

# Poredbeno istraživanje lomnih sila krunica iz triju različitih nekovinskih materijala

Danijel Fiket<sup>1</sup>  
Adnan Čatović<sup>1</sup>  
Mladen Franz<sup>2</sup>  
Davor Seifert<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Zavod za stomatološku protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu  
<sup>2</sup>Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

## Sažetak

Zahtjevi pacijenata za visokom estetikom tijekom rekonstruktivnih protetskih zahvata pospješili su razvoj novih materijala i tehnologija. Sile koje djeluju u postkaninom dijelu zubnoga niza iznose  $\geq 500$  N, pa i materijali koji se upotrebljavaju za izradbu nadomjestaka moraju izdržavati te sile. Svrha je istraživanja bila istražiti otpornost na lom triju nekovinskih materijala: 1. ceromer (Targis, Ivoclar-Vivadent), 2. ceromer ojačan vlaknasto ojačanim kompozitom (Targis/Vectris, Ivoclar-Vivadent), 3. nekovinski keramički sustav (IPS Empress 2, Ivoclar-Vivadent). Iz svake vrste materijala izrađeno je po 18 istovjetnih krunica na gipsanome modelu izbrušenog prirodnog drugoga donjeg pretkutnjaka, prema uputama proizvođača. Isti je brušeni zub upotrijebljen za izradbu kovinskoga modela na kojemu su umetane krunice u univerzalnu kidalicu ZWICK. Tlačna je ploča modificirana s trnom dijametara 7 mm koji je djelovao silom na okluzijsku plohu pod kutom od  $180^\circ$ . Sila je aplicirana do prvoga znaka loma, a iznos je zabilježen.

Polovina je uzoraka prije ispitivanja termociklirana 1000 puta po 20 sekunda na temperaturi od  $2^\circ\text{C}$  i  $55^\circ\text{C}$  s razmakom od 40 sekunda između urona za temperiranje uzoraka.

Izmjerena srednja vrijednost iznosa sile do loma za netermociklirane uzorke iznosile su za krunice iz ceromera  $577,8 \pm 113,4$  N, za krunice iz ceromera i vlaknasto ojačanoga kompozita  $923,3 \pm 229$  N, a za krunice iz nekovinske keramike  $1208,9 \pm 161,8$  N. Mann-Whitney U testom utvrđena je znatna razlika između svih triju materijala ( $p < 0,05$ ) u iznosima opterećenja do loma uzorka. Termocikliranje nije znatno smanjilo iznos sile do loma uzorka. Istraživanjem je utvrđeno da su sva tri materijala pogodna za izradbu trajnih nadomjestaka u području žvačnoga središta, jer svi mogu izdržati silu veću od 500 N.

Ključne riječi: lomna sila, krunice, keramika, vlaknasto ojačani kompoziti, ceromeri.

Acta Stomat Croat  
2005; 295-300

IZVORNI ZNANSTVENI  
RAD  
Primljeno: 12. svibnja 2005.

Adresa za dopisivanje:

Prof. dr. sc. Adnan Čatović  
Stomatološki fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu  
Gundulićeva 5, 10000 Zagreb  
e-mail: catovic@sfzj.hr

## Uvod i svrha

Sve veći zahtjevi pacijenata za visokom estetikom stomatološko protetskih nadomjestaka pospješili su razvoj novih materijala i tehnologija. Tijekom osamdesetih godina prošloga stoljeća kovino-keramika postala je materijal izbora za izradbu fiksnoprotetskih nadomjestaka zbog dobrih mehaničkih i estetskih svojstava (1). Kovinska osnova takvih radova prekriva se opaknim slojem, a zatim ostalim slojevima keramike kojima se postiže potpun estetski učinak. Ekonomski gledano, izraditi kovinsku osnovu i pokriti ju keramikom zahtijeva mnogo vremena te zavidno znanje i vještinu tehničara a to čini i znatan trošak u izradbi nadomjestka. Novija istraživanja gradivnih materijala za izradbu krunica i mostova usmjerena su prema sustavima bez kovine, poput potpune keramike i vlaknasto ojačanih kompozita (2-8). Ti estetski materijali imaju slabija mehanička svojstva od kovinokeramičkih sustava i ograničenu indikacijsku uporabu (9-13). Sustavi staklokeramike, te ceromera i vlaknasto ojačanih kompozita, zbog jednostavnije izradbe, poboljšanih mehaničkih svojstava i visoke estetike upotrebljavaju se za izradbu krunica i mostova malih raspona, osobito u prednjemu dijelu zubala (24, 25). Kod sustava staklenim vlaknima ojačanoga kompozita i ceromera ojačani kompozit je translucentan, estetski materijal koji u sustavu zamjenjuje kovinu i čini nosivu osnovu za ceromer, koji je u osnovi organski polimer s visokim postotkom anorganskog punila (85%). Punilo su keramička zrnca koja daju mehaničku otpornost (1).

Dosadašnja istraživanja pokazala su znatno opadanje čvrstoće bezkovinskih nadomjestaka izloženih starenju u fiziološkim uvjetima usne šupljine (14, 15). Prosječna veličina žvačnih sila u bočnome području zubnoga niza je 500 N, pa bi svi materijali za izradbu nadomjestaka u tome području morali izdržati navedeno ili veće opterećenje u kliničkoj uporabi (17).

Svrha ovoga istraživanja bila je istražiti i usporediti lomnu silu krunica izrađenih iz triju različitih vrsta nekovinskih materijala: ceromera, ceromera s kompozitom ojačanim staklenim vlaknima i potpune keramike.

## Materijal i postupak

Preparacija drugoga donjeg predkutnjaka za sve tri vrste nekovinskih krunica napravljena je s kružnom zaobljenom stepenicom, a svi prijelazi na plohamu batrljka su zaobljeni. Debljina svrdla za preparaciju bila je 1,2 mm, a preparacija je izgladena polimerom debljine 1,4 mm. Otisak prepariranoga zuba napravljen je adicijskim silikonom (STD EXPRESS, 3M-ESPE) postupkom dvostrukog istodobnog miješanja. Iz otiska su u vosku (Miling Dark Blue wax) izljevane tri jednake kopije batrljka. Voštani objekti izljeveni su iz kobalt - krom slitine Wiron 99 (BEGO). S pomoću elastomernog otiska napravljeni su i sadreni odljevi (Fuji - Rock, GC) batrljka. Temeljem sadrenih odljeva izrađene su tri skupine po 18 krunica iz ceromera (Targis), ceromera i vlaknasto ojačanoga kompozita (Vectris) i staklokeramike (IPS Empress 2), materijala tvrtke Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein. Predpolimerizacija svakoga sloja Targis materijala pri izradbi ceromerne krunice trajala je 20 sekundi s pomoću Targis Quick svjetiljke. Završno polimeriziranje krunica u Targis power uređaju trajalo je 25 minuta. Pri izradbi krunice iz Targis/Vectris sustava Vectris materijal oblikovan je na batrljku u VS1 uređaju, obrađen brusnim sredstvima, ispjeskaren i očišćen. Slojevi Targis materijala predpolimerizirani su i završno polimerizirani kao i kod ceromerne krunice. Završna obradba krunica napravljena je po uputi proizvođača materijala. Krunice iz staklokeramike izmodelirane su iz bijeloga voska, uložene u kivete i lijevane po uputi proizvođača materijala, nakon otvaranja kivete, pjeskarenja i čišćenja u Special Jet Medium uređaju pod tlakom od 1 bara. Na tako pripremljene krunice nanošeni su slojevi keramike, a završna temperatura pečenja keramike bila je 770 °C.

Postolje za opterećenje izrađeno je iz čelične slitine kao sastavni dio kidalice upotrijebljene u istraživanju. Time je modificiran uređaj za opterećenje uzoraka. Postolje je imalo tanjurasti oblik s nazubljenim donjim dijelom koji se pričvrstio u donju čeljust kidalice. Gornji dio postolja sadržavao je utor za fiksaciju odljeva brušenoga zuba s poprečno ugrađenim vijkom za stezanje. Gornji dio modificiranog uređaja za opterećenje sadržavao je cirkularni disk promjera 35 mm i debljine 20 mm u koji se s jedne strane pričvrstio trn za opterećenje, a svojom drugom stranom se navojem pričvrstio u gornju

čeljust kidalice. Promjer trna u svim je mjerenjima iznosio 7 mm.

Polovina uzoraka svake vrste materijala bila je podvrgnuta postupku termocikliranja Kappertovim postupkom. Uzorci su termociklirani u kupkama s običnom vodom 1000 puta, po 20 sekundi. Temperatura jedne kupke bila je  $2 \pm 0,8$  °C, a druge  $55 \pm 0,8$  °C. Nadzor temperature uzoraka obavljao se je termostatom svakih 10 minuta tijekom procesa termocikliranja. Vremenski razmak između kupki bio je 40 sekundi zbog temperiranja uzorka. Tako pripremljeni uzorci ispitivali su se na otpornost loma u ZWICK ZD univerzalnom ispitnom uređaju.

Računalna statistička obradba podataka dobivenih istraživanjem provedena je s pomoću programskog paketa SPSS for Widows 10.0.

## Razultati

Rezultati su podijeljeni u tri skupine temeljem vrste gradivnoga materijala. Svaka skupina imala je dvije podskupine, jednu termocikliranu i drugu bez termocikliranja. U skupini krunica iz Targis materijala koje nisu termociklirane zabilježena je vrijednost sile loma u rasponu od 400 do 795 N, što predstavlja minimalne i maksimalne vrijednosti sile loma. Skupina netermocikliranih krunica iz Targis/Vectris sustava izdržala je djelovanje sile loma u rasponu od 610 do 1250 N. Skupina krunica iz IPS Empress 2 materijala koje nisu termociklirane izdržala je sile loma u rasponu od 940 do 1370 N (Tablica 1). U skupini za termociklirane uzorke krunice iz Targis materijala izdržale su sile u rasponu od 250 do 770 N, što predstavlja minimalne i maksimalne vrijednosti sile loma. Termociklirane krunice iz Targis/Vectris sustava izdržale su lomnu silu u rasponu od 580 do 920 N, a IPS Empress krunice iz iste skupine termocikliranih izdržale su lomnu silu u rasponu od 680 do 1450 N (Tablica 2).

Mann-Whitney testom utvrđena je statistički znatna razlika ( $p < 0,001$ ) među ispitivanim materijalima. Statističkom usporedbom parova materijala nakon termocikliranja utvrđeno je da postoji statistički znatna razlika sile loma: a) između Targis materijala i Targis/Vectris sustava ( $p = 0,009$ ), b) između Targis materijala i IPS Empress 2 keramičkoga sustava ( $p = 0,003$ ). Između Targis/Vectris

Tablica 1. Vrijednosti lomne sile estetskih krunica bez termocikliranja

Table 1. Values of fracture strength of aesthetic crowns without thermocycling

Naziv materijala / Material	Uzorak br. / Sample No.	Iznos mjerenja / Amount measured
Targis	1	700 N
Targis	2	660 N
Targis	3	580 N
Targis	4	770 N
Targis	5	540 N
Targis	6	650 N
Targis	7	250 N
Targis	8	450 N
Targis	9	420 N
Targis/Vectris	1	660 N
Targis/Vectris	2	850 N
Targis/Vectris	3	795 N
Targis/Vectris	4	580 N
Targis/Vectris	5	920 N
Targis/Vectris	6	820 N
Targis/Vectris	7	760 N
Targis/Vectris	8	800 N
Targis/Vectris	9	830 N
IPS Empress 2	1	1140 N
IPS Empress 2	2	1060 N
IPS Empress 2	3	1450 N
IPS Empress 2	4	1350 N
IPS Empress 2	5	1150 N
IPS Empress 2	6	700 N
IPS Empress 2	7	860 N
IPS Empress 2	8	980 N
IPS Empress 2	9	680 N

sustava i sustava IPS Empress 2 keramike nije utvrđena statistički znatna razlika ( $p = 0,072$ ).

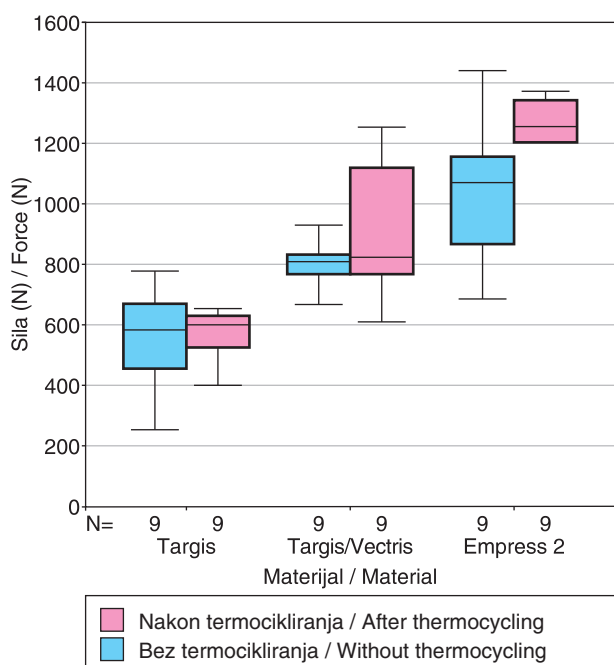
Statističkom raščlambom parova materijala bez utjecaja termocikliranja utvrđeno je da postoji statistički znatna razlika sile loma: a) između Targis materijala i Targis/Vectris sustava ( $p = 0,003$ ), b) između Targis materijala i IPS Empress 2 keramičkoga sustava ( $p = 0,003$ ), te između Targis/Vectris sustava i IPS Empress 2 keramike ( $p = 0,018$ ). Statističkom raščlambom odnosa iznosa sile loma unutar skupina materijala termocikliranih i ne termocikliranih nije utvrđena statistički znatna razlika: a) za skupinu uzoraka i Targis materijala ( $p = 0,93$ ),

Tablica 2. Vrijednosti lomne sile estetskih krunica nakon termocikliranja

Table 2. Values of fracture strength of aesthetic crowns after thermocycling

Naziv materijala / Material	Uzorak br. / Sample No.	Iznos mjerenja / Amount measured
Targis	1	520 N
Targis	2	470 N
Targis	3	640 N
Targis	4	600 N
Targis	5	795N
Targis	6	625N
Targis	7	400N
Targis	8	540 N
Targis	9	610 N
Targis/Vectris	1	820N
Targis/Vectris	2	770 N
Targis/Vectris	3	1090 N
Targis/Vectris	4	1250N
Targis/Vectris	5	1100N
Targis/Vectris	6	740 N
Targis/Vectris	7	610 N
Targis/Vectris	8	760 N
Targis/Vectris	9	1170 N
IPS Empress 2	1	1350 N
IPS Empress 2	2	1250 N
IPS Empress 2	3	1190 N
IPS Empress 2	4	940 N
IPS Empress 2	5	1340 N
IPS Empress 2	6	950 N
IPS Empress 2	7	1210 N
IPS Empress 2	8	1370 N
IPS Empress 2	9	1280 N

za skupinu uzoraka i Targis/Vectris ( $p = 0,44$ ) i za skupinu IPS Empress 2 sustava ( $p = 0,16$ ). Srednja vrijednost sile loma u skupini bez termocikliranja za Targis krunice iznosila je  $577,8 \pm 113$  N, za krunice iz Targis/Vectris sustava  $923,3 \pm 229$  N i za krunice iz IPS Empress 2 sustava  $1208,9 \pm 161$  N. Srednja vrijednost sile loma u termocikliranoj skupini, za Targis krunice iznosi  $557,8 \pm 162$  N, za krunice iz Targis/Vectris sustava  $779,4 \pm 102$  N i za krunice iz IPS Empress 2 keramičkog sustava  $1041,1 \pm 266$  N. Postoji znakovita razlika između krunica izrađenih iz ceromernog Targis materijala i krunica iz Targis/Vectris sustava, te ceromerno-



Slika 1. Prikaz iznosa sile loma za svaki materijal nakon termocikliranja i bez njega

Figure 1. Review of fracture force for each material after and without

ga materijala i keramičkoga sustava. Statistički nije dokazano postojanje znatne razlike sile loma između krunica iz Targis/Vectris i IPS Empress 2 sustava (Slika 1).

## Rasprava

Staklokeramički sustav je i u skupini termocikliranih uzoraka izdržao najveću lomnu silu od svih istraživanih sustava, koja je za IPS Empress keramiku iznosila 1208 N. Utvrđeni iznos sile loma predstavlja i najvišu vrijednost za termociklirane uzorke u cijelom istraživanju. Usporedbom vlastita istraživanja sa sličnim istraživanjima drugih autora došlo se do različitih stupnjeva podudarnosti.

Dobivena srednja vrijednost sile loma za Targis krunice u vlastitu istraživanju je za 4,3% manja od rezultata koji su dobili Ku, Park i Yang (16). Srednja vrijednost u njihovu istraživanju iznosi  $602 \pm 101$  N. Kolbeck, Rosentrit i Behr (17) istraživali su sile loma tročlanih inlay mostova iz Targis/Vectris sustava i dobili srednju vrijednost od 723 N, što je 27% manje od rezultata ovog istraživanja. Razliku u veličini sile moguće je objasniti drugačijom

konstrukcijom ispitivanoga protetskog nadomjestka (most - krunica) i mjesta opterećenja. Behr, Rosentritt, Latzel i Kreisler (18) utvrdili su da vlaknasto ojačanje ne pridonosi čvrstoći krunica izrađenih iz ceromer/vlaknasto ojačanih kompozitnih sustava. Prema rezultatima ovoga istraživanja postoji znatna razlika u sili loma između Targis krunica (ceromer) i Targis/Vectris sustava (Ceromer/ojačani kompozit) od čak 41%. Valittu (19) je u svom istraživanju utjecaja vlaknastoga ojačanja na krunice iz polietil metakrilata zaključio da se postiže porast lomne sile za 42%, što odgovara vrijednostima dobivenim ovim istraživanjem. Bae, Kim, Hattori i suradnici (20) također su zaključili da vlaknasto ojačanje pridonosi mehaničkim svojstvima kompozitnih smola.

Kolbeck, Rosentritt, Behr i suradnici (21) ispitivali su mosne konstrukcije iz ceromera i vlaknasto ojačanog kompozita te su dobili prosječnu silu loma od 898 +/- 217 N, što je samo 2,8% manja vrijednost nego u ovome istraživanju. Behr, Rosentritt, Ledwinsky i Hendel (22) također su ispitivali lomnu silu tročlanih mostova i dobili srednju vrijednost od 925 +/- 176 N. Taj rezultat, premda je istraživanje izvedeno na mostovima a ne na krunicama gotovo potpuno odgovara vrijednostima sile loma u ovome istraživanju.

Yoshinari i Derand (23) ispitivali su lomnu silu krunica iz leucitne keramike izrađenim na premolarima i dobili vrijednost od 789 +/- 185 N, što je za 47% slabiji rezultat od dobivenoga rezultata ovim istraživanjem. Razlika u veličini sile loma može se objasniti razlikom u ispitivanome materijalu - leucitna/litium disilikantna keramika. Rosentritt, Behr i Handel (24) ispitivali su lomnu čvrstoću inlay mostova iz IPS Empress 2 sustava. Lomna sila je nakon simuliranih uvjeta usne šupljine od 5 godina iznosila 500 N. Velika razlika u dobivenim rezultatima može se tumačiti razlikom u dizajnu ispitivanih nadomjestaka i mjestu opterećenja. Kappert (25) je, nasuprot prethodnom rezultatu, dobio lomnu silu od 1280 N za tročlane mostove iz IPS Empress 2 sustava. Njegov rezultat je za 5,8% veći od rezultata u ovome istraživanju. Attia i Kern (26) istraživali su lomnu silu potpuno keramičkih krunica izrađenih CAD-CAM sustavom. Dobiveni iznos sile loma bio je 715 +/- 105 N, što je 32% manja sila nego u ovome istraživanju.

## Zaključci

Iz provedenoga istraživanja mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. Najveće vrijednosti lomne sile utvrđene su na uzorku krunica iz staklokeramike, koje su izdržale lomno opterećenje do 1370 N.
2. Najniže vrijednosti lomne sile utvrđene su na uzorku krunica iz ceromernog materijala, koje su se lomile već pri opterećenju od 400 N.
3. Iz rezultata istraživanja proizlazi da je utvrđena srednja vrijednost lomne sile za krunice iz ceromera 577 N, za krunice iz ceromera ojačanog vlaknastim kompozitom 920 N, a za staklokeramiku 1208 N.
4. Usporedbom utvrđenih vrijednosti lomne sile za pojedine skupine uzoraka prije i nakon termocikliranja utvrđeno je da termocikliranje najmanje negativno djeluje na krunice iz ceromera. Ono smanjuje njihovu lomnu silu za 6,7%.
5. Dvostruko više se smanjuje lomna sila nakon termocikliranja na uzorku krunica iz ceromera i vlaknasto ojačanoga kompozita za 17,9% i potpune keramike za 16%.
6. Važno je da svi istraživani estetski materijali imaju višu srednju vrijednost lomne sile od utvrđenih prosječnih vrijednosti žvačnih sila (500 N) za stražnji dio zubnoga niza, što opravdava njihovu uporabu i u ovome području.

## Literatura

1. FREILICH MA, KARMAKER AC, BURSTONE CJ, GOLDBERG AJ. Development and clinical application of light-polymerized fiber-reinforced composite. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 311-8.
2. ELLAKWA EA, SHORTALL AC, MARQUIS PM. Influence of fiber type and wetting agent on the flexural properties of an indirect fiber reinforced composite. *J Prosthet Dent* 2002; 88: 485-90.
3. NAKAMURA T, WAKI T, KINUTA S, TANAKA H. Strength and elastic modulus of fiber reinforced composites used for fabricating FPDs. *Int J Prosthodont* 2003; 16: 549-53.
4. CHONG KH, CHAI J. Probability of failure of veneered glass fiber-reinforced composites and glass-infiltrated alumina with or without zirconia reinforcement. *Int J Prosthodont* 2003; 16: 487-92.



5. ROSENTRITT M, PLEIN T, KOLBECK C, BEHR M, HANDEL G. *In vitro* fracture force and marginal adaptation of ceramic crowns fixed on natural and artificial teeth. *Int J Prosthodont* 2000; 13: 387-91.
6. CARLO M, FERRARI M, MICELI GM, SCOTI R. Clinical evaluation of fiber-reinforced composite inlay FPDs. *Int J Prosthodont* 2003; 16: 319-25.
7. TINSCHERT J, ZWEZ D, MARX R, ANUSAVICE KJ. Structural reliability of alumina-, feldspat-, mica- and zirconia-based ceramics. *J Dent* 2000; 28: 529-35.
8. SORENSEN JA, BERGE HX, EDELHOFF D. Effect of storage media and fatigue loading on ceramic strength. *J Dent Res* 2000; 79: 271. Abstract 1017.
9. KWRN M, KNODE H, STRUBB JR. The all-porcelain resin bonded bridge. *Quintessence Int* 1991; 22: 257-62.
10. YANG Z, JIA W, PRASAD A. Non-diluent dental composite. Las Vegas: ACS National Meeting. 1997.
11. FREILICH MA, KARMAKER AC, BURSTONE CJ, GOLDBERG AJ. Flexure strength of fiber-reinforced composites designed for prosthodontic application. *J Dent Res* 1997; 76: 138 (abstract 999).
12. FREILICH MA, KARMAKER AC, BURSTONE CJ, GOLDBERG AJ. Flexure strength and handling characteristics of fiber-reinforced composites used in prosthodontics. *J Dent Res* 1997; 76: 184 (abstract 1361).
13. DRUMMOND JL, KING TJ, BAPNA MS. Mechanical property evaluation of pressable restorative ceramics. *Dent Mater* 2000; 16: 226-33.
14. DRUMMOND JL, BAPNA MS. Static and cyclic loading of fiber-reinforced dental resin. *Dent Mater* 2003; 19: 226-31.
15. CESAR PF, MIRANDA WG, BRAGA RR. Influence of shade and storage time on the flexural strength, flexural modulus, and hardness of composites used for indirect restorations. *J Prosthet Dent* 2001; 86: 289-96.
16. KU CW, PARK SW, YANG HS. Comparison of the fracture strengths of metal-ceramic crowns and three ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 2002; 88: 170-5.
17. KOLBECK C, ROSENTRITT M, BEHR M, et al: *In vitro* examination of the fracture strength of 3 different fiber-reinforced composite and 1 all-ceramic posterior inlay fixed partial denture systems. *J Prosthodont* 2002; 11: 248-53.
18. BEHR M, ROSENTRITT M, LATZEL D, KREISLER T. Comparison of three types of fiber-reinforced composite molar crowns on their fracture resistance and marginal adaptation. *J Dent* 2001; 29: 187-96.
19. VALLITTU P.K. The effect of glass fiber reinforcement on the fracture of a provisional fixed partial denture. 1998, 79: 125-30.
20. BAE JM, KIM KN, HATTORI M, HASEGAWA K, YOSHINARI M, KAWADA E. The flexural properties of fiber-reinforced composite with light polymerized polymer matrix. *Int J Prosthodont* 2001; 14: 33-9.
21. KOLBECK C, ROSENTRITT M, BEHR M, LANG R, HANDEL G. *In vitro* study of fracture strength and marginal adaptation of polyethylene-fibre-reinforced-composite versus glass-fibre-reinforced-composite fixed partial dentures. *J Oral Rehabil* 2002; 7: 668-74.
22. BEHR M, ROSENTRITT M, LEDWINSKY E, HENDEL G. Fracture resistance and marginal adaptation of conventional cemented fiber-reinforced composite three-unit FPDs. *Int J Prosthodont* 2002; 5: 467-72.
23. YOSHINARI M, DERAND T. Fracture strength of all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 1994; 7: 329-38.
24. ROSENTRITT M, BEHR M, HANDEL G. Fixed partial dentures: all-ceramics, fibre-reinforced composites and experimental systems. *J Oral Rehabil* 2003; 30: 873-7.
25. KAPPERT HK. IPS Empress Bridges/*in vitro* investigation. Examination report to Ivoclar AG, Schaan, 1998.
26. ATTIA A, KERN M. Fracture strength of all-ceramic crowns luted using two bonded methods. *J Prosthet Dent* 2004; 3: 247-57.