



Susanna Segerström och I. Eystein Ruyter

## Fiberarmerade protetiska material

Vad är möjligt idag och vilka möjligheter finns för fiberförstärkta material i framtiden?

Under senare år har flera fiberförstärkta material med dental applikation kommit på marknaden med allt bättre egenskaper (1,2). Forskningen på fiberförstärkta polymera material är omfattande, men kliniska uppföljningstider är ännu korta. Efterfrågan på prisvärda, hållfasta och estetiskt fördelaktiga material är dock stor. Vid dentalt stödda konstruktioner utnyttjas ofta adhesiv cementeringsteknik och tandsubstansbevarande prepareringsteknik. Det finns även behov av hållfasta alternativa material för såväl avtagbara protetiska konstruktioner som implantatförankrade broar. Sådana material skulle ha flera indikationer, särskilt inom geriatrisk odontologi.

### Fråga

Vad menas med fiberförstärkta material?

**Svar:** Fiberförstärkta material består av minst två komponenter; fibrer som ger styrka och styvhet och omgivande matrix (bindningsmedel), som bidrar till hanterbarheten.

Med fiberförstärkt polymer menas en polymer som är förstärkt med fibrer (fiberkomposit).

Vanliga typer av polymerer som använts inom odontologi är metylmetakrylat/polymetylmakrylat (MMA/PMMA), dimetakrylater och epoxy. Epoxy har relativt låg viskositet och kan lättare väta fibrer. Epoxy används idag vid fiberförstärkta endodontiska stift. Av biologiska skäl är det dock

önskvärt att minska hanteringen av epoxymaterial (3).5

### Fråga

Vilka olika typer av fibrer kan användas för fiberförstärkning av polymera material och vilka användningsområden har de?

**Svar:** Goda mekaniska egenskaper för fiberförstärkta polymerer har dokumenterats sedan 1960-talet i industriella applikationer som tex sportutrustning och bilkarosseri samt båt- och flygskrov (4).

Olika fibrer som föreslagits för fiberförstärkning är glasfiber, aramidfiber, polyuretanfiber/Zylon, borfiber, UHMWPE (*ultra high molecular weight polyethylene*)-fiber och karbon/grafit-fiber.

Vidhäftning mellan polymermatriser och UHMWPE-fibrer är svår att åstadkomma vilket leder till att armeringseffekten blir begränsad (6). UHMWPE-fibrer har använts vid dentalt bruk.

En nackdel med polymera material förstärkta med aramidfibrer är att de är svåra att mekaniskt bearbeta (polera och putsas). Aramidfiber förekommer bla i skottsäkra västar, detsamma gäller även zylon-fibrer.

Olika typer av glasfiber har oftare använts i tandtekniskt framställda produkter. Karbon/grafit fiberförstärkta polymerer kan användas för broar på implantat (6,7). På senare år har även glasfiberförstärkning beskrivits i litteraturen vid implantatförankrade broar (8). Rotförankring med glasfiber- och karbon/grafit-fiber förstärkta stift ökar markant.

Så kallade E-glasfiber (*electrical grade*) är det vanligast förekommande fiberförstärkningsmaterialet inom dental och industriell applikation. Även andra typer av glasfiber förekommer så som kisel-glasfiber, C- (*chemical resi-*

*stance*) och S(*high strength*)-glasfiber. Glasfiber har god styrka och är färglösa. De kan silaniseras och preimpregneras. Glasfiber med preimpregnering (Stick och StickNet, Finland, Vectris, Liechtenstein, och Fibrekor, USA) finns på marknaden, (den senare impregnerad med monomer) (9). Glasfiberförstärkta material kan användas i avtagbara proteser, temporära broar och etsbroar.

Inom parodontologi används fiberförstärkning till splinting av parodontalt svaga tänder och även inom ortodonti kan fiberförstärkning användas för retention (2). Glasfiberförstärkta polymerer har också marknadsförts för permanenta broar. I dessa system är ofta glasfibrerna preimpregnerade med dimetakrylatmonomerer.

### Fråga

Vilka faktorer påverkar de mekaniska egenskaperna hos fiberförstärkta material?

**Svar:** *Adhesion* – God adhesion mellan fiber och matrixmaterialet är en förutsättning för hög hållfasthet (10,11) och beständighet. Tidigare problem har varit fibrernas dåliga bindning till MMA/PMMA-baserade material då impregneringen av fibrerna försvåras av hög viskositet på MMA/PMMA och dålig vätnings. Detta kan leda till att det fiberförstärkta materialet inte får så hög hållfasthet som det skulle kunna ha. Utan tillräcklig adhesion kan tillsättning av fiber till och med försvaga materialet (12).

*Fuktpåverkan* – Det är hävdad att glasfiberkomposit som används i protesbasmaterial är relativt stabila mot hydrolytisk effekt av vatten. Böj-hållfastheten reduceras dock vid vattenförvaring (13). MMA/PMMA-baserade karbon/grafit-komposit med kemiskt rengjord yta och preimpregnerad med en monomerblandning visar

### Forfattare

Susanna Segerström, gästforskare,  
I. Eystein Ruyter, seniorforskare  
NIOM, Nordisk Institut för  
Odontologisk Materialprövning

ingen reduktion i böjhållfasthet efter 90 dagar i vatten (14).

God adhesion mellan glasfiber och polymer är möjlig vid silanisering av glasfibrerna. Denna adhesion verkar dock avta med vattenförvaring (15). Andra glasfiber som silicaglas kan ge bättre långtidsstabilitet (16).

*Fibrernas riktning* har stor betydelse för de mekaniska egenskaperna hos polymeren. Kontinuerliga fibrer ger bättre mekaniska egenskaper i jämförelse med korta fibrer (17). När fibrerna har en riktning (fiberbunt) förstärks materialet i en riktning. Används istället ett nät, dvs man har fibrer i två riktningar förstärks polymeren i två riktningar (9). Detta har stor klinisk betydelse sett till det komplexa mönster av kraftkomponentriktningar som förekommer i munnen. Används en flätad tubulär struktur av fibrer kan förstärkning i fler än två riktningar erhållas [14].

*Positionen* av fiberförstärkningen i materialet är av betydelse för hållfasthetsegenskaperna hos ett låginnehållande fiberförstärkt material bör fiberförstärkningen placeras på sträcksidan av materialet (18).

*Mängden fibrer*, men även *porositeter* mellan fibrerna, påverkar hållfastheten. Generellt kan sägas, att ju mer fiber desto starkare material, men bara upp till en viss gräns. Porer mellan fibrerna minskar hållfasthetsegenskaperna (10). Med lämplig framställningsteknik bör det vara möjligt att skapa en god adhesion och avvägning mellan optimalt fiberinnehåll och mängd bindningsmedel.

*Fibertyp* – Olika fibertyper har olika egenskaper vilket kan påverka kompositens egenskaper. En fördel med karbon/grafit-fiber är dess goda hållfasthet som överstiger den för glasfiber (4). Nackdelen med karbon/grafit-fiber är dess svarta färg. Kolfiberförstärkta polymerer måste beläggas med ett opakt skikt och därefter täckas med rosa polymer för god estetik.

### Fråga

Vad är prognosen för konstruktioner i fiberförstärkta polymera material?

*Svar:* Uppföljningstider på 4 år för adhesivt cementerade glasfiberförstärkta delbroar finns dokumenterat (19,20). Lyckandefrekvens på 95 % beskrivs när patienter med svår parafunktion exkluderats (19). I en annan klinisk rapport där man följde 38 adhesivt cementerade fiberförstärkta konstruktioner finner man lägre lyckandefrekvens (72 %). Pga slitage, missfärgning, frakturer och fiberexponering anser författarna, att dessa konstruktioner endast bör användas för temporära ersättningar (20). Den protetiska konstruktionen i fiberarmerade material har visat sig påverkas av fukt vilket begränsar hållbarheten. Nyare forskning pekar mot att förbättrade fiberförstärkta material tål fuktig miljö och åldrande bättre än tidigare (21).

### Fråga

Håller karbon/grafit-fiberförstärkta material för framställning av implantatbroar?

*Svar:* I en multicenterstudie där man följde implantatbroar i 3,5 år noterades en 70 % överlevnad. Konklusionen var att dessa första generationers karbon/grafit-fiberförstärkta implantatbroar kan användas med hög precision till låg kostnad med gott estetiskt resultat, men att de mekaniska egenskaperna inte var tillfredsställande (6). I en pilotstudie där kolfiberbroar med Bowens resin kunde utvärderas på fem patienter efter 5 år sågs inga sprickor i broskelletet. En bro hade en ytlig spricka i det dentala akrylatet (7).

De senare åren har karbon/grafit-fiberförstärkt polymer utvecklats vidare vid NIOM. Den kan nu lagras och hanteras i plastiskt tillstånd före värmepolymerisering. Resultat från laborieförsök visar bättre mekaniska egenskaper än tidigare, trots vattenlagring och termocykling. Detta material har i en pilotstudie kliniskt testats på 20 implantatbroar. Efter uppföljningstider på 1–3 år kan inga frakturer konstateras (22). Resultat från in vitro försök och pilotförsök kommer att utvärderas i en klinisk multicenterstudie av implantatförankrade karbon/grafit-fiberbroar.

### Fråga

Hur långt har användningen av fiberförstärkta material kommit?

*Svar:* Sammanfattningsvis kan man säga att glasfiberförstärkta material kan fungera väl för temporära ersättningar som etsbroar och kortare partiella broar samt till förstärkning av protesbasen vid avtagbar protetik. Vad gäller det nya karbon/grafit-fiberförstärkta materialet för implantatförankrad broprotetik får utvärdering ske efter kliniska studier.

### Referenser

1. Goldberg AJ, Burstone CJ. The use of continuous fiber reinforcement in dentistry. *Dent Mater* 1992; 8: 197–202.
2. Kangasniemi I, Vallittu P, Meiers J, Dyer SR, Rosentritt M. Consensus statement on fiber-reinforced polymers: current status, future directions, and how they can be used to enhance dental care. *Int J Prosthodont* 2003; 16: 209.
3. Ponten A, Zimerson E, Sorensen O, Bruze M. Chemical analysis of monomers in epoxy resins based on bisphenols F and A. *Contact Dermatitis* 2004; 50: 289–97.
4. Delmonte J. Technology of carbon and graphite fiber composites. Origins of carbon and graphite fibers. New York: Van Nostrand Reinhold Co; 1981. p. 1–40.
5. Takagi K, Fujimatsu H, Usami H, Ogasawara S. Adhesion between high strength and high modulus polyethylene fibers by use of polyethylene gel as an adhesive. *J Adhes Sci Technol* 1996; 10: 869–82.
6. Bergendal T, Ekstrand K, Karlsson U. Evaluation of implant-supported carbon/graphite fiber-reinforced poly(methyl methacrylate) prostheses. A longitudinal multicenter study. *Clin Oral Implants Res* 1995; 6: 246–53.
7. Bergendal T, Andersson M, Brajnovic I. Carbon/graphite fiber-reinforced composite frameworks in fixed mandibular implant supported prostheses in elderly patients. A pilot study. *Swed Dent J* 2001; 25: 180–1.
8. Freilich MA, Duncan JP, Alarcon EK, Eckrote KA, Goldberg AJ. The design and fabrication of fiberreinforced implant prostheses. *J Prosthet Dent* 2002; 88: 449–54.

9. Ruyter IE, Kaaber S, Vallittu PK. Plast og protetik. Tandläkartidningen 1999; 91: 39–51.
10. Vallittu PK. The effect of void space and polymerization time on transverse strength of acrylic-glass fiber composite. J Oral Rehabil 1995; 22: 257–61.
11. Vallittu PK, Ruyter IE, Ekstrand K. Effect of water storage on the flexural properties of E-glass and silica fiber acrylic resin composite. Int J Prosthodont 1998; 11: 340–50.
12. Kilfoil BM, Hesby RA, Pelleu GB Jr. The tensile strength of a composite resin reinforced with carbon fibers. J Prosthet Dent 1983; 50: 40–3.
13. Vallittu PK. Some aspects of the tensile strength of unidirectional glass fibre-polymethyl methacrylate composite used in dentures. J Oral Rehabil 1998; 25: 100–5.
14. Ekstrand K, Ruyter IE, Wellendorf H. Carbon/graphite fiber reinforced poly(methylmethacrylate): Properties under dry and wet conditions. J Biomed Mater Res 1987; 21: 1065–80.
15. Matinlinna J. Silane chemistry aspects in some conventional and novel dental biomaterials [thesis]. Turku; 2004.
16. Meriç G, Dahl JE, Ruyter IE. Physicochemical evaluation of silica glass fiber reinforced polymeric materials. Personlig kommunikation; 2004.
17. Chung K, Lin T, Wang F. Flexural strength of a provisional resin material with fibre addition. J Oral Rehabil 1998; 25: 214–7.
18. Dyer ST, Lassila LV, Jokinen M, Vallittu PK. Effect of fiber position and orientation on fracture load of fiber-reinforced composite. Dent Mater 2004; 20: 947–55.
19. Freilich MA, Meiers JC, Duncan JP, Echrote KA, Goldberg AJ. Clinical evaluation of fiber-reinforced fixed bridges. J Am Dent Assoc 2002; 133: 1524–34.
20. Behr M, Rosentritt M, Handel G. Fiber-reinforced composite crowns and FPDs: a clinical report. Int J Prosthodont 2003; 16: 239–43.
21. Segerström S, Ruyter IE. Opubl.2005.
22. Ekstrand, K. Personlig kommunikation; 2005.

*Adresse: I. Eystein Ruyter, NIOM, Nordisk Institutt for Odontologisk Materialprøving, Kirkeveien 71 B, postboks 70, N-1305 Haslum, Norge.*