

Pregled pojedinih keramičkih sustava

II. dio: sastav i svojstva

A Review of Current Ceramic Systems Part two: The Composition and Properties

Jasenka Živko-Babić
Tomislav Ivaniš
Ketij Mehulić
Hanzi Predanić-Gašparac

Zavod za fiksnu protetiku
Stomatološkog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu

Sažetak

Rekonstruktivna stomatologija zajedno s dentalnom industrijom još uvijek je u traženju optimalnog gradivnog materijala koji će svojim svojstvima potpuno zadovoljiti kliničku primjenu.

Uz tradicionalnu gliničnu keramiku u međuvremenu je razvijena aluminijoksidna i staklena lijevana keramika za estetske fiksno-protetske radove. Rezultat primjene ovih keramičkih materijala u dentalne svrhe očituje se u metalkeramičkim radovima, sustavima s osnovnim materijalom i sustavima s tvrdom jezgrom. Čisto keramičkim radovima želi se ponajprije zadovoljiti prirodnost boje i funkcijska čvrstoća. Svaki od spomenutih sustava donosi nešto novo i bolje u odnosu na prethodni. Međutim, kako je keramika u odnosu na metal krhka pa kao protetska konstrukcija nije u stanju na funkcijsko preopterećenje odgovoriti deformacijom, već lomom, još uvijek ne nalazi primjenu kao isključiv materijal u mosnim konstrukcijama, već samo u pojedinačnim nadomjescima.

Ključne riječi: keramika za napečenje, čisto keramički sustavi

Acta Stomatol. Croat.
1995; 29: 55—62

PREGLEDNI RAD

Primljeno: 17. veljače 1995.
Received: February 17, 1995

Uvod

Od prve primjene keramike kao estetskog gradivnog materijala u stomatologiji prošlo je čitavo stoljeće. U tom vremenu, nastojeći postići optimum svojstava u kliničkoj primjeni, i dalje su tražena nova i bolja rješenja u pogledu relevantnih čimbenika restorativne stomatologije, a to su prije svega boja, debljina materijala i operativnost (1, 2, 3).

Dentalna industrija ponudila je tržištu nekoliko keramičkih sustava i tehnika koji istodobno uvjetuju i razvoj pratećih pomoćnih materijala, laboratorijske aparature i kliničkih postu-

paka. Danas su poznate tri osnovne vrste dentalne keramike; glinična, aluminijaska i staklena keramika te niz sustava u kojima su ovi keramički materijali našli kliničku primjenu.

Glinična keramika

Kemijski sastav dentalne keramike svrstava ovaj materijal između tvrdog porculana i stakla. Osnovne komponente jesu: glinica, kaolin i kvarc.

Kalijeva glinica ili ortoklas ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6 SiO_2$) glavni je sastojak u količini od 75—85% (1, 2, 4, 5).

Kaolin, hidratizirani aluminijev silikat ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), zastupljen je u količini od 3—4%. Povezuje sastavne dijelove što osigurava potrebnu čvrstoću materijala, daje opacitet i postojanost oblika keramičkom radu.

Treća osnovna komponenta je kvarc. To je jedna od alotropskih modifikacija silicijevog oksida (SiO_2) a pridonosi čvrstoći keramike.

Osnovnim komponentama dodaju se i pigmenti u količini do 1%. Sadrže metalne okside koji osiguravaju mutnoću keramike.

Fizikalna svojstva dentalne keramike slična su svojstvima stakla. Izotropna je i u tom se razlikuje od materijala s kristalnom mrežicom. Shodno tome, dentalna keramika nema točku taljenja nego interval omekšavanja.

Dentalni keramički materijali peku se na temperaturama između 1000—1100 °C. Da bi se temperatura napečenja na leguru snizila do potrebnih 980 °C, keramičkoj osnovi dodaju se kalijev fosfat (K_2PO_4), kalijev karbonat (K_2CO_3), natrijev karbonat (Na_2CO_3), boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) i olovni oksid (Pb_2O_3), obuhvaćeni pojmom katalizatori (1, 3, 4, 5).

Fluorescenciji keramike, koja je bitno optičko svojstvo kako prirodnog zuba tako i kvalitetnih materijala za izradbu zubi i estetskih krunica, pridonose uranov oksid (UO_2), cerij (Ce) i samarij (Sm).

Plastičnost keramičkog materijala tijekom modeliranja osiguravaju dodaci organskih tvari (dekstrin, škrob, šećer).

Keramički prah zamiješa se s destiliranom vodom postupkom špatulacije, vibracije, kapilarnim privlačenjem ili kistom. Pritom dolazi do zbijanja keramičkih čestica (kondenzacija), a udio vode smanjuje se naknadno. Tijekom kondenzacije započinje kontrakcija keramičkog materijala zbog gubitka tekućine i nastavlja se izgaranjem organskih spojeva i sinteriranjem pojedinih čestica tijekom pečenja. (Sinteriranje je postupak aglomeracije i zbijanja praškastog ili finoizrnatog materijala zagrijavanjem). Prema tome, razlikuju se tri stupnja kontrakcije, pa ovisno o primjeni čestica iste ili različite veličine keramički materijal sveukupno kontrahira 30—40% te se mora modelirati u adekvatnom suvišku (4—8).

Svaki keramički sustav, osim navedenih osobina, mora ispunjavati dva osnovna zahtjeva —

estetiku i čvrstoću — koja su u međusobnoj suprotnosti.

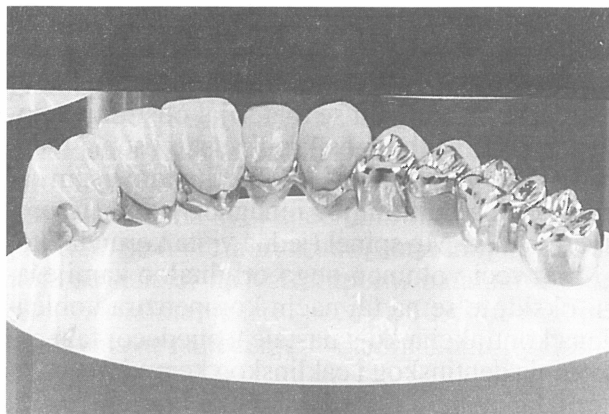
Boja keramike postiže se dodacima jednog ili više između deset poznatih metalnih oksida koji osiguravaju različite tonove boje. Kako ti dodaci moraju biti postojani na visokim temperaturama, dolaze u obzir samo oni mineralnog podrijetla. Da se pak postigne optimalna čvrstoća, keramika mora sadržavati dovoljan udio kristalnih komponenata koje istodobno povećavaju njezinu neprozirnost, tj. smanjuju transparentciju. Dentalna keramika sadrži kristale leucita, koji imaju indeks loma približno jednak indeksu loma staklene matrice pa stoga ne uzrokuju mutnoću keramike. Zato je glinična talina providna kao staklo. Međutim, što sadrži više sastojaka koji lome svjetlo, to je jače njezino zamućenje. Tome pridonose prisutni kristali SiO_2 , Al_2O_3 kao pojačalo, te kristali TiO_2 , SnO_2 , CeO_2 i ZrO_2 koji djeluju kao sredstva zamućenja. Zamućenje uzrokuju osim kristala i mjehurići zraka. Time gotov rad poprima neproziran izgled. Vakuumsko pečenje keramike smanjuje poroznost, čime se istodobno osigurava transparentija.

Dentalni keramički materijali krhki su zbog svojih miješanih kovalentnih veza. Mala vlačna čvrstoća keramičkog rada posljedica je mikropukotina koje nastaju tijekom laboratorijske izradbe a imaju smjer širenja prema staklenoj matrici. Ovisno o tome, u funkciji pri vlačnom opterećenju dolazi do naprezanja u vrhovima lomnih pukotina. Ako naprezanje nadvlada kohezijske sile, u materijalu nastaje lom (1, 5, 10).

Keramika za napečenje na metal

Keramika za napečenje je vrsta keramičkog materijala u boji prirodnih zuba kojom se prekrije lijevana metalna konstrukcija (sl. 1). Taj materijal sličan je svojim osnovnim sastavom uobičajenim keramičkim materijalima. Sastav mu odgovara glinici, tj. sadrži SiO_2 , K_2O , Al_2O_3 . Ima i drugih sastojaka, npr. Na_2O , Li_2O , CaO / MgO i B_2O_3 koji bitno ne utječu na svojstva. Naime, temperatura napečenja na metal i termičko rastezanje ne dopuštaju velike razlike u sastavu.

U stručnoj literaturi tehnički postupak napečenja keramike na metal naziva se METALKERAMIKA.



Slika 1. Metalkeramička konstrukcija
Figure 1. Metal-ceramic construction

Razlikuje se osnovni, dentinski i caklinski materijal kao i dodaci za pojedine učinke. Osnovni materijal u keramici za napečenje ima veliko značenje; mora ostvariti dobru vezu s metalom, a kao *nepropustljiv* mora pokriti tamnu, neprirodnu boju metalne podloge.

To se postiže dodavanjem oksida aluminija i silicija koji osiguravaju kemijsku vezu s metalom, a nepropustljivosti osnovnog sloja pridone nose netopivi, mutni oksidi SnO_2 , ZnO , ZrO , TiO_2 i CeO_3 .

Kao katalizator djeluju kalijev i borov oksid.

Napečena keramika mora imati sljedeća svojstva: ostvariti čvrstu vezu s legurom, usklađene termičke koeficijente rastezanja s legurom (TKR), dobru oblikovljivost i stabilnost oblika, malu kontrakciju tijekom napečenja, neosjetljivost na ponovna žarenja, pouzdanu reprodukciju boje, prirodnu transparentiju i fluorescenciju, mogućnost brušenja i poliranja, postojanost u ustima, biokompatibilnost i veliku čvrstoću (1).

Aluminijoksidna keramika

Aluminijoksidnu keramiku proizveli su McLean i Hugh 1965. godine dodajući određenu količinu Al_2O_3 gliničnoj dentalnoj keramici (1, 2, 11—14). Osnovu aluminijске keramike čine dakle fini kristali rastaljene glinice koji su sinterirani na prilagođenu ekspanziju stakla. Veliki modul elastičnosti dispergiranih kristala djeluje kao sredstvo za pojačanje. Aluminijška keramika primjenjuje se u keramičkim sustavima s osnovnim materijalom i u sustavima s tvrdom jezgrom.

Sustavi s osnovnim materijalom

Sustavima s osnovnim materijalom zajedničko je da se keramička krunica izrađuje prema konvencionalnoj tehnici slojevanja na metalnoj foliji, adaptiranoj na radnom bataljku od tvrdog materijala. Na taj način izrađuju se sljedeće krunice: jacket, galvanizirana, ceplatec, ceraplatin i heratec.

Jacket

Jedna od metoda izradbe koja ublažava problem statičkog oštećenja keramičke krunice jest vezanje keramike na metalnu foliju, tzv. jacket krunica. Platinska folija debljine 0,2 mm adaptira se na sadrenom bataljku i žari na 800°C 1—2 minute. Tim postupkom folija se odmastiti i uklone se naprezanja u materijalu. Platina ne stvara okside koji bi obojili keramiku. Slijedi napečenje keramičkih slojeva i glaziranje. Po završetku rada, folija se uklanja (15, 16).

Galvanizirana krunica (platamik postupak)

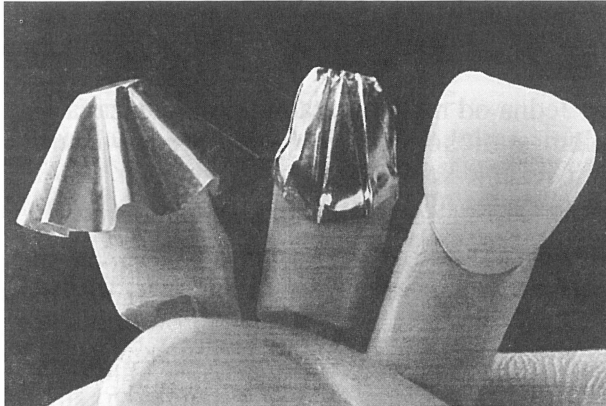
Već je Rojers 1979. godine izvijestio o metodi napečenja keramike na elektrooblikovanu čahuricu.

U platamik postupku najprije se galvanizacijom izrađuje vrlo tanka metalna čahurica. Na dupliciranom, metalnom, elektrovodljivom bataljku izlivenom iz niskotaljive legure, elektrokemijskim postupkom nanese se sloj 99,7% čistog zlata oblikujući čahuricu. Zatim se u posebnom aparatu rastali metalni bataljak. Površina dobivene čahurice ispjeskari se i stavi na radni bataljak. Slijedi nanošenje i pečenje keramičkih slojeva. Taj postupak izradbe keramičke krunice usavršio je Weissmann 1983. godine (17—21).

Ceplatec

Ceplatec krunicu razvili su Shorer i Whitmann 70-tih godina. Ona je modifikacija originalne jacket krunice. Zlatno-paladijska folija debljine 0,05 mm lamelarno (poput kišobrana) oblikuje se u čahuricu na radnom bataljku (sl. 2). Tako ručno nabrana folija nekoliko se puta žari radi rubne točnosti a nabori se leme radi bolje stabilnosti krunice. Nabiranje i dodatno žarenje omogućuju ekspanziju metala. Krunice slične izradbe su ceraplatin i renaissance krunica (15, 17, 22, 23, 24).

Na ovom mjestu treba spomenuti i *ceplatec-tehniku sinteriranja* pri čemu se najprije sintetira metalni prah čistog zlata pomiješan s nešto paladija u kompaktnu metalnu čahuricu, u kojoj se zaostala poroznost umanjuje dodatnim lemljenjem. Završava se napečenjem slojeva keramike kao kod prethodno opisanih krunica.



Slika 2. *Ceplatec krunica*
Figure 2. *Ceplatec crown*

Sve tehnike *zlatne folije* zahtijevaju primjenu glinične keramike. Aluminijska keramika nije prikladna jer zbog svoje visoke temperature napečenja može izazvati taljenje zlatne podloge.

Heratec

Heratec je jedna alternativa ceraplatin krunice. Ovdje je primijenjena vrlo tanka, lamelarno nabrana platinska folija (debljina 0,02 mm) na koju se kistom nanosi zlato i utiskuje u nabore. Tako oblikovana čahurica suši se na 600 °C tijekom tri minute. Još jednim premazom zlatom zatvaraju se svi nabori. Ovaj granulirani finog zlata stvara dobru vezu s napečenim keramičkim materijalom (25).

Sustavi s tvrdom jezgrom

Cerestore

Cerestore krunica prvi put je predstavljena u Bostonu 1982. godine. Radi se o aluminijskoj keramici sa malo staklene faze. Osnovni materijal za izradbu keramičke kapice (tvrde jezgre) dolazi u promet u obliku tableta koje se sastoje od 65—70% Al_2O_3 , 8—10% MgO i dodatka $BaO-SiO_2-Al_2O_3$ -stakla te silikonske smole. Tvr-

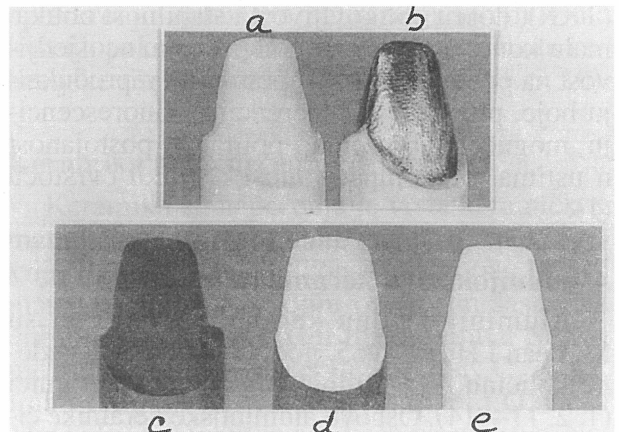
da jezgra izrađuje se tehnikom *injekcijskog tlačenja* ovog materijala u prazan prostor kivete nakon izgaranja voštanoga modela pri temperaturi od 180 °C. Uložni se materijal odstrani, a dobivena osnova buduće krunice stavi se na radni bataljak i sintetira na 1320 °C tijekom osam sati. Pritom se aluminijev i magnezijev oksid pretvaraju u Al-Mg spinel (jedna vrsta korunda) koji ima veći volumen nego originalno zamiješani oksidi te se na taj način kompenzira uobičajena kontrakcija koja nastaje u sljedećoj fazi napečenja dentinskog i caklinskog keramičkog materijala kao kod metalceramičke krunice (9, 22, 26, 27).

U Japanu se nekako u isto vrijeme pojavljuje corecore sustav.

Hi-ceram

Drugi način izradbe tvrde jezgre jest da se osnovni materijal, zamiješan u konzistenciju mulja, nanosi izravno na vatrootporni bataljak, oblikuje kapica i peče na 1170 °C tijekom 20 minuta (sl. 3). Zatim se bataljak pjeskarenjem ukloni, a keramička kapica se dalje obrađuje na radnom modelu kao i jacket krunica, tj. napeku se dentinski i caklinski sloj keramike.

Hi-ceram keramički materijal pojavio se na tržištu 1986. godine. U osnovi je riječ o staklenoj matrici pojačanoj kristalnim česticama (9, 28, 29, 30).



Slika 3. *Hi-ceram krunica*
a) radni model, b) "distanc" lak, c) dublirani model od vatrootpornog materijala, d) nanesen osnovni materijal, e) keramička kapica na radnom modelu

Figure 3. *Hi-Ceram crown*
a) master cast, b) spacer, c) doubled master cast, d) layering of base material, e) base cap on master cast

Optec

Optec se pojavio na američkom tržištu 1987. godine. Radi se o gliničnoj keramici koja sadrži mnogo leucitnih kristala. Leuciti povećavaju čvrstoću i TKR te ostvaruju veliku transparentiju materijala. Optec je sličan keramici za napečenje i nema svoj specijalni osnovni materijal. Radi se o prefabriciranoj staklenoj keramici koja se nanosi na vatrootporni bataljak u više slojeva (najmanje tri) i peče na 1035 °C a zatim se završava napečenjem dentinskoga i caklinskog sloja (9, 22).

In ceram

In-ceram keramika pojavila se na tržištu 1989. godine. Strukturno je to najfiniji prah Al_2O_3 . Na vatrootporni bataljak nanese se zamiješani osnovni materijal i suho sinterira na 1120 °C tijekom dva sata u specijalnoj peći. Tim procesom dolazi do napečenja među česticama, a da se one pritom ne rastaljuju. Tako nastali porozni skelet infiltrira se zatim tijekom četiri sata na temperaturi od 1100 °C niskoviskoznim obojenim staklom na osnovi kapilarnih sila. Staklo se sastoji od lantanovog, silicijevog, aluminijevog i nešto kalcijevog oksida. Rezultat ovog procesa je čvrsta osnova koja se zatim završi uobičajenim postupkom napečenja keramike (9, 19, 22, 29—34).

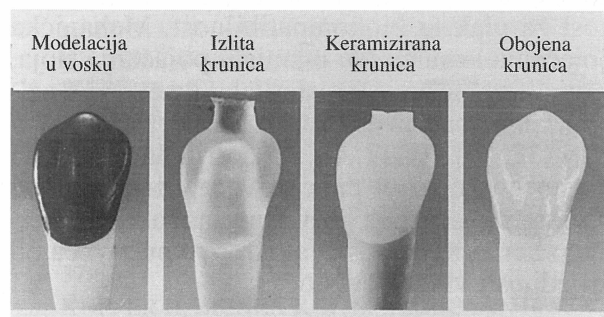
Staklena lijevana keramika

Osnovna svojstva stakla opravdala su prve pokušaje njegove primjene u rekonstruktivnoj stomatologiji. Bitan preokret dogodio se 1957. godine pronalaskom staklene keramike. Od ovog se materijala do danas izrađuju nadomjesci poznati pod nazivima dicor, empress i cerapearl.

Dicor

Dicor krunicu izumio je Stookey 1974. godine. Materijal se sastoji od SiO , K_2O , MgO , fluorida iz MgF_2 , male količine Al_2O_3 i ZrO_2 , te fluorescentnog agensa za estetiku (9, 12, 13, 19). U postupku izgaranja voštanog modela centrifugalno se lijeva staklo na temperaturi od 1370 °C. Staklena kapica "keramizira" se u specijalnoj peći tijekom šest sati na 1075 °C pri čemu dolazi do nastanka kristala i njihovog rasta. Tim postupkom dobivena je *staklena keramika*. Svoj-

stva staklene keramike određena su svojstvima nastalih kristala. Keramiziranjem staklo gubi transparentiju, ali je još translucetno, a čvrstoća je približno jednaka čvrstoći aluminijske keramike. Krunica se završava bojenjem (30, 35—41) (sl. 4).



Slika 4. Dicor krunica

Figure 4. Dicor crown

Empress krunica

Empress sustav je najnoviji od spomenutih sustava. Radi se o staklenoj keramici pojačanoj leucitnim kristalima. Stoga ovaj materijal nije potrebno dodatno "keramizirati" kao kod dicor krunice. Sastav empress keramike je sljedeći: SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , B_2O_3 , CeO_2 , CaO , BaO i TiO . Slično tehnici metalnog odljeva, zagrijavanjem tvornički gotovih keramičkih valjčića i procesom tlačenja na 1050 °C ili na 1180 °C dobije se osnova protetskog rada koja se završava tehnikom bojenja ili slojevanja. Bojenje transparentne podloge odnosno slojevanje dentinske osnove završava se pečenjem u uobičajenoj keramičkoj peći (7, 9, 15, 22, 36, 42—47).

Cerapearl

Hobo i Iwata predstavili su lijevanu staklenu keramiku pod nazivom cerapearl. To je *apatit keramika* s pravilnim odnosom $CaO-P_2O_5-MgO-SiO_2$. Kako se i prirodna caklina sastoji od hidroksilapatita, ovaj materijal se čini idealnim za nadomjestak izgubljene tvrde zubne supstance u obliku faseta. Nedostatak je nemogućnost taljenja apatita (38).

Zaključak

Kako je uvodno rečeno da keramički materijal mora prvenstveno ispuniti svojstvo estetike i čvrstoće, pregledom navedenih sustava mo-

že se zaključiti da opteretivost jedne keramičke krunice ovisi o: vezi primijenjenih materijala, čvrstoći i elastičnosti pojedinog od tih materijala, njihovoj raspoređenosti u presjeku, obliku i dimenzijama krunice, sredstvu za fiksaciju kao i o načinu i veličini opterećenja. Dobre su odlike stabilnost i postojanost boje, mala retentivnost za plak te biokompatibilnost. Mehanička pojačanja krunice idu u smislu pojačanja sloja, čestica i naprezanja u materijalu. Po čvrstoći najbolje se ponaša in ceram, empress pa dicor krunica (32, 39, 40, 47, 48, 49). Vrijednosti tlačne čvrstoće oko deset puta su veće od vrijednosti vlačne čvrstoće, dok je čvrstoća na savijanje potpuno keramičkih sustava oko dva puta veća od vrijednosti vlačne čvrstoće.

Pitanje optimalnog građivnog materijala u fiksnoj protetici još nije potpuno riješeno. To potvrđuje i sve veći broj legura za metalkeramičke radove određenih promjena u sastavima, keramike za napečenje s manjom mogućnosti variranja sastava ali od više proizvođača, kao i niz potpunih keramičkih sustava različitih proizvođača iz cijelog svijeta, između kojih je zaista teško izabrati najbolji. Međutim, primjena same keramike još je ipak ograničena na samostalne radove (krunice, fasete i inleje), dok je za veće mosne konstrukcije sredstvo izbora metalkeramička kombinacija.

A REVIEW OF CURRENT CERAMIC SYSTEMS PART TWO: THE COMPOSITION AND PROPERTIES

Summary

Reconstructive dentistry and dental industry are still trying to find an optimal constructive material which would by its properties satisfy the needs of clinical application.

In the meantime, in addition to traditional feldspat-ceramic, aluminum porcelains and castable glass-ceramics have been introduced in fixed prosthodontics. The use of these ceramic materials in dentistry has resulted in the metal-ceramic system, system with foil and system with hard core. All-ceramic crowns have to satisfy the natural color and functional strength. Each of the mentioned systems has added something new and better as compared to the previous one. However, ceramics is a brittle material, as differentiated from the metal. All-ceramic restoration cannot be submitted to high functional stress; instead of deformation, it breaks. Therefore, all-ceramic materials are only indicated for solitary crowns, inlays and veneers, but not for bridges.

Key words: metal-ceramic, all-ceramic systems

Adresa za korespondenciju:
Address for correspondence:

Doc. dr. sc.
Jasenka Živko-Babić,
Zavod za fiksnu protetiku
Stomatološkog fakulteta,
41000 Zagreb, Gundulićeva 5

Literatura

1. BREUSTEDT A, LENZ E. Stomatologiske Werkstoffkunde. Leipzig: J. Ambrosius Barth, 1985; 130-54
2. ŽIVKO-BABIĆ J, IVANIŠ T, MEHULIĆ K, PREDANIĆ-GAŠPARAC H. Pregled pojedinih keramičkih sustava. I. dio: povijesni razvoj keramike. Acta Stomatol Croat 1994; 28:217-21.
3. SCHWICKERATH H. Was der Zahntechniker beachten sollte in Herstellung von vollkeramischen Zahnersatz. Dent Labor 1992; 40:1501-6.
4. LEMONS J E, LEINFELDER K F. Clinical restorative materials and techniques. Philadelphia: Lea and Febinger, 1988; 297-307.
5. SKINNER E W. The science of dental materials. Philadelphia-London: W. B. Saunders Comp, 1954; 169-79
6. SKINNER E W, PHILLIPS R W. The science of dental materials. Philadelphia-London: W. B. Saunders Comp, 1967; 516-44.
7. FISCHER J. Verstärkungsmechanismen dentaler Keramiken. Abstracts 41. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde. Köln, 1992.
8. KLAUS H. Werkstoffkundliche Grundlagen der Dentalkeramik. Dental Labor 1980; 28:1743.
9. KRUMBHOLZ K. Stand und Entwicklung von Dentalkeramiken. ZWR 1992; 101:193-9.
10. HONDRUN S O. A review of the strength properties of dental ceramics. J Prosthet Dent 1992; 67:859-65.
11. McLEAN J W. Ceramics in clinical dentistry. Br Dent J 1988; 164:187-94.
12. McLEAN J W, SCED I R. Reinforcement of aluminous dental porcelain crowns using a platinum alloy performed coping technique. Br Dent J 1987; 163:347-52.
13. PHILLIP R W, JENDRESEN M D, KLOOSTER J, McNEIL C, PRESTON J D, SCHALLHORN R G. Report of the Committee on scientific investigation of the American Academy of Restorative Dentistry. J Prosthet Dent 1989; 62:70-102.
14. ALKUNERU H, HULLAH W R, MARQUIS P M, WILSON H J. Factors affecting the fit of porcelain jacket crowns. Br Dent J 1988; 164:39-43.
15. WOHLWEND A, STRUB J R, SCHÄRER P. Metal ceramic and all-porcelain restorations: current consideration. J Prosthodont 1989; 2:13-25.
16. SCHILLINGBURG H T Jr., HOBO S, WHITSETT L D. Fundamentals of fixed prosthodontics. Ed 2., Quintessence Publishing Co., Inc. Chicago, 1981; 419-41.
17. KLETT R. Die galvanisierte Kronenhülse. Dtsch Zahnärztl Z 1987; 42:614-7.
18. SETZ J, DIEHL J, WEBER H. The marginal fit of cemented galvano-ceramic crowns. Int Dent J 1989; 2:61-4.
19. BRUKL C E, PHILP G K. The fit of molded all-ceramic, twin-foil, and conventional ceramic. J Prosthet Dent 1987; 58:408-13.
20. OHATA K. Ästhetische keramische Restaurationen mit der Goldkeramiktechnik. Quintessenz Zahntechn 1989; 15:927-39, 1067-80.
21. SCHWICKERATH H. Neue Dentalkeramiken im Vergleich. ZWR 1992; 101:186-8.
22. STRUB J R. Vollkeramische Systeme. Dtsch Zahnärztl Z 1992; 47:566-71.
23. SETZ J, WEBER H. Ceplatec — Sintertechnik. Teil 1. Quintessenz 1992; 43:1549-57.
24. SETZ J, WEBER H. Ceplatec — Sintertechnik. Teil 2. Quintessenz 1992; 43:1763-9.
25. KAISER M. Die Anfertigung von Heratec-Kronen. Quintessenz Zahntechn 1987; 5:535-44.
26. WEBER H, CHAN C R, GEIS-GERSTORFER J, SIMONIS A, KNUPFER D. Wissenschaftliche Untersuchungen und erste klinische Erfahrungen mit vollkeramischen Kronen nach dem Cerestore-System. Quintessenz 1985; 2:283-300.
27. REULING N, SIEBERT G K. Keramische Werkstoffe Entwicklungsstand und Bedeutung. Dent Labor 1989; 37:67-71.
28. KUPPER H, BIENEK K W, SPIEKERMAN H. Hi-Ceram Parodont: eine klinische Studie. Dtsch Zahnärztl Z 1989; 44:797-7.
29. HOFFMAN W, KOCJANČIĆ B. Vollkeramische Zahnersatz aus dentalen Verblendkeramiken im Sinterverfahren. Dtsch Zahnärztl Z 1988; 43:1040-4.
30. REIDLING W, KAPPERT H F. Die Belastbarkeit von Hi-Ceram Vollkeramikbrücken. Quintessenz 1987; 9:1413-8.
31. SCHWICKERATH H. Was der Zahntechniker beachten sollte in Herstellung von vollkeramischen Zahnersatz. Dent Labor 1992; 40:1501-6.
32. PROBSTER L. Untersuchung zur Scherfestigkeit des In-Ceram-Kunststoff Verbunds. Dtsch Zahnärztl Z 1992; 47:292-4.
33. SCHMIDT M, FISCHER J, HOFFMANN Ch, STRUB J R. Chemische und thermische Kompatibilität vollkeramischer Verbundsysteme. Dtsch Zahnärztl Z 1990; 45:505-8.
34. FISCHER J, SCHMIDT M, KAPPERT H F, STRUB J R. Gefügeausbildung der In-Ceram Kernmasse. Dent Labor 1992; 40:257-8.
35. PINELL D C, LATTA G H, EVANS J G. Light-cured porcelain margins: A new technique. J Prosthet Dent 1987; 58:50-2.
36. GEIS-GERSTORFER J, KANJANTRA P, WEBER H. Zum Einfluss der Prüfmethode auf die Biegefestigkeit von IPS-Empress und In-Ceram. Dtsch Zahnärztl Z 1992; 47:618-21.
37. GEIS-GERSTORFER J, KANJANTRA P. Untersuchung der Bruchzähigkeit und des Risswachstums zweier vollkeramischer Kronen- und Brückensysteme. Dtsch Zahnärztl Z 1993; 48:685-91.
38. GROSSMAN D G. Verarbeitung von Dental-Keramik mittels Gussverfahren. ZWR 1985; 94:684-92.
39. LUDWIG K. Untersuchungen zur Bruchfestigkeit von Vollkeramikronen. Dental Labor 1991; 39:1-4. Poseban tisak.
40. POSPIECH P, RAMMELSBURG P, GERNET W, GEYMEIER D. Vergleichende Untersuchungen zur Druckfestigkeit von Mirage-Dicor- und VMK- Kronen. Dtsch Zahnärztl Z 1992; 47:630-33.

41. LOMONTO A, WEINER S. A comparative study of ceramic crown margins constructed using different techniques. *J Prosthet Dent* 1992; 67:773-7.
42. SIENDEL J, KUNZELMANN K H. Vergleich der Atzbarkeit von Leuzit-Glasskeramik. *Dtsch Zahnärztl Z* 1993; 48:685-91.
43. TALARICO G, DE BIASE S, RAFFEINER O. Lichthartender Modellierkuntstoff bei IPS-Empress Restaurationen. *Dent Labor* 1993; 41:1825-32.
44. UBASSY G. Die ästhetische Aspekte des IPS-Empress Systems. *Dent Labor* 1993; 41:1107-10.
45. HALER B, BISCHOFF H. Metallfreie Restaurationen aus Presskeramik. Berlin: Quintessenz, 1993.
46. WOHLWEND A, BRODBECK U. Das IPS EMPRES-Keramikinlay. Sonderdruck aus "Innovationen für die Zahnheilkunde", 1992.
47. HÖLSCH W, KAPPERT H T. Festigkeitsprüfung von vollkeramischen Einzelzahnersatz für den Front- und Seitenzahnbereich. *Dtsch Zahnärztl Z* 1992; 47:621-3.
48. PFEIFFER P, SCHWICKERATH H, SOMMER M CH. Festigkeits von Dentalkeramikmasse. *ZWR* 1991; 100:938-42.
49. KÜHN T. Eine Gegenüberstellung zweier vollkeramischer Systeme. *Dental Labor* 1992; 40:1329-34.