

PRIMJENA RIBBOND VLAKANA U RESTAURATIVNOJ STOMATOLOGIJI

Ivona Bago, dr. stom.
Prof. dr. sc. Božidar Pavelić*

*Zavod za dentalnu patologiju
Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Uvod

Razvoj kompozitno-adhezijske tehnologije doveo je do razvoja novih sustava materijala, koji su otvorili nove mogućnosti rješavanja estetskih i restaurativnih problema u stomatologiji. Danas pacijenti s gubitkom prednjih zuba, što predstavlja veliki estetski problem, imaju mogućnost protetske opskrbe novom vrstom materijala iz skupine FRC tehnologije (fiber reinforced composite technology) ili tehnologije vlaknima ojačanih kompozita.

Vlanknima ojačani kompoziti su materijali građeni od vlakana, koja prenose opterećenje, i matrice koja podupire vlakna i osigurava trajnost i estetiku. Matrica se najčešće sastoji od smolastih materijala: epoksi smole, poliestera, poliuretana, vinil estera.

Uporaba vlaknima ojačanih kompozita u restaurativnoj stomatologiji dobila je na važnosti tek posljednjih nekoliko godina, premda se o njihovoj vrijednosti u stručnim stomatološkim radovima redovito pisalo već sredinom prošlog stoljeća. Postoji nekoliko radova iz 60-ih i 70-ih godina prošlog stoljeća o polimetil-metakrilatnim smolama ojačanim staklenim (1) i ugljičnim vlaknima (2). Razlozi kasnijoj kliničkoj primjeni vlaknima ojačanih kompozita bili su složena manipulacija i adaptacija vlakana unutar kompozitne smole, te volumski udio vlakana koji je bio manji od 15%. Danas se vlaknima ojačani kompoziti mogu primijeniti za izradu radova u ordinaciji ili u zubotehničkom laboratoriju.

U tablici 1. prikazano je šest različitih estetskih sustava. Četiri sustava se sastoje od kompozita ojačanih staklenim vlaknima, a ostala dva kompozitna sustava su ojačana polietilenskim vlaknima.

I. Podjela vlaknima ojačanih kompozita

Vlanknima ojačani kompoziti mogu se podijeliti prema vrsti materijala, smjeru vlakana, te prema obradi organskom smolom.

1. Vrste vlakana prema kemijskom sastavu

Na tržištu stomatoloških materijala danas se nalaze uglavnom četiri vrste vlakana:

1. Polietilenska vlakna
2. Staklena vlakna
3. Aramid vlakna (kevlar vlakna)
4. Ugljična vlakna

Najčešće primjenjivana vlakna su staklena i polietilenska vlakna. Primjena određene vrste vlakana ovisi o kliničkom slučaju. Staklena vlakna najčešće se koriste za laboratorijski izradene radove, a polietilenska za izradu radova u ordinaciji.

Sustavi koji sadrže polietilenska vlakna su:

1. Ribbond-system (Ribbond, Seattle, NA)
2. belleGlass/Connect-system (Kerr-Girbach, Pforzheim, D)

Sustavi koji sadrže staklena vlakna su:

1. GlasSpan-system (GlasSpan, Exton, CA)
2. FibreKor-system (Jeneric/Pentron, Wallingford, CT)
3. Stick&Stick Net-system (Stick Tech, Turku, FIN)
4. Vectris/Targis system (Ivoclar, Schaa, FL) (3).

FibreKor sustav se sastoji od jednosmjernih preimpregniranih staklenih vlakana koja zahtijevaju manualno oblikovanje (4) dok Vectris sustav sadrži jednosmjerna ili pletena vlakna u već oblikovanim matricama. Kod primjene Vectris sustava za izradu pojedinačnih krunica koriste se pletena "Single" vlakna koja su pod kutom od 45°. Za mosne konstrukcije koriste se jednosmjerna "Ponticfl" vlakna za izradu substrukture, koja je prekrivena sustavom pletenih vlakana "Framefl koja su pod kutom od 90° (5). Sustav Stick sastoji se od preimpregniranih staklenih vlakana uključenih u termoplastičnu matricu. Ostali sustavi kao belleGlass/Connect i Ribbond sastoje se od polietilenskih vlakana, koja stomatolog ili zubni tehničar sam oblaže polimernom matricom prije adaptacije i polimerizacije.

2. Smjer vlakana

Vlakna mogu biti organizirana u obliku pojedinačnih ravnih vlakana, ili u pletenom obliku (pod 45° i pod 90°). Pletena vlakna osiguravaju bolju raspodjelu sila i multidirektno ojačavanje (6).

	Proizvođač	Tip vlakana	Preimpregnacija*	Adaptacija vlakana
<i>belleGlass/Connect</i>	Kerr-Girbach, Pforzheim	polietilenska	ne	manualna
<i>GlassSpan</i>	GlassSpan, Exton, CA	staklena	ne	manualna
<i>FibreKor/Sculpture</i>	Jeneric/Pentron, Wallingford, CT	staklena	da	manualna
<i>Ribbon</i>	Ribbon, Seattle, WA	polietilenska	ne	manualna
<i>Stick&Stick Net</i>	StickTech, Turku, Finland	staklena	da	manualna
<i>Vectris/Targis</i>	Ivoclar, Schaan, FL	staklena	da	vakuumski pritisak

Tablica 1.

* **Preimpregnacija monomerom (Vectris/FibreKor) ili polimerom (Stick/Stick Net)**

Tablica preuzeta iz:

Behr M, Rosentritt R, Lang G, Handel G. Flexural properties of fiber reinforced composite using a vacuum/pressure or manual adaptation manufacturing process. *J Dent* 2000; 28: 509-14.

3. Obrada vlakana organskom smolom

U kasnim 80-im godinama veća se pozornost pridaje uspješnom i potpunom oblaganju vlakana smolom. Od tada su se razvila dva pristupa u tehnologiji vlaknima ojačanih kompozita ovisno o obradi organskom smolom. Jedni sustavi, gdje stomatolog ili zubni tehničar sam oblaže vlakna nisko-viskoznom smolom, i drugi sustav, gdje su vlakna već obložena (preimpregnirana) smolom tijekom tvorničke proizvodnje (7). Jedan od prvih takvih sustava sastojao se od preimpregniranih vlakana unutar termoplastične matrice (8). Zbog lošeg svezivanja termoplastičnih materijala za površinu zuba, razvijeni su novi sustavi koji se sastoje od preimpregniranih staklenih vlakana i bisfenol-A-glicidil metakrilatne (Bis-GMA) smole (4).

Danas na tržištu postoje različiti sustavi preimpregniranih vlakana:

1. Sustav koji se sastoji od jednosmjernih staklenih vlakana koja zahtijevaju manualno oblikovanje (Sculpture/FibreKor)
2. Sustav koji sadrži jednosmjerna ili pletena vlakna u već oblikovanim matricama (Targis/Vectris)
3. Sustav koji se sastoji od preimpregniranih staklenih vlakana unutar termoplastične smole (Stick)

Ovakvi sustavi osiguravaju dovoljnu količinu vlakana za ojačavanje, minimaliziraju mogućnost nastanka pukotine između smole i preimpregniranih vlakana, te omogućuju dobro svezivanje (6). Dokazano je da sustavi s preimpregniranim jednosmjernim vlaknima imaju 2-3 puta veću sposobnost opterećenja i deset puta veći modul savijanja od vlakana koja oblaže stomatolog tijekom kliničkog postupka (4).

II. Mehanička svojstva vlaknima ojačanih kompozita

Posljednjih godina sve više raste uporaba vlaknima ojačanih kompozita u restaurativnoj i estetskoj stomatologiji za različite kliničke slučajeve (7). Čimbenici o kojima ovise mehanička svojstva vlaknima ojačanih kompozita su:

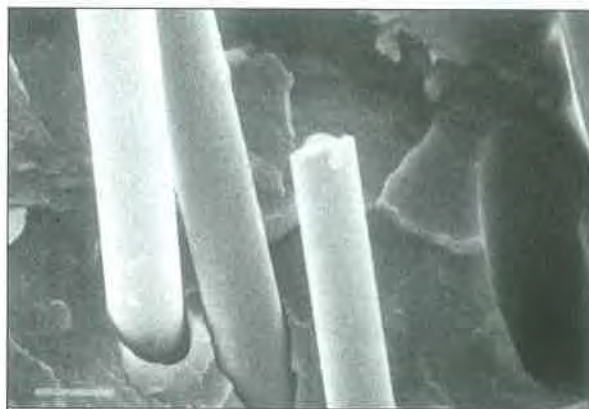
1. smjer vlakana
2. količina vlakana
3. obloženost vlakana organskom smolom
4. svezivanje vlakana s organskom smolom
5. svojstva vlakana i organske smole.

Vlakna imaju funkciju učvrstne osnove samo u onim slučajevima u kojima se sile opterećenja prenose s kompozitne osnove na vlakna. Dokazano je da vlakna povećavaju otpornost na lom i do sto puta (9). Mehanička svojstva najveća su u smjeru paralelnom na vlakna, a najmanja okomito na njih. U slučaju kada smjer opterećenja nije paralelan s vlaknima, mehanička svojstva vlaknima ojačanih kompozita su lošija i ovise o svojstvima organske smole (6). Elastičnost vlakana proporcionalno raste s porastom sastava vlakana, pri čemu količina vlakana u polimernoj matrici treba biti definirana volumenom, a ne težinskim postotkom (10, 11). Snaga vlaknima ojačanih kompozita ovisi o obloženosti vlakana unutar smolaste matrice i svezivanju vlakana s organskom matricom (slika 1, 2) (12). Potrebno je ostvariti dobru obloženost vlakana s polimernom matricom kako bi se osigurao prijenos opterećenja na vlakna (13). U slučaju nastanka pukotine između vlakna i kompozitne osnove smanjuje se sposobnost primanja i prenošenja opterećenja, a time i mehanička svojstva (10). Nadalje, slaba obloženost omogućuje zadržavanje vode (10, 14), i/ili ostataka zraka

(kisika) što inhibira radikalnu polimerizaciju organske smole (3). Dolazi do povećanja rezidualnog monomera, što smanjuje otpornost vlaknima ojačanih kompozita, te može uzrokovati upalnu reakciju na sluznici usne šupljine (15). Dokazan je pad čvrstoće savijanja za 10-20% nakon što su se vlaknima ojačani kompoziti držali u vodi (3).

III. Indikacije i kontraindikacije za primjenu vlaknima ojačanih kompozita

Postavljanje ispravnih indikacija, te precizna izvedba neophodni su za uspješnu primjenu vlaknima ojačanih kompozita i postizanje optimalnih estetskih rezultata (6).



Slika 1. Loša obloženost vlakana



Slika 2. Dobra obloženost vlakana

Slike 1 i 2 preuzete su iz: Freilich MA, Meiers JC, Duncan J, Goldberg AJ, ed: *Fiber-reinforced composites*. Carol Stream, Illionis: Quintessence Publishing Co, Inc, 2000; 9-19.

INDIKACIJE:

1. optimalni estetski rezultat
2. nemetalni, nekeramički most
3. želja za smanjenjem potencijalnog trošenja antagomista
4. štednja tvrdih zubnih tkiva zuba nosača

Ozljeđe trajnih zuba

1. imobilizacija luksiranih ili replantiranih zuba

Parodontologija

1. terapija parodontološki rasklimanih zuba
2. predkirurška udloga
3. privremena mjera nakon parodontološke terapije
4. privremena parodontološko-ortodontska terapija

PRIMJENA RIBBOND VLAKANA U RESTAURATIVNOJ STOMATOLOGIJI

Protetika

1. privremene proteze za dugotrajnu primjenu
2. ojačavanje kruna od kompozitne smole
3. za izradu direktnih i indirektnih fiksnih protetskih radova od kompozitne smole
4. učvršćivanje napuknutih zuba
5. privremene fiksne pokrovne proteze i udlage
6. za reparaturu mobilnih potpunih i djelomičnih proteza
7. ojačavanje endodontski liječenih zuba

Ortodoncija

1. za izradu ortodontskih držača
2. za izradu držača mjesta
3. posttraumatske imobilizacijske udlage

KONTRAINDIKACIJE:

1. nemogućnost osiguranja suhog radnog polja zbog akutne ili kronične upale gingive
2. situacije gdje su granice preparacije duboko u sulkusu
3. širi raspon mosta (most s dva ili više međučlanova)
4. pacijenti s parafunkcijama
5. prisutnost neglazirane keramike na zubu antagonistu
6. alkoholizam

IV. Ribbond vlakna

Ribbond vlakna su polietilenska vlakna vrlo visoke molekularne mase i izuzetne čvrstoće. Površina vlakana je obrađena elektrokemijskim plazma postupkom čime se poboljšalo svezivanje za kompozitnu smolu, a time i mehanička svojstva (16). Posebna vrsta njegovog križnog tkanja pridonosi boljem prijenosu opterećenja i dobroj prilagodbi unutar zubnog luka i na površini zuba. Elastičnost vlakna smanjuje pretjerano opterećenje okolne kompozitne smole i zuba nosača (17).

PRIMJENA RIBBOND VLAKANA

1. parodontne udlage
2. direktni adhezivni mostovi
3. indirektni (laboratorijski izrađeni) adhezivni mostovi
4. ortodontski držači
5. imobilizacija traumatiziranih zuba
6. popravak i ojačavanje mobilnih protetskih radova
7. učvršćivanje i minimalizacija loma kod dugotrajnih provizornih mostova učvršćenih na implantantima
8. izrada onlaya, krunica
9. ojačavanje kolčića i nadogradnji kod endodontski liječenih zuba.

V. Klinički slučaj

Pacijent dolazi u ordinaciju zbog otoka i boli u vestibulu-
mu u području gornjeg lijevog postraničnog sjekutića (slika 3).

Anamneza

Pacijent navodi da je na zubu 22 rađeno opetovano endodontsko liječenje. Svaki put bi se nakon završene endodontske terapije pojavio otok u području vestibuluma. Zaključno je provedena kirurška terapija (kiretaža periapiksa bez odstranjenja vrška korijena). Nekoliko mjeseci nakon završenog kirurškog postupka ponovno se pojavljuje lagani otok..

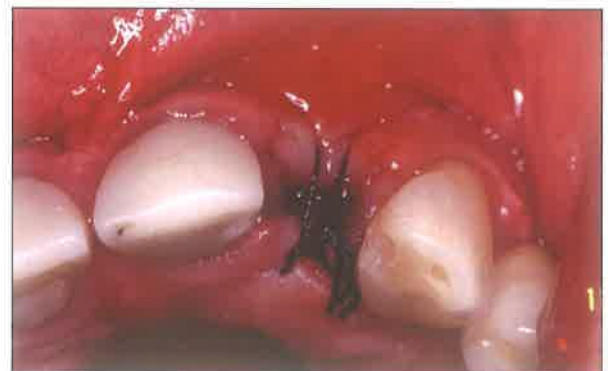
Zbog vjerojatnog postojanja okomite frakture korijena pacijentu je predloženo vađenje zuba uz mogućnost njegove obrade i ponovnog vraćanja u usnu šupljinu. Terapija se izvodi pomoću kompozitno-adhezijske tehnike i Ribbond vlakana. Cijeli klinički rad obavlja se u jednoj posjeti.



Slika 3. Otok u području zuba 22



Slika 4. Prikaz kaviteta



Slika 5. Zbrinuta ekstrakcijska rana



Slika 6. Izvađeni zub s vertikalnom frakturom korijena

Klinički rad

Nakon pregleda radnog polja odlučeno je napraviti preparaciju kaviteta na središnjem i postraničnom sjekutiću te očnjaku. Nakon anesteziranja radnog područja, 21-23, pristupilo se izradi budućeg kaviteta. Na distalnoj strani središnjeg sjekutića i mezijalnoj strani očnjaka, s nepčane strane, izrađene su preparacije III. razreda, koje su međusobno spojene prepariranim kavitetom na postraničnom sjekutiću duž cijele nepčane plohe (slika 4). Važno je da se granice rubova kaviteta nalaze na istoj visini zbog kasnijeg postavljanja vlakna unutar kaviteta.

Nakon vađenja zuba rana se zbrinula s dva šava i komprimirala sterilnom gazom (slika 5). Dok pacijent drži sterilnu gazu u zagrizu, izvađeni zub (slika 6) se obradi i pripremi za ponovno pričvršćivanje u ustima. Kod pripreme izvađenog zuba prvo se odstrani ostatak korijena na željenoj visini (slika 7), a unutrašnjost preostale krune se očisti i najetka s 37% ortofosfornom kiselinom, pažljivo ispere vodom, osuši te se stavi adhezijski sustav i polimerizira. Zatim se nanosi kompozitni materijal u slojevima i polimerizira (slika 7). Na taj se način oblikuje buduća ploha okrenuta prema gingivi. Nakon polimerizacije površina kompozita se obradi finim dijamantnim brusnim tijelima i zapolira s gumicom uz lubrikacijsku pastu i/ili ispiranje vodom (slika 8). Primarno ispreparirani kavitet s nepčane strane se ne obrađuje.

Prije postavljanja zuba u željeni položaj, radno polje u ustima se izolira koferdamom. Ispreparirani se kaviteti na središnjem sjekutiću i očnjaku najetkaju 37% ortofosfornom kiselinom, isperu vodom, osuše i premažu adhezivom. Isti postupak se uradi s pripremljenim zubom. U ovom slučaju bilo je dovoljno prostora između postraničnih nosača i zuba koji se nadograđuje pa se adhezijski sustav odmah ispolimerizirao. Ukoliko je kontakt zuba koji se nadograđuje sa susjednim zubima tijesan, adheziv se ne smije polimerizirati prije samog postavljanja. U protivnom se može dogoditi da zub, zbog manjka prostora, ne može biti postavljen u željeni položaj. U svaki se kavitet stavi tanki sloj tekućeg kompozita i polimerizira. Na taj se način kavitet pripremio za postavljanje vlakna s kompozitom.

Prema već prije obavljenom mjerenju veličine kaviteta, iz kompleta se uzima vlakno te se odreže željena dužina posebnim škarama predviđenim za rezanje vlakana. Odrezana veličina vlakna pripremi se za stavljanje na taj način da se prvo nanese tanak sloj adheziva, a potom tekući kompozit na obje strane vlakna (slika 9). Nanošenje mora biti polagano i pažljivo da se izbjegnu mogući ostaci zračnih mjehurića. Tako pripremljeno vlakno se ne polimerizira već se do unošenja u usta prekrije priručnom kutijicom koja ne propušta svjetlost.

Postavljanje zuba u određeni položaj u usnoj šupljini može biti zahtjevno. Pritom si možemo pomoći izradom "pomoćnog nosača". Kao nosač pripremljenog zuba može se uzeti metalno svrdlo koje se uz pomoć tekućeg kompozita pričvrsti na zub.

Pripremljeni zub stavi se u željeni položaj (slika 10), a njegovi krajevi se pričvrste sa susjednim zubima tekućim kompozitom koji se polimerizira. Nakon toga se stavi jedan sloj kompozita u kavitet s nepčane strane na unutrašnju stijenku labijalne plohe, i polimerizira. Tako se dobije kompozitna osnova na koju se stavlja vlakno obloženo tekućim kompozitom. Vlakno se pažljivo stavlja u kavitet, suvišak tekućeg kompozita se odstrani i polimerizira. Preostali dio kaviteta se ispuni kompaktnim kompozitom (slika 11) pazeći pritom da trokutasti interdentalni prostor prema gingivi ostane čist u



Slika 7. Polimerizacija kompozita



Slika 8. Poliranje gumicom



Slika 9. Stavljanje adhezijskog sustava na Ribbond traku



Slika 10. Postavljanje pripremljenog zuba u zubni niz

PRIMJENA RIBBOND VLAKANA U RESTAURATIVNOJ STOMATOLOGIJI

svrhu mogućeg održavanje dostatne higijene.

Nakon završne polimerizacije koferdam se odstrani i pristupi se provjeri okluzije i artikulacije. Nadomješteni zub ne smije biti u preranom kontaktu ni sudjelovati, ili biti jedini zub preko kojega se odvijaju klizne kretnje. Kad su dobiveni željeni okluzijsko-artikulacijski odnosi, pristupa se obradi labijalne plohe i interdentalnih prostora. Obrada se radi finim dijamantrnim brusnim tijelima, a završno poliranje s gumicama i pastom za poliranje (slika 12).

Nakon završnog poliranja pažljivo se prođe sondom preko cijelog radnog polja u svrhu otkrivanja ostataka adhezijskog sustava ili tekućeg kompozita, naročito u interdentalnim područjima (slika 13).

Osvrt na kliničku primjenu

Razvoj tehnologije vlaknima ojačanih kompozita omogućio je izradu estetskih i funkcionalnih protetskih nadomjestaka, koji su danas alternativa keramičkim nadomjestcima. Ribbond vlakna su biokompatibilna, translucetana i bezbojna te zbog toga čine izuzetnu estetsku osnovu. Kompoziti ojačani polietilenskim vlaknima pokazuju visoku otpornost na lom (18). Jednostavnost primjene Ribbond vlakana omogućuje završetak rada u jednoj kliničkoj posjeti. Za razliku od preimpregniranih sustava, kod primjene Ribbond vlakana stomatolog mora sam obložiti polietilenska vlakna smolom prije adaptacije na zubu i polimerizacije. Uspjeh obloženosti polietilenskih vlakana, a time i stupanj svezivanja, te mehanička svojstva ovise o spretnosti stomatologa (11). Loša obloženost uzrokuje nastanak pukotine i stvaranja praznog prostora između vlakna i kompozitne osnove. Time se smanjuje sposobnost primanja i prenošenja opterećenja, a posljedično tome i sama mehanička svojstva (10). Iako su neka istraživanja dokazala da preimpregnirana vlakna ostvaruju bolje svezivanje sa smolom (19), druga istraživanja nisu pronašla značajnu razliku stupnja svezivanja smolaste matrice s vlaknima i preimpregniranim vlaknima (20). I dalje ostaju suprotna mišljenja kada je riječ o načinu vezanja polietilenskih vlakana s nisko-viskoznom smolom. S jedne strane govori se o prednosti polietilenskih vlakana koja se kemijski vežu za smolu (21), dok su druga istraživanja dokazala postojanje samo mehaničke fiksacije polietilenskih vlakana za smolastu matricu (11). Čak ni polietilenska vlakna obrađena plazma postupkom ne postižu kemijsku vezu za smolu. Zato se mehanička svojstva kompozita ojačanih polietilenskim vlaknima smatraju lošijima od mehaničkih svojstava preimpregniranih sustava (11). S druge strane kod rada s preimpregniranim sustavima postoji veća mogućnost kontaminacije jer sustavi dolaze u već oblikovanim matricama.

Zaključak

Visoki stupanj estetike i dobra mehanička svojstva vlaknima ojačanih kompozita omogućila su ovim materijalima sve veću kliničku primjenu u gotovo svim područjima stomatologije. Osim za izradu direktnih i indirektnih protetskih radova, vlaknima ojačani kompoziti mogu se primijeniti za reparaturu mobilnih potpunih i djelomičnih proteza, za ojačavanje endodontski liječenih zuba, za imobilizaciju rasklamanih zuba u parodontologiji, za imobilizaciju traumatiziranih zuba u kirurgiji, za izradu držača mjesta u ortodonciji, ... Primjenom vlaknima ojačanih kompozita za protetsko zbrinjavanje nedostatka jednog zuba štedimo tvrda tkiva zuba nosača te sprječavamo moguću upalu pulpnog tkiva uzrokovanu pretjeranim brušenjem. Nadalje, osim štednje zubnog tkiva, manjim opsegom brušenja nastoji se izbjeći



Slika 11. Završno nanošenje kompozita



Slika 12. Izgled završnog rada



Slika 13. Izgled pacijenta nakon završenog rada

ulazak u područje pričvrstnog epitela gingive, što je čest slučaj kod preparacije za krunice ili nosače mosta. Za uspješnu primjenu Ribbonda i ostalih vrsta vlaknima ojačanih kompozita, potrebno je precizno odrediti indikacije i kontraindikacije. Samo se tako mogu u potpunosti iskoristiti prednosti ove skupine materijala i osigurati trajnost rada.

Literatura

1. Smith DC. Recent developments and prospect of dental polymer. *J Prosthet Dent* 1962; 12: 1066.
2. Schreiber CK. Polymethyl-methacrylate reinforced with carbon fibers. *Br Dent J* 1971; 130: 29-30.
3. Behr M, Rosentritt R, Lang G, Handel G. Flexural properties of fiber reinforced composite using a vacuum/pressure or manual adaptation manufacturing process. *J Dent* 2000; 28: 509-14.
4. Freilich MA, Karmaker AC, Burstone CJ, Goldberg AJ. Development and clinical applications of a light-polymerized fiber-reinforced composite. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 311-8.
5. Loose M, Rosentritt M, Leibrock A, Behr M, Handel G. In-vitro study of fracture resistance and marginal adaptation of fiber-reinforced-composite versus all ceramic fixed partial dentures. *Eur J Prosthodont Rest Dent* 1998; 6: 55-62.
6. Freilich MA, Meiers JC, Duncan J, Goldberg AJ. Composition, Architecture, and Mechanical Properties of Fiber-reinforced Composites. In: Freilich MA, Meiers JC, Duncan J, Goldberg AJ, ed: *Fiber-reinforced composites*. Carol Stream, Illionis: Quintessence Publishing Co, Inc, 2000; 9-19.
7. Goldberg AJ, Burstone CJ. The use of continuous fiber reinforcement in dentistry. *Dent Mater* 1992; 8: 197-202.
8. Goldberg AJ, Burstone CJ, Hadjiniolau I, Jancar J. Screening of matrices and fibres for reinforced thermoplastics intended for dental applications. *J Biomed Mater Res* 1994; 28: 167-73.
9. Tamer AH, Rosenstiel SF, Elhosary MM, Ibraheem RB. The effect of fiber reinforcement on the fracture toughness and flexural strength of provisional retorative resins. *J Prosthet Dent* 2004; 91: 258-64.
10. Issac DM. Engineering aspects of the structure and properties of polymer-fibre composites. In: Vallitu PK, editor: *The First International Symposium on Fibre-Reinforced Plastics in Dentistry*, 27-29 August 1998, Turku, Finland. University of Turku, Institute of Dentistry & biomaterials Project, 1999.
11. Vallitu PK. Ultra-high modulus polyethylene Ribbon as reinforcement for denture polymethyl methacrylate: a short communication. *Dent Mat* 1997; 13: 381-2.
12. Vallitu PK. Strength and interfacial adhesion of FRC-tooth system. In: Vallitu PK, editor. *The Second International Symposium on Fibre-Reinforced Plastics in Dentistry*. University of Turku, Institute of Dentistry and Biomaterials Research; 2002.
13. Miettinen NA, Narva K, Vallitu PK. Water sorption, solubility and effect of post-curing of glass fibre einforced polymers. *Biomater* 1999; 20: 1187-94.
14. Vallitu PK, Ruyter IE, Ekstrand K. Effect of water storage on flexural properties of E-glass and silica fiber acryl resin composite. *J Dent Res* 1998; 77(B): 764 (Abstr.#1059).
15. Hensten-Pettersen A. Skin and mucosa reactions associated with dental materials. *Eur J Oral Sci* 1998; 106: 707-12.
16. Ramos V Jr, Runyan DA, Christensen LC. The effect of plasma treated polyethylene fiber on the fracture strength of polymethyl methacrylate. *J Prosthet Dent* 1996; 76: 94-6.
17. Mito RS, Caputo AA, James DF. Load transfer abutment teeth by two non-metal adhesive bridges. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1991; 3(7): 31-7.
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. Freilich MA, Karmaker AC, Burstone CJ, Goldberg AJ. Development, clinical applications of a light-polymerized fiber-reinforced composite. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 311-8.
20. Bae JM, Kim KN, Hattori M, Hasegawa K. The Flexural Properties of Fiber Reinforced Composite with Light Polymerized Polymer Matrix. *Int J Prosthodont* 2001; 14: 33-9.
21. Miller ET, Margalit S, Creamer TJ. Emergency direct/indirect poliethylene Ribbon-reinforced composite resin, fixed partial denture: A case report. *Compend* 1996; 17: 182-9.