

Roberto Scotti
Paolo Baldissara
Candida Parisi

Alma Mater Studiorum
Università degli Studi di Bologna
Dipartimento di Scienze
Odontostomatologiche
Direttore: Prof. Carlo Prati
Sezione di Protesi Dentaria
Responsabile: Prof. Roberto Scotti

Corrispondenza:
Prof. Roberto Scotti
Dipartimento di Scienze
Odontostomatologiche
Via S. Vitale, 59 - 40125 Bologna
Tel.: 051278042 - Fax: 051225208
e-mail: rscotti@alma.unibo.it

Resistenza alla frattura di restauri preprotetici privi di perno in denti trattati endodonticamente

Fracture resistance of pre-prosthetic restorations
without post on endodontically treated teeth

RIASSUNTO

Obiettivo: lo scopo del presente lavoro è stato valutare la possibilità di eliminare dalle procedure restaurative l'inserimento del perno endodontico. È stata esaminata la resistenza alla frattura di elementi dentari trattati endodonticamente e ricostruiti con due diversi compositi. Questi sono stati impiegati sia per l'ottenimento dell'ancoraggio intraradiculare, che per la ricostruzione del moncone protesico (monoblocco). In particolare, è stato analizzato il comportamento di un nuovo materiale composito rinforzato con fibre di vetro frammentate presenti all'interno della matrice.

Metodi: sono stati selezionati 14 elementi dentari estratti. Tutti i campioni sono stati sottoposti a trattamento endodontico e successivamente divisi in due gruppi, a seconda del tipo di composito utilizzato per la ricostruzione endocoronale. Il materiale è stato iniettato fino alla profondità di 12 mm all'interno del canale radicolare e di seguito è stato impiegato per la ricostruzione del moncone protesico.

Tutti i campioni sono stati sottoposti al test di resistenza alla frattura posizionandoli su un supporto metallico in modo che l'asse lungo dell'elemento dentario assumesse un'inclinazione di 45° rispetto al pistone della macchina. La velocità di avanzamento del pistone è stata fissata a 2 mm/min e i monconi sono stati caricati in direzione linguo-vestibolare.

Risultati: entrambi i gruppi, anche in assenza del perno, hanno evidenziato

una buona resistenza alla frattura nel rispetto dei carichi masticatori del settore anteriore.

Conclusioni: l'analisi statistica dei dati ha riportato una differenza significativa tra i due gruppi; in particolare, i risultati migliori sono stati registrati per il composito contenente fibre di rinforzo frammentate. La presenza di queste ultime ha probabilmente contribuito all'ottenimento di aumentati valori di resistenza alla frattura.

Parole chiave:

Compositi, perni endodontici, adesione, resistenza alla frattura, SEM.

ABSTRACT

Aim: the aim of the present study was to evaluate the feasibility of eliminating the endodontic post from the restoring procedures. The fracture resistance of endodontically treated teeth restored with two different composite materials has been evaluated. These composites have been employed to obtain both the intra-radicular retention, and the reconstruction of the core (*monoblock*). Particularly, the behaviour of a new composite material reinforced with glass-fibers has been analysed.

Methods: 14 extracted teeth have been selected. All the samples have been endodontically treated and then divided into two groups, depending on the type of composite used for the endo-coronal reconstruction. The material has been injected for 12 mm inside the radicular canal and then used for the recon-

struction of the core.

Every sample has been undergone to a resistance test to fracture with Instron machine, placing the samples on metallic supports so that the long axis of each tooth was 45° inclined to the force direction. Descending speed was 2 mm/min and the load was applied in lingual-vestibular direction.

Results: both the groups, even without post, showed a good resistance to fracture, compared to the masticatory forces registered on the anterior teeth.

Conclusions: A statistically significant difference between the two groups was found; particularly, the composite containing glass-fibers gave the best results. Probably the presence of the reinforcing fibers contributed to increase the fracture resistance of the specimens.

Key words:

Composites, endodontic post, adhesion, fracture resistance, SEM.

INTRODUZIONE

La riabilitazione di un elemento dentario trattato endodonticamente pone spesso complesse problematiche, essenzialmente legate a due fattori: 1) la mancanza di adeguata ritenzione offerta dai tessuti dentali residui; 2) l'insufficiente resistenza del complesso restauro-dente, in particolare in quegli elementi dentari gravemente compromessi. Un moderno approccio prevede la ricostruzione mediante un perno rinforzato in fibra e *core* in composito (Scotti, 2002a), oppure un restauro pro-

tesico indiretto *endo-onlay*. L'impiego di un perno endocanalare offre adeguata ritenzione e supporto al restauro coronale. Può tuttavia contribuire a trasferire gli stress masticatori alla struttura della radice, con il conseguente aumento della possibilità di frattura radicolare (Gallo, 2001). Ciò è stato messo in relazione al cosiddetto "effetto cuneo" dei perni metallici a ritenzione attiva intrinseca, i quali possono esercitare una forza eccessiva sulla parete dentinale e concentrare gli stress nella regione apicale (Saupe, 1996; Krejci, 2003).

Nonostante i dati clinici longitudinali non siano ancora elevati, i più recenti perni rinforzati in fibra hanno in parte scongiurato il rischio di fratture radicolari grazie al loro più basso modulo elastico. Questo assume, per carichi con orientamento obliquo, valori praticamente identici a quelli della dentina, che è di circa 18,6 GPa (Pitel, 2003). Inoltre, l'inserimento di un'intercapedine di cemento adesivo con basso modulo di Young (circa 7 GPa) tra radice e perno (Rengo, 1999) consente di utilizzare una ritenzione ad azione passiva ed agisce allo stesso tempo da rompiforze, ottenendo così una distribuzione più omogenea dei carichi lungo tutta la radice dell'elemento trattato.

L'adesione all'interno dei canali radicolari può risultare molto difficoltosa. Ciò è strettamente correlato alle caratteristiche di maneggevolezza del sistema adesivo, all'anatomia delle radici, all'utilizzo di tecniche di fotopolimerizzazione e all'esperienza e all'abilità del clinico (Ferrari, 2001). Il meccanismo di adesione del sistema adesivo al substrato dentale radicolare è essenzialmente di natura micromeccanica, basato sull'ibridizzazione della superficie dentinale demineralizzata e sulla formazione di zaffi di resina con rami adesivi collaterali (Ferrari, 2000).

La ricostruzione del moncone protesico viene in genere eseguita con resine composite. Queste rappresentano il materiale di elezione per la ricostruzione preprotetica, unendo all'elevata adesione alle strutture dentali anche adeguate proprietà meccaniche, una facile manipolazione e un agevole controllo durante le fasi cliniche (Scotti, 2002b). Rinunciare all'inserimento del perno endodontico e utilizzare un'unica resina composita sia per la ritenzione en-

docanalare che per la ricostruzione del moncone protesico presenta diversi vantaggi: a) riduce il rischio di frattura associato a perni di ampio diametro inseriti all'interno di canali molto svasati; b) permette di ottenere un monoblocco per la ricostruzione corono-radicolare, con modulo elastico molto simile a quello della dentina, che consente di distribuire i carichi più uniformemente lungo tutta la radice; c) semplifica le procedure cliniche e riduce i tempi operativi: è una tecnica diretta che non necessita di procedure di laboratorio e che può essere eseguita in un tempo unico. Ricostruire il monoblocco corono-radicolare e adattare il restauro provvisorio nella stessa seduta, inoltre, riduce il rischio di infiltrazione batterica secondaria.

Lo scopo del presente studio è stato quello di analizzare la possibilità di rinunciare all'inserimento del perno endodontico in elementi dentari trattati endodonticamente e verificare se esiste una differenza statisticamente significativa nella resistenza alla frattura di due diversi materiali compositi impiegati per la ricostruzione di tali elementi. In particolare, è stato valutato se la presenza di fibre di rinforzo disperse nella matrice di uno dei due compositi analizzati possa essere correlata ad aumentati valori di resistenza alla frattura.

MATERIALI E METODI

Sono stati selezionati 14 elementi dentari monoradicolati (incisivi, canini, premolari mascellari e mandibolari) estratti per motivi parodontali o ortodontici. Sono stati seguiti i seguenti criteri di inclusione: assenza di lesioni cariose o di fratture che oltrepassassero la giunzione amelo-cementizia; assenza di precedenti trattamenti endodontici; lunghezza radicolare minima di 15 mm; variabilità massima delle dimensioni mesio-distali e vestibolo-linguali di $\pm 10\%$. Gli elementi dentari sono stati conservati in soluzione di timolo allo 0,02% fino al completamento delle procedure restaurative. Tale soluzione non interferisce con la formazione del legame delle resine composite e degli adesivi dentali con le strutture dentali (De Wald, 1997).

Gli elementi dentari sono stati decoronati a livello della giunzione amelo-cementizia mediante una fresa diamantata e abbondante irrigazione con acqua. Tutti i campioni sono stati sottoposti a trattamento endodontico. La preparazione canalare è stata eseguita con tecnica *crown-down* mediante strumenti rotanti in nichel-titanio ProFile.06 (Dentsply-Maillefer, Switzerland) e files manuali (FKG, Switzerland). Ad ogni cambio di strumento sono stati eseguiti lavaggi del canale radicolare mediante NaOCl al 5%. L'otturazione canalare è stata eseguita mediante la tecnica di condensazione a caldo della guttaperca con System B (Analytic Endodontics, USA), utilizzando un cemento endodontico resinoso privo di eugenolo (Top-Seal, Dentsply-Maillefer, Switzerland), per eliminare qualsiasi eventuale effetto negativo sui materiali compositi. La condensazione della guttaperca è stata eseguita esclusivamente nella porzione apicale del canale (Orsi, 2003), lasciando sempre uno spazio di 12 mm per accogliere successivamente il composito. Il mantenimento di un adeguato sigillo apicale è stato garantito mantenendo in ogni campione almeno 3 mm (Pitel, 2003) di guttaperca apicale.

Si è provveduto alla standardizzazione del diametro canalare a livello del piattello radicolare mediante l'utilizzo di frese specifiche calibrate Forma-drill (RTD, France) per la preparazione di perni in fibra di quarzo di tipo D.T. Lighth-Post n.2 (RTD, France), il cui diametro eccedeva quello del canale radicolare più ampio. Mediante questo passaggio è stato possibile evitare grosse variazioni nella quantità di materiale necessaria per il riempimento completo del canale, in particolare a livello del piattello radicolare, dove maggiormente si concentrano gli stress occlusali applicati (Cohen, 1997; Pierrinsnard, 2002).

Formazione dei due gruppi sperimentali

Gli elementi dentari sono stati arbitrariamente assegnati a due gruppi sperimentali di 7 campioni ciascuno.

Gruppo 1:

- sistema adesivo *three-steps*: All Bond 2 (Bisco, Schaumburg, USA);
- sistema per la costruzione del mono-

blocco corono-radicolare: composito ibrido autopolimerizzabile non rinforzato: Bisfil 2B (Bisco, Schaumburg, USA).

Gruppo 2:

- sistema adesivo *one-bottle*: Bond-1 Primer/Adhesive (Jeneric/Pentron Inc., USA);
- sistema per la costruzione del monoblocco corono-radicolare: composito a polimerizzazione duale rinforzato con fibre di vetro frammentate: Build-It FR (Jeneric/Pentron Inc., USA).

Tecniche di ricostruzione

del monoblocco corono-radicolare

Nel gruppo 1 è stata eseguita la mordenzatura del canale e del piattello radicolare mediante acido ortofosforico al 32% (Unitech, Bisco, Schaumburg, USA) per 15 secondi. È stato di seguito effettuato un abbondante lavaggio con acqua di tutte le superfici mordenzate utilizzando una siringa sterile monouso ad ago lungo e lo spray aria-acqua. Le superfici sono state asciugate mediante getto d'aria per 1-2 secondi e coni di carta assorbenti, avendo cura di lasciare la dentina umida, ed è stato applicato il sistema adesivo All Bond 2 mediante microbrush Fine (Cabon-Denit, Italia). L'adesivo è stato fotopolimerizzato dall'accesso occlusale del canale per 20 secondi. Le due paste del composito ibrido Bisfil 2B sono state dosate in egual proporzione e miscelate su una piastra di vetro rispettando i tempi indicati dal produttore, per ridurre al minimo l'incorporazione di bolle. Il composito è stato iniettato dentro il canale radicolare mediante una siringa Centrix (Hawe Neos Dental, Switzerland).

Per la ricostruzione del moncone è stata di seguito riempita una cappetta termoformata in policarbonato trasparente replicata partendo da un moncone comune. Tutti i monconi ricostruiti presentavano pertanto le stesse dimensioni. La cappetta è stata mantenuta compressa contro la dentina coronale fino al completamento della reazione di polimerizzazione, che è avvenuta in circa 2-3 minuti.

Negli elementi dentari del gruppo 2, è stata eseguita la mordenzatura mediante acido ortofosforico al 37% (E-mail preparator blue, Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein) per 15 secondi. Dopo il re-

GRUPPO 1 Bisfil 2B, Bisco Campione	CARICO MASSIMO IN FLESSIONE (in Newton)
3	153,6
6	157,1
7	159,8
12	169,4
8	251
10	258,5
13	351,5

Tab. 1 - Forza necessaria al cedimento del moncone nel gruppo 1 (ricostruito mediante Bisfil 2B, Bisco).

Ultimate fracture strenght (UFS) in group 1 (restored with Bisfil 2B, Bisco).

GRUPPO 2 Build-It FR, J/P Campione	CARICO MASSIMO IN FLESSIONE (in Newton)
1	211,1
5	215,7
9	237,6
2	261
14	267,5
4	298,9
11	131

Tab. 2 - Forza necessaria al cedimento del moncone nel gruppo 2 (ricostruito mediante Build-It FR, Jeneric/Pentron Inc.).

Ultimate fracture strenght (UFS) in group 2 (restored with Build-It FR, J/P Inc.).

lativo lavaggio e l'asciugatura, è stato applicato il sistema adesivo Bond-1 e fotopolimerizzato per 10 secondi. Il Build-It FR, rinforzato con fibre di vetro è stato distribuito mediante un lentulo su tutte le pareti endodontiche. Subito dopo è stato iniettato all'interno del canale fino al suo totale riempimento, utilizzando un'apposita siringa dispensatrice con puntali sottili fornita dal produttore. Le stesse matrici trasparenti adoperate per il gruppo 1 sono state utilizzate per la ricostruzione del moncone mediante Build-It FR. Le superfici occlusale, linguale e vestibolare del moncone sono state fotopolimerizzate per 40 secondi ciascuna attraverso la cappetta trasparente. L'indurimento completo del materiale è avvenuto comunque in circa 4 minuti.

Ultimata la ricostruzione dei monconi, tutte le radici sono state conservate in umidità relativa al 100%.

Ogni campione è stato preparato per essere sottoposto alle prove di carico statico mediante la macchina Instron 5500 R (Basell, Ferrara) per i test meccanici sui materiali. Ognuno di essi è stato immerso in resina epossidica (721, Model Center, Firenze) fino a circa 2 mm dalla giunzione amelo-cementizia. Il test è stato eseguito a temperatura controllata di 23 °C e in ambiente ad umidità relativa del 50%. Ogni campione è stato posizionato su un supporto metallico in modo che l'asse lungo dell'elemento dentario assumesse un'inclinazione di 45° rispetto al pistone della macchina. La velocità di avanzamento del pistone è stata fissata a 2

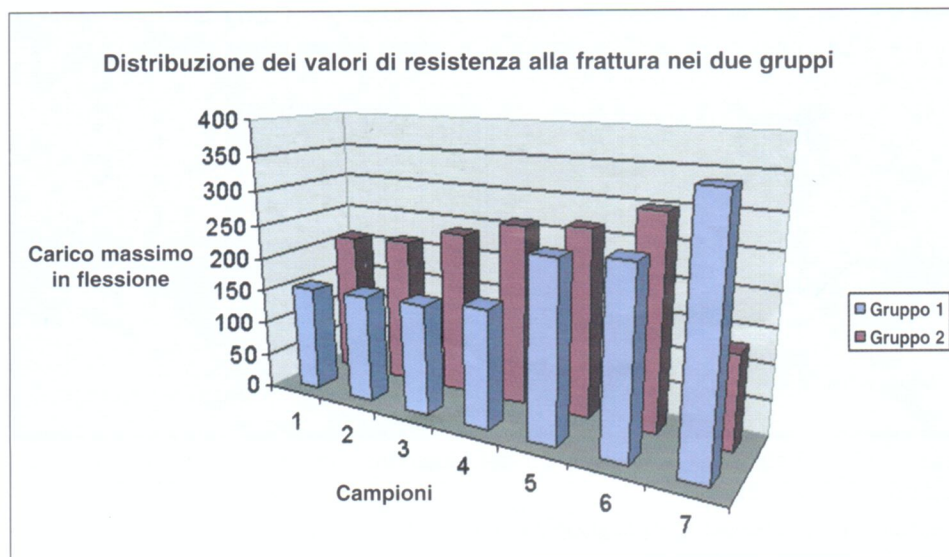


Fig. 1 - Risultati del test meccanico.

Results of mechanic test.

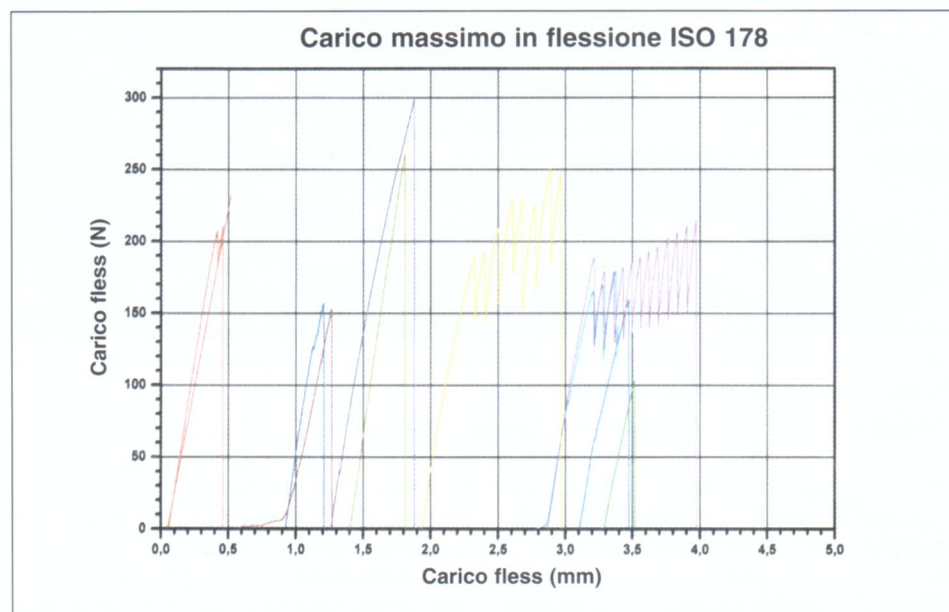


Fig. 2 - Grafici carico-deformazione registrati durante l'esecuzione del test meccanico. Grafico giallo (campione n.8 del gruppo 1): frattura fragile preceduta da cedimenti preliminari del margine incisale.

Stress-strain graphics recorded during mechanic test. Yellow graphic (sample n.8, group 1): brittle fracture preceded by preliminary yieldings of incisal margin.

mm/min e i monconi sono stati caricati in direzione linguo-vestibolare.

Questa disposizione permette un'equa distribuzione dei carichi tra l'asse maggiore della radice e la normale ad esso, simulando le forze di flessione che generalmente si producono durante i

movimenti masticatori protrusivi (Dietrich, 1996).

Un sistema informatico collegato alla macchina Instron ha permesso la registrazione del grafico carico-deformazione per ogni campione fino al momento in cui si è verificato il completo

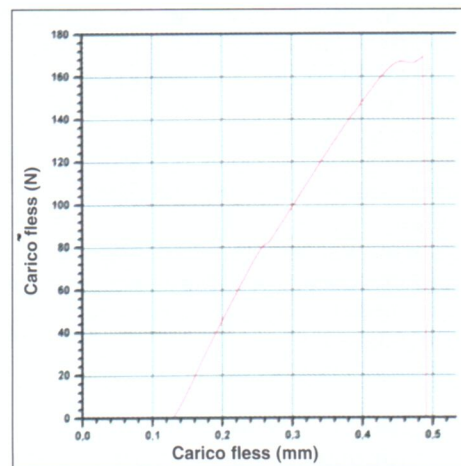


Fig. 3 - Campione n. 12 del gruppo 1: il grafico mostra la deformazione plastica prima della frattura totale del restauro.

Sample n.12, group 1: the graphic shows the plastic strain before complete fracture of the restoration.

fallimento del restauro. È stata valutata a livello macroscopico la modalità di fallimento di ogni campione: frattura adesiva all'interfaccia dente-restauro, frattura coesiva del moncone o frattura della radice.

L'analisi statistica dei risultati ottenuti è stata effettuata utilizzando il t-test di Student.

Alcune superfici fratturate sono state selezionate per l'osservazione al microscopio elettronico a scansione (SEM), al fine di localizzare l'interfaccia di cedimento.

RISULTATI

Si può notare un'ampia variazione dei valori ottenuti nei diversi campioni, anche se appartenenti allo stesso gruppo. La resistenza alla frattura nei campioni del gruppo 1 (Tab. 1) varia da un valore minimo di 153,6 N a uno massimo di 351,5 N. Quest'ultimo valore è molto più elevato rispetto a quello registrato nei rimanenti 6 campioni dello stesso gruppo. Nei campioni del gruppo 2 (Tab. 2) la frattura è sopravvenuta ad un carico minimo di 131 N, mentre sugli altri campioni sono stati registrati valori di resistenza superiori ai 200 N.

Il gruppo 2 si è mostrato più resistente del gruppo 1. Si evidenzia una tenden-

Gruppo	Numero di campioni per gruppo	Valori medi di resistenza alla flessione (in newton)	Deviazione standard (in newton)
1 (Bisfil 2B)	6	191,6	33,62
2 (Build-It FR)	6	248,6	49,29

Tab. 3 - Valori medi di resistenza alla flessione e deviazione standard dei due gruppi sperimentali.

Mean values of fracture resistance and standard deviation of the two experimental groups.

za dei campioni del gruppo 2 a sopportare carichi maggiori rispetto ai campioni del gruppo 1, nonostante il valore più basso registrato nel gruppo 2 sia inferiore a quello minimo mostrato dal gruppo 1 (Fig. 1).

Nei grafici carico-deformazione registrati durante l'applicazione del carico su ogni campione (Fig. 2), si osserva inizialmente un andamento lineare della curva, in cui la deformazione aumenta in modo direttamente proporzionale alla sollecitazione. La seconda parte del grafico è caratterizzata da forti oscillazioni che indicano il cedimento in compressione del margine incisale. Questo, tuttavia, non è in grado di provocare la completa frattura del restauro stesso. Infine, il grafico segna un picco corrispondente al carico massimo che ha determinato il distacco totale del moncone dalla radice e la curva assume un andamento verticale rettilineo che ritorna rapidamente al valore zero. I campioni hanno mostrato in 13 casi su 14 una frattura di tipo fragile, in cui il fallimento del restauro è avvenuto improvvisamente, senza deformazione plastica del campione e con frattura completa del restauro. Solo in un caso appartenente al gruppo 1 (campione n.12) si è evidenziata una deformazione plastica del materiale, identificata da un andamento curvilineo e non lineare del grafico, prima della frattura completa del moncone (Fig. 3).

Alla valutazione macroscopica dei campioni fratturati, non è stata evidenziata la presenza di resina composta sulla superficie dentinale, suggerendo un fallimento di tipo adesivo in 6 casi su 14 (3 appartenenti al primo gruppo e 3 al secondo gruppo). Si osserva, infatti, la frattura a livello del piattello radicolare

con distacco completo del restauro alla base del moncone (Fig. 4), confermando ulteriormente che l'area di maggior concentrazione dello stress è la regione cervicale a livello dell'emergenza del composito dal canale. Solamente in un caso appartenente al gruppo 2 si è verificato un fallimento di tipo coesivo del composito con frattura del moncone a becco di flauto (Fig. 5). In un unico campione del gruppo 1 è stata evidenziata a livello macroscopico la frattura della radice, associata a frattura adesiva del moncone alla base del piattello radicolare. Nei restanti casi la frattura è mista, coesiva del composito e adesiva all'interfaccia dentina-adesivo-composito (Fig. 6): si può notare che la frattura coesiva, dove parte del composito rimane legata alla superficie dentinale, si verifica dal lato vestibolare. In questa sede, la forza esercitata dal pistone, che agisce in direzione linguo-vestibolare, crea una zona di compressione. Dal lato linguale, invece, si genera una zona di trazione durante la corsa del pistone, che provoca sempre una frattura di tipo adesivo, per distacco della base del composito dalla superficie dentinale legata.

Nel campione n. 6 del gruppo 1, infine, è stata identificata a livello macroscopico la presenza di un'unica evidente bolla in seno al materiale da ricostruzione. Questi risultati sono stati ulteriormente confermati dall'analisi al SEM effettuata su alcuni campioni selezionati (Figg. 7-10).

L'analisi mediante t-test di Student ha mostrato l'esistenza di una differenza statisticamente significativa tra i due gruppi, ad un livello di significatività $\alpha=0.05$ (t-test = 2,343 con 10 gradi di libertà; $p=0,041$). Il gruppo 2 si è mo-



Fig. 4 - Campione inserito nel supporto metallico. Frattura alla base del moncone a seguito del test meccanico con macchina Instron.

Sample placed on the metal bracket. Fracture at the core-dentin interface after loading test with Instron machine.



Fig. 5 - Frattura coesiva del composito. Cohesive fracture of the composite core.



Fig. 6 - Foto al microscopio ottico (8x): campione n.14, gruppo 2. Frattura mista, coesiva del composito e adesiva all'interfaccia tra la base del moncone e la dentina.

Sample n.14, group 2. Mixed failure, cohesive of the composite core and adhesive at the core-dentin interface (stereomicroscope 8x).



Fig. 7 - Visione al SEM del campione n.14, gruppo 2 (200x). Frattura mista, coesiva del composito e adesiva all'interfaccia dentina-composito. È ben evidente sia la presenza di dentina (in alto) che di composito (in basso) sul piattello radicolare.

SEM analysis of sample n. 14, group 2 (original magnification 200x). Mixed fracture, cohesive of the composite core and adhesive at the dentin-composite interface. Note dentin (above) and composite (below) presence on the radicular surface.

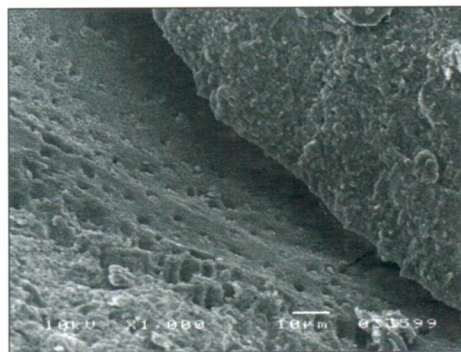


Fig. 8 - Visione al SEM del campione n.14, gruppo 2 (1000x). Cedimento adesivo all'interfaccia dentina-composito.

SEM analysis of sample n. 14, Group 2 (original magnification 1000x). Adhesive failure at dentin-composite interface.

strato più resistente del gruppo 1. Nell'analisi statistica sono stati considerati 6 elementi dentari per gruppo (Tab. 3), escludendo quei campioni che hanno registrato valori di resistenza molto lontani rispetto agli altri appartenenti allo stesso gruppo (campione n. 13 del gruppo 1: $R = 351,5$ N; campione n.11 del gruppo 2: $R = 131$ N).

Nei campioni del gruppo 2 ricostruiti mediante composito rinforzato con fibre di vetro (Build-It FR), è stata osservata una resistenza media alla frattura maggiore del 29,8% rispetto a quella registrata nei campioni del gruppo 1 ricostruiti mediante composito ibrido Bisfil 2B (Fig.11).

DISCUSSIONE

La capacità di un sistema di ricostruzione endocoronale di sopportare i carichi masticatori e di rimanere stabilmente legato all'elemento dentario è un fattore critico nella sopravvivenza del restauro. I carichi accidentali, come ad esempio quelli dovuti ad un trauma, possono generare forze molto più elevate di quelle masticatorie prodotte in normali condizioni fisiologiche. De Boever e coll. (1978) hanno riporta-

to che le forze di masticazione medie sono comprese in un range tra 4,5 e 6,8 kg, ossia tra 44,8 e 67,2 N.

Le forze registrate nel settore anteriore durante la fase oclusale della masticazione variano da 1 a 200 N, mentre i carichi massimi che possono essere sviluppati a livello dei molari arrivano fino a 800-1000 N (Plasmans, 1978).

I valori di resistenza alla frattura registrati in questo studio eccedono abbondantemente le forze masticatorie medie, offrendo quindi un buon margine di sicurezza. Mediante il test a carico statico viene imitata una situazione corrispondente ad un singolo atto masticatorio. Tuttavia, clinicamente si creano piuttosto cicli di carichi dinamici a bassa intensità che si ripetono centinaia di volte al giorno (In Suh, 2001). Ciò può determinare il fallimento del restauro a causa dell'instaurarsi del fenomeno della fatica. La significatività clinica di tale studio va quindi messa in relazione con la possibilità che gli stessi campioni, se sottoposti ad un precedente test di fatica, avrebbero potuto registrare valori di resistenza alla frattura significativamente inferiori a quelli effettivamente ottenuti.

I valori di resistenza ottenuti nei due gruppi hanno mostrato una spiccata variabilità tra loro e all'interno dei singoli gruppi. Ciò può essere messo in relazione alle caratteristiche del substrato dentinale, che possono influire significativamente sulla possibilità di ottenere in maniera costante e prevedibile una buona adesione della resina ai tessuti

dentinali a mezzo del sistema adesivo. A ciò può essere anche attribuita l'elevata percentuale di fallimenti di tipo adesivo verificatisi a seguito del test meccanico.

La ricostruzione dell'elemento dentario trattato endodonticamente con un unico composito impone la necessità di disporre di un materiale sufficientemente fluido da poter essere iniettato all'interno del canale, a basso modulo elastico per distribuire meglio i carichi sulla dentina e abbastanza resistente per fornire ritenzione e stabilità al restauro coronale.

In questo studio sono stati utilizzati due diversi materiali che si avvicinano a tali caratteristiche ideali: Bisfil 2B e Build-It FR. Il primo è una resina composita a base di BIS-GMA. È fornito sotto forma di una pasta base e di un catalizzatore, che vanno miscelati in uguali porzioni prima del loro utilizzo. È un materiale autopolimerizzante proposto da Bertolotti nel 1991 per la ricostruzione di cavità dei settori posteriori e ha un tempo di lavoro di circa 2 minuti e mezzo (Bertolotti 1991; Dal Pont 1999). Il secondo è un composito a polimerizzazione duale la cui composizione comunicata dalla casa produttrice è la seguente: una matrice resinosa a base di BIS-GMA, HDDMA e UDMA e un riempitivo costituito da fibre di vetro microfilamentose di 6 μ m di diametro e 30-40 μ m circa di lunghezza. Le fibre sono combinate con una base di bario aluminosilicato, che rende il materiale radiopaco, e con silicio colloidale silanizzato. Il contenuto di riempitivo del composito è dell'83,5% in peso. La ditta produttrice suggerisce che la presenza delle fibre di vetro disperse nella matrice è correlata ad un miglioramento delle proprietà meccaniche del materiale e in particolare ad un'aumentata resistenza alla compressione (280 Mpa). Tale composito è proposto come materiale per la cementazione di perni in fibra e per la ricostruzione del moncone protesico.

I valori di resistenza alla flessione registrati in questo studio sono risultati significativamente più elevati nel gruppo 2 (ricostruito con Build-It FR), rispetto al gruppo 1 (ricostruito con Bisfil 2B). Si può supporre che la presenza di fibre di vetro immerse nella matrice resinosa del composito Build-It FR possa aver con-

tribuito all'ottenimento di un'aumentata resistenza alla flessione. Probabilmente le fibre di rinforzo impediscono il propagarsi delle microfrazture che possono svilupparsi all'interno del materiale resinoso quando sottoposto alla sollecitazione (Chawla, 1998; Cavalli, 1998), determinando una maggiore resistenza del restauro ai carichi funzionali.

I risultati di questo studio portano ad ipotizzare che un sistema di ricostruzione endocoronale, che non prevede l'inserimento di un perno endodontico, può essere preso in considerazione nei casi clinici in cui elementi dentari trattati endodonticamente presentano una massiva perdita di tessuto dentale. Infatti, la presenza di un collare di dentina residua di almeno 2 mm di altezza è un fattore essenziale per la sopravvivenza degli elementi dentari trattati endodonticamente (Cavalli, 1998). Il bisello circolare sfrutta il cosiddetto "effetto ferula", permettendo una miglior distribuzione degli sforzi e ovviando al possibile "effetto cuneo" del perno. La mancanza dell'effetto ferula in elementi massivamente distrutti compromette la resistenza del dente alla frattura. La minima o nulla quantità di tessuto coronale residuo, inoltre, può essere associata a pareti radicolari estremamente sottili e indebolite (Lui, 1999). Ciò si verifica, ad esempio, a seguito di un processo carioso avanzato o di uno o più ritrattamenti canalari, che comportano una progressiva riduzione delle pareti dentinali radicolari. Similmente, la radice dell'elemento dentario può essere stata gravemente danneggiata a causa di un trauma, di una microinfiltrazione batterica associata a carie secondarie o di fattori iatrogeni, come una sovrastrumentazione del canale o un precedente restauro mediante un perno di dimensioni troppo grandi. In tutte queste situazioni, un perno rigido potrebbe fratturare la minima struttura dentaria residua, comportando un elevato rischio di perdita radicolare, sia durante la cementazione del perno che durante i carichi funzionali (Saupe, 1996), insuccesso questo di tipo irreversibile. Perti di diametro più ampio (1,8 mm) riducono la resistenza alla frattura della radice, se paragonati a perti più sottili (1,3 mm) (Saupe, 1996).

Invece, un materiale a basso modulo

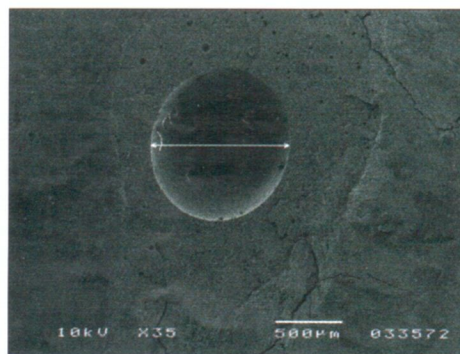


Fig. 9 - Visione al SEM (35x). Superficie fratturata del campione n. 6, gruppo 1. Presenza di più bolle in seno al composito e di una grossa bolla, di diametro pari a 1,04 mm, al centro del canale (visibile anche a livello macroscopico).

SEM analysis (original magnification 35x). Fractured surface of sample n.6, group 1. Presence of many air-voids inside composite material and of one big air-bubble of 1,04 mm diameter in the canal centre. (also visible macroscopically).

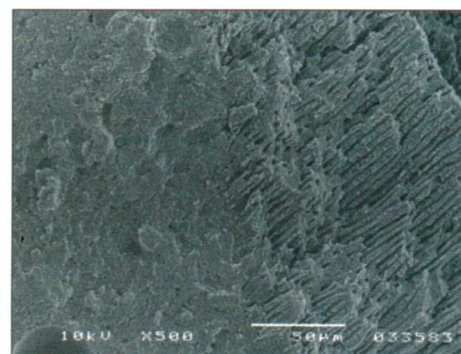


Fig. 10 - Visione al SEM del campione n. 6, gruppo 1 (500x). Evidenziazione di dentina sulla superficie fratturata del moncone.

SEM analysis of sample n.6, group 1 (original magnification 500 x). Presence of dentin on the fractured surface of the core.

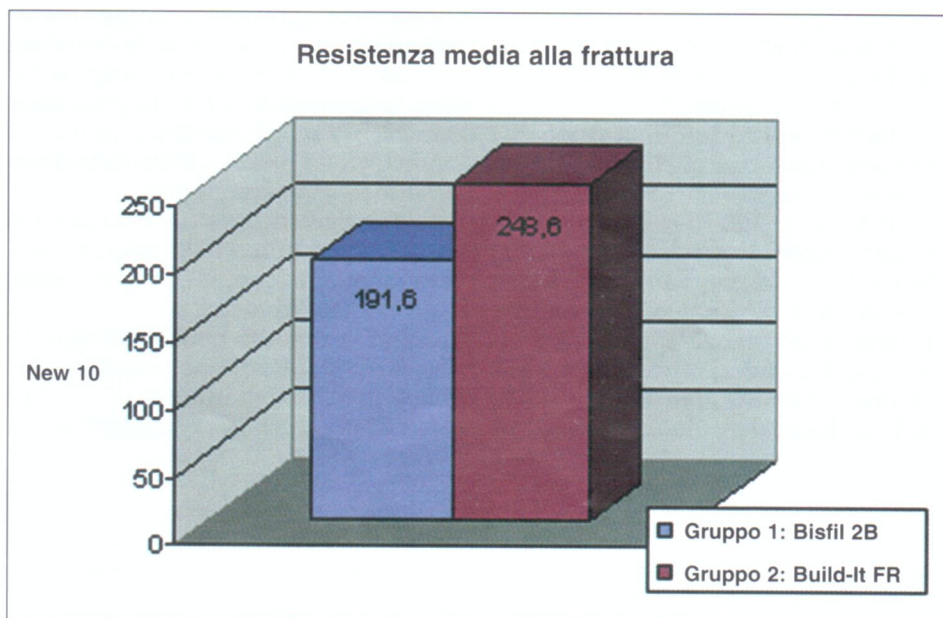


Fig. 11 - Valori medi di resistenza alla frattura dei due gruppi.

Mean values of fracture resistance of the two groups.

elastico, che si avvicini maggiormente a quello della dentina e con buone proprietà meccaniche, come appunto una resina composita, può distribuire meglio le forze lungo la radice, senza agire come elemento di frattura. Più è basso il modulo elastico, maggiore è la possibilità che a cedere per primo sia il restauro, mentre la radice ha elevate possibilità di sopravvivenza (Baldissara, 2002).

È stata infatti registrata una sola frattura della radice, mentre in tutti i restanti casi il fallimento è avvenuto per fratture coesive della resina o adesive all'interfaccia dente-restauro, insuccessi meno drammatici rispetto alla frattura della radice in quanto non irreversibili. In ogni caso, ciò indica anche la necessità di migliorare i sistemi adesivi dentinali.

Inoltre, la possibilità di ottimizzare le proprietà meccaniche del materiale con l'aumentare del suo spessore (Chawla, 1998), suggerisce che l'utilizzo di un composito nella ricostruzione di elementi dentari devitalizzati con perdita massiva di sostanza coronale e canali molto svasati possa essere particolarmente indicato. In questa situazione, il diametro del materiale all'imbocco del canale sarebbe necessariamente aumentato e potrebbe perciò opporre una più elevata resistenza alla frattura, in particolare in quest'area dove ciò è maggiormente richiesto. La concentrazione dei carichi occlusali, infatti, è maggiore nella regione più coronale della radice e massima nella zona di emergenza del restauro dal piattello radicolare (Cohen, 1997; Pierrinsnard, 2002).

Nel presente lavoro, la standardizzazione del diametro all'imbocco del canale ha permesso di mantenere costante in tutti i campioni lo spessore di materiale ivi impiegato. In questo modo, i valori di resistenza alla frattura ottenuti nei due gruppi sono stati resi indipendenti da questo fattore.

I risultati di questo studio possono essere confrontati con quelli ottenuti in un lavoro condotto da Scotti e Baldissara (Baldissara, 2003), in cui sono stati seguiti i nostri stessi parametri per la ricostruzione del moncone e l'esecuzione del test meccanico. Essi hanno misurato la resistenza alla frattura di denti trattati endodonticamente e ricostruiti mediante l'inserimento di perni endocanalari Endo Light-Post

n.1 e n.2 (RTD) e perni D.T. Light-Post n.1 e n.2 (RTD). Con i più sottili perni Endo-Light Post n.1 (diametro all'emergenza 1,10 mm), la forza registrata era pari a 269 N, valore molto vicino a quello ottenuto nel gruppo 2 del presente studio, dove è stato impiegato il Build-It FR (resistenza media alla frattura: 248,6 N).

Ciò suggerisce che un ulteriore miglioramento delle proprietà meccaniche dei compositi è auspicabile per l'ottenimento di aumentati valori di resistenza alla frattura, che permettano a tali materiali di sostituire i perni in fibra nella ricostruzione degli elementi dentari trattati endodonticamente e gravemente compromessi. Si avrà così la possibilità di ridurre il rischio di frattura di tali elementi associato all'utilizzo di perni di ampio diametro e ad elevata rigidità; il materiale composito utilizzato riempirà tridimensionalmente il canale preparato e costituirà un vero e proprio monoblocco con la ricostruzione extraradicolare, che permetterà di distribuire i carichi uniformemente lungo la radice; si semplificheranno le procedure cliniche e i tempi operativi, minimizzando le possibilità di commettere errori durante le varie fasi cliniche.

L'assenza della ricopertura coronale totale e l'esiguo numero di campioni utilizzato limitano comunque la rilevanza clinica di tale studio.

Ulteriori ricerche, in particolare studi *in vivo*, sono necessarie per valutare l'effettiva significatività clinica di tali tecniche di ricostruzione endocoronale.

CONCLUSIONI

Tenendo presente le limitazioni di uno studio *in vitro*, è possibile giungere alle seguenti conclusioni:

- 1) la ricostruzione di monconi protesici su elementi dentari trattati endodonticamente con un composito ibrido autopolimerizzante (Bisfil 2B, Bisco) o con un composito rinforzato con fibre di vetro frammentate (Build-It FR, J/P Inc.) ha mostrato adeguata resistenza alla frattura anche in assenza di perno, nel rispetto dei carichi masticatori riportati in letteratura per il settore anteriore;
- 2) esiste una differenza statisticamente significativa tra i due gruppi testati. I campioni ricostruiti con composito rinforzato con fibre di vetro hanno mostrato una resistenza media alla frattura maggiore del 30% rispetto ai campioni ricostruiti con composito ibrido non rinforzato;
- 3) gli aumentati valori di resistenza alla frattura registrati nel secondo gruppo possono essere legati alla presenza di fibre di rinforzo disperse nella matrice del composito. Queste impediscono probabilmente il propagarsi delle microfratture che possono svilupparsi all'interno del materiale resinoso quando sottoposto alla sollecitazione;
- 4) l'elevato numero di fratture di tipo adesivo verificatesi a seguito del test a carico statico indica la necessità di un ulteriore miglioramento dei sistemi adesivi all'interfaccia dentina-composito.

BIBLIOGRAFIA

1. Baldissara P. In: Scotti R., Ferrari M. Perni in fibra. Presupposti teorici e applicazioni cliniche. Ed. Masson, 2002; pp. 39-51.
2. Baldissara P, Scotti R. Ricerca *in vitro* sui perni in fibra: alcune implicazioni cliniche. *Atti VII Simposio Intern Odontoiatria Adesiva e Ricostruttiva* 2003; pp. 11-16.
3. Bertolotti R. Posterior composite technique utilizing directed polymerization shrinkage and a novel matrix. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1991;3 (4): 53-58.
4. Cavalli G, Bertani P, Generali P. Il restauro preprotetico e protesico del dente trattato endodonticamente. Strategie cliniche. *Dent Cadmos* 1998; 11: 9-28.
5. Chawla KK. Composite materials. Science and engineering. 2nd ed. Springer-Verlag, New York, USA, 1998.
6. Cohen BI, Pagnillo M, Newmann I, Musikant BL, Deutsch AS. Cyclic fatigue testing of five endodontic post designs supported by four core materials. *J Prosthet Dent* 1997; 78 (5): 458-64.
7. Dal Pont F. Intervento di ricostruzione con perni in fibra di carbonio al microscopio in tridimensione. *Atti III Simposio Intern Odontoiatria Adesiva e Ricostruttiva* 1999; pp. 30-32.
8. De Boever JA, Mc Call VD, Golden S, Ash MM. Functional occlusal forces: an investigation by telemetry. *J Prosthet Dent* 1978; 40: 326-333.
9. De Wald JP. The use of extracted teeth for *in vitro* bonding studies: a review of infection

- control considerations. *Dent Mater* 1997; 13: 74-81.
10. Dietschi D, Goretti A, Romelli M. Evaluation of post and core in the laboratory: rationale for developing a fatigue test and preliminary result. *Compendium* 1996; 17, suppl. 20: S65-S73.
11. Ferrari M, Mannocci F. A one-bottle adhesive system for bonding a fiber post into a root canal: an SEM evaluation of the post-resin interface. *Int End J* 2000; 33: 397-400.
12. Ferrari M, Vichi A, Grandini S, Grace C. Efficacy of a self-curing adhesive-resin cement system on luting glass-fiber posts into root canals: an SEM investigation. *Int J Prosthodont* 2001; 14 (6): 543-549.
13. Gallo M, Mannocci F, Bertelli E. Test di flessione su tre punti di due tipi di perni in fibra. *Il Dentista Moderno* 2001; pp. 85-90.
14. In Suh Byoung. Aggiornamento nell'odontoiatria adesiva: nuovi materiali estetici e adesione tra compositi fotopolimerizzanti e adesivi all-in-one. *Atti V Simposio Intern Odontoiatria Adesiva e Ricostruttiva* 2001; pp. 40-48.
15. Krejci I, Duc O., Dietschi D., De Campos E. Marginal adaptation, retention and fracture resistance of adhesive composite restorations on devital teeth with and without posts. *Operat Dent* 2003; 28 (2): 127-135.
16. Lui JL. Enhanced post crown retention in resin composite-reinforced, compromised, root-filled teeth: A case report. *Rest Dent* 1999; 30 (9): 601-605.
17. Orsi M.V, Scotti R. Trattamento endodontico finalizzato al perno in fibra. *Atti VII Simposio Intern Odontoiatria Adesiva e Ricostruttiva* 2003; pp. 6-10.
18. Pierrinsnard L, Bohin F, Renault P, Barquins M. Corono-radicular reconstruction of pulpless teeth: a mechanical study using finite element analysis. *J Prosthet Dent* 2002; 88 (4): 442-48.
19. Pitel ML, Norman LH. Evolving technology in endodontic posts. *Compendium* 2003; No.1:13-28.
20. Plasmans PJJ, Welle PR, Vrijhoef MMA. *Vitro* resistance of composite resin dowel and cores. *J Endodon* 1988; 14 (6):300-304.
21. Rengo S. Comportamento dei perni in fibra RTD nell'analisi agli elementi finiti (FEM) su modelli tridimensionali. *Atti III Simposio Intern Odontoiatria Adesiva e Ricostruttiva* 1999; pp. 20-27.
22. Saupe W, Gluskin AH, Radke RA. A comparative study of fracture resistance between morphologic dowel and cores and resin-reinforced dowel system in the intraradicular restoration of structurally compromised roots. *Dent Res.* 1996; 27 (7): 483-491.
23. a) Scotti R, Ferrari M. Perna in fibra. Presupposti teorici e applicazioni cliniche. *Ed Masson*, 2002.
24. b) Scotti R, Malferrari S, Monaco C. Il punto sui perni in fibra: la ricostruzione del moncone protesico. *Atti VI Simposio Intern Odontoiatria Adesiva e Ricostruttiva* 2002; pp. 7-13.