. 8. 1991. u Slavonskom Brodu, s prebivalištem u Gornjoj Vrbi. Osnovnu školu pohađao je u Gornjoj Vrbi i u Slavonskom Brodu. Opću gimnaziju upisao je u Slavonskom Brodu gdje je i maturirao 2010. godine. Iste godine upisao se na Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu te se, nakon završetka prve godine fakulteta, kao redovan student prebacio na Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.