

# Metoda za ispitivanje abrazijskoga trošenja estetskih protetskih materijala

Ketij Mehulić<sup>1</sup>  
Zdravko Schauperl<sup>2</sup>  
Ivana Čvrljak-Tomić<sup>3</sup>  
Tomislav Badel<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

<sup>3</sup>Stomatološka ordinacija dr. I. Mršić, Zagreb

---

## Sažetak

*Trenje i trošenje zbivaju se na dodiru tvornih površina koje su više ili manje hrapave. Tijekom abrazijskoga trošenja nastaje istiskivanje materijala prouzročenog tvrdim česticama koje prave pritisak prema površini, ili kližu duž nje (trotčkasto abrazijsko trošenje), ili pak tvrdim izbočinama (dvotočkasto abrazijsko trošenje). Zahtjevi za estetskom opskrbom grizne plohe postavljaju pred kliničara problem izbora materijala za fasetiranje.*

*U ovome članku opisana je metoda za ispitivanje abrazijskoga trošenja parova zub-protetski materijal za fasetiranje. Da bi se ocijenila ta metoda ispitana su dva različita protetska materijala za fasetiranje (polimerni materijal SR Chromasit, Ivoclar i glinična keramika, Sign-Ivoclar) na modificiranom Taber abrazeru, u suhim uvjetima. Dobivene su znatne razlike u tragovima trošenja na uzorcima ispitivanih materijala.*

*Testirana metoda omogućuje ispitivanje uzoraka različitih materijala međusobno ili u paru s prirodnim zubom, pod različitim opterećenjima te s postojanjem trećeg tijela ili bez njega (hrane ili umjetne sline), što je u kliničkoj praksi vrijedan podatak pri izboru vrste konstrukcije i materijala za fasetiranje.*

**Ključne riječi:** *abrazijsko trošenje, polimeri, glinična keramika.*

---

---

Acta Stomat Croat  
2005; 171-176

PRETHODNO PRIOPĆENJE  
Primljeno: 15. listopada 2003.

Adresa za dopisivanje:

Ketij Mehulić  
Zavod za stomatološku protetiku Sveučilišta u Zagrebu  
Gundulićeva 5, 10000 Zagreb  
tel. 385 1 4802 135  
e-mail: mehulic@sfzg.hr

---

## Uvod

Trenje i trošenje materijala prate čovjeka od njegova postanka, u nekim stvarima na korist, u nekima na štetu. Trenje dovodi do gubitka energije, a trošenje do gubitka materijala, poželjne slobode pokreta i točnosti, čestih vibracija i povećanoga mehaničkog

opterećenja. Vrstan tribosustav postiže zadovoljavajuće trenje i trošenje no pri tome se javljaju oprečni zahtjevi: otpornost na trošenje i prikladnost za oblikovanje (1).

Zahtjevi pacijenata za nadomjescima koji će što uvjerljivije oponašati prirodne zube i maskirati svaku kovinsku konstrukciju potiču sve širu upotrebu ke-

ramike kao materijala izbora u stomatološkoj protektici. No tada se javlja klinički problem, moguće abrazižno djelovanje na antagonističke zube, a s druge strane polimerni se materijali izrazito troše u funkciji (2-4). Ispravan izbor protetskoga materijala važan je za čuvanje normalne funkcije stomatognatoga sustava (5-7). Ispitivanja trošenja kliničkim studijama su dugotrajna, potrebno je pratiti promjene materijala na velikoj množini pacijenata, a to je problem i s ekonomskog i s etičkog stajališta. Zato su razvijene mnoge laboratorijske metode ispitivanja kojima se mogu odrediti značajke trošenja pojedinih materijala (8-13). Na osnovi tih rezultata pretpostavlja se ponašanje materijala u usnoj šupljini. Do danas nije razvijena standardna metoda kojom bi se dobili rezultati i značajke trošenja istovjetni onima koje materijali pokazuju u funkciji, u pacijentovim ustima.

Simulacija uvjeta usne šupljine zahtijeva postojanje triju sastavnica; umjetnu slinu koja reagira s površinom materijala, određenu temperaturu medija (37°C), zrak i kontrolu vlažnosti, te kretanje čeljusti i sile koje se razvijaju tijekom žvačnih ciklusa. Razvoj metoda za laboratorijsko ispitivanje varira od onih vrlo jednostavnih, nefizioloških (Wig-L-Lug metode), do usavršenih (kolčić-disk sustava) (14-17) koje oponašaju sile i pokrete tijekom žvačnoga ciklusa i temperaturne uvjete unutar usne šupljine.

### Svrha ispitivanja

Svrha je ovoga ispitivanja konstruirati i razviti novu napravu i metodu kojom bi se ispitivalo trošenje, zapravo međusobno ponašanje materijala u parovima: prirodan zub-protetski materijal za fasetiranje ili dva različita protetska materijala za fasetiranje, što bi pridonijelo da se bolje spoznaju tribološka svojstva navedenih materijala.

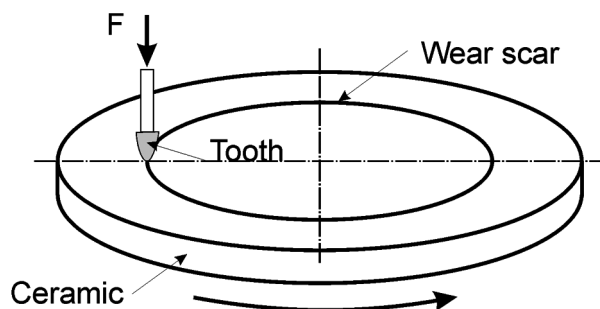
Rezultati bi trebali biti pouzdani i ponovljivi.

### Materijali i postupci

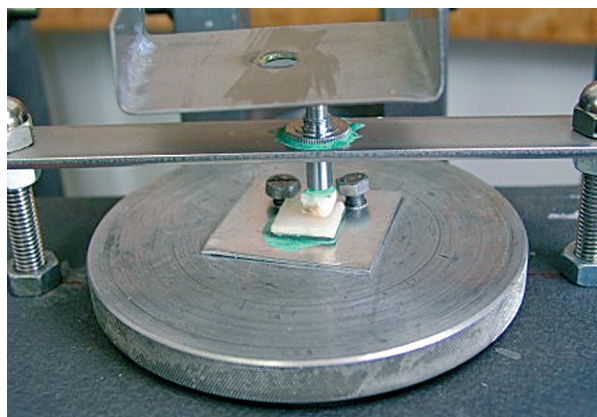
Istraživanje je provedeno na Zavodu za materijale Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, a uzorci na kojima je ispitana naprava napravljeni su u zubotehničkom laboratoriju Stomatološkog fakulteta u Zagrebu. Radi se o po jednom uzorku protetskoga materijala za fasetiranje: polimerni (SR Cro-

masit -Ivoclar) i jedan uzorak glinične keramike (Sign, Ivoclar), oblika pločice, dimenzija 20 x 25 mm. Površina uzorka od polimernoga materijala je polirana, a keramika glazirana.

Upotrijebljen je Taber abramer koji radi na pin disc metodi, koja je uobičajena za tribološka ispitivanja u strojarstvu, ali je za ispitivanje biomaterijala prilagođen tako da je umjesto pina prirodan zub, a umjesto diska ispitivani materijal. Mehanizam rada naprave prikazan je na slici 1. Uzorci su bili nepomični, pričvršćeni na rotirajući dio akrilnim ljepilom (slika 2), rotiranjem pričvršćenih uzoraka uspostavljen je doticaj zuba i uzorka te klizanjem preko površine uzorka zub ostavlja trag trošenja (slika 1). Sve su slike snimljene za vrijeme ispitivanja u laboratoriju.



Slika 1. Shematski prikaz mehanizma za ispitivanje trošenja  
Figure 1. Schematic presentation of the mechanism for testing wear



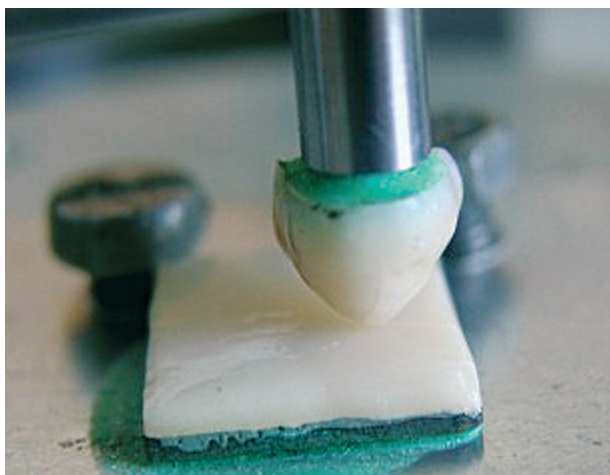
Slika 2. Pričvršćenje uzoraka  
Figure 2. Fixed specimen

Za ispitivanje metode uporabljani su ljudski in-taktni treći kutnjaci izvađeni iz ortodontskih razloga. Pošto su izvađeni, bili su pohranjeni u fiziološku otopinu (slika 3). Zubi su bili pričvršćeni na pokretni dio uređaja koji je klizio iznad rotirajućega dijela na kojem su pričvršćeni uzorci protetskih materijala za fasetiranje. Moguće je bilo primijeniti različit iznos opterećenja na uzorke. Meziobukalna kvržica zuba klizila je preko površine ispitivanoga materijala opisujući kružnicu promjera 10 mm, s učestotom od 60 ciklusa u minuti.

Ispitivanje je provedeno bez postojanja trećega medija lubrikanta, uz opterećenje od 20 N tijekom 60 ciklusa (slika 4).



Slika 3. Ispitivani uzorci zuba  
Figure 3. Tested tooth specimens



Slika 4. Klizni doticaji zuba i uzoraka glične keramike  
Figure 4. Sliding contact of the tooth and specimen of dental ceramic

Postupak je izveden s uzorkom od polimernoga materijala i zatim na isti način s uzorkom glične keramike. Ispitivaje je provela ista osoba kako bi se smanjila pogreška u manipulaciji.

## Rezultati

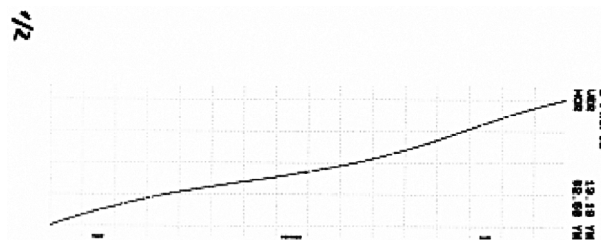
Izborom triboparova: prirodan zub-polimerni materijal za fasetiranje i prirodan zub-keramika i opterećenja od 20 N rezultati su bili vidljivi već nakon 60 ciklusa (slika 5).



a) b)

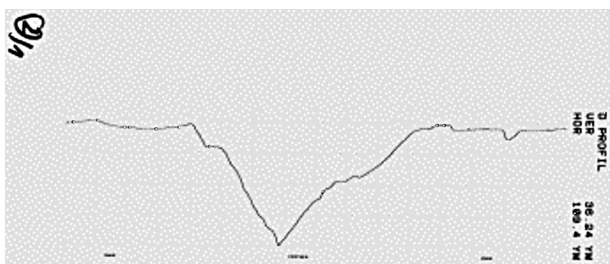
Slika 5. Uzorci nakon ispitivanja: a) keramika  
b) polimerni materijal  
Figure 5. Specimens after testing: a) ceramics  
b) polymers

Nakon ispitivanja, nastali tragovi trošenja na uzorcima promatrali su se pod mikroskopom tipa Olympus BH 2, povećanje 1:200. Površina se je uzoraka promatrala kako bi se uočio dvodimenzionalni izgled trošenja, te dubina i širina traga trošenja. Slika 6a. prikazuje dvodimenzionalni izgled traga trošenja na različitim materijalima ispitivanim pod jednakim uvjetima.



Slika 6a. Dvodimenzionalan izgled traga trošenja na protetskim materijalima - keramika

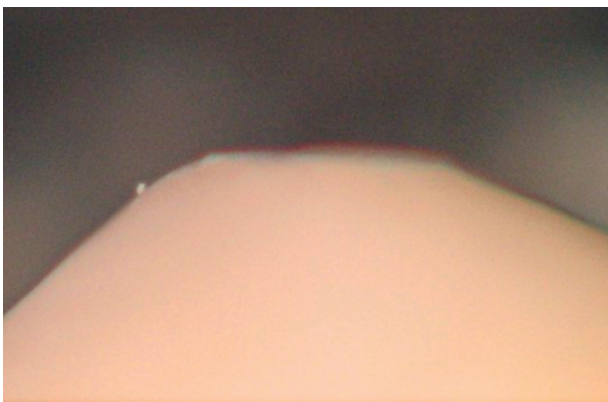
Figure 6a. Two-dimensional appearance of the wear scar on the prosthetic materials: a) ceramics



Slika 6b. Dvodimenzionalan izgled traga trošenja na protetskim materijalima - polimeri

Figure 6b. Two-dimensional appearance of the wear scar on the prosthetic materials: b) polymers

Grafički prikazi sa slike 6b prikazuju znatnu različitost u dubini i širini traga trošenja na različitim materijalima, što znači da keramika ima veću otpornost na trošenje nego polimerni materijal. Ti rezultati daju osnovu za kvantitativnu usporedbu otpornosti na trošenje dvaju različitih materijala. Osim tragova na površinama uzoraka protetskih materijala oštećenja su nastala i na kvržicama ispitivanih zuba koje su dolazile u klizni doticaj (slika 7).



Slika 7. Kvržice zuba nakon ispitivanja trošenja

Figure 7. Tooth cusps after testing wear

Budući da se ovim istraživanjem željelo ispitati metodu, prilagodbu naprave i njezinu uporabu na biomaterijale, nije bilo potrebno provesti mjerenja nastalih tragova trošenja. To će biti predmet ispitivanja samih materijala u sljedećim istraživanjima.

## Rasprava

Pravilan izbor materijala za određeni klinički slučaj najbolja je zaštita od trošenja i nadomjestka i nasuprotnih zuba. Često se u kliničkoj praksi mogu vidjeti posve potrošene grizne plohe nadomjestka, kada se radilo o polimernome materijalu, ali isto tako i izbrušene dijelove cakline nasuprotnih zuba u pacijenata saniranih metalkeramničkim nadomjescima. Izbor materijala se mora provesti uzimajući u obzir predviđeni stupanj opasnosti od pojedinih mehanizama trošenja u određenom tribosustavu. Otpornost na trošenje nije jedinstveno svojstvo materijala nego se ono sastoji od otpornosti na adheziju, otpornosti na abraziju, otpornosti na umor površine, otpornosti na kavitaciju, itd. Izbor materijala uključuje i izbor postupaka obradbe površine sa svrhom da se smanji trošenje (18). Pri tome, osnovni materijal ispunjava zahtjeve u pogledu tehnološkičnosti i cjelovitosti triboelemenata, a dodatna obradba površine ispunjava tribološke zahtjeve. Proces klizanja moguće je pratiti u mediju, npr. umjetna slina, ili uključiti i treće tijelo, mješavinu čestica hrane.

Koczorowski i sur. (15) razvili su poseban uređaj za ispitivanje trošenja, tribološku stanicu ST-3, te kao medij upotrebljavaju umjetnu slinu. Palmer i sur. (16) koriste se uređajem za trošenje prema National Bureau of Standards koja proizvodi kruženje diska slično kao kod ekscentričnoga kliznog pokreta. Ispitali su trošenje glinične keramike, ljevljive staklokeramike s glazurom i bez nje, pod opterećenjem od 3,015 kg, u trajanju od 1 sata i 15 minuta. Za ispiranje uzoraka tijekom ciklusa uporabljena je destilirana voda na 37°C kako bi oponašala lubrikacijsku ulogu sline u usnoj šupljini.

Ramp i sur. (17) ispitivali su trošenje uzoraka triju zubnih keramika i zlatne slitine tip III s caklinom tijekom trotočkastoga testa trošenja, pod opterećenjem od 75 N. Gornji dio naprave koso je postavljen, pod kutom od 30°, što stvara kliznu kretanju između cakline i uzorka kao dodatka u okomitom pokretu. Kada se ukloni opterećenje, gornji se dio vrti na suprotnu stranu do svoje početne pozicije tijekom svakoga ciklusa. Ispitivanje je rađeno u 100.000 ciklusa, frekvencijom od 1,2 Hz.

U usporedbi s caklinom većina keramika ima veću vrijednost tvrdoće. Smatralo se da veće vrijednosti tvrdoće keramike znače i veće abrazijsko trošenje

cakline. Ispitivanja pokazuju da sama tvrdoća (mikrotvrdoća) materijala, posebice krhkih kakva je keramika, nije jedini čimbenik koji uvjetuje trošenje cakline zuba (18). Rezultati različitih *in vitro* rađenih studija kojima se je promatrao utjecaj mikrotvrdoće protetskih gradivnih materijala na trošenje cakline nasuprotnih zuba pokazali su da keramike manje tvrdoće uzrokuju veće abrazijsko trošenje cakline nego keramički materijali veće vrijednosti tvrdoće (19-21). Tvrdoća i trošenje krhkih materijala pokazuje slabu uzajamnu povezanost jer od doticaja takvih materijala ne nastaje plastična deformacija nego oni puknu. Mikrostrukturne razlike između različitih keramičkih materijala uzrokom su različita iznosa abrazije cakline (19). Morfologija i raspodjela kristala u staklenome matriksu može biti izmijenjena nepravilnim termičkim postupcima u zubotehničkom laboratoriju. Porozitet, a pogotovo oštri rubovi na površini koja je u doticaju, izazvat će znatno trošenje materijala, zatim jakost žvačnih sila, kemijski agensi, sve su čimbenici koji će pospiješiti trošenje tribo parova (12). Seghi i sur. (20) ispitivali su tribo parove, caklinu s pet različitih keramičkih materijala. Usporedili su količinu abrazijskoga trošenja keramičkih materijala i cakline s Knoopovim vrijednostima tvrdoće. Dicor je izazvao najmanje trošenje cakline zuba, a Optec najveće, što objašnjavaju mikrostrukturnim različitostima materijala.

Al-Hiyasat (22) je podvrgnuo uzorke četiriju vrsta zubne keramike i uzorke jedne vrste zubne zlatne slitine pod opterećenje od 40N tijekom 25.000 ciklusa s čestoćom od 80 ciklusa u minuti. Pri tome se je destilirana voda upotrijebila kao medij, koja se je zamijenjivala novom svakih 5.000 ciklusa. Istom napravom ispitao je i trošenje trotočkastim testom s česticama hrane. Rezultati su pokazali da je abrazivnost glinične i hidrotermalne keramike približno ista, a hidrotermalna je keramika imala najmanju otpornost na trošenje. Trošenje keramičkih materijala može biti različito u različitim medijima zbog interakcije mikrostrukturnih sastavnica materijala i okoline.

U ovoj pilot studiji nije uporabljen treći medij. Pokušala se je samo ispitati metoda i naprava kojom se ispituje trošenje različitih protetskih materijala za fasetiranje. Za nastavak istraživanja svakako je potrebno uvesti treće tijelo kako bi se stvorili uvjeti sličniji ustima te bi se na taj način mogli vrsnije usporediti naši rezultati s rezultatima sličnih istraživanja.

## Zaključak

Ispitivanjem je utvrđena znatna različitost u dubini i širini traga trošenja na različitim materijalima, što čini osnovu za kvantitativnu usporedbu otpornosti na trošenje dvaju različitih materijala. Uzorak glinične keramike ima veću otpornost na trošenje nego uzorak polimernoga materijala.

Ispitivanje je pokazalo djelotvornost naprave jer su se pojavili tragovi trošenja na uzorcima i daje osnovu za daljnja mjerenja i ispitivanja. Potrebno je također provesti ispitivanje u vlažnome mediju s trećim tijelom.

## Literatura

1. IVUŠIĆ V. Tribologija. Zagreb: Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, 1998.
2. SCHUYLER CH. Full denture service as influenced by tooth forms and materials. *J Prosthet Dent* 1951; 1: 33-7.
3. DAWSON PE. Evaluation, diagnosis and treatment of occlusal problems. 2nd ed. St. Louis: CV Mosby; 1989. 74-97.
4. BAUER W, VAN DEN HOVEN F, DIEDRICH P. Wear in the upper and lower incisors in relation to incisal and condylar guidance. *J Orofac Orthop* 1997; 58: 306-19.
5. WEDEL A, BORRMAN H, CARLSSON GE. Tooth wear and temporomandibular joint morphology in a skull material from the 17th century. *Swed Dent J* 1998; 22: 85-95.
6. IBSEN RL, OUELLET DF. Restoring the worn dentition. *J Esthet Dent* 1992; 4: 96-101.
7. SULONG MZ, AZIZ RA. Wear of materials used in dentistry: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 1990; 3: 342-9.
8. JACOBI R, SHILLINGBURG HT Jr, DUNCANSON MG. A comparison of the abrasiveness of six ceramic surfaces and gold. *J Prosthet Dent* 1991; 66: 303-9.
9. DeLONG R, PINTADO MR, DOUGLAS WH. The wear of enamel opposing shaded ceramic restorative materials: an *in vitro* study. *J Prosthet Dent* 1992; 68: 42-8.
10. RATLEDGE DK, Smith BG, Wilson RF. The effect of restorative materials on the wear of human enamel. *J Prosthet Dent* 1994; 72: 194-203.
11. JAGGER DC, HARRISON A. An *in vitro* investigation into the wear effects of selected restorative materials on enamel. *J Oral Rehabil* 1995; 22: 275-81.
12. ANUSAVICE KJ, DeLONG R, OH W. Factors affecting enamel and ceramic wear: A literature review. *J Prosthet Dent* 2002; 87: 451-9.
13. DORFER S, MAYER T, PINTADO MR, DOUGLAS WH. *In vitro* -wear of marginal Areas of Empress Inlays with Different Fitting Quality. *J Dent Res* 1994; 73: 371-4.

14. AL-HIYASAT AS, SAUNDERS WP, SMITH GM. Three-body wear associated with three ceramics and enamel. *J Prosthet Dent* 1999; 82: 476-81.
15. KOCZOROWSKI R, WLOCH S. Evaluation of Wear of selected prosthetic materials in contact with enamel and dentin. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 453-9.
16. PALMER DS, BARCO MT, PELLEU GB Jr, MCKINNEY JE. Wear of human enamel against a commercial castable ceramic restorative material. *J Prosthet Dent* 1991; 65: 192-5.
17. RAMP MH, SUZUKI S, COX CF, LACEFIELD WR, KOTH DL. Evaluation of wear: Enamel opposing three ceramic materials and a gold alloy. *J Prosthet Dent* 1997; 77: 523-30.
18. CLELLAND NL, AGARWALA V, KNOBLOCH LA, SEGHI RR. Wear of human enamel opposing low-fusing and conventional ceramic restorative materials. *J Prosthodont* 2001; 10: 8-15.
19. KOSOVEL Z, NIKŠIĆ D, SUVIN M. Materijali za stomatološku protetiku. Zagreb: kućna tiskara Sveučilišta u Zagrebu, 1969.
20. SEGHI RR, ROSENSTIEL SF, BAUER P. Abrasion of human enamel by different dental ceramics *in vitro*. *J Dent Res* 1991; 70: 221-5.
21. MAGNE P, OH WS, PINTADO MR, DeLONG R. Wear of enamel and veneering ceramics after laboratory and chair-side finishing procedures. *J Prosthet Dent* 1999; 82: 669-79.
22. AL-HIYASAT AS, SAUNDERS WP, SHARKEY SW, SMITH GM, GILMOUR WH. Investigation of human enamel wear against four dental ceramics and gold. *J Dent* 1998; 26: 487-95.