

Primjena dentalne keramike u kliničkoj praksi

Eva Panian¹

Nino Leko²

Mentor: izv. prof. dr. sc. Nikola Petričević³

[1] dr. med. dent, diplomirala ak. god. 2022./23.

[2] dr. med. dent, diplomirao ak. god. 2022./23.

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

SAŽETAK

Keramika je dvofazni materijal koji sadrži amorfnu (staklastu) fazu koja je odgovorna za njihova odlična optička svojstva i kristalnu fazu koja je odgovorna za njihova dobra mehanička svojstva. Danas su dostupne mnoge različite vrste keramičkih materijala kao što su glinična keramika, staklokeramika, infiltrirana keramika i oksidna keramika, a sve one posjeduju različite indikacije i proizvodne tehnike. Najbolja optička svojstva imaju glinična i staklokeramika i zbog toga se koriste u prednjoj regiji gdje su potrebna dobra estetska svojstva u smislu oponašanja izgleda prirodnog zuba dok je u stražnjoj regiji oksidna keramika našla svoju primjenu zbog činjenice da su tamo prisutne znatno veće okluzijske sile. Iako konvencionalno cementiranje ima duboko postavljene korijene u svakodnevnoj praksi ono nije najbolje rješenje za sve slučajeve. Stoga moderna dentalna medicina ide korak dalje s uvođenjem adhezivnog cementiranja. Većinom se koristi u minimalno invazivnim postupcima poput ljuskica jer je to jedina vrsta preparacije koja specifično zahtijeva ovakvu vrstu cementiranja. Upotreba adhezivnog cementiranja proširila se na inleje, onleje, overleje i krunice svih vrsta restaurativnih materijala poput keramike i kompozita. Da bi se postigla adhezija, potrebno je dovesti dva različita supstrata dovoljno blizu da formiraju međumolekularnu vezu. Smolasti cement prijanja na ova dva materijala i određuje jačinu veze. Ako se svaka faza protokola adhezivnog cementiranja pažljivo i temeljito provede može se postići zadovoljavajući rezultat.

Ključne riječi: keramika; protetika; CAD/CAM; adhezija; adhezivno cementiranje

Uvod

Keramike su materijali koji su uvedeni u dentalnu medicinu prije više od 200 godina i svojom širokom primjenom u modernoj dentalnoj medicini učvrstile su se kao materijal izbora. U fiksnoj protetici indicirana je za mnoge vrste nadomjestaka, uključujući ljuskice, inleje, onleje, overleje, pojedinačne krunice te mostove u prednjoj i stražnjoj regiji obiju čeljusti. U mobilnoj protetici mogu se koristiti kao gradivni materijal za izradu zubi u mobilnim protezama, međutim to često nije praksa. U ortodonciji se dentalna keramika može koristiti

za izradu estetskih bravica, u endodonciji svi biokeramički materijali imaju sličan osnovni kemijski sastav te u implantologiji u vidu cirkonskih implantata. U današnje doba popularnost minimalno invazivnih estetskih zahvata poput ljuskica dovela je do upotrebe adhezivnih cemenata koji se temelje na mehaničkoj i mikromehaničkoj retenciji, kao i ključnom kemijskom međumolekularnom povezivanju. Zbog toga adhezivno cementiranje ne zahtijeva opsežnu preparaciju zuba što omogućuje znatno očuvanje tvrdog zubnog tkiva.

Dentalna keramika

1. Fizička i kemijska svojstva

Fizička svojstva keramičkih materijala određena su njegovim sastavom. Svaki keramički materijal koji se koristi u dentalnoj medicini dvofazni je sustav koji se sastoji od staklaste (amorfne) faze i kristalne faze. Amorfna faza odgovorna je za optička svojstva materijala i djeluje kao matrica, dok kristali, koji su raspršeni kroz nju, svojom veličinom, količinom i rasporedom određuju fizička svojstva keramičkog materijala (1). Atomi u ovim materijalima povezani su kovalentnom (elektronski parovi nemetala) ili ionskom (metali i nemetali) vezom i to daje materijalu visok modul elastičnosti, tvrdoću i talište, kao i dobru kemijsku stabilnost, no to objašnjava njihovu nemogućnost plastične deformacije kao reakcije na naprezanje koje rezultira pukotinama ili s vremenom, lomom restauracije te se stoga smatraju krhkim materijalima, tj. imaju povećanu osjetljivost na mikrostrukturne pukotine (2).

Glavna fizička svojstva ovog materijala su dvije vrijednosti koje opisuju čvrstoću materijala: čvrstoća na savijanje (tzv. savojna čvrstoća) i lomna žilavost (otpornost na lom). Čvrstoća na savijanje je sposobnost materijala da izdrži maksimalno vertikalno opterećenje bez loma, a mjeri se u megapaskalima (MPa), dok je lomna žilavost maksimalna sila materijala na širenje pukotine pod vlačnim opterećenjem i mjeri se u $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ (3). Upravo zbog toga se ova grupa materijala smatra krhkima s obzirom na to da imaju vrlo visoku tlačnu čvrstoću, ali nisku vlačnu čvrstoću.

Keramički materijali su vrlo dobri toplinski izolatori s vrlo visokim točkama tališta i prema tome jedna fizička vrijednost važna za ovaj materijal je njegov toplinski koeficijent širenja koji je različit za staklenu fazu i kristalnu fazu, a to zauzvrat može izazvati naprezanje oko kristala i stvoriti pukotine koje također vremenom mogu dovesti do loma materijala. Ovo pravilo vrijedi i za višeslojne sustave u kojima postoji razlika od koeficijenta širenja za materijal jezgre i obložne keramike.

Jednako važna fizička svojstva ovog materijala su transparentija i translucencija. Visoka propusnost svjetlosti, što je slučaj u keramičkim materijalima s

visokom amorfnom (staklastom) fazom, rezultat će povećanjem translucencije, dok će visoko raspršenje ili refleksija, što je slučaj u keramičkim materijalima u kojima dominira kristalna faza, zauzvrat uzrokovati da materijal bude više opak (neproziran). Ovi materijali mogu oponašati estetiku prirodnih zubi jer imaju sličan indeks loma kao i caklina, a samo je oksidna keramika (posebno cirkonijev oksid) prirodno vrlo neprozirna, međutim nove proizvodne tehnologije uspjele su to ispraviti, stvarajući različite razine i stupnjeve translucencije za monolitne (tzv. full contour) nadomjeske od cirkonij-oksidne keramike (4).

Klasifikacija keramičkih materijala

Dvije glavne klasifikacije keramičkih materijala su prema kemijskom sastavu i procesu proizvodnje.

1. Klasifikacija prema kemijskom sastavu (5):
 - silikatna keramika (uključuje konvencionalnu i staklokeramiku)
 - infiltrirana keramika (uključuje In-Ceram sustave)
 - oksidna keramika (uključuje aluminij-oksidnu i cirkonij-oksidnu keramiku)
 - hibridna keramika
2. Klasifikacija prema proizvodnji (6):
 - keramika za slojevanje (obložna keramika)
 - toplinsko-tlačni postupak
 - slip-cast tehnologija
 - CAD/CAM obrada

Silikatna keramika

Ova grupa keramičkih materijala uključuje konvencionalnu keramiku i staklokeramiku. Konvencionalna keramika se danas obično koristi kao keramika za slojevanje bilo na metalnu ili keramičku jezgru. Ima vrlo visoku količinu staklaste (amorfne) matrice koja joj daje najbolja optička svojstva, međutim oni su također najslabija i najmekša vrsta keramičkog materijala sa čvrstoćom na savijanje od ~ 120 MPa.

Dodatkom kalijevog oksida (K_2O) bazi aluminosilikatnog stakla dobiva se još jedan poboljšani tip ove keramike nazvan leucitom ojačana keramika. Kristali leucita, koji čine 35 % volumena kristalne faze, daju materijalu bolja svojstva kao što su stabilnost tijekom pečenja, povećana tvrdoća (~ 160 MPa) i zaustavljanje ili blokiranje širenja pukotina (7). Ne-



Slika 1. Četiri pojedinačne krunice od cirkonij oksidne keramike u gornjoj prednjoj regiji, bukalni aspekt. Preuzeto s ljubaznošću izv. prof. dr. sc. Nikole Petričevića.



Slika 2. Četiri pojedinačne krunice od cirkonij oksidne keramike u gornjoj prednjoj regiji, palatinalni aspekt. Preuzeto s ljubaznošću izv. prof. dr. sc. Nikole Petričevića.

ki primjeri ove vrste keramike koji su komercijalno dostupni uključuju: IPS EMPRESS, IPS EMPRESS CAD (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), VITA VMK 68 (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Njemačka), Optec OPC (Jeneric, Wallingford, CT, SAD) i Finesse All-Ceramic (Dentsply, York, PA, SAD).

Druga velika podvrsta ove keramike je litij-disilikatna staklokeramika i kao što naziv govori, sadrži prizmatični litij-disilikat ($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$) kao kristalnu fazu u ~ 65 % volumena. Glavna prednost ove keramike su poboljšana fizička svojstva u smislu povećane čvrstoće na savijanje od 250 do 350 MPa uz zadržavanje izvrsnih optičkih svojstava. Zbog toga je indicirana u obliku ljuskica, inleja, onleja, overleja, pojedinačnih krunica pa čak i mostova kratkog raspona s drugim pretkutnjakom kao zadnjim nosačem (8). Neki primjeri ove vrste keramike koja je komercijalno dostupna uključuju: IPS EMPRESS 2, IPS e.max Press/CAD (Ivoclar Vivadent Liechtenstein), VITA AMBRIA Press (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Njemačka) i CEREC Tessera, (Dentsply, York, PA, SAD).

Infiltrirana keramika

Tehnika infiltracije (tzv. slip casting) bazira se na principu otopine usitnjenog aluminijskog oksidnog praška (tzv. slip) koji se slojevanjem nanosi na radni bataljak te sinterira. Nakon toga se ta osnovna porozna struktura infiltrira staklom (najčešće lantanovim) koje infiltrira pore i apsorbira se u materijal stvarajući čvrstu strukturu (9). Ova vrsta keramike sadrži visoku čvrstoću na savijanje koja iznosi ~ 550 MPa i indicirana je u obliku pojedinačnih krunica i mostova u prednjoj i stražnjoj regiji, ali se zbog složenosti procesa

proizvodnje ne koriste često. Komercijalno dostupni su: InCeram Alumina (keramika ojačana Al_2O_3), InCeram Spinel (keramika ojačana MgO) i InCeram Zirconia (keramika ojačana ZrO_2) koje proizvodi VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Njemačka.

Oksidna keramika

Oksidna keramika (tzv. polikristalična keramika) je najnovija i najčvršća vrsta keramičkog materijala koji se koristi u dentalnoj medicini. Sadrži > 90 % kristalne faze i vrlo malu količinu ili gotovo nimalo staklaste (amorfne) faze. Uključuje cirkonij-oksidnu keramiku i aluminijsku-oksidnu keramiku.

Aluminijska-oksidna keramika jedna je vrsta oksidne keramike, međutim, za razliku od one proizvedene tehnikom infiltracije, ova vrsta keramičkog materijala dolazi u obliku gusto sinteriranih blokova visoke čistoće isključivo za CAD/CAM obradu te ima poboljšana fizička svojstva sa čvrstoćom na savijanje ~ 600 MPa (10).

Cirkonijev oksid je polimorfni oksid koji se pojavljuje u tri različite modifikacije ovisno o temperaturi, a ovaj fenomen poznat je kao alotropija jer različite strukture imaju isti kemijski sastav, ali različit prostorni raspored atoma. Ta tri oblika su: monoklinska, tetragonalna i kubična. Na ~ 2630 °C, što je njegova točka taljenja, on je u kubičnom alotropskom obliku, ispod ~ 2370 °C je u tetragonalnom alotropskom obliku, a ispod ~ 1170 °C je u svom monoklinskom alotropskom obliku. Posljednja fazna transformacija (tetragonalna u monoklinsku) praćena je ekspanzijom volumena 3 – 5 % što uzrokuje visoko naprezanje unutar materijala (11). Da bi se stabilizirao u te-

tragonalnom alotropskom obliku (radi sprječavanja spontane fazne transformacije) dodani su biokompatibilni spojevi kisika i danas se najčešće koristi itrijev oksid (Y_2O_3) obično u 3 – 8 % stvarajući jednofazni ili gotovo jednofazni stabilizirani cirkonij koji se naziva Y-TZP (itrijem stabiliziran tetragonalni cirkonijev polikristal) (12). Od ostalih keramičkih materijala razlikuje se po superiornoj čvrstoći na savijanje i lomnoj žilavosti iznad 800 MPa, što je posljedica da je ovo gotovo čisti jednofazni keramički materijal s vrlo malim kristalima ujednačenog oblika i veličine (13). Indiciran je u obliku pojedinačnih krunica i mostova u obje regije čeljusti. Cirkonij-oksida keramika proizvodi se isključivo tehnikom strojne obrade i dolazi u obliku predsinteriranih blokova ili diskova koji će se sinterirati nakon obrade (14).

Hibridna keramika

Hibridna keramika nova je vrsta keramičkih materijala koji imaju metakrilatnu polimernu matricu koja sadrži pretežno anorganske spojeve (> 75 % volumena). Ovi anorganski spojevi su ili u obliku nanokeramičkih čestica (nanomeri silicijevog dioksida ili cirkonijevog oksida) ili čestica aluminijskog-barijevog-silikata. Zbog polimerne matrice, slično kao i kompoziti, ovaj materijal ima veću otpornost na lom, manju abraziju u slučaju kada kao antagoniste ima prirodne zube i ima veću čvrstoću na savijanje (~ 200 MPa) od keramičkog materijala ojačanog leucitom. Međutim, zbog prisutnosti polimerne matrice skupljanje ovog materijala je veće (~ 5 %) nego kod običnih keramičkih materijala, a njegova čvrstoća na savijanje je u slabijem dijelu spektra u usporedbi sa staklokeramikom ili oksidnom keramikom. Ova vrsta keramičkog materijala isključivo je dostupna za CAD/CAM obradu (15). Neki primjeri ove vrste keramike koji su komercijalno dostupni uključuju: Lava Ultimate/Resin Nano Ceramics (3M ESPE, St. Paul, Minn, SAD), VITA Enamic (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Njemačka) i CERASMART/Flexible Nano Ceramics (GC, Tokyo, Japan).

Adhezija

Adhezija je kemijski proces spajanja dva materijala s različitim fizičkim i kemijskim svojstvima. Cilj adhezije je stvaranje snažne, trajne i estetski zadovoljavajuće restauracije koja može podnijeti razne uvjete usne šupljine.

Konvencionalne metode cementiranja oslanjaju se na čistu mehaničku retenciju i zahtijevaju opsežnu pripremu zuba. Za razliku od toga, adhezivno sredstvo dovodi dva različita materijala u neposredni kontakt s bilo kakvom površinom i time omogućuje očuvanje veće količine tvrdog zubnog tkiva (16).

Prvenstveni problem vezivanja na dentin je njegova vlažna priroda. Upravo zbog toga je potreban hidrofilni adhezivni materijal koji može prodrijeti kroz kolagenska vlakna. Dentin za adhezivno vezivanje mora biti jetkan 15 sekundi s 37 %-tnom ortofosfornom kiselinom.

Ako dođe do prekomjernog jetkanja, monomer će potpuno prodrijeti kroz jetkani dentin što rezultira nedostatnom jačinom sveze i stvaranjem pukotina. Vrlo bitna činjenica je da površina ne smije biti prekomjerno sušena zbog kolagenskih vlakana koja se urušavaju i sprječavaju monomer da prodre oko njih. S druge strane, ako dentin zadrži prekomjernu vlagu to zauzvrat može uzrokovati otapanje komponenata adhezivnog sustava i oslabljivanje same jačine sveze.

Neposredni kontakt između zuba i smole omogućen je dentalnim adhezivima, otopinama monomera koje se sastoje od hidrofilnog i hidrofobnog dijela te time stvaraju adhezivni sustav. Hidroksi-etil-metakrilat (HEMA) i bisfenol-glicidil-metakrilat (bis-GMA) su najčešći monomeri. Otapa se dodaju za poboljšanje vlaženja i penetraciju monomera, a ona mogu biti voda, aceton ili alkohol (etilni i butilni). Ova otapala mogu ojačati vezu i ukloniti nečistoće, no ako se ne uklone, mogu oslabiti vezu. Također, adhezivi sadrže inicijatore, inhibitore i stabilizatore polimerizacije te anorganska punila (17, 18).

Kompozitni cementi

Uvođenjem adhezivnog cementiranja, kompozitni cementi postali su ključni dio procesa. Oni omogućuju pouzdanije vezivanje na zubnu strukturu, pružajući snažnu i dugotrajnu vezu. Ti cementi pokazuju izvrsnu otpornost na vlagu, visoku čvrstoću te uspostavljaju vezu s caklinom, dentinom, dentalnim slitinama i keramikom. Također, nude stabilnost boje koja je neizostavna za estetiku. Kompozitni cementi



Slika 3. Primjeri različitih nijansi kompozitnih cementata za adhezivno cementiranje.

su kombinacija smola, punila i silana, a dijele se prema veličini čestica i vrsti polimerizacije.

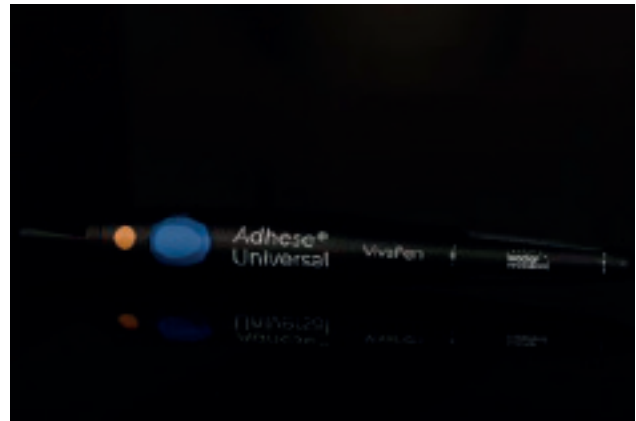
Veza između kompozitnog cementa i keramičkog materijala postiže se ionskim, kovalentnim te mikromehaničkim vezama. Količina staklene faze prethodno spomenutog keramičkog materijala određuje čvrstoću veze zbog mogućnosti jetkanja staklene matrice.

Iako se konvencionalno cementiraju i sadrže mali postotak staklene faze, postoje situacije u kojima oksidne keramike mogu imati koristi od adhezivnog cementiranja. Istraživanja sugeriraju da korištenje zračne abrazije česticama aluminijevog oksida, uz upotrebu adhezivnog agensa, može povećati čvrstoću veze adhezivnih cementata. Pjeskarenje se provodi s česticama veličine 30 – 50 μm ili sa sintetičkim dijamantnim česticama. Površina keramičkog nadomjeska dodatno može biti pripremljena primjenom keramičkih primera koji sadrže fosfatne monomere kao npr. 10-MDP (10-metakrilooiloksidil dihidrogen fosfat) koji kemijski vežu metalne okside u samoj keramici. Primjeri komercijalno dostupnih su: Clearfil Ceramic Primer ili Alloy primer (Kuraray Dental, Okayama, Japan). Nakon primjene ovog tipa primera preporučuje se primjena cementa s istom kompozicijom monomera (19, 20).

Adhezivno cementiranje

Priprema pacijenta

Prije protetske obrade, važno je obaviti razgovor s pacijentom, uzeti detaljnu medicinsku anamnezu te napraviti intraoralni i ekstraoralni pregled, uključujući



Slika 4. Jednokomponentni svjetlosno polimerizirajući adheziv za izravnu i neizravnu primjenu postupaka adhezije i svih protokola jetkanja.

analizu rendgenskih snimaka. Parodontološka terapija uključuje uklanjanje zubnog plaka i kamenca te po potrebi kirurške zahvate. Konzervativna terapija poput endodontskih ili restaurativnih postupaka obično se odrađuje tijekom pripreme pacijenta. U rijetkim slučajevima, potrebna je ortognatska kirurgija uz ortodontsku terapiju (21). Nakon što pacijent da informirani pristanak započinju praktični aspekti liječenja.

Nakon preparacije zuba uzima se analogni ili digitalni otisak, a laboratorij izrađuje neizravni keramički nadomjestak. Prije cementiranja važno je temeljito provjeriti dosjed nadomjeska, prvo se provjerava na modelu, a zatim u ustima pacijenta (22). Nakon što pacijent odobri izgled keramičkih nadomjestaka zub i nadomjestak se očisti od kontaminacija te slijedi priprema nadomjeska.

Priprema indirektnog keramičkog nadomjeska

Adhezivno cementiranje ovisi o mikromehaničkom i kemijskom vezivanju. Veza između keramičkog nadomjeska i kompozitnog cementa omogućena je kemijskom vezom koju stvaraju čestice silicijeva dioksida koje se nalaze u keramici. Keramički nadomjestak se jetka 10 % fluorovodičnom kiselinom (HF) 90 sekundi. Ostatak plutajućih keramičkih čestica se zatim uklanja u destiliranoj vodi ili u ultrazvučnoj kupki napunjenoj acetonom ili alkoholom u trajanju 4 – 5 minuta (22). Da bi došlo do vezivanja, mora biti prisutna vezna molekula kao što je organski silan. Keramika se zatim silanizirana što će stvoriti vezu između anorganskog materijala keramike i organskih

polimera u kompozitnim cementima (10). Spojevi silana koji dolaze u obliku jedne bočice već su pretходно hidrolizirani, a zbog svojeg kraćeg roka trajanja s vremenom gube svoju učinkovitost. Primjer ovog silana komercijalno dostupnog je Monobond Etch&Prime (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) (21).

Upravo zbog toga su poželjne otopine s dvije bočice tj. dvokomponentni oblik, kao što je primjerice Bis-Silane (BISCO, Chicago, Illinois, SAD) (23). Silani koji dolaze u dvokomponentnom obliku sastoje se od acetatne kiseline u prvoj komponenti i nehidroliziranih silana u drugoj komponenti. Kiseline iz prve komponente aktivira silane u drugoj komponenti. Na keramiku se nanosi više slojeva silana, a svaki je sloj potrebno osušiti kako bi otapalo isparilo prije dodavanja sljedećeg sloja.

Priprema zuba

Priprema zuba ključni je korak u adhezivnom cementiranju keramičkih nadomjestaka jer može utjecati na čvrstoću veze i dugovječnost restauracije. Zub treba temeljito očistiti, zatim dezinficirati alkoholom ili klorheksidinom. Alkohol je pogodan samo za dezinfekciju nevitalnih zuba jer njegova uporaba na vitalnim zubima može uzrokovati postoperativnu preosjetljivost i dehidraciju zuba. Vodikov peroksid ili natrijev hipoklorit se ne smiju koristiti zbog inhibicije polimerizacije. Suho radno polje je neophodno za adhezivno cementiranje jer prisutnost vlage može negativno utjecati na jačinu veze. Kako bi se spriječilo lučenje gingivalne sulkusne tekućine, zub treba izolirati s pomoću koferdama ili retrakcijskim koncem ili pastom (19). Mikromehanička retencija se stvara na caklini primjenom 37 %-tne ortofosforne kiseline nakon izolacije radnog polja. Kiseline se zatim ispere i suši 30 sekundi (24). U modernoj kliničkoj praksi obično se koriste dvofazni sustavi u kojima se nakon jetkanja nanosi adheziv i utrljava na demineraliziranu površinu zuba 20 sekundi zatim se suši te polimerizira 20 sekundi (21). Osim ovog sustava može se koristiti i samojetkajući adhezivni sustav (tzv. All in one) u kojem se kiseli monomer nanosi i na caklinu i na dentin 5 – 10 sekundi i zatim se ispuše zrakom bez ispiranja. Primjeri takvih sustava uključuju All-Bond SE (Biseca, Schamburgu, Illinois, SAD), OptiBond XTR (Kerr, Orangeu, CA, SAD) i GC G-Bond (GC Corporation, Tokyo, Japan).

Aplikacija cementa

Postupak cementiranja uvijek se provodi prema preporukama proizvođača. Samojetkajući adhezivi pružaju duže vrijeme rada i jednostavnije rukovanje u usporedbi s drugim vrstama što omogućuje više vremena za pravilno postavljanje i prilagodbu keramičkog nadomjeska prije stvrdnjavanja cementa smanjujući rizik od bilo kakvih grešaka ili komplikacija tijekom postupka cementiranja. Cement se stavlja u keramički nadomjestak i ravnomjerno raspoređuje radi optimalnog vezivanja i izbjegavanja inkluzija zraka unutar materijala (25). Nakon postavljanja keramičkog nadomjeska na zub čvrsto se pritisne kako bi višak cementa izašao preko rubova. Tijekom svjetlosne polimerizacije važno je nanijeti gel na bazi glicerina na rubove preparacije kako bi se spriječio dolazak kisika koji može ometati polimerizaciju. Nakon svjetlosne polimerizacije 2 – 5 sekundi višak cementa se ukloni oko samog nadomjeska, a čišćenje interdentalnog prostora obavlja se zubnim koncem. Nakon završne polimerizacije i samog cementiranja keramički nadomjestak se polira i provjerava u okluziji.

Zaključak

Velika prednost keramičkih materijala je da su biokompatibilni i bioinertni, što omogućuje da je njihova primjena brojna i široka. U stomatološkoj protetici se može koristiti u obliku metal-keramičkih sustava ili potpuno keramičkih sustava poput ljuskica, pojedinačnih krunica i mostova u prednjoj i stražnjoj regiji čeljusti, kao i inleja, onleja i overleja. Dvije glavne klasifikacije ovog materijala su prema kemijskom sastavu i metodi proizvodnje. Kemijski sastav uključuje silikatnu keramiku, infiltriranu keramiku, oksidnu keramiku i hibridnu keramiku, dok klasifikacija prema proizvodnji uključuje keramiku za slojevanje, toplinsko prešanje, infiltriranje i CAD/CAM strojnu obradu. Neophodno je da dentalna keramika ima odlična fizička i kemijska svojstva koja joj omogućavaju da podnese vrlo složenu okolinu usne šupljine i ispuni estetske zahtjeve, ali i da odgovara mehaničkim svojstvima najtvrdog materijala u ljudskom tijelu koji je caklina. Neizostavna klinička faza fiksno-protetske terapije je postupak pričvršćivanja nadomjeska odgovarajućim materi-

jalom na izbrušeni zub. Adhezivno cementiranje je postala metoda izbora za cementiranje neizravnih keramičkih nadomjestaka. Korištenje adhezivnih cemenata ima nekoliko prednosti, a oni uključuju veću rubnu prilagodljivost, smanjeno propuštanje i veću jačinu sveze kako bi omogućilo funkciju. Međutim, učinkovito cementiranje uvelike ovisi o delikatnoj tehnici, pažljivom odabiru materijala i snažnoj adheziji na strukturu zuba. Potrebno je strogo pridržavanje indikacija kako ne bi došlo do neuspjeha. Restauracije izrađene od keramičkih materijala pokazale su se kao izvrsno rješenje za zamjenu zubi koji nedostaju s velikom dugovječnošću i izdržljivošću te su stoga postale neizostavan materijal izbora u praksi.

Literatura

1. Babu, P. Jithendra, et al. Dental Ceramics: Part I – An Overview of Composition, Structure and Properties. *American Journal of Materials Engineering and Technology*. March 2015;3(1):13-18
2. Ronald L. Sakaguchi, John M. Powers. *Craig's Restorative Dental materials 13th edition*, Mosby Inc. an affiliate of Elsevier Inc. 2012:254-264.
3. Hammerle C., Sailer I., Thoma A., Halg G., Suter A., Rame C. *Dental ceramics : Essential aspect of clinical practice* London: Quintessence Publishing Co. Ltd; 2008:6-8.
4. Tuncel I., Turp I., Usumez A. Evaluation of translucency of monolithic zirconia and framework zirconia materials *Journal of Advanced Prosthodontics*. June 2016;8(3):181-186. doi: 10.4047/jap.2016.8.3.181
5. Milardović S., Mehulić K., Viskić J., Jakšić A. Cementiranje potpuno keramičkih protetskih radova. *Sonda*. 2010;11(20):52-5.
6. Kunzelmann KH, Kern M, Pospiech P, Raigrodski AJ, Strassler H. E., 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.
7. Bajraktarova-Valjakova E., Korunoska-Stevkovska V., Kapusevska B., *Dental Ceramic Materials, A Review: Chemical Composition, Physical and Mechanical Properties, Indications for Use*. *Journal of medical sciences*. September 2018;6(9):1742-1755.
8. Ferencz L. J., Silva N., Navarro J. M. *High-Strength Ceramics: Interdisciplinary Perspectives*. 1st edition. Quintessence Publishing Co Inc., U.S. September 2014:49.
9. Chong K. H., Chai J., Takahashi Y., Wozniak W. Flexural strength of In-Ceram alumina and In-Ceram zirconia core materials. *International Journal of Prosthodontics*. 2002;15(2):183-8.
10. Ducheyne P, Dietmar K. E., Hutmacher W., Grainger D. W., Kirkpatrick C. J. *Comprehensive Biomaterials*. 1st Edition, Elsevier Ltd. 2011:105.
11. Conrad J. H. et Al. Current Ceramic Materials and Systems with Clinical Recommendations: A Systematic Review. *The Journal of prosthetic dentistry*. December 2007;98(5):389-404.
12. Shenoy N., Shenoy A. Dental ceramics: An update *Journal of conservative dentistry*. December 2010;13(4):195-203. doi: 10.4103/0972-0707.73379
13. Jakovac M, Kralj Z. Cirkonij oksidna keramika u fiksnoj protetici. *Sonda*. 2011;12(22):64-9.
14. Jakovac M. et Al. *Pretklinička i laboratorijska fiksna protetika*. Stega Tisak, Zagreb; 2020:192.
15. G. Jorquera, E. Mahn, J. P. Sanchez, S. Berrera, M. J. Prado, Bernasconi Stange V. Hybrid Ceramics in Dentistry: A Literature Review. *Journal of Clinical Research in Dentistry*. January 2018;1(2):1-5. doi:10.33309/2639-8281.010204 1(2)
16. De la Macorra JC., Pradies G. Conventional and adhesive luting cements. *Clin Oral Invest*. 2002;6:198-204.
17. Gürel G. Znanje i vještina u izradi estetskih keramičkih ljuski. Zagreb: Media ogled d.o.o.; 2009.
18. Sofan E., Sofan A., Palaia G., Tenore G., Romeo U., Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Ann Stomatol (Roma)*. 2017 Jul 3;8(1):1-17.
19. Coleho Santos Jr. G., Coleho Santos MJM, Rizkalla AS. Adhesive cementation of etchable ceramic esthetic restorations. *JCDA*. 2009;5:379-84.
20. Čatović A., Komar D., Čatić A. *Klinička fiksna protetika – Krunice*. Zagreb: Medicinska naklada; 2015.
21. Jakovac M., Kranjčić J., i sur. *Pretklinička i laboratorijska fiksna protetika*. Zagreb: Stega Tisak; 2020.
22. Magne P., Besler U. *Adhezivno cementirani keramički nadomjestci u prednjoj denticiji*. Zagreb: Media ogled d.o.o.; 2010
23. Pegoraro TA., da Silva NR., Carvalho RM. Cements for use in esthetic dentistry. *Dent Clin North Am*. 2007;51(2):453-71.
24. Cuzic C., Pricop MO., Jivanescu A., Ursoniu S., Negru RM., Romînu M. Assessment of Different Techniques for Adhesive Cementation of All-Ceramic Systems. *Medicina (Kaunas)*. 2022 Jul 27;58(8):1006.
25. Baltzer A., Kaufman-Jinoian V., Kurbad A., Reichel K. *CAD/CAM i potpuna keramika: Estetski nadomjestci u stomatološkoj praksi*. Hrvatsko izdanje. Zagreb: Media ogled d.o.o.; 2009.