

# Istraživanje dinamičke izdržljivosti privremenih krunica iz poli(metilmetakrilata)

Amir Ćatić<sup>1</sup>  
Adnan Ćatović<sup>1</sup>  
Željko Alar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zavod za stomatološku protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

<sup>2</sup>Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

## Sažetak

*Izradba privremenih krunica iz polimerizata najbolji je postupak zaštite brušenoga zuba od bolnih podražaja i ujedno najprihvatljivije estetsko rješenje za pacijenta.*

*Svrha istraživanja bila je ispitati kolik utjecaj na dinamičku čvrstoću i lom privremenih krunica iz poli(metilmetakrilata) imaju temperaturne promjene (5°C-55°C) i oblik spojišta krunice sa zubom u cervikalnome dijelu pri različitim i promjenjivim cikličkim opterećenjima u intervalu od 400N do 1.000N. U tu svrhu izrađene su 64 privremene krunice iz poli(metilmetakrilata) na batrljima brušenim bez cervikalne stube i sa cervikalnom stubom, te podvrgnute testovima dinamičke izdržljivosti u Amslerovoj visokofrekventnoj umaralici. Polovica uzorka je termociklirana u vodi temperature 5°C i 55°C.*

*Rezultati istraživanja pokazali su obrnuto proporcionalnu povezanost veličine dinamičkog opterećenja i broja izdržanih ciklusa bez loma uzorka ( $r=-0,96$ ). Utvrđena je znatna razlika vrijednosti dinamičke izdržljivosti između netermocikliranih i termocikliranih akrilatnih krunica ( $p<0,05$ ), pri čemu su niže vrijednosti utvrđene za termociklirane krunice.*

**Ključne riječi:** *dinamička izdržljivost, privremene krunice.*

Acta Stomat Croat  
2001; 433-438

IZVORNI ZNANSTVENI  
RAD  
Primljeno: 15. kolovoza 2001.

Adresa za dopisivanje:

Mr. sc. dr. Amir Ćatić  
Zavod za stomatološku protetiku  
Stomatološki fakultet  
Gundulićeva 5, 10000 Zagreb  
Tel. 01 4802 135  
Faks: 01 4802 159  
E-mail: acatic@inet.hr

## Uvod

Brušeni vitalni zubi vrlo su osjetljivi na mehaničke, kemijske i toplinske podražaje te se zato uspješno uklonjenom ili smanjenom bolnom podražljivošću smanjuje bol koja je, uz estetski razlog, najveći uzrok pacijentovoj nelagodnosti. Postupak zaštite brušenoga zuba najčešće se u praksi provodi kemijskim sredstvima, zbog ekonomičnosti, ali je najbolji postupak zaštite privremenim krunicama iz polimerizata (1).

Liebenberg (2) potvrđuje važnost izradbe privremenih radova kako bi se zaštitio batrljak i brže oporavila gingiva. Rubna prilagodba privremenoga rada ima veliku važnost bez obzira na očekivano ili planirano trajanje tretmana, tj. na vrijeme u kojem će privremeni rad biti u pacijentovim ustima. Važnost vrsno obrađenih rubova privremenoga nadomjestka, preciznost dosjeda i prilagodbe nadomjestka na granicu preparacije zuba i slobodnih međuzubnih prostora koji pacijentu omogućavaju ispravno održa-

vanje higijene, i time brži oporavak oštećenoga parodonta nakon brušenja, ističu mnogi autori (3-7).

Više je istraživača istraživalo zatezne čvrstoće prirodnih zuba i raznih dentalnih materijala, posebice fiksnoprotetskih, služeći se pritom dinamičkim testovima. Schwickerath (8, 9) je mjerio dinamičku čvrstoću kovine i Biodent keramike u ovisnosti o 4 različita načina obrade kovine. Čatović (10, 11) je istraživao dinamičku čvrstoću krune humanoga zuba, a Miličević i sur. (12) su sličnim postupkom mjerili dinamičku čvrstoću spoja kovina-kompozit kod mostova na lijepljenje. Kappert i Schüren (13) istraživali su utjecaj termocikliranja na svezu CoCr slitine i akrilata u uvjetima dinamičkog opterećenja. U studiji objavljenoj godine 1995. Kappert i suradnici (14) istražili su dinamičku izdržljivost mosnih konstrukcija izrađenih iz InCeram keramičkog sustava. Poljak-Guberina (15) istraživala je dinamičku izdržljivost spoja Duceragold keramike i Ag-Pd slitine u različitim uvjetima okoline.

Gegauff i Pryor (16) ispitali su lomnu čvrstoću (engl. fracture toughness) šest različitih materijala za izradbu privremenih krunica i mostova. Utvrdili su razlike u lomnoj čvrstoći između testiranih materijala, pri čemu su poli(metilmetakrilatne) smole pokazale najveću čvrstoću (1,30 kP), a poli(vinilmetakrilati) (0,74 kP) najmanju. Kappert je prikazao znatan utjecaj temperaturnih promjena na lomnu čvrstoću kovino-keramičkog spojišta (17) i same dentalne keramike (14).

Svrha istraživanja bila je istražiti utjecaj oblika preparacije na zubnome vratu, u uvjetima različitih cikličkih opterećenja, na dinamičku čvrstoću akrilatnih krunica. Drugi dio istraživanja odnosio se na utjecaj temperaturnih promjena na dinamičku čvrstoću akrilatnih krunica.

### Uzorak i postupci istraživanja

U radu je rabljen dvokomponentni poli(metilmetakrilat), tvorničkog imena Ivocron® (Vivadent™, Lichtenstein).

Na dva jednaka modela gornje čeljusti iz aloplastičnog materijala izbrušeni su desni prvi incizivi-jedan sa zaobljenom stubom, a drugi bez stuba. Za svaki od brušenih modela zuba neizravnim su laboratorijskim postupkom izrađene po 32 privre-

mene poli(metilmetakrilatne) krunice i zatim podijeljene u dvije jednake skupine. Prva skupina krunica termociklirana je prema Kappertovu postupku (18): u vodenim kupkama temperature 5°C i 55°C tisuću puta, po 20 sekundi u svakoj kupki i s razmakom između svake kupke od 40 sekundi radi temperiranja uzorka. Druga skupina krunica opterećena je bez prethodnog termocikliranja.

Batrljci su izrezani iz modela zubotehničkom pilicom i izliveni iz jednoga dijela sa sadrenim postoljem iz Wironit slitine (Co 65% Cr 28% Mo 5%, Fe, Si, C, Mn). Oba postolja izlivenih modela oblikovana su strojarskom glodalicom tako da idealno sjednu u ležište naprave za učvršćivanje batrljaka. Sve krunice učvršćene su na pripadajuće metalne batrljke standardnim cink fosfatnim cementom (Harvard cement).

Ispitivanje dinamičke izdržljivosti uzoraka provedeno je u Amslerovoj visokofrekventnoj umaralici, uz modifikacijsku napravu ugrađenu u čeljusti umaralice kako bi se metalni batrljak s krunicom mogao učvrstiti u prihvatni mehanizam Amslerove umaralice. Prijenos sile ostvaren je s pomoću čeličnoga trna dugog 100 mm sa zaobljenim vrškom promjera 4 mm, čija je geometrija odgovarala geometriji palatinalne plohe izrađenih uzoraka. Uzorci su tlačno opterećivani odozgo prema dolje na prijelazu srednje u cevikalnu trećinu palatinalne plohe privremene krunice pod kutem od 40° s uzdužnom osi metalnog batrljaka, pritiskom klina silom od 400N, 600N, 800N i 1000N pri frekvenciji od 100Hz. Promjenljivost (dinamika) opterećenja iznosila je 25% vrijednosti osnovnoga statičkog opterećenja i bila je sinusoidnoga karaktera. Mjeren je broj ciklusa pri određenoj sili do loma koji je značio završetak pokusa, tj. dinamičku izdržljivost istraživanog akrilatnog sustava.

### Rezultati

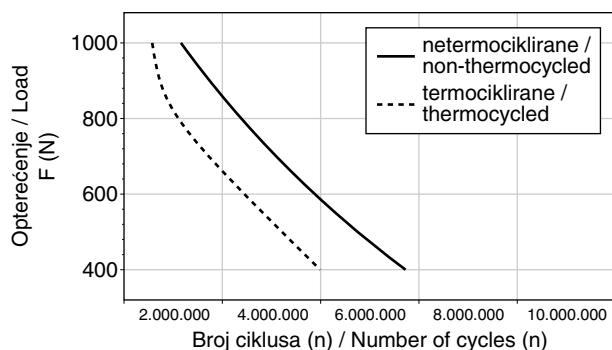
Netermociklirana akrilatna krunica na batrljku bez stuba pri maksimalnom je dinamičkom opterećenju od 1.000N u prosjeku izdržala 1.030.424 ciklusa (Tablica 1; Slika 1).

Termociklirana akrilatna krunica na batrljku bez stuba pri maksimalnom je dinamičkom opterećenju od 1.000N u prosjeku izdržala 852.129 ciklusa (Tablica 1; Slika 1).

Tablica 1. Aritmetičke sredine, standardne devijacije (SD) i rezultati t-testa za akrilatne krunice na batrljku bez stuba (t-vrijednost, df-stupnjevi slobode, p-vrijednost)

Table 1. Mean values, standard deviations (SD) and the results of the Student's t-test for PMMA resin provisional crowns with knife-edge type abutment margin preparation design

	F-N	Akrilatne krunice na batrljku bez stuba / PMMA resin provisional crowns with knife-edge type						
		Aritmet. sred. / Mean	SD					
NTC	400	6.753.796	1.018.926	t-test NTC-TC	400	5.132	3	0.036
	600	3.930.226	431.834					
	800	2.261.572	314.325		600	4.309	3	0.049
	1000	1.030.424	361.409					
TC	400	4.096.828	130.279		800	5.615	3	0.030
	600	2.372.919	267.253					
	800	1.135.300	76.201		1000	4.833	3	0.044
	1000	852.129	107.428					



Slika 1. Dijagram dinamičke izdržljivosti akrilatnih krunica na batrljku bez stuba u normalnome mjerilu

Figure 1. Diagram of dynamic loading fatigue resistance of PMMA resin provisional crowns with knife-edge type abutment margin preparation design

Netermociklirana akrilatna krunica na batrljku sa zaobljenom stubom pri maksimalnom je dinamičkom opterećenju od 1.000N u prosjeku izdržala 1.363.900 ciklusa (Tablica 2; Slika 2).

Termociklirana akrilatna krunica na batrljku sa zaobljenom stubom pri maksimalnom je dinamičkom opterećenju od 1.000N u prosjeku izdržala 896.623 ciklusa (Tablica 2; Slika 2).

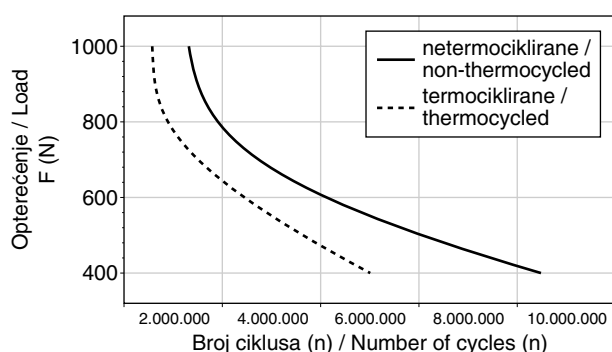
Najveći broj ciklusa do loma pri maksimalnom dinamičkom opterećenju od 1.000N iznosi 1.758.321 ciklusa koje je izdržala netermociklirana akrilatna krunica na batrljku sa zaobljenom stubom.

Najveći broj ciklusa do loma pri minimalnom dinamičkom opterećenju od 400N iznosi 8.654.125

Tablica 2. Aritmetičke sredine, standardne devijacije (SD) i rezultati t-testa za akrilatne krunice na batrljku sa zaobljenom stubom (t-vrijednost, df-stupnjevi slobode, p-vrijednost)

Table 2. Mean values, standard deviations (SD) and the results of the Student's t-test for PMMA resin provisional crowns with shoulder type abutment margin preparation design

	F-N	Akrilatne krunice na batrljku sa zaobljenom stubom / PMMA resin provisional crowns with shoulder type						
		Aritmet. sred. / Mean	SD					
NTC	400	8.215.145	403.030	t-test NTC-TC	400	16.44	3	0.004
	600	4.081.760	65.857					
	800	1.796.645	167.210		600	6.65	3	0.022
	1000	1.363.900	97.199					
TC	400	5.134.350	283.583		800	11.20	3	0.008
	600	2.687.825	316.046					
	800	1.255.316	77.083		1000	4.19	3	0.043
	1000	896.623	125.181					



Slika 2. Dijagram dinamičke izdržljivosti akrilatnih krunica na batrljku sa zaobljenom stubom u normalnome mjerilu

Figure 2. Diagram of dynamic loading fatigue resistance of PMMA resin provisional crowns with shoulder type abutment margin preparation design

ciklusa a izdržala ih je netermociklirana akrilatna krunica na batrljku sa zaobljenom stubom.

Utvrđena je statistički znatna razlika ( $p < 0,05$ ) u dinamičkoj izdržljivosti između netermocikliranih i termocikliranih akrilatnih krunica.

U dinamičkoj izdržljivosti između akrilatnih krunica na batrljku bez stuba i akrilatnih krunica na batrljku sa zaobljenom stubom utvrđena je također statistički znatna razlika ( $p < 0,05$ ).

Rezultati Pearsonova testa korelacije pokazali su postojanje znatne negativne linearne korelacije ( $p < 0,05$ ,  $r \sim -0,96$ ) između veličine opterećenja i izdržljivosti uzorka bez obzira na oblik rubnoga završetka batrljka i na temperaturne uvjete (Tablica 3).

Tablica 3. Pearsonov test korelacije dinamičkog opterećenja i dinamičke izdržljivosti akrilatnih krunica prema obliku preparacije batrljka (NTC - netermociklirane krunice; TC - termociklirane krunice; r - Pearsonov čimbenik korelacije; D - determinanta korelacije; p - stupanj znatnosti)

Table 3. Pearson's correlation between the dynamic loading and the fatigue resistance for all groups of specimens (r - Pearson's correlation factor; D - correlation determinant; p - significance level)

	Batrljak bez stuba NTC / Knife-edge type abutment margin preparation design	Batrljak bez stuba TC / Knife-edge type abutment margin preparation design	Batrljak sa zaobljenom stubom NTC / Shoulder type abutment margin preparation design	Batrljak sa zaobljenom stubom TC / Shoulder type abutment margin preparation design
R	-0.984	-0.952	-0.955	-0.952
D	96.8%	90.6%	91.2%	90.6%
p	0.05	0.05	0.05	0.05

## Rasprava

Rezultati istraživanja dokazali su obrnuto proporcionalnu povezanost između veličine dinamičkog opterećenja kojem je podvrgnut uzorak i dinamičke izdržljivosti uzorka izražene brojem izdržanih ciklusa do nastanka pukotine ili loma. Ova sveza ponavlja se za svaku skupinu uzoraka i nije ovisna o tipu i uvjetima pripreme uzorka. Morena i suradnici (19) dokazali su obrnuto proporcionalnu svezu veličine dinamičkog opterećenja i dinamičke izdržljivosti izražene dužinom podnošenja opterećenja triju različitih vrsta dentalne keramike, što je u skladu s našim rezultatima, premda se ispitivani materijali razlikuju. Obrnuto proporcionalnu povezanost veličine dinamičkog opterećenja i dinamičke izdržljivosti utvrdila je i Poljak-Guberina istražujući dinamičku izdržljivost spoja kovine i keramike (15) No uspoređujući rezultate naših istraživanja s rezultatima Poljak-Guberine, opaža se da su naši rezultati 20-30% nižih vrijednosti, što govori u prilog dinamičke izdržljivosti keramičkih sustava, koji su strukturno predodređeni većim opterećenjima, naspram privremenih akrilatnih krunica.

Vrijednost od 1.758.321 ciklusa pri maksimalnom dinamičkom opterećenju od 1.000N može se označiti kao gornja granica dinamičke izdržljivosti za netermocikliranu akrilatnu krunicu jer je ona na batrljku bez stuba pri jednakoj vrijednosti opterećenja od 1.000N izdržala bez loma 35,4% manje od gornje granice dinamičke izdržljivosti netermocikliranog uzorka.

Uspoređujući dinamičku izdržljivost između netermocikliranih uzoraka na batrljku sa zaobljenom stubom i bez nje pri jednakoj veličini dinamičkog opterećenja od 400N, netermociklirani uzorak na batrljku bez stuba izdržao je 10,3% manje ciklusa bez loma od uzorka na batrljku sa zaobljenom stubom. Zato se vrijednost od 400N uz izdržanih 8.654.125 ciklusa bez loma, koju je najviše izdržao netermociklirani uzorak na batrljku sa zaobljenom stubom, može označiti kao donja granica dinamičke izdržljivosti za netermocikliranu akrilatnu krunicu. Gore spomenuti ciklus premašuje broj žvačnih ciklusa koji osoba učini u pet godina te se vrijednost sile manja od 400N smatra zonom trajnog dinamičkog opterećenja za privremene krunice iz poli(metilmetakrilata).

Uspoređujući dinamičku izdržljivost između termocikliranih uzoraka na batrljku bez stuba i sa zaobljenom stubom pri jednakoj veličini dinamičkog opterećenja od 400N, krunice na batrljku bez stuba izdržale su 22,4% manje ciklusa do nastanka loma od krunica na batrljku sa zaobljenom stubom. To je znatna razlika te se može zaključiti da je termociklirana akrilatna krunica sa zaobljenom stubom znatno izdržljivija pri jednakom dinamičkom opterećenju od 400N.

Vlastiti rezultati utjecaja termocikliranja od 1.000 ciklusa od 5°C i 55°C na potpune akrilatne krunice mogu se usporediti s rezultatima Kappertovih i Schürenovih (13) istraživanja dinamičke izdržljivosti spoja akrilatnih obloga s kovinskom podlogom. Njegovi rezultati pokazuju da se dinamička izdržljivost metalakrilatnoga spojišta prosječno smanjuje do 50% nakon 500.000 ciklusa pri temperaturnim promjenama od 5°C i 55°C. To su znatno niže vrijednosti od vlastitih istraživanjem utvrđenih izdržljivosti akrilatnih krunica, koje pokazuju prosječno smanjenje od 38,5% nakon 2.650.000 ciklusa. Rezultat pokazuje prednost mehaničkih svojstava homogenoga sustava, kakav je bio naš, u usporedbi s heterogenim sustavom spoja metalakrilata kakva je istraživao Kappert. Kod Kappertova sustava došla je do izražaja različitost koeficijentata termičkog istezanja kovine i akrilata s posljedičnim slabljenjem spoja između istraživanih materijala (13).

Samadzadeh i suradnici (20) ispitivali su lomnu čvrstoću privremenih nadomjestaka iz dvaju različitih materijala pojačanih polietilenskim vlaknima i utvrdili su srednje vrijednosti od 534,6N za poli(metilmetakrilatne) uzorke pojačane polietilenskim vlaknima i 498,6N za poli(metilmetakrilatne) uzorke bez pojačanja. Oni su u usporedbi s našim rezultatima dobili 9-12% veće vrijednosti izdržljivosti uzoraka.

Uspoređujući rezultate McCabea, Wanga i Braema (21) koji su dinamičkim testovima ispitivali mehanička svojstva više kompozitnih materijala i utvrdili da kompoziti s mikropunilom imaju najviše vrijednosti dinamičke izdržljivosti ( $1,44 \times 10^3$ ) s rezultatima vlastitih istraživanja, utvrđene su razlike od oko 32% u korist kompozita s mikropunilom.

Shortall i sur. (22) uspoređivali su lomnu čvrstoću između šest kompozitnih materijala i šest kompomera i utvrdili su da kompomeri imaju bolja

mehanička svojstva od kompozita. Rezultati vlastitog istraživanja akrilatnih krunica pokazali su 28% niže vrijednosti od rezultata Shortalla i sur. (22), što upućuje na zaključak da noviji materijali, u usporedbi s akrilatima koji se upotrebljavaju već niz godina, imaju bolja mehanička svojstva.

Postupkom vrlo sličnim našem Morena i suradnici (19) istraživali su dinamičku izdržljivost raznih vrsta keramike i utvrdili vrijednosti koje su bile 32-51% veće od naših, što govori u prilog čvrstoće i otpornosti keramike u usporedbi s akrilatima.

## Zaključci

1. Gornja granica dinamičke izdržljivosti za akrilatne krunice iznosi 1.000N, uz 1.758.321 izdržanih ciklusa bez pojave loma.
2. Donja granica dinamičke izdržljivosti za akrilatne krunice iznosi 400N, uz 8.654.125 ciklusa bez pojave loma.
3. Istraživanjem je utvrđena obrnuto proporcionalna povezanost između veličine dinamičkog opterećenja i dinamičke izdržljivosti, što je potvrđeno i statistički prikazano negativnom vrijednosti Pearsonova čimbenika korelacije  $r$  ( $p < 0,05$ ).
4. Termocikliranje znatno negativno utječe na mehanička svojstva akrilatnih krunica, bez obzira na veličinu opterećenja, što potvrđuje i utvrđena znatna razlika ( $p < 0,05$ ) između termocikliranih i netermocikliranih akrilatnih krunica na batrljku bez stuba u svim četirima kategorijama veličine dinamičkog opterećenja.

## Literatura

1. SHILLINGBURG HT et al. Fundamentals of fixed prosthodontics, 3rd ed. Quintessence Books, 1997.
2. LIEBENBERG WH. Improving interproximal access in direct provisional acrylic resin restorations. Quintessence Int 1994; 25: 697-703.
3. MONDAY JLL, BLAIS D. Marginal adaptation of provisional acrylic resin crowns. J Prosthet Dent 1985; 54: 194-9.
4. SILNESS J. Periodontal condition in patients treated with dental bridges. III. The relationship between the location of the crown margin and the periodontal condition. J Periodont Res 1970; 5: 225-31.

5. CRISPIN BJ, WATSON JF, CAPUTO AA. The marginal accuracy of treatment restorations: a comparative analysis. *J Prosthet Dent* 1980; 44: 283-90.
6. ROBINSON FB, HOVIJITRA S. Marginal fit of direct temporary crowns. *J Prosthet Dent* 1982; 47: 390-6.
7. KOUMJIAN JH, HOLMES JB. Marginal accuracy of provisional restorative materials. *J Prosthet Dent* 1990; 63: 639-45.
8. SCHWICKERATH H. Dauerfestigkeit von Metallkeramik. *Dtsch Zahnärztl Z* 1984; 39: 143-5.
9. SCHWICKERATH H. Dauerfestigkeit von Keramik. *Dtsch Zahnärztl Z* 1986; 41: 264-6.
10. ČATOVIĆ A. Comparative investigation of dynamic loading of prepared and intact human premolars. *Quintessence Int* 1992; 23: 435-8.
11. ČATOVIĆ A, KRALJEVIĆ K, JEROLIMOV V, ČELEBIĆ A, KOVAČIČEK F, VALENTIĆ-PERUZOVIĆ M. The response of human premolars to cyclic loading. *J Oral Rehabil* 1997; 24: 320-4.
12. MILIČEVIĆ M, ČATOVIĆ A, KOVAČIČEK F. Utjecaj različitih priprema površine Ag-Pd konstrukcija Maryland mostova na dinamičku čvrstoću spoja metal-kompozit. *Acta Stomatol Croat* 1995; 29: 47-53.
13. KAPPERT HF, SCHÜREN M. Dauerfestigkeits-prüfung des Metall- Kunststoff-Verbundes unter dem Einfluß von Temperatur-wechseln. *Quintessence Zahntech* 1996; 22: 293-307.
14. KAPPERT HF, KNIFF U, WEHRSTEIN A, KMITTA M, KNIPP J. Festigkeit von Zirkonoxid-verstärkten Vollkeramikbrücken aus In-Ceram. *Dtsch Zahnärztl Z* 1995; 50: 683-5.
15. POLJAK-GUBERINA R. Prilog istraživanju dinamičke izdržljivosti spoja Duceragold keramike i Ag-Pd legure u različitim uvjetima okoline. Zagreb: Stomatološki fakultet 1998. Disertacija.
16. GEGAUFF AG, PRYOR HG. Fracture toughness of provisional resins for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 1987; 58: 23-9.
17. KAPPERT HF, RIEDLING W, WEYHMANN J. Eine vergleichende Studie von Drei Methoden zur Untersuchungen des Metall-Keramik-Verbundes bei NEM Legierungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 1985; 40: 1179-86.
18. KAPPERT HF. Dauerfestigkeits-prüfung des Metall-Kunststoff-Verbundess unter dem Einfluss von Temperatur-Wechseln. *Quintessence Zahntech* 1996; 22: 293-307.
19. MORENA R, BEAUDREAU GM, LOCKWOOD PE, EVANS AL, FAIRHURST CW. Fatigue of dental ceramics in a simulated oral environment. *J Dent Res* 1986; 65: 993-7.
20. SAMADZADEH A, KUGEL G, HURLEY E, ABOUSH-ALA A. Fracture strengths of provisional restorations reinforced with plasma-treated woven polyethylene fiber. *J Prosthet Dent* 1997; 78: 447-50.
21. McCABE JF, WANG Y, BRAEM M. Surface contact fatigue of restorative materials. *J Mat Sci Mater in Med* 1997; 32: 283-7.
22. SHORTALL AC, FISHER SE, MARQUIS PM, UCTASLI S. Fracture toughness comparisons of compomers and composites. *J Dent Res (Suppl)* 1998; 77: Abst #69.