

\*Giovanni Cavalli  
\*\*Pio Bertani

\* Libero professionista, Brescia  
\*\* Libero professionista, Parma

Corrispondenza:  
Dr. Giovanni Cavalli  
Via G. Galilei 57 - 25128 Brescia  
Tel e Fax 030/383608  
e-mail: gcavalli@numerica.it

# Un nuovo orientamento nella cementazione dei perni in fibra di carbonio: omogeneità di modulo elastico tra dentina, cemento composito e perno

A new conception in carbon fiber post cementation:  
dentin, composite cement and post share homogeneous elastic module

## RIASSUNTO

Nel restauro pre-protetico post-endodontico emerge, dai dati della letteratura recente, come soluzione con migliori prospettive, quella di realizzare un monoblocco di materiali (dentina, cemento e perno) con caratteristiche meccaniche omogenee tra loro. Si sviluppano tre diverse applicazioni cliniche:

1. Solo composito. Per denti con camera pulpale preservata e tre pareti coronali residue, si utilizza un composito fotopolimerizzabile.

2. Tecnica convenzionale con perno in fibra di carbonio. Quando l'altezza della dentina coronale è scarsa, si utilizza un perno con fibre di carbonio, cementato nel canale con cemento resinoso, ricostruendo la parte coronale con composito fotopolimerizzabile.

Questa tecnica è applicabile solo nei casi in cui ci sia un intimo e preciso adattamento tra perno e canale perché il valore di modulo elastico di tutti i cementi resinosi (ad eccezione del Panavia) è significativamente inferiore a quello della dentina.

3. Nuova tecnica con perno in fibra di carbonio. Se c'è discrepanza tra perno e canale, si utilizza un composito autopolimerizzabile, con modulo elastico simile alla dentina.

Questa nuova metodica è stata indagata al SEM: si ha minima presenza di vuoti; costante rappresentazione dello strato ibrido lungo tutto il canale; intima adesione tra perno e composito.

**Parole chiave:** Denti trattati endodonticamente. Denti restaurati con un perno. Materiali di fabbricazione del perno. Perna in fibra di carbonio.

tion involves the construction of a monoblock of materials (dentine, cement and post) which share homogeneous physical and mechanical characteristics.

Thus, the cement is particularly important when used in large quantities in those cases when the canals are irregularly shaped and/or are very wide with respect to the pre-fabricated carbon fiber posts.

The aims of this study are to identify which materials share the physical and mechanical characteristics of dentine, to discuss the clinical applications of these materials and report SEM results of materials from clinical applications.

### Conventional techniques

The preferred parameter used to evaluate the physical/mechanical behavior of restoration materials is the elastic module. Composite resins which are normally used for anterior and posterior esthetic fillings, have an elastic module that varies according to filling fraction (range from 25 Gpa to 5.7 Gpa). Along with the esthetic conservation products, some products are explicitly marketed for reconstruction of endodontically treated teeth.

These include photopolymerizable, autopolymerizable and/or autophotopolymerizable materials; resinous cements have a lower elastic module than dentine (Tab. 1). Additionally, the elastic module values of pre-fabricated carbon fiber posts, closely resemble those of dentine (Tab. 2). Also, fibers offer the extra advantage of distributing stress loads over wider surfaces.

Standard Cabon Post posts (or Composipost), are not anatomically shaped, and in order to facilitate cementing the posts in the canal, healthy dentine is sacrificed. Two types of posts conform well to the canal morphology: the Endopost, which is cylindrical with cone ends, and the non-pointed cone shaped Endo-Composipost UM (conic 0.2).

Also, Tech 2000 posts are cylindrical with cone ends.

Indications from the literature and manufacturers, suggest two approaches to clinical applications:

1. Composite alone: If the pulp camera is preserved and at least three crown walls

remain, photopolymerizable composite are used.

2. Conventional technique with carbon fiber post: If crown dentine is scarce, a carbon fiber post is cemented in the canal with resinous cement and the crown portion is reconstructed with a photopolymerizable composite.

This second technique can only be applied if there is very close precise fit between the canal and the post.

In cases where the post greatly differs from the insertion canal, and the classic cementing technique creates zones with excess cement interposed between the dentine and the post, the cement has a lower elastic module than the two materials it joins.

Thus, a zone of highly concentrated forces and stress is created. Since fractures in these cases begin in the periphery areas, posts can only reinforce the cement at a later stage. This demonstrates that in the critical wide and interfacing zones between the post and the dentine, all materials must share homogeneous mechanical characteristics.

### New conception

The new restoration technique involves using a composite material such as cement, with elastic module that closely resembles dentine. Material is placed in the space between the post and the dentine and excess thickness of material does not create problems. Material must be very fluid, require a long hardening time, and in order to avoid the formation of air bubbles, be applied with a thin end composite gun.

Among the auto-polymerizable composites, (necessary because light cannot pass into the canal if a photopolymerizable composite has already been used), our data show that three of these materials meet criteria requirements: Ti-Core Natural and Titanium (elastic module 22.2 and 18.5 Gpa) and Clearfil Core Kuraray (elastic module 16.1 Gpa).

### Materials and methods

Conventional canal treatment was performed on six extracted upper incisors. We used Tech 2000 pre-fabricated posts for all teeth. Additionally, teeth were divided in

## ABSTRACT

### Introduction

Recent data in the literature on pre prosthetic restoration of endodontically treated teeth indicate that the best restoration solu-

Cavalli G, Bertani P. Un nuovo orientamento nella cementazione dei perni in fibra di carbonio: omogeneità di modulo elastico tra dentina, cemento composito e perno. *G Il Endo* 1999; 1: 8-19

two groups according to the type of reconstruction performed: Group 1, three teeth: good congruity between post and canal wall; post cemented with Panavia 21; Group 2, three teeth: space between canal dentine and wide post; autopolymerizable composite resin Clearfil Core, (elastic module: 16.1 Gpa) used as cement. We used SEM to test adaptation and adhesion between materials, and the presence of air pockets.

## Results

SEM results demonstrated optimum and very close adhesion between post and cement, in the interface between dentine and Panavia (I group). In some areas, the resin tags separated from the dentine whereas in other areas, the posts separated from the Panavia, which remained attached to the dentine. Although the hybrid layer was evident along the entire dentine surface, it was very thin. Posts immersed in Clearfil Core autopolymerizable composite resin (II group), showed few empty spaces in the three samples, and composite material closely adhered to the posts. We also observed a uniform hybrid layer along the entire canal, which slightly differed between different levels of the same tooth and between the different teeth studied.

We did not observe any interference to the polymerization attributable to eugenol. Cervical core areas showed close adhesion between the post and the photopolymerizable material (Clearfil Photocore).

In agreement with our expectations, the second group post and canal were not very congruous. In the first group congruence was satisfactory only in the apical zones where there was little cement, while in the upper areas, close to the crowns as cement thickness increased, adaptation decreased correspondingly.

## Discussion

Results at SEM demonstrated that carbon fiber posts distribute cement and that composite fluid resin (with elastic module resembling dentine) adequately fills the large spaces between posts and dentine.

Since this new technique is easy to use, we highly recommend it as a replacement to the resin cement method, even in cases

that require thinner layers of cement between the canal and the post.

Moreover, the importance of elastic module values in the choice of materials should not be underestimated, nor should a manufacturing firm's data be accepted on faith. Additionally, we have planned a more extensive elastic module study for the future.

## Conclusions

The technique we propose and describe for carbon fiber posts for restoration of endodontically treated teeth, results in a monoblock with homogeneous mechanical characteristics. We suggest that this new restoration approach replace conventional methods.

**Key words:** Endodontically treated teeth.

**Post restored teeth. Core material.**

**Carbon fiber post.**

# INTRODUZIONE

L'approccio alla ricostruzione pre-protetica del dente trattato endodonticamente sta radicalmente cambiando in questi ultimi anni. La differenza sostanziale è il passaggio dall'uso quasi esclusivo di materiali molto rigidi e resistenti (acciaio, oro, biossido di zirconio) a materiali che abbiano caratteristiche meccaniche più simili a quelle della dentina (resine composite, perni in fibra di carbonio), in modo da creare un insieme con caratteristiche meccaniche simili tra di loro.

Il maggiore dei vantaggi, oltre alla significativa semplificazione operativa, dovrebbe essere quello di ridurre il rischio di frattura in questa categoria di denti (1, 2).

In una precedente ricerca, che si è avvalsa dell'uso della metodica dell'Analisi degli Elementi Finiti, è stato dimostrato come sia conveniente abbandonare la strada dei materiali rigidi in favore di materiali simili alla dentina: ricostruendo il moncone con materiali di quest'ultimo tipo, si ha una distribuzione dello stress indotto dal carico di questi elementi notevolmente migliore rispetto a quello indotto dai materiali rigidi. Le aree interne del canale radicolare sono

esenti da picchi di sforzo: questi vengono a trovarsi totalmente nello spessore della dentina radicolare del terzo medio del canale, risparmiando perciò le zone critiche d'interfaccia fra i due materiali (3).

I risultati d'indagini longitudinali in vivo incoraggiano d'altro canto l'applicazione di tecniche che risparmino dentina coronale (4,5) e radicolare (6), riducendo il ruolo stesso del perno ad un agente di ritenzione del sostituto della materia dentaria perduta, abbandonando così l'idea del perno come rinforzo del dente.

Si arriva così a perseguire la realizzazione di un monoblocco (7) di materiali (dentina, cemento e perno) con caratteristiche fisico-meccaniche omogenee tra loro.

In questa prospettiva ogni materiale deve avere valori specifici non diversi dagli altri materiali: il cemento ha perciò grande importanza, soprattutto quando esso è significativamente presente, nei casi (frequenti) in cui ci siano irregolarità di forma dei canali, o in situazioni di canali molto larghi rispetto ai perni prefabbricati in fibra di carbonio.

Scopo di questo lavoro è quello di focalizzare quali materiali rispondano al requisito emergente di avere caratteristiche simili alla dentina e tradurre poi nella pratica clinica l'utilizzo di questi materiali, introducendo infine una nuova tecnica per risolvere il problema della qualità del cemento.

L'applicazione clinica di questo nuovo concetto è infine indagata al microscopio elettronico a scansione.

## TECNICHE "CONVENZIONALI"

La conoscenza delle caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali è d'importanza fondamentale per affrontare il restauro pre-protetico del dente trattato endodonticamente, nella prospettiva della sostituzione della dentina persa con un materiale che abbia caratteristiche meccaniche simili.

Comunemente è scelto, come parametro di comportamento fisico-meccanico dei materiali per il restauro, il modulo elastico (o modulo di Young). Esso, come misura di rigidità, ha molti vantaggi sugli altri parametri, poiché è una funzione dell'intero campione piuttosto che di una parte o solo



della superficie (8) (9). E' chiaro che questo è un parametro comunque ristretto, che approssima la complessità del problema, ma siamo d'accordo con gli altri autori nel suo utilizzo come parametro veramente sensibile per la valutazione e la classificazione dei materiali compositi (9). La rigidità come qualità di un materiale può essere ragionevolmente assunta come molto rilevante nel comportamento clinico (8).

Un problema infine potrebbe essere quello della determinazione del valore di modulo elastico, come segnalato da Spears in relazione ai dati dello smalto, argomento di cui si è occupato l'autore (10).

In mancanza di una fonte unica di dati riguardanti il valore di modulo di Young, abbiamo a disposizione dati di diversa provenienza, inclusi quelli delle stesse case produttrici dei materiali.

Analizzando i dati riguardanti i materiali compositi (Tab. 1), si nota come le resine composite che normalmente sono utilizzate per le otturazioni estetiche dei settori anteriori e posteriori possano rispondere ai requisiti meccanici precedentemente espressi: esse hanno un modulo elastico che varia a secondo della frazione del riempimento (9) e che va circa dai 25 Gpa ai 5,7 Gpa (resine composite microfini) (18).

Se per le resine composite utilizzate per i denti posteriori vale a tutt'oggi la critica che esse sono meccanicamente più simili alla dentina che allo smalto (18), nel caso della ricostruzione dei denti trattati endodonticamente, è proprio un materiale con queste caratteristiche che noi ricerchiamo.

Accanto ai prodotti per conservativa estetica, abbiamo prodotti appositamente commercializzati per la ricostruzione dei denti trattati endodonticamente: di essi uno solo è un materiale fotopolimerizzabile (Clearfil Photocore Kuraray, Japan), con caratteristiche di fotopolimerizzabilità nettamente superiori a quelle di altri compositi del commercio, essendo un prodotto privo di pigmenti coloranti (fotopolimerizzazione di 7 mm in profondità) (19); gli altri prodotti specifici sono autopolimerizzabili (Ti Core, Essential Dental System, NJ, USA; Bisfil Core, Bisco, Schaumburg, USA; Clearfil Core Kuraray, Osaka, Japan; etc.) o

auto/fotopolimerizzabili (Bis-core, Bisco, Schaumburg, USA).

Un'attenzione particolare deve essere posta sui cementi resinosi che, dai dati in nostro possesso, hanno in media un valore di modulo elastico significativamente più basso rispetto alla dentina (6,8-10,8 Gpa) (Tab. 2).

I perni prefabbricati con fibre di carbonio presentano valore di modulo elastico molto simile a quello della dentina (Tab. 2).

Il vantaggio rappresentato dall'inserzione della fibra di carbonio nella resina è quello di risolvere il problema del possibile cedimento coesivo del materiale perché la fibra ridistribuisce gli stress su superfici più ampie.

E' necessaria una differenziazione riguardante la resina in cui sono immerse le fibre di carbonio dei perni prefabbricati: nei perni Cabon post (Cabon, RDT, Meylan, France) la resina è epossidica, mentre nei perni Tech 2000 (Isasan, Caronno Pertusella, VA, Italia) è resina composita (dppMOR). Da un punto di vista di comportamento fisico-meccanico questa differenza non comporta problemi. Test in vitro indicano assenza di citotossicità per i perni Cabon Post (20) e per i perni Tech 2000 (21).

Il fatto di utilizzare come riempitivo (perni

MODULO DI YOUNG		
	Gpa	Rif.
• TI-CORE NATURAL	22,2	(11)
• Z 100	21,5	(12)
• MIRADAPT	20,5	(12)
• CLEARFIL PHOTOCORE	18,6	(13)
• DENTINA	18,6	(14)
• TI-CORE TITANIUM	18,5	(11)
• ESTILUX POST	17,5	(12)
• HERCULITE XRV	17,1	(12)
• CLEARFIL AP-X	16,8	(13)
• CLEARFIL CORE	16,1	(13)
• BIS-CORE	12,9	(15)
• CORE-FLO	10,8	(15)
• COMPOLUTE (fotopol.)	9,2	(16)
• COMPOLUTE (senza fotopol.)	8,8	(16)
• BISCO CHOICE	8,7	(15)
• C&B CEMENT	6,8	(15)

Tab. 1

MODULO DI YOUNG		
	Gpa	Rif.
• PERNO CABON STANDARD	20 Gpa (a 30°)	(15)
• PERNO TECH 2000	30 Gpa (a 20°)	(17)

Tab. 2



Fig. 1 - Perno Composipost Standard: si evidenzia la forma non anatomica.



Tech 2000) una resina che sia un omologo delle resine utilizzate negli adesivi Kuraray (Osaka, Japan), dovrebbe essere un miglioramento, da un punto di vista teorico, rispetto alla resina epossidica dei perni Cabon, anche se i test di trazione e di

estrusione riguardanti questi ultimi sono molto buoni (22-24).

Deve essere inoltre sottolineato che i perni Cabon Post, nella forma Standard (o Composipost) (Fig. 1), presentano una forma non anatomica: secondo le indicazio-

ni del produttore, per cementarli nel canale, è necessario adattare quest'ultimo al perno e non viceversa, sacrificando in questo modo preziosa dentina integra (6). Esistono due varianti di questi perni, che presentano forma anatomicamente più consona, uno con forma cilindrica ed estremità conica (Endopost) e un altro con forma tronco-conica e conicità 02 (Endo-Composipost UM), da poco commercializzato in Italia (Fig. 2).

I perni Tech 2000, rispetto ai Cabon Post Standard, hanno forma più consona alla anatomia canale residua dopo il trattamento endodontico, essendo cilindrici ad estremità conica (Fig. 3).

Crediamo che nell'ottica della conservazione di preziosa dentina radicolare sana, si debba sempre avere un perno con forma molto simile a quella del canale. Le frese che i costruttori uniscono ai kit dei perni dovrebbero essere utilizzate, dopo una leggera rifinitura delle pareti canalari con Gates-Glidden o Peeso o Largo, come verificatori rigidi e facilmente manipolabili del diametro del perno da utilizzare e della congruità tra canale e perno.

Nel caso in cui non ci sia sufficiente congruità tra canale e perno, crediamo sia molto meglio adattare il perno al canale con una fresa diamantata a grana fine, piuttosto che adattare il canale al perno.

Seguendo le indicazioni date dai produttori dei materiali e dai dati reperibili in letteratura, si possono schematicamente fissare due possibilità nelle applicazioni cliniche dei materiali che sono stati presi in esame (materiali compositi e perni prefabbricati con contenuto di fibre di carbonio):

**1. Solo composito.** Se il dente da ricostruire presenta una camera pulpare preservata e almeno tre pareti residue a livello coronale, si può utilizzare solamente un materiale fotopolimerizzabile, esteso qualche millimetro nel canale.

Questa tecnica riteniamo sia estremamente ergonomica e facilmente applicabile ad elementi anteriori e posteriori (Figg. 4-7). Il vantaggio è quello di conservare dentina a livello coronale (e radicolare). Una successiva preparazione protesica conservativa permette di avere a disposizione ampie zone di dentina, importantissime per dare

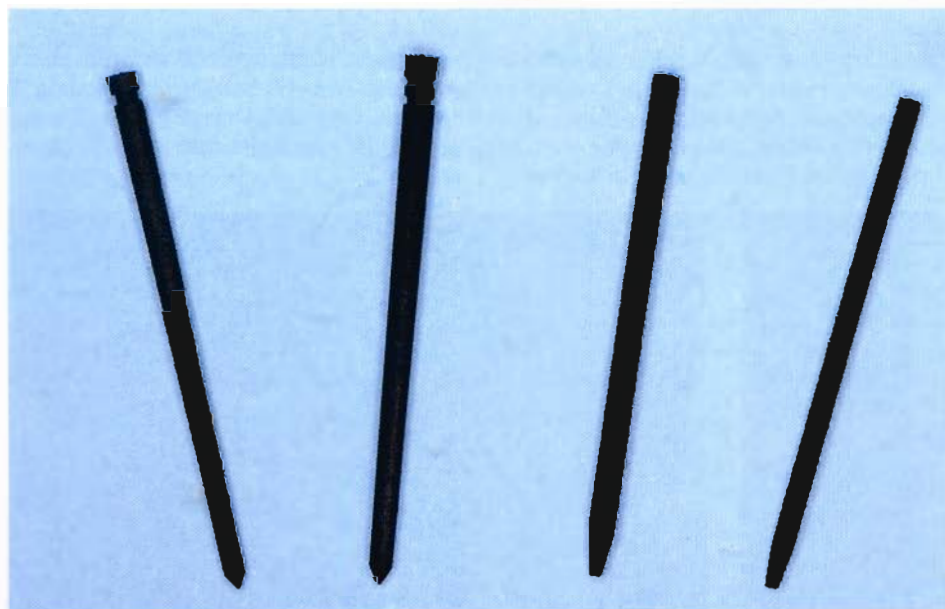


Fig. 2 - Perno Endopost, cilindrico ad estremità conica e perno Endo-Composipost UM, tronco-conico, con conicità 02.



Fig.3 - Perno Tech 2000 con forma cilindrica ed estremità conica.

un ottimale cerchiaggio cervicale e coronale al manufatto protesico (Fig. 8).

**2. Tecnica convenzionale con perno in fibra di carbonio.** Se abbiamo poca dentina coronale residua, se essa ha una altezza scarsa o molto scarsa, preferiamo utilizzare un perno prefabbricato con fibre di carbonio, cementato nel canale con un cemento resinoso, ricostruendo poi la rimanente parte coronale con un materiale composito fotopolimerizzabile (Figg. 9-12).

Questa tecnica ci pare possa essere applicabile solo e unicamente se c'è un intimo e

preciso adattamento tra canale e perno (Fig. 13).

In tutti i casi in cui non c'è congruità tra canale e perno a causa del diverso grado di svasatura o per la sezione trasversale non rotonda del canale (evenienza frequente!), ci troviamo sovente ad avere un perno molto diverso dal canale in cui verrà inserito e si vengono quindi a creare, con una tecnica di cementazione classica, zone in cui si ha presenza di cemento abbondante interposto tra dentina e perno (Fig. 14).

Il cemento che normalmente è utilizzato,

seguendo le istruzioni d'uso dei costruttori dei perni e della letteratura (22-24), ha un modulo elastico mediamente più basso rispetto ai due materiali che lega: si viene così a creare una zona molto critica di concentrazione di sforzi proprio nella zona in cui è presente il materiale a minor valore di modulo elastico, così come è stato dimostrato in un nostro precedente lavoro che si è avvalso della metodica dell'analisi degli elementi finiti (25). Questo diventa il luogo di maggior concentrazione dello stress (e della fatica).

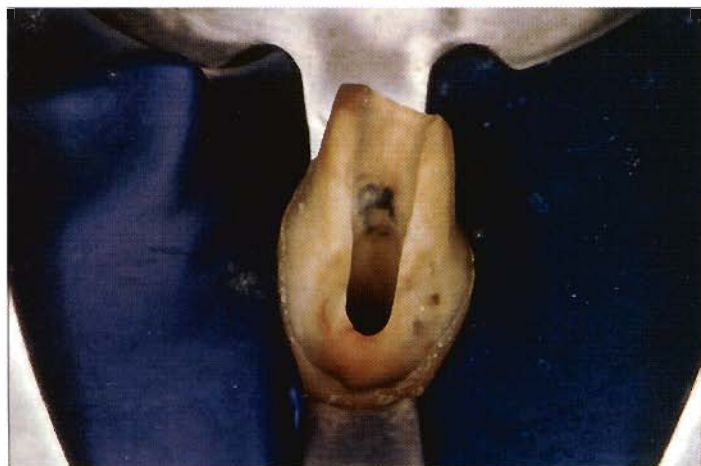


Fig. 4 - Elemento trattato endodonticamente che deve ricevere un restauro pre-protesico. Si noti la camera pulpare preservata e 3 pareti residue coronali.

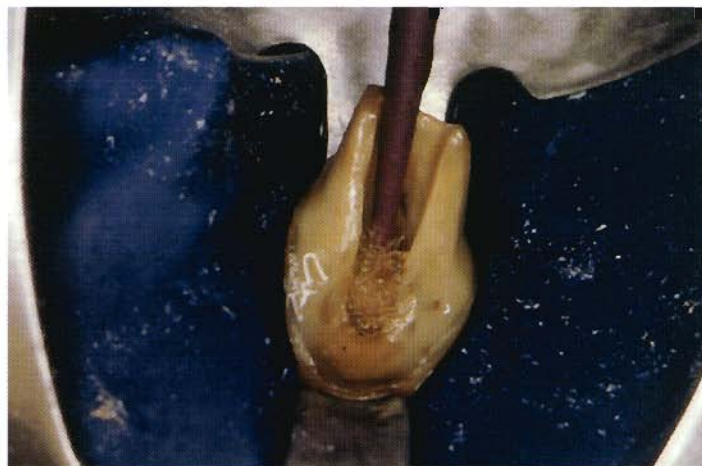


Fig. 5 - I liquidi dei vari passaggi del sistema adesivo dentinale vengono portati nel canale con appositi microbrush.



Fig. 6 - Il materiale composito viene inserito per incrementi nel canale con una siringa.



Fig. 7 - Il materiale composito ha riempito la cavità d'accesso e ricostruito la parete coronale mancante.





**Fig. 8** - Il vantaggio delle tecniche dirette è quello di conservare dentina a livello coronale (e radicolare). Una successiva preparazione protesica conservativa permette di avere ampie zone di dentina, importantissime per dare un ottimale cerchiaggio cervicale e coronale al manufatto protesico.

Ma un altro aspetto deve essere attentamente valutato: il momento iniziale della frattura è periferico e qualsiasi inserto posto internamente come rinforzo del materiale composito non ha influenza in questa fase, entrando in azione in un secondo momento (25). In questo lavoro è stato dimostrato come l'inserimento assiale di perni prefabbricati con fibre di carbonio o con biossido di zirconio, posti passivamente all'interno del campione, non abbiano nessuna influenza nell'incrementare la resistenza alla frattura del materiale composito.



**Fig. 9** - Molare trattato endodonticamente che deve ricevere un restauro pre-protetico. La camera pulpare è preservata, ma le pareti coronali sono assenti.



**Fig. 10** - Il perno viene completamente sporcato con il cemento da cementazione con un pennellino.



**Fig. 11** - Il perno viene inserito nel canale. Data la congruità tra perno e canale, è stato utilizzato un cemento resinoso (Panavia 21). Il cemento è stato lasciato sulla parte coronale del perno, fungendo da interfaccia adesiva con il materiale fotopolimerizzabile utilizzato successivamente.



**Fig. 12** - La restante parte coronale viene ricostruita con un materiale fotopolimerizzabile, per incrementi.



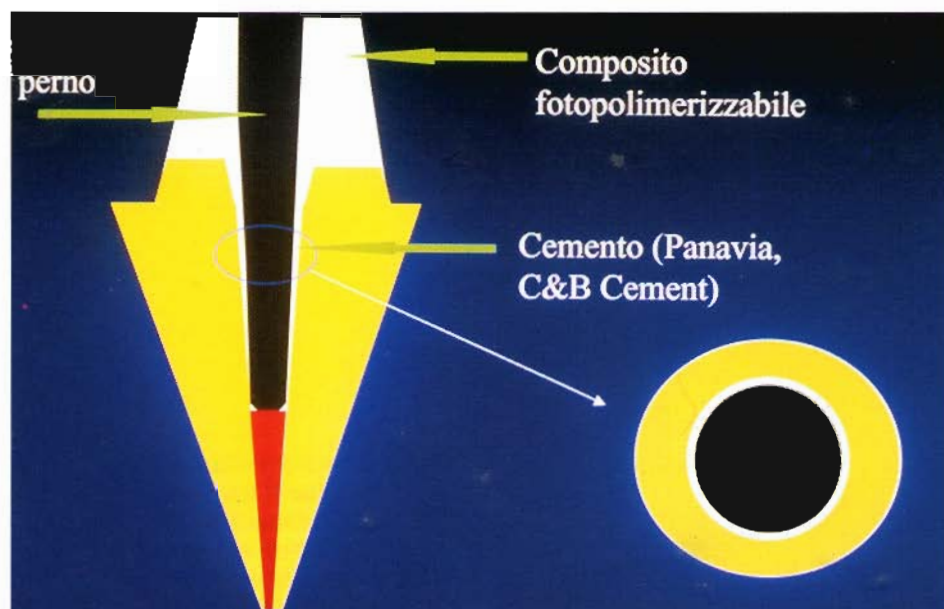


Fig. 13 - Schema raffigurante un buon adattamento del perno rispetto al canale.



Fig. 14 - Schema raffigurante una situazione di incongruità tra perno e canale.

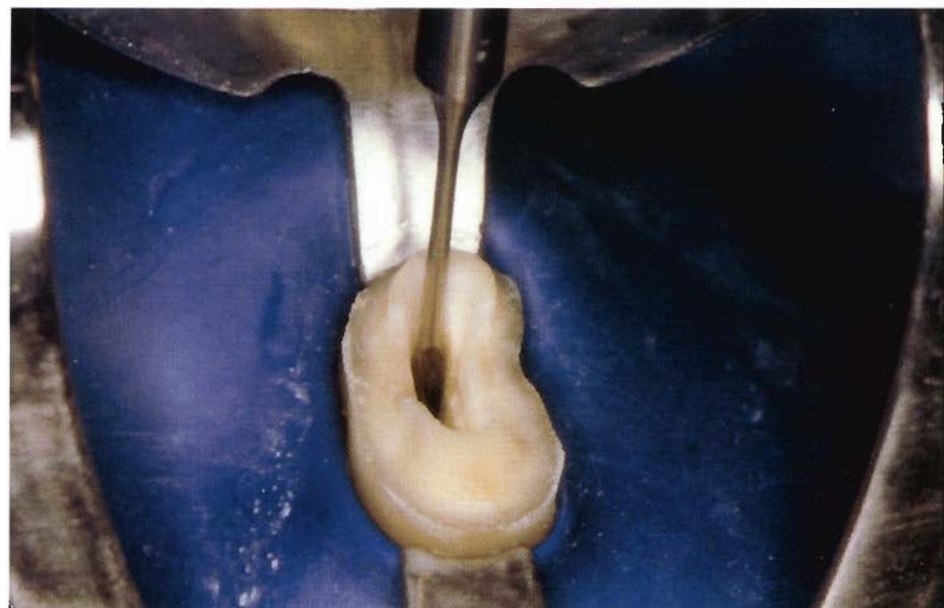


Fig. 15 - Terminali di siringhe per l'applicazione dei compositi nei canali.

Queste considerazioni portano a pensare di utilizzare nelle zone critiche di interfaccia tra perno e dentina un materiale con caratteristiche meccaniche simili e omogenee rispetto agli altri materiali, soprattutto nei casi in cui lo spessore di cemento non sia esiguo. Si arriva così a perseguire, anche in questi casi, la realizzazione di un monoblocco (26) di materiali (dentina, cemento e perno) con caratteristiche fisico-meccaniche omogenee tra loro, eliminando quello che potrebbe essere l'anello debole del sistema, come per altro già segnalato in letteratura (23).

#### NUOVO ORIENTAMENTO

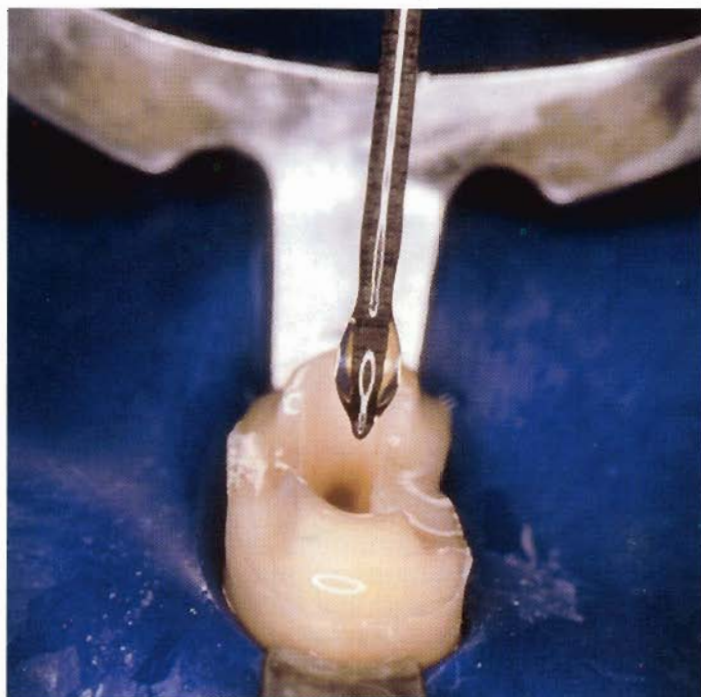
Sulla base di quanto detto finora, riteniamo che la tecnica convenzionale, con il perno in fibra di carbonio cementato nel canale con un cemento resinoso tradizionale a basso modulo elastico, possa essere utilizzata solo quando c'è un ottimo adattamento tra perno e canale: il cemento probabilmente non influenza significativamente le caratteristiche meccaniche del monoblocco. Nel caso invece in cui ci sia discrepanza tra perno e sede canalare (Fig. 14), riteniamo che questa tecnica debba essere modificata. Riteniamo assolutamente necessario l'uso di un materiale composito con modulo elastico simile alla dentina, più alto quindi rispetto alla media dei cementi resinosi. Questo materiale si interporrà nello spazio (a volte anche molto ampio) tra perno e dentina e il suo spessore abbondante non rappresenta più un problema.

Ci pare inevitabile l'uso di un materiale autopolimerizzabile in quanto, con un materiale fotopolimerizzabile, la luce sarebbe notevolmente ostacolata nella sua progressione dal perno stesso che è nero e non traslucido.

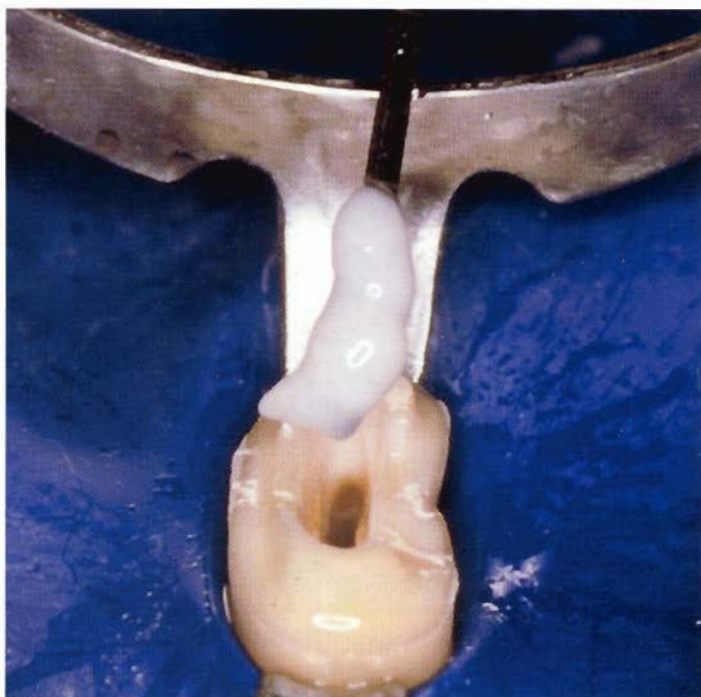
Requisito importante di questo materiale deve essere quello di avere ottima fluidità e tempo di lavorazione più lungo possibile. Esso deve essere inserito nel canale con una pistola per compositi dotata di un terminale sottile che entri nel canale (tipo Hawe Neos Dental, Gentilino, Switzerland o similari) (Fig. 15): in questo modo si minimizzano i problemi dovuti all'inclusione di aria (27).

Nella scelta del materiale abbiamo, dai dati

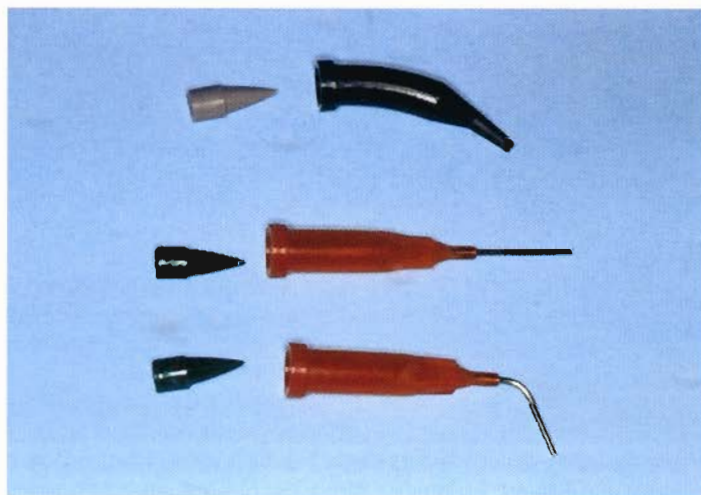




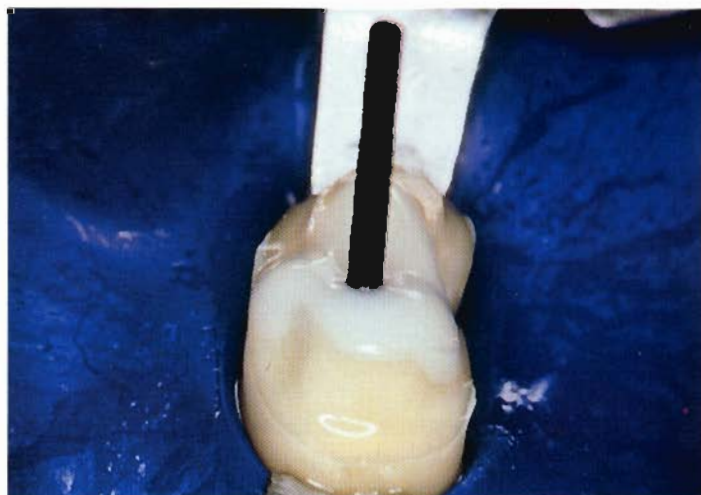
**Fig. 16** - La prova di congruità tra perno e canale viene eseguita con le frese calibrate allegate ai kit dei perni. Queste frese non sono state utilizzate per alesare i canali!



**Fig. 17** - Il perno è un ottimo carrier dei liquidi dei vari passaggi propri degli adesivi dentali.



**Fig. 18** - Data la non congruità tra perno e canale, il perno viene cementato con un materiale composito con modulo elastico più alto rispetto ai tradizionali cementi adesivi. Il perno viene completamente sporcato con il composito.



**Fig. 19** - Il perno è inserito nel canale, che era stato precedentemente riempito con lo stesso materiale autopolimerizzabile con cui era stato pure sporcato il perno.

in nostro possesso (che sono comunque sempre provvisori data la enorme quantità di materiali presenti sul mercato e la grande difficoltà ad avere dati su di essi), poche alternative, ristrette ai due compositi Ti-Core (Natural e Titanium, Essential Dental System, Inc. S. Hackensack, NJ, USA) (modulo elastico: 22,2 e 18,5 GPa) e al Clearfil Core Kuraray (Osaka, Japan) (modulo elastico: 16,1 GPa).

Nello step by step della metodica (Figg. 16-19), dopo una delicata pulizia e rifinitura delle pareti canalari con Gates-Glidden o Peeso o Largo, si applicano i vari passaggi della tecnica adesiva che si utilizza normalmente, con l'accortezza di non eccedere nei tempi della mordenzatura (28). Il primer viene applicato con un pennellino su

dentina e perno. Pure la resina fluida viene applicata su entrambi e quindi fotopolimerizzata. Si noti che il perno è un ottimo carrier di tutti i fluidi che dobbiamo portare nel canale.

Il composito autopolimerizzabile viene spatolato come indicato dal fabbricante, la siringa è caricata e il perno sporcato con il composito. Per questo materiale il tempo a disposizione, tra l'inserimento del composito nel canale e quello del perno, è breve e questa operazione deve essere effettuata in modo molto deciso e veloce perché la resina fluida, che è già nel canale, accelera la polimerizzazione del composito.

Si attendono alcuni minuti per la polimerizzazione e infine la rimanente parte coronale è ricostruita con materiale fotopolimerizza-

bile. Il dente è quindi pronto per la preparazione protesica.

## MATERIALI E METODI

La metodica proposta, nelle due varianti, è stata indagata al SEM per verificare l'adattamento e l'adesione dei materiali tra loro, per verificare la presenza di bolle d'aria e per chiarire meglio quale metodica scegliere.

Sono stati utilizzati 6 incisivi superiori estratti recentemente e conservati in soluzione fisiologica; è stata eseguita una preparazione canalare convenzionale secondo la



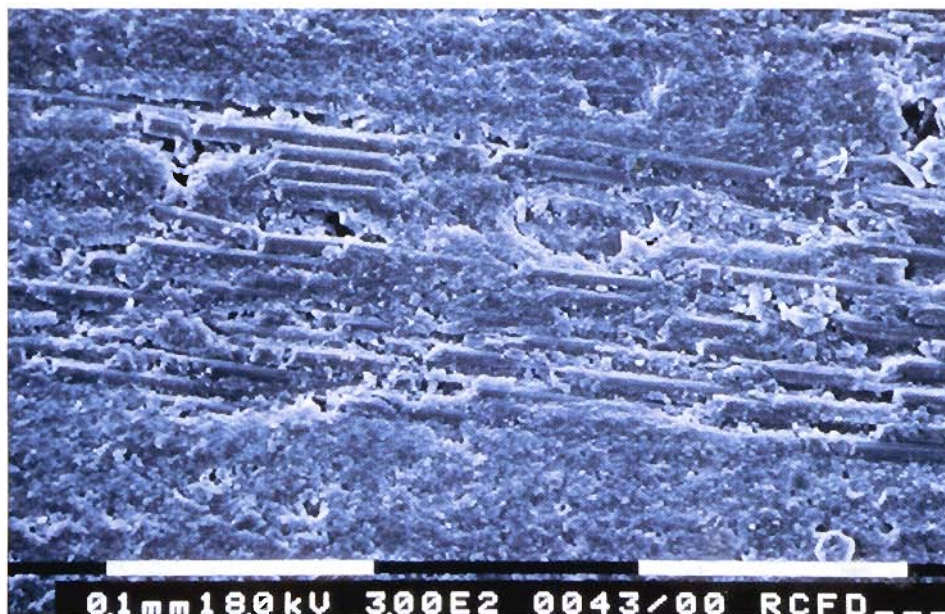


Fig. 20 - Immagine al SEM: interfaccia perno Tech 2000 - Panavia.

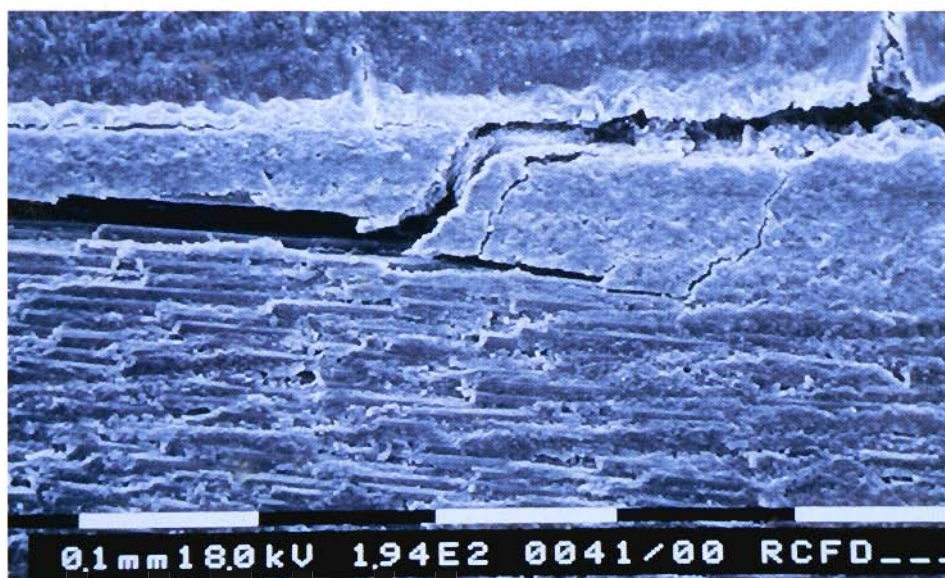


Fig. 21 - Interfaccia dentina - Panavia: distacco, nella zona di destra, del Panavia dalla dentina, ma, nella zona di sinistra, frattura coesiva del perno con Panavia attaccato alla dentina.



Fig. 22 - Immagine al SEM, a basso ingrandimento: perno Tech 2000 immerso nel composito Clearfil Cavex Core autopolimerizzabile.

tecnica di Ruddle (29) e lo spazio endodontico è stato otturato con guttaperca e cemento Pulp Canal Sealer ET (Kerr, USA), compattando la guttaperca con la tecnica dell'onda continua (30) con il System B (Analytic Technology, Redmond, USA): si è voluta simulare una situazione perfettamente aderente alla realtà clinica "contaminando" il canale con un cemento contenente eugenolo per verificarne l'eventuale interferenza nell'adesione (31).

I denti sono stati suddivisi in due gruppi di 3 denti ciascuno, a secondo del tipo di ricostruzione che hanno avuto.

I perni prefabbricati con fibre di carbonio, scelti per questa ricerca, sono stati i Tech 2000 (Isasan, Caronno Pertusella, VA, Italia) per il seguente motivo: essi rappresentano probabilmente uno sviluppo tecnologico dei perni già in commercio da più tempo, che sono fabbricati con resina epossidica e fibra di carbonio. Il costruttore ha utilizzato una resina diversa, contenente DppMor, omologa a quella presente negli adesivi Kuraray (Osaka, Japan). Sono perciò stati utilizzati materiali Kuraray come sistema adesivo dentinale e come cemento per il fissaggio dei perni nel canale: Clearfil K Etchant; SA Primer e Photo Bond; Panavia 21 e Clearfil Core come composito autopolimerizzabile.

Nei denti in cui ci sembrava essere migliore la congruità tra perno e parete canalare è stata utilizzata la tecnica di cementazione con Panavia 21 (Kuraray, Osaka, Japan), seguendo le indicazioni del costruttore, applicando ED Primer su dentina e perno e cemento sul perno con un pennellino (1° gruppo, tre denti). I dati riguardanti il valore di modulo elastico di questo prodotto non sono disponibili presso il produttore, che ci ha altresì fornito altri dati di comportamento elastico: flexural modulus 9,8 GPa, flexural strenght 145 Mpa (13). Dal confronto con analoghi dati di altri materiali, il valore di modulo elastico di questo cemento dovrebbe essere significativamente più alto rispetto agli altri cementi resinosi. Sono comunque necessari studi più approfonditi per avere dati definitivi.

Negli elementi in cui lo spazio tra dentina canalare e perno sembrava più ampio (2° gruppo, tre denti), è stato stata utilizzata la



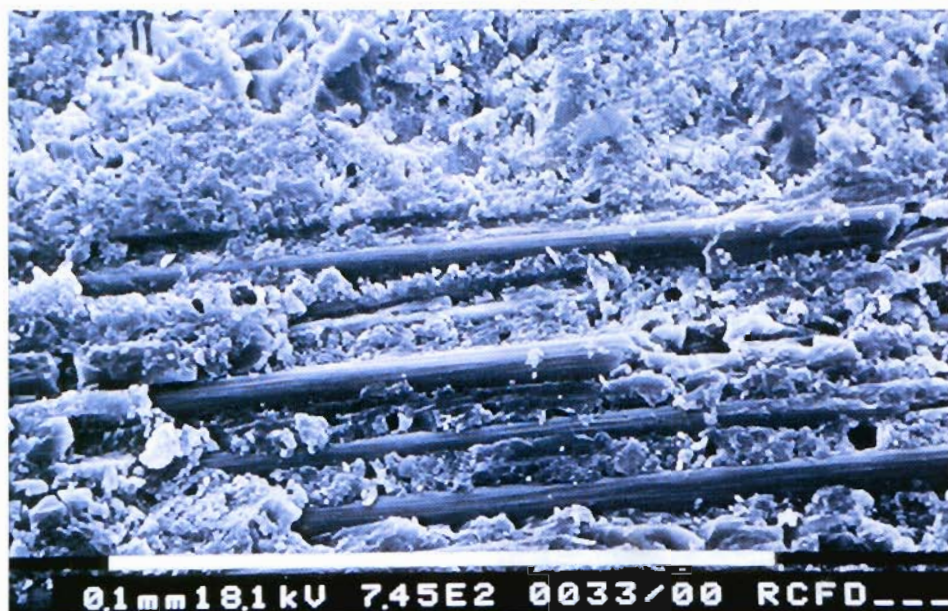


Fig. 23 - Interfaccia perno Tech 2000 - Clearfil Cavex Core.

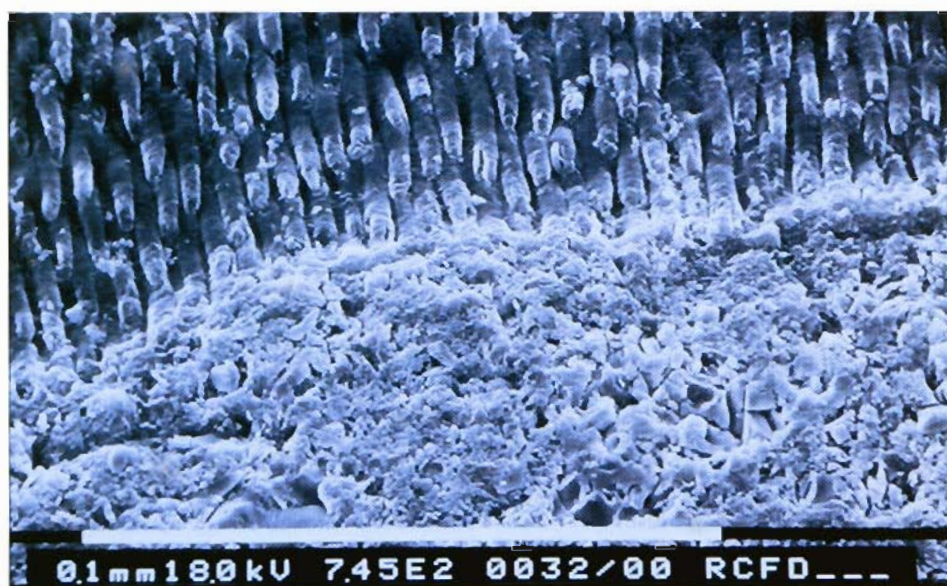


Fig. 24 - Interfaccia dentina-Clearfil Cavex Core. Rappresentazione molto uniforme dello strato ibrido.

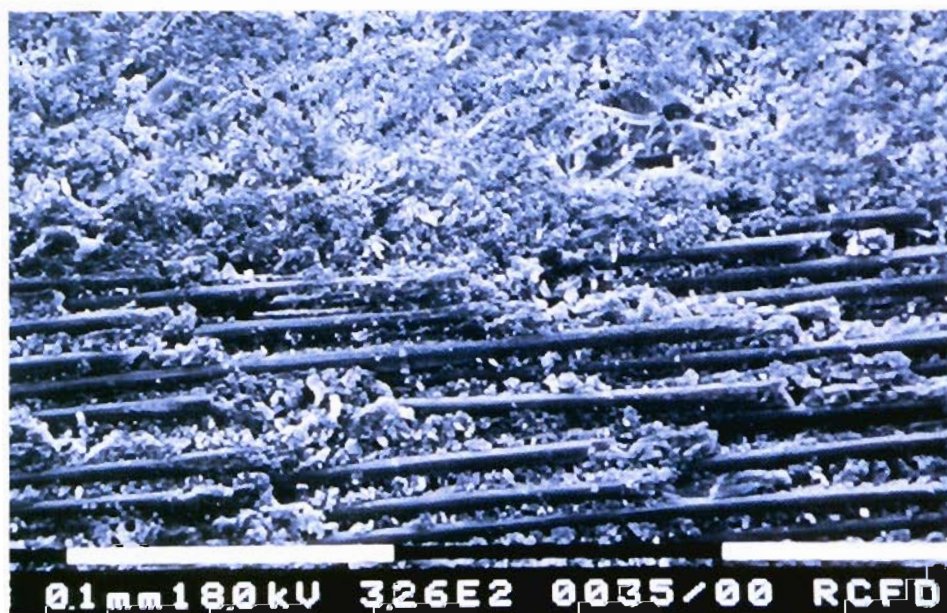


Fig. 25 - Interfaccia perno Tech 2000 - Photocore, nella zona del moncone cervicale.

resina composita autopolimerizzabile Clearfil Core e come sistema adesivo dentinale: acido ortofosforico al 37%, SA Primer e Photobond (Kuraray, Osaka, Japan) (primer e resina fluida su dentina e perno). Questo materiale è stato scelto anche perché ci sembra essere quello che ha le migliori caratteristiche di fluidità e quindi di manipolabilità. Il valore di modulo elastico ci soddisfa parzialmente in quanto desidereremmo avere a disposizione un materiale con valore di modulo elastico con 2-3 Gpa in più.

Il composito autopolimerizzabile è stato inserito nel canale con un terminale sottile della pistola Hawe Neos; il perno è stato sporcato con il composito.

In entrambi i gruppi la porzione coronale è stata ricostruita con il composito fotopolimerizzabile Clearfil Photocore Kuraray.

## RISULTATI

L'osservazione al microscopio a scansione ci ha mostrato, per i perni cementati con Panavia (1° gruppo), una ottima e intima apparente adesione tra perno e cemento su tutte le superfici osservate (Fig. 20). Nell'interfaccia tra dentina e Panavia si sono spesso evidenziate alcune zone in cui i resin tags si sono staccati dalla dentina (probabilmente a causa del vuoto creato per l'osservazione al microscopio), ma anche zone in cui c'è frattura coesiva del perno dal Panavia, che è rimasto attaccato alla dentina (Fig. 21). Lo spessore dello strato ibrido appare, come è classico per questo tipo di adesivo, molto sottile anche se ben rappresentato lungo tutta la superficie dentinale studiata. I tre campioni non mostravano differenze significative tra di loro.

Per i perni immersi nella resina composita autopolimerizzante (2° gruppo) la presenza di vuoti è costantemente minima nei tre campioni (Fig. 22). Il materiale composito sembra avere un'intima adesione con il perno (Fig. 23). Si osserva un'ottima e uniforme rappresentazione dello strato ibrido lungo tutto il canale, con differenza minima tra i diversi livelli dello stesso dente e





**Fig. 26** - Schema di un ipotetico perno prefabbricato traslucido, con fibre immerse in una matrice resinosa e orientate in varie direzioni, con modulo elastico di ca. 18,5 GPa; cementazione tramite immersione in un composito fotopolimerizzabile con simili caratteristiche meccaniche, aiutata con un manipolo ad ultrasuoni.

tra i diversi campioni (Fig. 24).

In tutti i campioni non si sono rilevate interferenze nella polimerizzazione attribuibili ad eugenolo.

Le zone del moncone cervicale sono state pure indagate e l'osservazione al SEM sembra mostrare un'intima adesione tra perno e materiale fotopolimerizzabile Photocore (Fig. 25).

La congruenza tra perno e canale è apparsa molto scarsa, come era nelle aspettative, nei campioni del secondo gruppo, ma anche nei campioni del primo gruppo la congruenza era buona solo nelle zone più apicali, dove lo spessore di cemento era esiguo, mentre, man mano si saliva nelle zone più coronali, l'adattamento veniva meno e lo spessore di cemento era maggiore.

## DISCUSSIONE

La tecnica proposta è di facile uso, ergonomicamente è molto vantaggiosa e può essere effettuata nella medesima seduta della chiusura endodontica.

Il riaccesso alla gutta-perca è possibile perché il perno in fibra di carbonio è facilmente rimovibile.

Probabilmente il problema pratico più grosso potrebbe essere quello della scelta nell'ambito delle due diverse alternative proposte. Crediamo che un training minimo possa far risolvere i problemi senza difficoltà. Riteniamo in ogni modo che la tecnica che prevede l'uso del materiale composito autopolimerizzabile possa essere utilizzata anche in casi di spessore esiguo di cemento, sicché, nel dubbio, dovrebbe

essere privilegiata questa nuova tecnica rispetto a quella convenzionale.

La tecnica proposta necessita di ulteriori approfondimenti ma, dai risultati al microscopio a scansione e da quelli dell'utilizzo clinico, ci pare essere davvero un miglioramento delle tecniche di restauro adesivo dei denti trattati endodonticamente.

I risultati al microscopio elettronico ci indicano che il perno in fibra di carbonio agisce da distributore di cemento e che una resina composita con buona fluidità (e modulo elastico simile alla dentina!) riempie molto bene lo spazio abbondante tra perno e dentina.

Dal punto di vista adesivo, questa ricerca è in linea con i risultati di un'altra ricerca (32) che ha dimostrato un'ottima interfaccia tra le tre differenti componenti (dentina, resina composita e perno) lungo tutta la superficie radicolare.

Un ulteriore miglioramento, più da un punto di vista estetico e di maggior facilità di esecuzione tecnica, ce lo aspettiamo, nel futuro, dall'industria quando avremo a disposizione un perno prefabbricato in resina composita (alto grado di conversione, non vuoti al suo interno) con fibre disposte in più direzioni (o secondo direzioni utili, da determinare, per esempio, con lo studio tramite analisi degli elementi finiti), traslucide, che si possa perciò cementare immergendolo in resina composita fotopolimerizzabile, con modulo elastico simile alla dentina. Per ridurre la presenza di inclusi d'aria nella resina composita da cementazione, l'inserimento del perno dovrebbe probabilmente avvenire con un manipolo ad ultrasuoni (Fig. 26).

Il ruolo chiave del valore di modulo elastico dei materiali si rivela di talmente grande

importanza nella scelta del materiale da non poter essere affidato solo ai dati delle ditte produttrici o a quelli provenienti da studi di diversa origine. È in progetto per l'immediato futuro uno studio unitario su questo parametro, in modo da avere a disposizione dati maggiormente confrontabili.

## CONCLUSIONI

La tecnica proposta e descritta introduce un nuovo concetto nella cementazione dei perni in fibra di carbonio nella ricostruzione dei denti trattati endodonticamente, riuscendo così ad ottenere, in ogni caso clinico, un monoblocco di materiali con caratteristiche meccaniche più omogenee possibili tra di loro. Essa ci pare da privilegiare rispetto alle tecniche descritte in letteratura e comunque un importante completamento per una più diffusa e sicura applicazione della metodologia dei perni in fibra di carbonio.

Un altro vantaggio di queste tecniche è quello di utilizzare metodiche restaurative dirette che sono molto vantaggiose perché semplici, ergonomiche e realizzabili anche nella seduta stessa di chiusura dei canali e permettono inoltre l'utilizzo di materiali che non prevedono svasature geometriche del canale e perdite ingiustificate di dentina residua coronale come previsto dalla tecnica tradizionale del perno-moncone fuso.



## BIBLIOGRAFIA

1. King PA, Setchell DJ. An *in vitro* evaluation of a prototype CFRC prefabricated post developed for the restoration of pulpless teeth. *J Oral Rehabil* 1990; 17 (6): 599-609
2. Isidor F, Odman P, Brondum K. Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. *Int J Prosthodont* 1996; 9 (2): 131-136
3. Cavalli G, Bertani P, Generali P. Analisi dello stress, tramite studio degli elementi finiti, in denti ricostruiti con perno moncone e corona, *G It Endo* 1996; 3: 107-112
4. Sorensen JA, Engelman MJ. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1990; 63: 529-536
5. Mentink AGB, Creugers N. Five year report of a clinical trial on post and core restorations. *JADR* 1995; 74: 187-92
6. Sornkul E. Strength of root before and after endodontic treatment and restoration. *J Endodon* 1992; 18, 9: 440-44
7. Freedman G. Bonded post-endodontic rehabilitation, *Dentistry Today* 1996; 15, 5: 50-53
8. Vanherle G, Lambrechts P, Braem M, Willems G. Mechanical properties of resin composites and their clinical relevance, Atti del simposio internazionale Factors influencing the quality of composite restorations, theory and practice, Bologna 22-23 November 1996
9. Braem M, Lambrechts P, Van Doren V, Vanherle G. The impact of composite structures on its elastic response, *J Dent Res* 1986; 65 (5): 648-653
10. Spears IR. A three-dimensional finite element model of prismatic enamel: a reappraisal of the data on the Young's modulus of enamel, *J Dent Res* 1997; 76 (10): 1690-1697
11. Cohen BI et al. Comparison of the Young's modulus for six reinforced dental materials. *Oral Health* 1997; April, 47: 55
12. Braem M, Lambrechts P, Gladys S, Vanherle G. *In vivo* fatigue behaviour of restorative composites and glassionomers, *Den Mater* 1995; 11: 137-141
13. Kuraray Co., 1995, Dati tecnici dei materiali.
14. Pao YC, Reinhardt RA, Krejci RF. Root stresses with tapered-end post design in periodontally compromised teeth. *J Prosthet Dent* 1987; 57: 281-6
15. Bisco, Inc., Dati tecnici dei materiali, 1997
16. Espe, Dati tecnici dei materiali, 1998
17. Isasan, Dati tecnici dei materiali, 1997
18. Vanherle G, Lambrechts P, Braem M, Willems G. Mechanical properties of resin composites and their clinical relevance, Atti del simposio internazionale Factors influencing the quality of composite restorations, theory and practice, Bologna 22-23 November 1996
19. Reality, Core materials, 1995, 9: 57-58
20. Torbjørner A, Karlsson S, Syverund M, Hensten-Pettersen A. Carbon fiber reinforced root canal posts. Mechanical and cytotoxic properties, *Eur J Oral Sci* 1996; 104: 605-611
21. Naji A, Gonfrier MP, Savineau C, Harmand MF. LEMI, Laboratoire d'Evaluation des Matériels Implantables, Rapport d'essai n. 97-PH249, 2 Juillet 1997
22. Duret B, Reynaud M, Duret F. Un nouveau concept de reconstitution coronaradiculaire: le Composipost, *Le Chir Dent de France* 540: 131 1990
23. Mason PN. Contributo sperimentale alla ricerca sul legame Composipost-endodonto, Atti del simposio internazionale Odontoiatria Adesiva Oggi, S. Margherita Ligure, 14-15 marzo 1997
24. Dallari A, Rovatti L. Sette anni di esperienza *in vitro* e *in vivo* con i perni in fibra di carbonio, Atti del simposio internazionale Odontoiatria Adesiva Oggi, S. Margherita Ligure, 14-15 marzo 1997
25. Cavalli G, Bertani P, Generali P. Il restauro preprotetico e protetico del dente trattato endodonticamente. Strategie cliniche. Dossier, *Dental Cadmos* 1998; 11: 9-28
26. Freedman G. Bonded post-endodontic rehabilitation, *Dentistry Today* 1996; 15, 5: 50-53
27. Cavalli G. La ricostruzione del dente trattato endodonticamente: realtà cliniche, 4° Congresso Nazionale del Collegio dei Docenti di Odontoiatria, Roma 17 Aprile 1997
28. Kaitsas V. Comunicazione personale 19° Congresso Nazionale S.I.E., Verona, 20-21 Novembre 1998
29. Ruddle CJ. Endodontic canal preparation: breakthrough cleaning and shaping strategies. *Dentistry Today* 1994; 13, 2: 44-49
30. Buchanan LS. Cleaning and shaping the root canal system, *Pathways of the pulp*, ed. 5, St. Louis. C.V. Mosby Co, 1991; 166-192
31. Tjan AH, Nemetz H. Effect of eugenol-containing endodontic sealer on retention of prefabricated posts luted with adhesive composite resin cement. *Quintessence Int* 1992; 23(12): 839-44
32. Mannocci F, Vichi A, Ferrari M, Watson TF. Confocal microscope and SEM evaluation of carbon fibre post restoration, *JDR*, 77, Special Issue B, 2232, 1998