

DENTAL CADMOS

E S T R A T T O

Dental Cadmos 2005; vol. 73, 8: 33-41

Valutazione di un nuovo composito con riempitivo vetro-ceramico

P. Maturo, A. Barlattani Jr, M. Bartolino, C. Perugia, M. Costacurta, R. Docimo

Valutazione di un nuovo composito con riempitivo vetro-ceramico

1. Introduzione

Le attuali tecnologie sono costantemente alla ricerca di nuovi materiali che soddisfino le esigenze funzionali e al tempo stesso estetiche, sia per quanto riguarda l'applicazione odontoiatrica nell'adulto sia in ambito pedodontico. Questo lavoro mira a testare l'efficacia di un nuovo composito con riempitivo vetro-ceramico a base di particelle allungate, simili a fibre. L'aspetto relativo alle proprietà meccaniche di tali materiali innovativi è stato approfondito alla luce di un'accurata analisi della letteratura recente sul tema. Dopo aver valutato l'elevata resistenza del composito in esame, è stata verificata *in vitro* la qualità del sigillo marginale. Tale proprietà del restauro è fondamentale al fine di garantire l'integrità della ricostruzione per un tempo sufficientemente lungo e una riduzione dei reinterventi, il 40% dei quali è dovuto alla carie secondaria (1).

Compositi ibridi rinforzati con fibre ceramiche

Negli ultimi anni, l'obiettivo dei ricercatori nel tentativo di mi-

gliorare le resine composite si è concentrato sulla sperimentazione di nuovi tipi di filler e sullo sviluppo di fasi di riempitivi ibridi (2, 3).

Recentemente, sono stati introdotti sul mercato compositi caricati con cristalli ceramici. Si tratta di strutture estremamente sottili e allungate tali da ricordare la forma del baffo di gatto (4).

Ogni singola fibra ceramica è stata ottenuta per fusione di particelle di silice, in modo da:

- rendere più semplice la silanizzazione;
- facilitare la distribuzione del filler (5);
- migliorare la ritenzione del filler nella matrice, grazie all'aumento della ruvidezza di superficie della fibra stessa (6).

Queste fibre ceramiche sono cristalli singoli che possiedono un alto grado di perfezione strutturale e alti valori di elasticità e durezza. Il modulo elastico delle fibre ceramiche è approssimativamente di 50 GPa, contro i 3 GPa per le fibre di vetro (7). La resistenza alla rottura delle fibre ceramiche è

Abstract Evaluation of a new glass-ceramic filled composite

Modern technologies are constantly searching new restorative materials that should be functional as well as aesthetical and that may be used both in adult and in children. The present work aims to test the effectiveness of a new hybrid filler with elongated fibre-like ceramic-glass particles. A thorough review of the literature, together with the analysis of results obtained by this experimental study, has led the Authors to conclude that this new material is especially useful in all situations of high occlusal stress. In particular, it showed a high resistance to the propagation of micro-fractures, due to the elongated form of the particles used and to the peculiar silanization technique employed in its production. The results of the present work are rather satisfying and they confirm the properties already known of the material under examination. In particular they have highlighted a good continuity between composite and etched enamel surface.

Key words

Composite
Ceramic-glass fibres
Marginal gap

vicina a $3 \text{ MPaxm}^{1/2}$, mentre quella delle fibre di vetro è di circa $0,7 \text{ MPaxm}^{1/2}$ (8). Inoltre, le fibre ceramiche hanno una forma estremamente allungata (lunghezza pari a $5 \mu\text{m}$ e diametro di $0,5 \mu\text{m}$), il che comporta il potenziale beneficio di collegare tra loro le microfrazture della matrice, prevenendone la propagazione (8) ed evitando che, durante il processo d'usura, il materiale riempitivo possa subire microspostamenti.

Diversi studi (4, 6, 8) hanno dimostrato che, utilizzando fibre ceramiche come riempitivo, si ottiene un incremento della resistenza alla flessione e alla frattura della resina composita pari a due volte lo standard dei compositi ibridi convenzionali (4). Inoltre, aumentando la durata del trattamento termico cui sono sottoposti tali materiali, si verifica un ulteriore incremento del modulo di elasticità e della durezza (9). Ciò sembrerebbe non dipendere da un reale aumento della durezza delle fibre ceramiche né tanto meno della matrice resinosa, ma dalle variazioni indotte dal trattamento termico alle porzioni silaniche connesse tra le fibre e la resina (10).

La qualità della silanizzazione risulta essere direttamente dipendente dalla quantità di silice fusa sulla superficie delle fibre ceramiche (11, 12). Da ciò si evince la criticità del rapporto fibre/silice. Una recente ricerca (11) ha provato che un rapporto 0:1 corrisponde a un composito convenzionale riempito con particelle di vetro e, come tale, presenta una resistenza alla frattura e una durezza simili ai compositi utilizzati come controllo. Un rapporto 2:1 evidenzia, invece, un netto aumento

della resistenza alla propagazione della frattura conseguente al comportamento delle fibre che, durante le sollecitazioni meccaniche, tendono a formare un'impalcatura che garantisce l'unione dei frammenti derivati dalle microfrazture della matrice (11).

L'aumento della resistenza alla frattura, che rappresenta la peculiarità di questi nuovi materiali, è determinata da tre meccanismi caratteristici:

- il fattore più importante è rappresentato dalla forma del riempitivo (13), ovvero delle particelle allungate simili a fibre che resistono meglio alle forze e alla propagazione di eventuali microfrazture;

- interfaccia tra riempitivo e matrice resinosa: la superficie della fibra risulta irregolare, originando una ritenzione micromeccanica continua tale da garantire l'incorporazione del filler entro la matrice;

- silanizzazione del riempitivo che permette la dispersione delle forze, limitando i processi di abrasione e frattura; inoltre, essendo un trattamento idrofobo, conferisce una certa resistenza al degrado idrolitico cui seguirebbe il distacco del riempitivo dalla matrice (1, 12).

2. Studio sperimentale

È stato preso in esame un materiale appartenente alla categoria dei compositi ibridi riempito con fibre vetro-ceramiche (Clever Fibre Composite - DEI® Italia).

Tale materiale è presentato dalla casa di produzione come un composito ibrido con riempitivo costituito da fibre vetro-ceramiche (71% in volume e 83% in peso) e resistenza alla frattura due volte superiori rispetto ai valori espressi da altri composi-

ti ($2,8 \text{ MPaxm}^{1/2}$). La peculiare resistenza alla propagazione della frattura evita che le forze occlusali causino lesioni marginali con conseguenti scheggiature o microfrazture, che potrebbero essere la causa di carie secondaria. I dati relativi all'elevata durezza e resistenza alla frattura segnalati dal produttore sono confermati da numerosi studi scientifici (1, 10, 12).

Scopo del presente studio è quello di indagare se alle ottime caratteristiche meccaniche del materiale si aggiunga, nell'utilizzo clinico, una capacità di contenere la contrazione da polimerizzazione verificando la presenza di microfrazture all'interno della porzione ricostruita e la contiguità del materiale in esame con lo smalto e con la dentina, considerando gli enormi vantaggi che questo dato esprime in termini di sigillo marginale e, conseguentemente, di resistenza del restauro (14).

3. Materiali e metodi

Sono state preparate cavità di II classe su otto elementi dentari permanenti estratti per motivi ortodontici e mantenuti in soluzione fisiologica fino al momento dell'osservazione (fig. 1).

Dopo detersione, la superficie cavitaria è stata sottoposta a mordenzatura *total-etch* per 30 secondi con gel a base di acido ortofosforico al 37% (total etch-Ivoclar Vivadent). La superficie cavitaria è stata sottoposta a lavaggio con acqua per 30 secondi e, successivamente, rimossa l'acqua in eccesso con getto d'aria. Per quattro degli otto elementi è stato utilizzato un sistema adesivo monocomponente (DEI® ExtraBond), mentre

per i restanti elementi è stato utilizzato un sistema bifasico composto da primer e adesivo fotopolimerizzabile (DEI® PokerBond). La modellazione è stata eseguita per stratificazione successiva di spessori di ma-

teriale composito (DEI® Clever Fibre Composite) (fig. 2). La polimerizzazione è stata catalizzata con lampada alogena Ivoclar-Vivadent® modello Astralis7® (λ 470-480 nm per 30 secondi per ogni incremento).

Gli elementi dentari restaurati sono stati inglobati in cilindri di resina epossidica trasparente (Prochima®E227) lasciata polimerizzare per 48 ore. I preparati così ottenuti sono stati sezionati con un microtomo sezionatore modello Isomet Plus-Buehler (fig. 3) e le sezioni sono state visionate e fotografate con fotomicroscopio ottico modello Axiophot-Zeiss (fino a 1000x). In questo studio sono stati esaminati:

- morfologia del riempitivo,
- orientamento spaziale delle fibre,
- distribuzione del riempitivo,
- adesione con due diversi sistemi adesivi,
- interfaccia smalto-composito e dentina-composito,
- margine esterno del restauro.

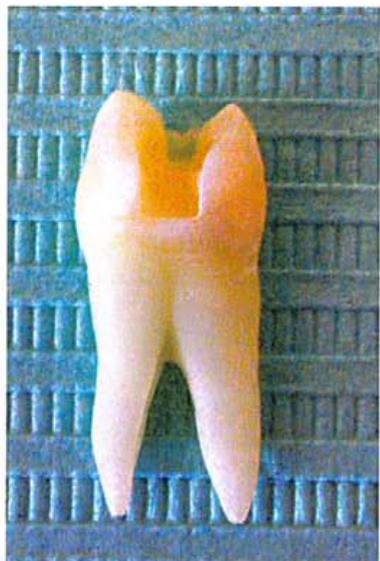


Fig. 1 Elemento dentario estratto su cui è stata preparata una cavità di II Classe

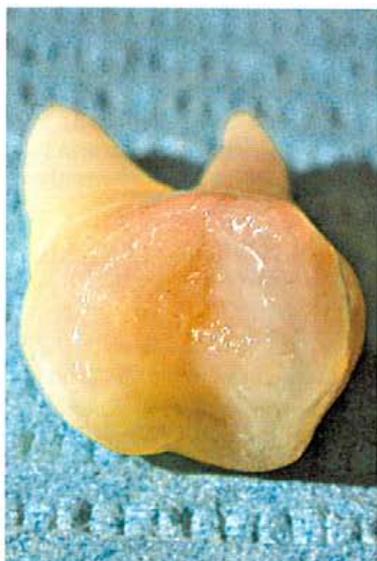


Fig. 2 Stesso elemento della figura 1 dopo il restauro in materiale composito



Fig. 3 Esecuzione delle sezioni al microtomo

4. Risultati e discussione

Le immagini hanno messo in evidenza la caratteristica morfologia allungata della fibra vetro-ceramica che determina l'aumentata resistenza del materiale alla propagazione delle fratture (4,7) (figg. 4,5).

A massimo ingrandimento (1000x) si può inoltre osservare l'omogeneo strato di silanizzazione delle particelle che ne aumenta la coesione con la matrice e, nel contempo, ne impedisce la degradazione idrolitica (7). Dalle stesse immagini si evince l'assenza di spazi vuoti e l'orientamento pluridirezionale delle fibre vetro-ceramiche (fig. 4).

In relazione all'interfaccia adesiva si osserva una migliore *performance* dell'adesivo monocomponente (DEI® ExtraBond) (fig. 6) rispetto al sistema bifasico (DEI® PokerBond) (fig. 7). Il sistema adesivo monocomponente presenta, anche

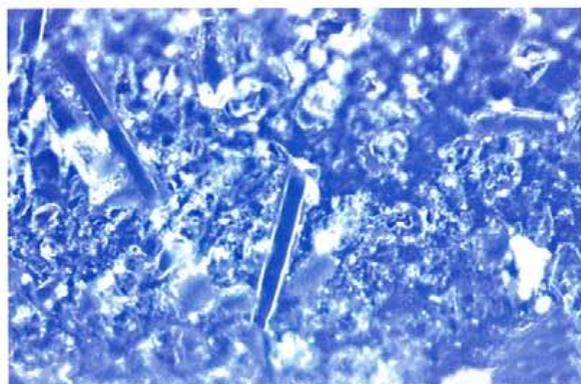


Fig. 4 Le immagini al microscopio ottico mostrano la morfologia delle particelle di riempitivo (500x)

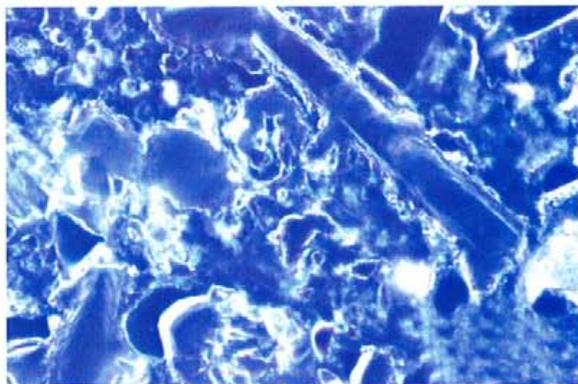


Fig. 5 Le immagini al microscopio ottico mostrano la morfologia delle particelle di riempitivo (1000x)

a forte ingrandimento (1000x), un'ottima interfaccia priva di microgap (*fig. 6*). Inoltre, è stato possibile evidenziare in sezione gli zaffi di materiale adesivo impegnati all'interno del tubulo dentinale (*fig. 6*). Le immagini relative all'interfaccia smalto-composito, rivelano un'ottima contiguità del materiale con lo smalto mordenzato (*figg. 8, 9*). A 1000 ingrandimenti smalto e composito sembrano fusi insieme (*fig. 10*). Anche in questo caso è possibile osservare, in sezione, zaffi di materiale impegnati nella struttura dello smalto e della dentina. È pertanto possibile concludere che si tratta di un'interfaccia di alta qualità, senza solu-

zioni di continuo. Grazie a questa caratteristica il materiale risulta in grado di garantire un ottimo sigillo della preparazione cavitaria riducendo il rischio di carie secondaria.

Per quanto riguarda, infine, la superficie esterna del restauro con particolare attenzione alla chiusura marginale, le immagini evidenziano una buona performance del materiale che sembra non presentare gap marginali otticamente apprezzabili anche al massimo ingrandimento (*figg. 11, 12*). La ridotta retrazione da polimerizzazione è verosimilmente riconducibile all'elevato tenore di riempitivo del composito (14).

Sono state riscontrate quindi:

- caratteristica morfologia allungata della fibra vetro-ceramica che determina un'aumentata resistenza alla propagazione della frattura;
- omogeneo strato di silanizzazione della particella che ne aumenta la coesione con la matrice e ne impedisce la degradazione idrolitica;
- orientamento pluridimensionale delle fibre di vetro-ceramica;
- elevato numero di fibre distribuite in modo omogeneo.

5. Conclusioni

Alla luce di un'accurata revisione della letteratura recente (1, 12, 14) e dall'analisi dei risultati

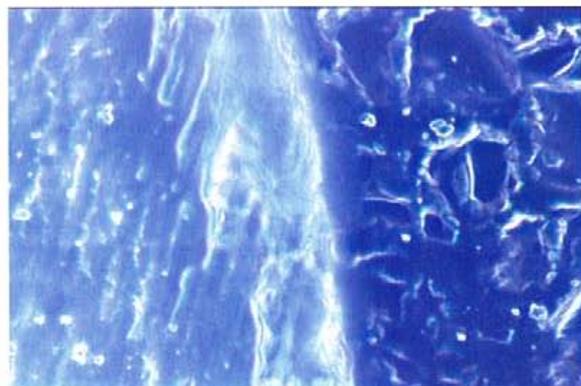


Fig. 6 Immagine al microscopio ottico relativa alle prestazioni dell'adesivo monocomponente (1000x)

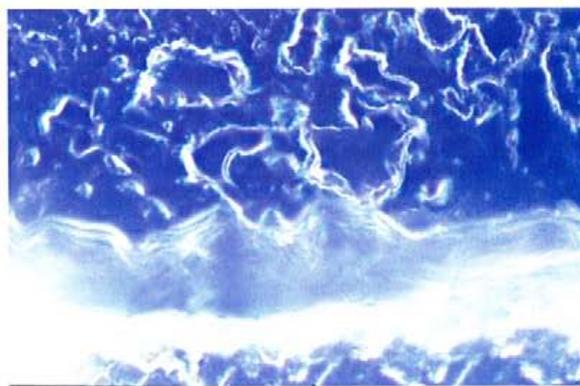


Fig. 7 Immagine al microscopio ottico relativa alle prestazioni dell'adesivo bicomponente (1000x)

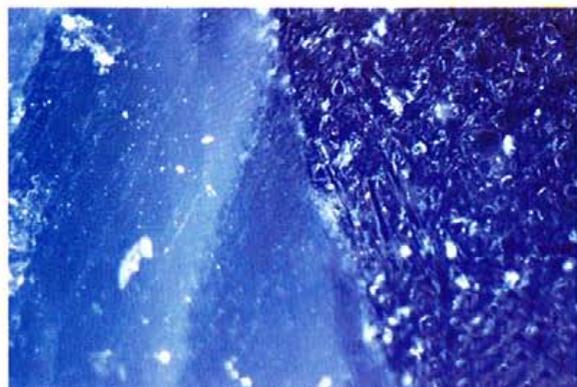


Fig. 8 Le immagini al microscopio ottico mostrano l'interfaccia smalto-composito (200x)

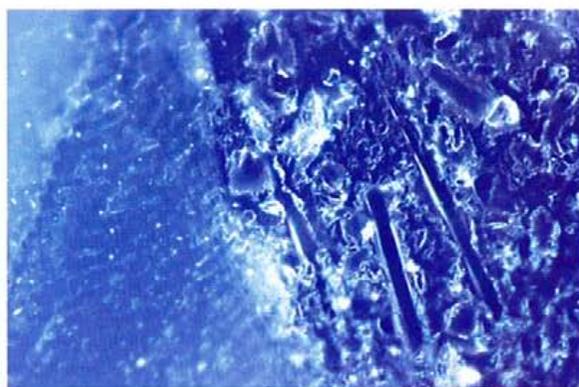


Fig. 9 Le immagini al microscopio ottico mostrano l'interfaccia smalto-composito (500x)

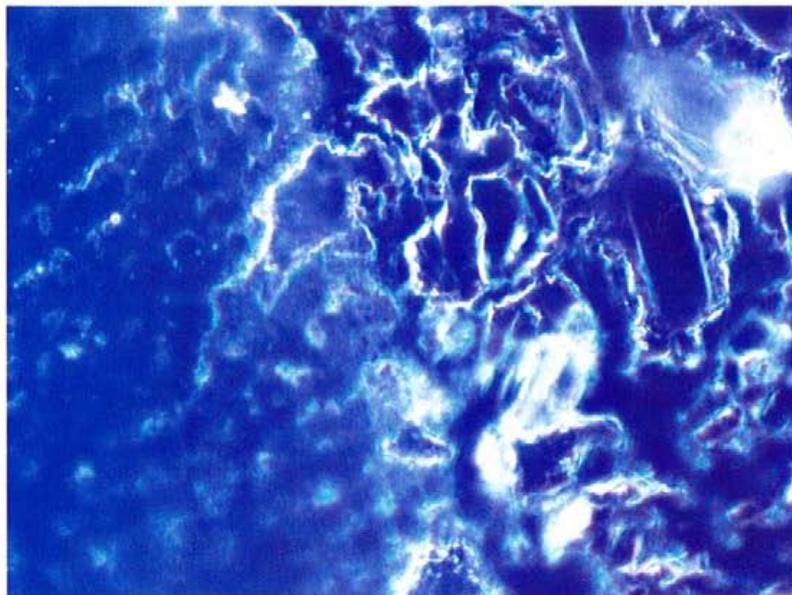


Fig. 10 Le immagini al microscopio ottico mostrano l'interfaccia smalto composito (1000x)

ottenuti dallo studio sperimentale, è possibile concludere che il materiale in esame, in relazione alle sue speciali caratteristiche, risulta particolarmente indicato in tutte le situazioni d'elevato stress occlusale tipiche dei restauri di II classe di Black.

Pertanto, può rappresentare una valida alternativa ai restauri in amalgama d'argento nelle cavità più ampie dei settori latero-posteriori dove i compositi ibridi tradizionali risultano meno indicati. In particolare, si riscontra un'elevata resistenza alla propagazione della frattura, legata alla forma allungata del riempitivo e alla peculiare tecnica di silanizzazione impiegata



Fig. 11 Le immagini al microscopio ottico mostrano la qualità del sigillo marginale (50x)

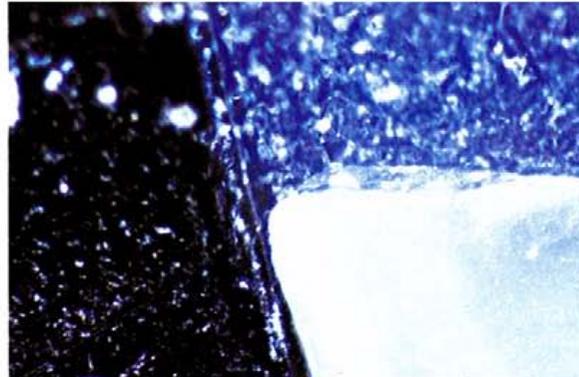


Fig. 12 Le immagini al microscopio ottico mostrano la qualità del sigillo marginale (200x)

in fase di produzione (4, 7, 11-13). I risultati dello studio eseguito al microscopio ottico sono piuttosto soddisfacenti. Oltre a confermare quanto già noto sul materiale in esame, hanno evidenziato una buona continuità tra il composito e lo smalto mordenzato. Il margine esterno non sembra presentare un gap marginale otticamente apprezzabile (1000x), evidenziando una buona performance del materiale.

Si conclude che le ottime caratteristiche esibite dal materiale in esame sono riconducibili all'elevato tenore di riempitivo (71% in volume, 83% in peso) che riduce la contrazione da polimerizzazione, implicando una minore sollecitazione dell'interfaccia dente-restauro garantendo un sigillo marginale ottimale.

Riassunto

Le moderne tecnologie sono costantemente alla ricerca di nuovi materiali da restauro che soddisfino le esigenze funzionali e al tempo stesso estetiche, sia per quanto riguarda l'applicazione odontoiatrica nell'adulto sia in ambito pedodontico. Il lavoro mira a testare l'efficacia di un nuovo riempitivo ibrido a base di particelle vetro-ceramiche allungate, simili a fibre. Alla luce di un'accurata revisione della letteratura recente e dall'analisi dei risultati ottenuti dallo studio

sperimentale, è stato possibile concludere che il materiale in esame risulta particolarmente indicato in tutte le situazioni di elevato stress occlusale. In particolare si riscontra un'elevata resistenza alla propagazione delle microfratture, legata alla forma allungata delle particelle di riempitivo e alla peculiare tecnica di silanizzazione impiegata in fase di produzione. I risultati dello studio eseguito al microscopio ottico sono piuttosto soddisfacenti e, oltre a confermare quanto già noto sul materiale in esame, hanno evidenziato una buona continuità tra il composito e lo smalto mordenzato.

Parole chiave

Compositi

Fibre vetro-ceramiche

Gap marginale

Bibliografia

1. Xu HHK et al. Long-term water-aging of whisker-reinforced polymer-matrix composites. *J Dent Res* 2003; 82(1): 48-52.
2. Cross M, Douglas WH, Fields RP. The relationship between filler loading and particle size distribution in composite resin technology. *J Dent Res* 1983; 62: 850-2.
3. Condon JR, Ferracane JL. In vitro wear of composite with varied cure, filler level, and filler treatment. *J Dent Res* 1997; 76: 1405-11.
4. Antonucci JM, Xu HHK, Eichmiller FC. Ceramic whiskers reinforcement of dental resin composites. *J Dent Res* 1999; 78: 706-12.
5. Xu HHK, Marquis PM, Shortall AC.

Influence of filler loading on the two-body wear of dental composite. *J Dent Res* 2003; 82(1): 59-63.

6. Xu HHK, Eichmiller FC. Reinforcement of dental and other composite materials. US Patent No. 5,861,445, Jan 1999.
7. Iwanaga H, Kawai C. Tensile strength of silicon nitride whiskers synthesized by reacting amorphous silicon nitride and titanium dioxide. *J Am Ceram Soc* 1998; 81: 773-6.
8. Xu HHK, Ostertag CP, Braun LM et al. Short-crack mechanical properties and failure mechanisms of Si₃N₄-matrix/SiC-fiber composites. *J Am Ceram Soc* 1994; 77: 1889-96.
9. Ferracane JL, Condon JR. Post-cure heat treatments for composites after aging in water. *Dent Mater* 1992; 11: 354-8.
10. Xu HHK, Smith DT, Schumacher GE. Indentation modulus and hardness of whisker-reinforced heat-cured dental resin composites. *Dent Mater* 2000; 16: 248-54.
11. Xu HHK et al. Dental resin composites containing silica-fused whiskers: Effects of whiskers to silica ratio on fracture toughness and indentation properties. *Biomaterials* 2002; 23: 735-42.
12. Yoshida Y, Shirai K, Shintonai H et al. Effect of presilanization filler decontamination on aesthetics and degradation resistance of resin composites. *Dent Mater* 2002; 21(4): 383-95.
13. Xu HHK, Quinn JB, Eichmiller FC. Effect of different whiskers on the reinforcement of dental resin composites. *Dent Mater* 2003; 19(5): 359-67.
14. Hayashi M, Wilson NH, Watts DC. Quality of marginal adaptation evaluation of posterior composites in clinical trials. *J Dent Res* 2003; 82(1): 59-63.

Pervenuto in redazione nel mese di dicembre 2004

Raffaella Docimo
Policlinico Tor Vergata
viale Oxford 81 - 00133 Roma
tel. 06 20900283 - fax 06 20900408