

# Monolitni keramički nadomjesci

Dominik Pavić, dr. med. dent.<sup>1</sup>

Doc. dr. sc. Slađana Milardović<sup>2</sup>

Prof. dr. sc. Ketij Mehulić<sup>2</sup>, izv. prof. dr. sc. Nikša Dulčić<sup>3</sup>

[1] Diplomirao u ak.god. 2016./2017.

[2] Zavod za fiksnu protetiku, Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

[3] Zavod za mobilnu protetiku, Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Metal-keramički nadomjesci sve više gube status zlatnog standarda u fiksoprotetskoj terapiji, prije svega zbog iznimno visokih estetskih zahtjeva današnjih pacijenata. Usto, kod dvoslojnih sustava kod kojih je obložna keramika, čija je uloga postizanje što prirodnijeg izgleda nadomjeska, vezana na osnovnu konstrukciju odnosno čvrstu jezgru građenu od metala ili druge vrste keramike, nikada nije do kraja riješen problem vezne čvrstoće između ta dva sloja pa su česte komplikacije u obliku raslojavanja ili lomova tanke i krhke obložne keramike (engl. *chipping*) (Slika 1.).

Uzroci za to su brojni: nepravilno brušenje zuba pri čemu nastaje neujednačeno debeo sloj keramike, slabe adhezivne sile između slojeva ili pojava rezidualnih naprezanja unutar nadomjeska (naprezanje uslijed neujednačenih koeficijenata termičkog rastezanja između osnovne konstrukcije i obložne keramike, naprezanje koje nastaje uslijed temperaturnih gradijenata tijekom hlađenja, naprezanje u obložnom sloju zbog razlike u debljini osnovne konstrukcije i obložne keramike, kompresijsko naprezanje na spojnoj površini između osnovne konstrukcije i obložne keramike te vlačno naprezanje unutar keramike), kao i različiti tehnološki procesi u proizvodnji slojeva (1, 2).



Slika 1. Lom obložne keramike na metal-keramičkoj krunici

S obzirom na navedene probleme stvorila se potreba za pronalaskom rješenja koje bi objedinilo visoke estetske zahtjeve pacijenata, ali i funkcijske zahtjeve koji se ne smiju zanemariti. Tako su se razvili monolitni potpuno keramički nadomjesci, nadomjesci izrađeni u jednom komadu od jedne vrste keramike. Tu je veliku ulogu odigrao napredak tehnologije, a posebno pojava računalno potpomognutog dizajna (CAD) i računalno potpomognute izrade (CAM) čime je omogućena obrada novih materijala unaprijeđenih mehaničkih svojstava.

Pojavom litij-disilikatne staklokeramike nametnula se ideja o izradi nadomjestaka u monolitnom obliku bez potrebe za dodatnim ojačanjem ili estetskim unapređenjem drugim keramičkim materijalom. Svojim optičkim svojstvima oponaša prirodna obilježja zubi, dok su mehaničke karakteristike bitno poboljšane u odnosu na konvencionalne keramike. Međutim, njezina primjena i dalje ostaje ograničena na pojedinačne nadomjeske i manje mostove u prednjem segmentu.

Unapređenjem cirkonij-oksidnih keramika započeta je i njihova primjena u monolitnom obliku jer je donedavno problem predstavljala mliječno bijela boja koja je zahtijevala nanošenje sloja obložne keramike kako bi se postigla optička svojstva sličnija prirodnim zubima. S obzirom na iznimno visoku čvrstoću od cirkonijeva oksida moguće je izraditi i višečlane mostove, čak i na stražnjim zubima.

## Monolitni nadomjesci od litij-disilikatne keramike

Litij-disilikatna keramika pripada skupini staklokeramika. Radi ojačanja materijala staklenoj matrici najprije su dodavani kristali leucita, ali time nije postignuta zadovoljavajuća čvrstoća keramike za prim-

jenu u stražnjem segmentu zubnog niza ili izradu mostova. Dodavanjem ravnomjerno raspoređenih kristala litijeva disilikata ( $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ ) u obliku iglica u koncentraciji od 70% volumena postignuta je savojna čvrstoća od oko 400 MPa što je omogućilo širu primjenu staklokeramike (3). Koristi se kao jezgri materijal u dvoslojnim potpuno keramičkim sustavima i obložni materijal u metal-keramičkim sustavima. Indicirana je za pojedinačne nadomjeske i tročlane mostove na prednjim zubima te za pojedinačne nadomjeske u stražnjem segmentu. Upravo zbog uravnoteženih mehaničkih i optičkih svojstava počela je uporaba litij-disilikatne keramike u obliku monolitnih krunica ili mostova.

Razlikuju se dvije tehnike u izradi monolitnih litij-disilikatnih nadomjestaka. Kod *toplo-tlačne* tehnike nadomjestak se modelira u vosku. Voštani objekt postavi se u kivetu, ulije uložni materijal, 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) i prelazi u plastično stanje. U takvom stanju stavlja se u kivetu i tlačnim postupkom utiskuje u prostor koji je zaostao nakon izgaranja voska (4). Prva i najpoznatija  $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_7$  keramika za toplo-tlačnu obradu je IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent).

Kod *strojne obrade* (CAD/CAM) koriste se tvornički izrađeni prekrizalizirani keramički blokovi. Nakon dizajniranja oblika u odgovarajućem softveru, odabrani blok glode se u posebnim glodalicama koje su sastavni dio CAD/CAM sustava. Predstavnik ove skupine materijala je IPS e.max CAD. 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 preko 400 MPa.

Monolitne krunice odlikuju se velikom čvrstoćom, ali im je estetska vrijednost često upitna jer jedan materijal sam po sebi ne može objediniti potrebne varijacije boje i translucencije svojstvene prirodnom zubu. Keramički valjčići dolaze u četiri strupnja 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 odabrati manje prozirnju keramiku kako bi se prikrla boja bataljka. Individualizacija se donekle može postići tehnikom bojenja gdje se površinski pigmenti peku na keramičku osnovu. Međutim, to ponekad može izgledati neprirodno jer se na taj način ne može postići dojam slojevitosti i dubine kao kod prirodnog zuba. Zato se kod većih estetskih zahtjeva prednost daje tehnici slojevanja.

Danas na tržištu postoje višebojni blokovi od litij-disilikatne keramike (Slika 2.) kojima se pokušava izbjeći monotoni dojam koji je često svojstven monolitnim nadomjescima. Na taj način se postižu bolja estetska svojstva zadržavajući sve prednosti jednoslojnih nadomjestaka.

#### Monolitni nadomjesci od cirkonijeva oksida

Potpuno keramički sustavi ispunjavali su zahtjeve za poboljšanom estetikom, ali nisu imali potpuno zadovoljavajuća mehanička svojstva. Daljnim razvojem keramičkih materijala dobivena je cirkonij-oksidna keramika, prvi bezmetalni sustav čija su mehanička svo-

jstva u potpunosti ispunjavala zahtjeve stomatološke protetike za sanaciju stražnjih zubi i za izradu protetskih radova većeg raspona (5).

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°C prelazi u tetragonski oblik, a iznad 2370°C prelazi u kubičnu fazu. Stabilizacija se postiže snižavanjem temperature transformacije, odnosno zadržavanjem cirkonijeva dioksida u tetragonskoj fazi na sobnoj temperaturi dodavanjem 3 – 5% itrijeva oksida (5).

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 (6). S druge strane, to svojstvo materijala može imati i pozitivno djelovanje u obliku zaustavljanja širenja pukotine nadomjeska. To je tzv. transformacijsko očvršnuće 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 (7).

Jedini način izrade cirkonijevog oksida u dentalnoj medicini je s pomoću CAD/

CAM sustava koji se sastoji od skenera, odgovarajućeg softvera za dizajniranje, glodalice i peći za sinteriranje (5). Najprije se skeniraju sadreni modeli ili zubi u ustima. U odgovarajućem CAD-programu dizajnira se nadomjestak. U glodalicu se umeće keramički blok predsinteriranog ili već sinteriranog cirkonijevog oksida. Predsinterirani blok je potrebno predimenzionirati za oko 30% zbog skvrčavanja koje se događa za vrijeme sinteriranja u peći na temperaturi od 1350 – 1500°C kroz 6 sati. Prednost predsinteriranog bloka je u mekoći koja omogućuje jednostavniju obradu i manje trošenje instrumenata za glodanje u odnosu na sinterirane blokove. Nedostatak je što je predsinterirani blok potrebno predimenzionirati zbog čega se smanjuje iskoristivost bloka.

Zbog svoje mliječno bijele boje (Slika 3.) estetska vrijednost cirkonijeva oksida bila je relativno mala pa se koristio kao jezgri materijal u dvoslojnim potpuno keramičkim sustavima, uglavnom kao alternativa metal-keramičkim nadomjescima na stražnjim zubima i nadomjescima većeg raspona. Pritom se na cirkonij-oksidnu osnovu nanosi estetski povoljnija staklokeramika. Međutim, pokazalo se da je veza između cirkonij-oksidne jezgre i obložne keramike još problematičnija nego kod konvencionalnih metal-keramičkih sustava pa neki autori upozoravaju i na pet puta veću prevalenciju loma obložne keramike u dvoslojnim keramičkim sustavima sa cirkonij-oksidnom jezgrom u odnosu na dvoslojne metal-keramičke sustave (8). Iz tog razloga unaprijeđivala su se optička svojstva cirkonijeva-oksida kako bi se mogao primjenjivati u monolitnom obliku jer se očekivalo da bi se na taj način mogli riješiti svi problemi – dobio bi se materijal koji kombinira optimalna mehanička i estetska svojstva.

Lošija optička svojstva cirkonijeva oksida u odnosu na staklokeramičke materijale pokušala su se kompenzirati dodavanjem tekućina za bojenje, modifikacijama u procesu proizvodnje i temperaturi sinteriranja.

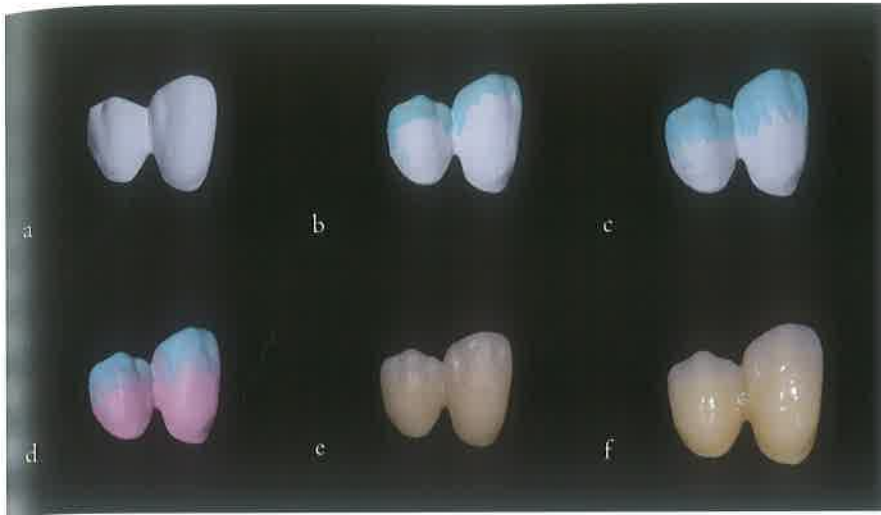
Da bi se imitirala prirodna boja zuba, predsinteriranom keramičkom bloku davale su se tekućine za bojenje (Slika 4. a do f) nakon čega je slijedilo sinteriranje.



Slika 2. Višebojni blok od litij-disilikatne staklokeramike IPS e.max Press Multi (Ivoclar Vivadent)



Slika 3. Zbog svoje mliječno bijele boje cirkonijev oksid tradicionalno se koristio kao jezgri materijal u dvoslojnim potpuno keramičkim sustavima



Slika 4. a do f Individualizacija cirkonijeva oksida infiltracijskim bojenjem: Ceramill Zolid ZrO<sub>2</sub> HT + PS A3 boja (Amann Girrbach); korištene boje Ceramill liquid A3, incizalno transparent blue, incizalno-bukalno transparent blue/gray, ostalo dentin red. Slijedilo je sinteriranje u peći Ceramill Therm 8 sati i na kraju je stavljena glazura boje A3/A3,5 Noritake Cerabien CRZ Stain Kit.



Slika 5. a i b Most od "transluentne" cirkonij-oksidne keramike

Time se korigira monotona boja, ali se ne rješava problem prevelike mutnoće materijala.

Nedavno su se na tržištu pojavile "transluentne" cirkonij-oksidne keramike. Veća translucencija postignuta je izradom materijala s česticama manjih dimenzija, ujednačene veličine i linearnog rasporeda te minimalne poroznosti što sprječava raspršenje svjetlosti (9). Ti su procesi značajno povećali translucenciju u odnosu na konvencionalni cirkonij-oksida te su pridonijeli boljim optičkim svojstvima nakon završnog bojenja (Slika 5.a i b). Takvi cirkonij-oksidni materijali sve se češće koriste i na prednjim zubima. Međutim, treba napomenuti da se stupanj translucencije cirkonij-oksidnih keramika povećava nauštrp mehaničkih svojstava. Tako je savojna čvrstoća klasičnih ZrO<sub>2</sub> keramika oko 1000 MPa, dok povećanjem translucencije pada i do 600 MPa.

Unatoč velikom napretku u odnosu na početne sustave, još uvijek je cirkonij-oksidna keramika s obzirom na estetska svojstva manje vrijedna od staklokeramike.

### Ostali monolitni nadomjestci

Iako rjeđe primjenjivani u obliku monolitnih nadomjestaka, u tom kontekstu treba spomenuti i gliničnu keramiku, leucitima ojačanu staklokeramiku te cirkonijem ojačanu litij-silikatnu keramiku.

Glinična keramika je silikatna keramika prožeta kristalima leucita s različitim volumnim udjelom. Novije generacije ove keramike s 30%-tnim volumnim udjelom kristala razvijeni su za CAD-CAM obradu (Vita Mark II, IPS Empress CAD). S obzirom na vrijednosti savojne čvrstoće (150 MPa), ova vrsta keramike pogodna je i za izradu monolitnih krunica na prednjim zubima, inleja i onleja (10). Dolaze 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 nekad 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.

### 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 iznimnih mehaničkih svojstava i visoke savojne čvrstoće koristi u izradi pojedinačnih krunica na stražnjim zubima, višechlanih 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 (11).

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.

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, u slučajevima diskoloriranih zubi translucenčni monolitni nadomjestci su kontraindicirani, a mutnije keramike obično izgledaju neprirodno, stoga se se pribjegava dvoslojnim sustavima s opaknom jezgrom i translucenčnom obložnom keramikom.

### Prednosti i nedostaci monolitnih keramičkih nadomjestaka

Već je istaknuto da je glavni nedostatak dvoslojnih keramičkih sustava raslojavanje obložne keramike od osnovne konstrukcije te lom krhke obložne staklokeramike. Upravo je izostanak ovih komplikacija



glavna prednost monolitnih nadomjestaka.

Prednost monolitnih nadomjestaka u odnosu na dvoslojne je i u poštudnosti prema zubnom tkivu, tj. manje je prostora potrebno za keramički materijal jer se koristi samo jedan sloj materijala, dok je u dvoslojnim sustavima za svaki od dva sloja potrebno osigurati dovoljnu debljinu da bi se mogli oduprijeti žvačnim silama. Prema preporukama proizvođača, kod brušenja pri izradi monolitnih nadomjestaka okluzalno je dovoljno osigurati 1 – 1,5 mm prostora, a aksijalno oko 1 mm, za cirkonijev oksid čak i ispod te vrijednosti (12). 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 i širine oko 0,8 mm. Ona osigurava strukturnu trajnost nadomjeska, a ne zahtjeva nepotrebno uklanjanje tvrdog zubnog tkiva.


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 pogrešaka koje su mogu akumulirati i očitovati nepovoljnim mehaničkim ili optičkim svojstvima gotovog nadomjeska.

S druge strane, nedostatak monolitnih nadomjestaka, posebice cirkonij-oksidnih, je lošija estetika u odnosu na dvoslojne sustave.

### Zaključak

Glavna prednost monolitnih nadomjestaka je njihova kompaktnost i samim time veća otpornost na djelovanje žvačnih sila te činjenica da nema spojeva koji su kod svih sustava najkritičnija točka i izvor mogućeg nesuspjeha zbog lomova. Najčešće primjenjivane keramike u monolitnom obliku su litij-disilikatna i cirkonij-oksid-

na. Litij-disilikatna keramika odlikuje se izvrsnim optičkim svojstvima koja omogućuju oponašanje prirodne boje i translucencije zubi zbog čega je prvenstveno indicirana za estetsku zonu. Cirkonijev oksid ima bolja mehanička svojstva kao što su tvrdoća, savojna čvrstoća i otpornost na lom uz lošija optička svojstva u odnosu na litij-disilikatnu keramiku zbog čega se još uvijek češće koristi na stražnjim zubima. Međutim, u novije vrijeme pojavile su se cirkonij-oksidne keramike povećanog stupnja translucencije čime se dodatno povećavaju mogućnosti njihove primjene. Konstantnim unapređenjem mehaničkih svojstava litij-disilikatne keramike i estetskih svojstava cirkonij-oksidne keramike s vremenom će se vjerojatno sve više smanjivati nedostaci monolitnih nadomjestaka što će dovesti do njihove šire primjene u fiksoprotetskoj terapiji. 

## LITERATURA

- Schillingburg H, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett ES. Fundamentals of fixed prosthodontics. 3. izd. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc; 1997.
- 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.
- Milardović Ortolan S, Medojević D, Bergman L, Viskić J, Mehulić K. Klinički i laboratorijski tijek izrade staklokeramičke krunice. Sonda. 2012;13:88-91.
- Kunzelmann KH, Kern M, Pospiech P, Riegrodski AJ, Strassler HE, Mehl A. All-ceramic at a glance: introduction to indications, material selection, preparation and insertion of all-ceramic restorations. 1. izd. Ettlingen: Society for Dental Ceramics; 2006.
- Jakovac M, Kralj Z. Cirkonij oksidna keramika u fiksnoj protetici. Sonda. 2011;12:64-9.
- Malkondou O, Tinastepe N, Akan E, Kazazoğlu E. An overview of monolithic zirconia in dentistry. Biotechnol Biotechnol Equip. 2016;30:644-52.
- 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.
- Christensen GJ. PFM vs. zirconia restorations – how are they comparing clinically? CR found. 2008;1:1-2.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.