



ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ

**Valutazione meccanica ed ultrastrutturale
di ricostruzioni post-endodontiche
con perni endocanalari non metallici
sabbati superficialmente**

R. Bedini, G. Formisano, P. Ioppolo,
C. Altamura, M. Majori,
E. Tundo e S. Caiazza

ISSN 1123-3117

Rapporti ISTISAN

00/27

ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ

**Valutazione meccanica ed ultrastrutturale
di ricostruzioni post-endodontiche
con perni endocanalari non metallici
sabbati superficialmente**

Rossella Bedini (a), Giuseppe Formisano (b), Pietro Ioppolo (a),
Carlo Altamura (c), Mariangela Majori (c),
Enzo Tundo (c) e Salvatore Caiazza (b)

(a) Laboratorio di Ingegneria Biomedica, Istituto Superiore di Sanità

(b) Laboratorio di Ultrastrutture, Istituto Superiore di Sanità

*(c) Corso di Laurea in Odontoiatria e Protesi Dentaria, Facoltà di Medicina e Chirurgia,
Cattedra di Odontoiatria Conservatrice, Università degli Studi La Sapienza di Roma*

ISSN 1123-3117

Rapporti ISTISAN

00/27

Istituto Superiore di Sanità

Valutazione meccanica ed ultrastrutturale di ricostruzioni post-endodontiche con perni endocanalari non metallici sabbiati superficialmente.

Rossella Bedini, Giuseppe Formisano, Pietro Ioppolo, Carlo Altamura, Mariangela Majori, Enzo Tundo e Salvatore Caiazza

2000, 36 p. Rapporti ISTISAN 00/27

Lo scopo di questo lavoro è stato quello di valutare l'influenza del processo superficiale di sabbiatura sulle prestazioni meccaniche ed ultrastrutturali di quattro tipi di perni endocanalari. I perni sono stati inseriti nel canale radicolare di denti umani, usando lo stesso tipo di sistema di adesione. Ogni dente ricostruito è stato indentato lateralmente con due asole rettangolari così da poter essere afferrato adeguatamente durante le prove meccaniche. Uno sforzo di taglio a tensione è stato applicato a tutti i campioni per mezzo di un dinamometro elettronico, equipaggiato con una cella di carico di 500 N, ed afferraggi realizzati *ad hoc*. La velocità della prova è stata di 1mm/min. Le osservazioni al Microscopio elettronico a scansione (SEM) sono state effettuate al fine di valutare morfologicamente le interfacce coinvolte, dopo l'attuazione delle prove meccaniche. I risultati delle osservazioni rendono ragione dei risultati delle prove e del ruolo del processo di sabbiatura.

Parole chiave: Microscopia elettronica a scansione (SEM), Perna endocanalari, Prove meccaniche, Sabbiatura

Istituto Superiore di Sanità

Mechanical and ultrastructural evaluation of endodontic sand-blasting-post restorations.

Rossella Bedini, Giuseppe Formisano, Pietro Ioppolo, Carlo Altamura, Mariangela Majori, Enzo Tundo and Salvatore Caiazza

2000, 36 p. Rapporti ISTISAN 00/27 (in Italian)

The aim of this work was to evaluate the influence of a surface abrasive blasting process on the ultrastructural and mechanical performance of four endodontic posts. The posts were fixed in the root canal of extracted human teeth, using the same enamel-dentin adhesive. Each restored tooth was indented with two opposite rectangular grooves in the middle of the buccal and lingual surfaces (5 mm height, 1.5 mm width, 1 mm depth) so as to secure it during mechanical testing. Tensile shear-stress at break was applied to the samples using an electronic dynamometer equipped with a 500 Newton load cell and small pincer grips manufactured *ad hoc*. Testing speed was 1 mm/min. Scanning electron microscope observations were made in order to evaluate post-adhesive-dentin interfaces after mechanical tests. Scanning electronic microscopy (SEM) observations do not seem to explain the mechanical results we obtained, nor justify the use of the abrasive blasting process.

Key words: Blasting process, Endodontic-posts, Mechanical tests, Scanning electron microscopy (SEM)

INDICE

PREMESSA	1
1. PERNI ENDOCANALARI	3
1.1 Introduzione	3
1.2 Classificazione tecnico-evolutiva	10
2. ANALISI SPERIMENTALI	22
2.1 Introduzione	22
2.2 Materiali e Metodi	23
2.3 Preparazione dei campioni	25
2.3.1 <i>Preparazione dei campioni per le prove meccaniche</i>	26
2.3.2 <i>Preparazione dei campioni per l'osservazione al SEM</i>	27
2.4 Risultati e discussione	27
2.4.1 <i>Prove meccaniche</i>	27
2.4.2 <i>Osservazioni al SEM</i>	29
2.5 Conclusioni	32
BIBLIOGRAFIA	34

PREMESSA

Nell'ambito delle discipline odontostomatologiche l'endodonzia è quella che in questi ultimi anni è stata maggiormente oggetto della ricerca scientifica. Tale disciplina prevede il recupero morfo-funzionale di un elemento dentale colpito da una patologia di origine pulpo-periapicale conseguente ad un processo carioso o traumatico, in modo tale da ripristinarne le condizioni precedenti la patologia (1). L'elemento dentale trattato mediante terapia endodontica dovrà rispondere nella maniera più naturale possibile alle funzioni dell'apparato stomatognatico, ossia masticazione, fonazione ed estetica.

La ricostruzione corono-radicolare dell'elemento dentale rappresenta l'ultima fase del trattamento endodontico, ma non l'ultima in ordine di importanza. È infatti questa che permette al dente trattato di assolvere alle funzioni sopra menzionate e pertanto dovrà ripetere nella maniera migliore le caratteristiche morfologiche e meccaniche di un elemento dentale sano ed integro (1-2-3).

Tale problema non è sempre di facile soluzione, in quanto spesso ci si trova di fronte ad elementi dentali fortemente distrutti, a volte decoronati, un tempo sicuramente destinati all'estrazione.

L'intervento in caso di processo carioso in grado di portare, se trascurato, a compromissione dell'elemento dentario attraverso vari stadi e le procedure per un corretto accesso endodontico, provocano una perdita di sostanza dentale, con conseguente interruzione dell'armonia morfo-funzionale e della originaria struttura, consistente nel preciso orientamento dei suoi costituenti quali prismi dello smalto, canalicoli dentinali e travate dentinali intercanalicolari (1-3-4-5-6). Nell'elemento dentale sano queste componenti morfologiche permettono una corretta diffusione e distribuzione degli stress masticatori che vengono scaricati lungo l'asse corono-radicolare nella maniera meno traumatizzante possibile.

Altri fattori contribuiscono ad un'ulteriore diminuzione della resistenza alle sollecitazioni occlusali di un dente trattato endodonticamente rispetto ad un dente sano:

il fenomeno di disidratazione con conseguente perdita di elasticità e la perdita del meccanismo difensivo di controllo, legato alla scomparsa dei pressocettori pulpari (1-3-4-5-6).

Un elemento dentale sottoposto a trattamento endodontico risulta dunque notevolmente più esposto al rischio di frattura, soprattutto se non adeguatamente ricostruito.

Il successo terapeutico è di conseguenza legato a molti fattori, quali la conoscenza dell'anatomia endodontica, la scelta di metodiche operative appropriate al caso e l'adozione di tecniche e di materiali idonei a garantire il ripristino della funzionalità perduta.

1. PERNI ENDOCANALARI

1.1 Introduzione

L'odontoiatria conservatrice permette la risoluzione di singoli casi modificando l'approccio terapeutico a seconda del grado di compromissione strutturale e funzionale del dente interessato.

In passato molti tentativi sono stati fatti nell'intento di ricostruire l'elemento dentale compromesso: la prima esperienza documentata in letteratura, risalente al 1743 ad opera di Pierre Fauchard (7), prevedeva l'utilizzo di un perno in legno, sfruttandone l'imbibizione con i liquidi circostanti, che veniva inserito nel canale per garantire l'ancoraggio della corona alla struttura radicolare.

Successivamente, nel 1849, F.H. Clarke introdusse una nuova tecnica: quella del perno a molla, che consisteva nell'inserimento di un tubo metallico nel canale in cui a sua volta veniva inserito un perno metallico spaccato, apparente soluzione al problema del drenaggio di materiale purulento proveniente dal periapice ed dall'interno del canale.

Altre soluzioni, ad esempio il fissaggio di una corona ad una vite e il suo inserimento in un canale laminato d'oro coesivo e l'introduzione della prima corona Richmond, che nella sua evoluzione trova ancora oggi la sua applicazione, rappresentano le tappe intermedie di un lungo tragitto alla ricerca della soluzione più idonea.

La maggiore conoscenza dell'anatomia endodontica, e il conseguente affinamento delle metodiche di preparazione e di otturazione canalare ha portato ad un impiego sempre più competente dei perni endocanalari nella ricostruzione dell'elemento dentale.

Negli anni settanta si è potuto assistere ad un largo impiego di perni di varia forma, dimensione e materiale come ad esempio i perni fusi in oro oppure in leghe semipreziose e quelli realizzati con resine acetaliche (8), che però è andato successivamente ridimensionandosi per l'introduzione delle ricostruzioni in amalgama

ad estensione corono-radicolare che prevedevano il restauro completamente effettuato mediante l'utilizzo di solo amalgama. Utilizzando questo tipo di ricostruzione post-endodontica, venivano sfruttate solo le ritenzioni naturali come solchi, pozzetti e irregolarità dentinali del primo tratto radicolare con condensazione diretta dell'amalgama in camera pulpare e nel primo tratto del canale (9).

Questa tendenza trova la sua spiegazione nell'alta percentuale di insuccessi relativa all'utilizzo di perni od altri sistemi di ancoraggio non ancora evoluti come quelli adoperati nella pratica clinica odierna ed all'erroneo tentativo di rinforzare la radice con l'uso di perni avvitati nel canale, secondo convinzioni diffuse tra gli operatori del settore un paio di decenni fa.

Al giorno d'oggi, l'introduzione di tecniche e materiali di nuova concezione e l'utilizzo di sequenze operative sempre più logiche, conducono l'operatore ad ottenere ricostruzioni post-endodontiche in grado di resistere a sollecitazioni occlusali al pari di un dente integro.

Una classificazione prevede la distinzione dei perni endocanalari in perni fusi e prefabbricati.

In presenza di un elemento dentario fortemente distrutto, che presenti una o più radici larghe, nelle quali il diametro e/o la morfologia non consentano l'utilizzo di un perno prefabbricato, è possibile il recupero morfo-funzionale realizzando un perno-moncone fuso. Tale ricostruzione, realizzata in metallo dopo la presa di un'impronta del canale dentale, è indicata principalmente a livello della radice distale dei molari inferiori, che presenta un'anatomia favorevole a tale tipo di ricostruzione.

L'indicazione all'utilizzo dei perni endocanalari nelle ricostruzioni post-endodontiche ha riconosciuto per un lungo periodo due motivi fondamentali: creare ritenzione per il materiale da restauro e rinforzare le strutture dentali residue.

E' indubbio che il perno rappresenti un ottimo sistema di ancoraggio e ritenzione per il materiale da restauro alle strutture dentali residue, in caso di nulla o diminuita possibilità di utilizzo di ritenzioni naturali, ed in merito esiste un accordo generale da parte di tutti gli autori.

Sul secondo punto, in cui il concetto guida all'utilizzo di un perno è quello di rinforzare la struttura dentale residua, non esiste un'identità di vedute, visto il variare delle opinioni con il passare del tempo.

Per un lungo periodo si era dato credito all'idea che il perno costituisse realmente un rinforzo delle strutture dentali residue, permettendo di scaricare lungo l'asse radicolare le forze masticatorie; successivamente i risultati dei diversi studi eseguiti a tale proposito hanno portato a smentire tale assunto largamente diffuso.

Tuttavia la recente introduzione di nuovi materiali per la fabbricazione di perni, quali resine rinforzate con fibre di carbonio, vede ancora non svanito il tentativo di rinforzare la struttura dentale residua. Questi perni di nuova concezione, ottenuti con materiali non metallici, vengono cementati passivamente nel canale adoperando cementi compositi che si legano alla dentina pretrattata chimicamente, sia penetrando nei tubuli dentinali che formando con essa uno strato intermedio denominato strato ibrido. La successiva ricostruzione del dente in composito completa la ricostruzione post-endodontica che è dunque costituita tutta da resina composita.

Numerosi sono i perni endocanalari esistenti in commercio. Una classificazione merceologica prevede una prima distinzione in base a varie caratteristiche morfologiche, quali:

- Forma (cilindrica, conica, cilindro-conica);
- Lunghezza;
- Diametro;
- Superficie;
- Materiale di fabbricazione.

La forma è un fattore di notevole importanza per quanto riguarda sia la ritenzione che lo stress provocato a livello radicolare dal perno.

La caratteristica dei perni cilindrici è quella di possedere pareti parallele tra loro che permettono un'eccellente ritenzione, maggiore rispetto alle altre forme, che però, nonostante una più uniforme distribuzione di stress sulle pareti canalari, hanno l'inconveniente di creare una notevole concentrazione degli sforzi a livello apicale: la

loro forma, che mal si adatta alla tronco-conicità della morfologia radicolare, comporta che per il loro alloggiamento sia necessario un sacrificio di tessuto dentinale notevole, soprattutto a livello apicale, creando un *locus minoris resistentiae* (3-10).

La concentrazione degli sforzi, da attribuirsi alla presenza di angoli vivi all'estremità del perno e alla riduzione non omogenea dello strato dentinale, necessaria a crearne l'alloggiamento, rende la manovra di cementazione non scevra di pericoli (rispetto a quella dei perni conici), in quanto possono scaricarsi a questo livello notevoli stress (11) che danno luogo a fratture dentinali estese fino alla circonferenza esterna della radice.

La forma conica si adatta meglio alla morfologia tridimensionale dei canali radicolari della maggior parte degli elementi dentali. Questa forma necessita, rispetto alla precedente, di un sacrificio di tessuto dentinale minimo per la creazione del loro alloggiamento, con relativo minor indebolimento del dente, evidenziabile soprattutto a livello apicale (12).

Non sono comunque assenti gli inconvenienti legati a questa forma, come ad esempio la ritenzione minore rispetto ai perni di forma cilindrica: è stato dimostrato infatti come, a parità di lunghezza, la ritenzione dei perni cilindrici sia superiore. A questo proposito, adoperando perni di lunghezza maggiore, si crea una più estesa superficie di contatto con il canale, che contribuisce ad aumentare la ritenzione.

Un altro grosso inconveniente è rappresentato dall'elevato rischio di frattura radicolare dovuto allo stress notevole creato dalla forma conica sulle pareti canalari.

L'espressione "effetto cuneo" utilizzata da molti autori (13-14-15-16) bene descrive la situazione che si viene a creare nel sistema con l'introduzione di un perno di forma conica

Altri autori (3) affermano che la forma conica aumenta molto il rischio di frattura radicolare soprattutto a livello del terzo coronale e medio, mentre il perno cilindrico, vista la concentrazione degli sforzi e la minor struttura dentinale residua dovuta alla creazione dell'alloggio, provoca fratture soprattutto a livello apicale.

I perni cilindro-conici nascono con lo scopo di unire i pregi delle due forme precedenti, eliminandone i difetti. Questa forma cerca di impartire al perno maggiori

qualità ritentive, possedute dalla struttura cilindrica della porzione superiore, e di ridurre il rischio di frattura a livello apicale grazie alla forma conica, liscia e a punta arrotondata di cui è dotata la sua estremità.

Alcuni perni possiedono una filettatura nella loro porzione coronale e in quella intermedia, allo scopo di aumentare le capacità ritentive della porzione cilindrica e diminuire il rischio di frattura radicolare a livello del terzo apicale.

La lunghezza assume notevole importanza nel conferire al perno endocanalare una buona capacità ritentiva, pur esistendo ancora disaccordo sul parametro lunghezza ottimale del perno.

Alcuni autori affermano che la lunghezza ottimale è pari ai due terzi del canale radicolare, o, meglio, deve essere pari alla metà dello spazio che la radice occupa nell'osso, altri prendono come riferimento, per la lunghezza del perno, quella della corona clinica; altri ancora fanno riferimento alla radice, considerando come valido l'ancoraggio che si approfondisce almeno per due terzi della sua lunghezza.

Per evitare che l'effetto leva possa danneggiare il supporto parodontale, viene preso in considerazione il livello dell'osso rispetto alla profondità d'inserzione del perno nella radice, dunque la sua lunghezza: la sua estremità deve trovarsi in posizione apicale rispetto a tale margine.

In ultimo altri autori considerano come lunghezza valida la massima possibile, purché siano mantenuti inalterati gli ultimi millimetri della chiusura apicale (1-10).

Pertanto tutti gli autori, pur variando la quantificazione in millimetri, sono d'accordo sull'importanza di preservare l'integrità del sigillo apicale dell'otturazione durante la preparazione dell'alloggiamento del perno, ovvero lasciare integri gli ultimi 3-4 millimetri di guttaperca, affinché la preparazione non abbia alcun effetto significativo su tale sigillo.

In conclusione si afferma che la lunghezza ottimale sarà scelta in base all'analisi di fattori anatomici, protesici e parodontali specifici di ogni singolo caso.

L'effetto del diametro sulla ritenzione del perno non è significativo. In uno studio del 1976 è stata dimostrata la diretta proporzionalità esistente tra struttura dentinale residua

di un dente trattato endodonticamente e la sua resistenza. Il sacrificio di tessuto dentinale pericanalare crea un *locus minoris resistentiae*, dunque il risparmio di dentina si rivela il miglior mezzo per prevenire fratture della radice (17).

Con i perni dentinali si è visto che l'aumento dell'area di dentina interessata dal perno aumenta anche la ritenzione dello stesso. Il discorso cambia se si considerano i perni endocanalari, in quanto, non essendo ottenibile la perfetta simmetria del canale come per i perni dentinali, ci si trova di fronte a canali rotondeggianti, ellittici o di forma irregolare che comporterebbero l'esistenza di spessori non omogenei di cemento (3) a cui imputare una diminuzione della ritenzione e che annullerebbero dunque l'effetto positivo di un aumento del diametro del perno (18).

La superficie è un fattore che sicuramente incide sulla ritenzione del perno. Alcuni autori addirittura affermano, in base a ricerche effettuate in vitro, la maggiore importanza della configurazione superficiale del perno rispetto alla lunghezza (19).

Esistono perni con differenti tipi di superficie: liscia, zigrinata, filettata e scolpita.

Non c'è dubbio che un perno a superficie liscia sia meno ritentivo di un perno a superficie irregolare, rugosa o filettata (20-21).

La presenza di filetti che penetrano nella dentina durante l'inserimento, che garantisce l'aumento della resistenza alla trazione assiale, non deve invitare all'avvitamento dello stesso nel canale. Esso deve essere inserito passivamente nel canale precedentemente riempito di cemento e gli si può imprimere al massimo una rotazione di un quarto di giro.

E' stato dimostrato in uno studio che la ritenzione fornita da ogni singolo filetto è sufficiente clinicamente e che quindi conviene mantenere la filettatura lontana dalla porzione apicale del canale radicolare. A giudizio dell'autore, un numero eccessivo di filetti e il loro passo ridotto possono portare ad una eccessiva concentrazione degli stress e non è inoltre favorevole a tale evenienza l'aggiunta della rotazione del perno nel canale.

Non sono inoltre da sottovalutare le forze torsionali, oltre a quelle trazionali, che possono agire sul perno, soprattutto nel settore anteriore; la superficie sabbiata risulta essere più idonea a resistere a tale sollecitazione (22).

L'introduzione delle tecniche di cementazione passiva, in cui il perno deve presentare una struttura che permetta al cemento di creare un valido ancoraggio al dente, ha posto attenzione sul tipo di superficie presentata dal perno stesso, elemento ritenuto molto importante per un'efficace ritenzione.

Riguardo al materiale di fabbricazione, a parità di diametro, un perno in acciaio o in titanio sono più resistenti di un perno fuso in lega aurea, solitamente tipo III o IV e questo ci può indirizzare all'utilizzo privilegiato dei primi due rispetto al terzo.

Bisogna inoltre considerare l'introduzione dei perni di ultima generazione, realizzati con fibre di carbonio o fibre di silice immerse in matrice resinosa, materiali che influenzano il parametro diametro, ridimensionandone la sua importanza.

Metalli e leghe utilizzati per la realizzazione di perni possiedono diverse caratteristiche, che necessitano di essere valutate per effettuare una corretta scelta, quali:

- il modulo di elasticità, che esprime la rigidità di un materiale, che è tanto più elevata quanto più alto è il suo valore. La rigidità del titanio puro è intermedia tra quella degli acciai inox e quella delle leghe d'oro (tipo III o IV utilizzate per i perni). Il modulo di elasticità dell'amalgama è il più basso tra questi materiali anche se risente molto del grado di compattazione. Sono stati introdotti ora nuovi materiali per la fabbricazione di perni endocanalari quali i compositi resinosi contenenti fibre di carbonio che presentano particolari proprietà e modulo di elasticità molto vicino a quello della dentina, fatto questo molto vantaggioso per realizzare ricostruzioni post-endodontiche.
- la resistenza alla corrosione: esprime la capacità del materiale di resistere nell'ambiente orale ad aggressioni di tipo fisico-chimico; la corrosione porta a danneggiamento della qualità del materiale stesso ed avviene grazie agli elettroliti presenti nella saliva, nel sangue e in altri tessuti, nonché a vapori e gas presenti nell'ambiente orale.

I materiali non metallici, che sono stati di recente introdotti in odontoiatria ricostruttiva post-endodontica, sono costituiti principalmente da resine rinforzate con l'incorporazione di fibre, in particolare fibre di carbonio. Le fibre, inglobate nella matrice resinosa epossidica, costituiscono un reale rinforzo del materiale, che si è visto essere proporzionale (entro certi limiti) alla loro concentrazione. Nelle prove effettuate si è osservato un incremento delle proprietà meccaniche portando il loro contenuto dal 30 al 60 % del peso complessivo. Si è notato anche un aumento della resistenza alla flessione. L'aumento del carico di fibre porta anche ad un aumento delle porosità che peggiora le caratteristiche complessive della resina quando la loro concentrazione supera il 60%.

Di notevole importanza risulta inoltre la distribuzione spaziale delle fibre nella matrice resinosa: una distribuzione di tipo randomizzato conferisce al materiale un modulo di elasticità di 16 GPa, simile a quello della dentina radicolare (18 GPa); una disposizione di tipo reticolare, nella quale siano in netta prevalenza le fibre longitudinali, consente l'acquisizione di migliori proprietà. Sono stati anche realizzati perni in materiale ceramico, mordenzati, silanizzati e cementati nel canale con cementi compositi di tipo *Dual* per ovviare a problemi estetici, nel caso in cui si dovesse effettuare la riabilitazione protesica mediante l'utilizzo di corone a giacca interamente in ceramica. In ultimo ci sono le proposte di realizzazione dei perni con l'utilizzo di materiali bioceramici, in particolare l'ossido di zirconio a struttura policristallina tetragonale (23).

1.2 Classificazione tecnico-evolutiva

Questa classificazione prevede la loro suddivisione in tre gruppi:

- perni della prima generazione: a ritenzione intrinseca, cioè affidata a strutture proprie del perno quali filettatura, le spire della vite, la superficie frizionante o comunque aderente al canale per un rapporto di massima precisione;

- perni della seconda generazione: cosiddetti perni passivi, in cui la ritenzione è affidata a mezzi estrinseci al perno stesso; fanno parte di questo gruppo i perni fissati con la tecnica della cementazione passiva;
- perni della terza generazione: anch'essi cementati passivamente, ma realizzati in materiale non metallico.

Sono compresi nel primo gruppo i perni realizzati in materiale metallico, definiti a ritenzione intrinseca, in quanto caratterizzati da una struttura che permette un valido ancoraggio e una buona ritenzione al canale radicolare al quale sono destinati.

Le strutture che permettono la valida ritenzione all'interno del canale sono la filettatura, destinata a penetrare nella dentina radicolare, le spire delle viti con principale funzione di aderire strettamente ad essa, o i disegni ad alto e basso rilievo dei perni detti aderenti, la cui ritenzione è basata sul preciso rapporto parete canale-perno.

Una semplice classificazione prevede la loro suddivisione in quattro gruppi principali: perni filettati (perno Kurer); perni autofilettanti (sistema Radix Anker, perno Brasseler Vlock, perno Cytco, perno Flexi Post, perno Anthogyr); viti (vite Unimetric, vite Dentatus); perni aderenti (sistema Parapost, perno Velva, perno Triax).

Il perno Kurer, unico tra i perni filettati, è realizzato in acciaio inossidabile (EN 58 A), oggi quasi totalmente abbandonato, ma menzionato in quanto dotato di notevole valore storico.

Tra i perni autofilettanti si può annoverare il perno Radix Anker, di forma cilindrica, provvisto di filettatura con le stesse caratteristiche sia in acciaio al Nichel-Cromo che in titanio. In commercio sono inoltre presenti una prima variante dotata di altissima resistenza alla corrosione, denominata Radix Anker S, costruita in una lega non ferrosa, una seconda, Radix Anker Compact, la cui testa, a differenza del perno standard, funge da moncone in restauri finalizzati alla ricostruzione protesica, una terza variante, il perno RS, che la forma della testa, cuboide a base piatta o quadrata, rende particolarmente adatto per le ricostruzioni di elementi poliradicolarati, ed un'ultima variante, denominata Radix Anker Long, ideale per elementi dentali con radici molto

lunghe o che presentano un'originaria altezza coronale elevata, fornito a tale scopo di una base cilindrica tra *pivot* e testa del perno (3).

Appartiene al gruppo di perni autofilettanti anche il perno Brasseler Vlock, di forma cilindrica, realizzato in acciaio inox ed in titanio e disponibile in commercio in tre diversi formati. La filettatura, presente su tutta la parte endocanalare, conferisce al perno una più uniforme distribuzione dei carichi e di conseguenza una maggiore ritenzione.

Altro tipo di perno autofilettante è il perno Cytco, realizzato in lega di titanio, di forma cilindro-conica nella parte endocanalare e provvisto di una punta arrotondata; è fornito in cinque diversi tipi di formato. Il suo impiego di elezione è la ricostruzione di premolari depulpati o di elementi che possiedono canali sottili e non alesabili (3).

Il perno Flexi-Post appartiene alla categoria dei perni cilindrici ed è fornito in cinque formati. La sua caratteristica principale è la presenza di una fessura longitudinale estesa per gran parte del *pivot* che divide in due sezioni uguali la parte endocanalare. Questo espediente, oltre a consentire il deflusso del cemento in eccesso durante la manovra l'inserzione, consente alle due parti del perno di aderire durante l'inserzione del perno, chiudendosi a livello dell'estremità conica.

Il perno Anthogyr, realizzato in titanio e caratterizzato da un profilo cilindrico con un'estremità conica, viene fornito in due conformazioni con la parte endocanalare identica, ma che differiscono tra loro per la presenza o meno della testa di ritenzione.

Una caratteristica particolare di questo perno è la superficie sabbiata, particolarità questa che aumenta l'adesione del cemento e quindi la ritenzione.

Tra i perni autofilettanti sono comprese anche la vite Unimetric e la vite Dentatus.

La prima è realizzata sia in acciaio inossidabile sia in titanio, reperibile in commercio in due diversi diametri ed utilizzata soprattutto nei poliradiccolati, dove la scarsa ritenzione della testa è compensabile con l'inclinazione di inserimento della vite nei canali (3).

Il loro utilizzo ne prevede l'inserimento passivo per la quasi totalità della loro lunghezza e un avvitamento terminale per il bloccaggio (max 1 giro e ½).

La scelta di utilizzare una vite di dimensioni inferiori alla fresa calibrata, utilizzata nella preparazione, rende impossibile il suo avvvitamento e dunque anche la creazione di stress dentinali indesiderati, responsabili della genesi di microfratture. Si realizza in questo modo la cementazione, definita passiva, in cui le filettature hanno lo scopo di accrescere la ritenzione (1).

La vite Dentatus rappresenta, nella sua forma classica, una delle prime viti endocanalari realizzate. È autofilettante, di forma cilindro-conica o conica in relazione alle sue dimensioni, e realizzata in tre diversi tipi di metalli: ottone, acciaio inossidabile e in titanio puro al 99.6%. I kit reperibili in commercio contengono complessivamente venti forme differenti per diametro e lunghezza:

Appartiene alla categoria dei perni aderenti il sistema Para-Post, che prevede due tipi differenti di perni: perno Para-Post e Para-Post Plus.

Il primo è un perno di forma cilindrica, non filettato, che non presenta spire, ma è provvisto di scanalature trasversali all'asse maggiore del perno, molto numerose e a passo ridotto, le quali permettono, assieme alla cementazione, una sua efficace ritenzione. Una scanalatura longitudinale favorisce il deflusso del cemento in eccesso durante la sua inserzione nel canale. Realizzato in due materiali differenti, quali l'acciaio e il titanio, è presente in commercio in due modelli, di forma completamente cilindrica e di forma cilindrica ma con l'estremità lievemente conica e non zigrinata.

Non essendo previste manovre di avvvitamento per la sua inserzione si può dedurre che tale sistema provochi minori stress dentinali rispetto ai sistemi a vite o a quelli autofilettanti.

Il perno Para-Post Plus nasce come evoluzione del perno precedente, presenta forma cilindrica, cioè a pareti parallele, senza filettatura, ed affida la capacità ritentiva all'aderenza sulle pareti canalari, previa cementazione.

Il sistema per il deflusso del cemento è realizzato in questo tipo di perno da nove fino a undici scanalature disposte a spirale, presenti su ogni singolo segmento. Esse, oltre ad assicurare una buona fuoriuscita dell'aria e un buon deflusso del cemento in eccesso, sortirebbero un positivo effetto antirotazionale del perno nel canale.

Il perno Triax rappresenta una variante del perno Para Post Plus. È stato ideato per gli elementi del gruppo anteriore che presentano la caratteristica di svilupparsi maggiormente in senso vestibolo-linguale a livello del terzo coronale della radice. La parte endodontica del perno non differisce molto dal perno Para Post Plus.

Il perno Velva, realizzato in titanio, è presente in commercio in differenti tipi variabili per diametro e lunghezza del *pivot*.

La testa, di forma pressoché conica, è costituita da tre piani sovrapposti delimitati da scanalature trasversali che bene si prestano a ritenere il materiale da restauro. Particolare risulta essere la forma del *pivot*: essa è troncoconica nel segmento più coronale e cilindrica nella parte restante apicale; termina con l'estremità arrotondata. Questa particolare forma si avvicina al profilo ottenuto durante la sagomatura del canale con le moderne tecniche di preparazione che tendono ad ottenere un canale di forma troncoconica con segmento cervicale più svasato. L'analogia del profilo consente di fare economia di tessuto dentale durante la realizzazione dell'alloggio per il perno. La ritenzione non è affidata a strutture intrinseche bensì alla sua parte terminale di forma cilindrica, che è più ritentiva della forma conica, ed alla superficie, che si presenta ruvida, in quanto sottoposta a procedimento di sabbiatura.

Sono inclusi nel secondo gruppo i perni denominati perni passivi, in quanto affidano a mezzi estrinseci la loro capacità ritentiva, non possedendo sulla loro superficie le strutture atte a permettere il loro ancoraggio nel canale.

Essi vengono adattati mediante la tecnica di cementazione passiva, la quale prevede, oltre alle tecniche messe a punto per la realizzazione dell'alloggio, un pretrattamento della parete canale radicolare, volto alla rimozione del fango dentinale formatosi durante la preparazione endodontica, che ostacolerebbe al cemento l'ingresso nei tubuli dentinali.

Questa particolarità permette al cemento di compenetrare il tratto iniziale dei tubuli resi pervi, con la formazione di uno strato costituito da zaffi di resina, realizzando in tal modo una ritenzione di tipo micromeccanico. Tale ritenzione, sommata a quella di natura micromeccanica, che si realizza tra cemento e superficie del *pivot*, sono alla base

della buona capacità ritentiva del sistema. Allo scopo di liberare l'ingresso dei tubuli dentinali dal fango prodottosi durante la strumentazione (*smear layer* e *smear plug*), vengono impiegati vari sistemi che prevedono l'uso combinato di EDTA, ipoclorito di sodio, mediante irrigazione, o l'applicazione di sostanze mordenzanti quali l'acido poliacrilico o tannico.

Fanno parte di questo gruppo: il perno Safix Anker; il Sistema Unity, il perno QS, il perno PCR, il perno Pro Post.

Il perno Safix Anker è realizzato in lega di titanio e viene fornito in tre formati di differente lunghezza e diametro. Rappresenta l'evoluzione del perno Radix Anker. Invariati, rispetto al sistema Radix-Anker, rimangono il disegno della testa del perno e con essa le buone proprietà ritentive. Le differenze strutturali con il vecchio sistema Radix Anker sono rappresentate dall'assenza della filettatura sul *pivot*, sostituita da una serie di solchi trasversali e dalla presenza della superficie ruvida, in quanto sottoposta a procedimento di sabbatura. Questo espediente, oltre alla citata forza ritentiva, ne aumenta anche la capacità di resistere a forze torsionali.

Affidando la sua ritenzione alla metodica di cementazione passiva, vengono a diminuire i rischi di frattura legati alle dimensioni del perno e al suo avvvitamento nel canale, per il minore indebolimento della struttura dentale e per la creazione di minori stress dentinali.

Il sistema Unity è costituito da due componenti diverse, il perno vero e proprio e il cemento di fissaggio. Il perno segue, nella forma, la linea dei perni Para Post e Para Post Plus, di forma cilindrica e senza filettatura ed inoltre basa la propria capacità ritentiva sul disegno originale che caratterizza la superficie del *pivot*, oltre a garantire un buon deflusso del cemento in eccesso. Essa è solcata da otto scanalature contrapposte e incrociate, che delimitano tanti rombi regolari ed identici. Esistono in commercio perni di cinque differenti diametri, realizzati in differenti lunghezze. Tutti terminano con estremità tronco conica, corta e liscia.

La testa del perno è composta da due sfere sovrapposte, presentanti entrambe una profonda incisura a spicchio, per aumentare la capacità ritentiva nei riguardi del materiale da restauro.

Il secondo componente del sistema è rappresentato dal cemento, costituito da BIS-GMA (bisfenolo A-glicidilmetacrilato) associato a polietilenglicol-metacrilato, riempito per circa il 20% con particelle di silice di circa 0.5 μm di diametro.

Viene fornito sotto forma di due paste, in tubetti, che devono essere miscelate per circa 20 secondi fino ad ottenere una pasta unica di colore uniforme. Quando è raggiunta la consistenza cremosa, il cemento può essere introdotto nel canale mediante l'utilizzo di un lentulo, previa asciugatura del canale stesso.

Nel kit sono inoltre presenti una soluzione di acido poliacrilico al 10% (Unity Dentin Prep), che serve al pretrattamento della dentina per rimuovere dalla superficie endocanalare il fango dentinale che occlude l'imbocco dei tubuli, favorendo, in un secondo momento, la penetrazione del cemento a formare lo strato di zaffi resinosi responsabile della ritenzione micro-meccanica, ed una soluzione di etil-metil-chetone (Unity Drying Agent), che viene introdotta anch'essa nel canale mediante l'uso di pipetta monouso. Un'altra metodica utilizzata per la cementazione passiva è rappresentata dal sistema commercializzato con il nome di Boston Post-Roydent (lavaggio con una soluzione a base di EDTA al 17%, responsabile della dissoluzione della parte inorganica, seguito da un lavaggio con soluzione di ipoclorito di sodio al 5.25 %, utilizzato invece per dissolvere prettamente la parte organica del fango).

Ai due passaggi precedenti, dopo l'asciugatura del canale, segue l'applicazione del cemento resinoso a base di BIS-GMA non riempito.

Il perno QS-Uni Diameter System, realizzato sia in acciaio inox che in titanio, è un perno di forma cilindrica, non filettato e non presenta strutture deputate alla ritenzione, fatta eccezione per le numerosissime microanfrattuosità dovute alla caratteristica superficie sabbiata. Questa superficie irregolare, di maggiore ampiezza rispetto ad una superficie liscia, incrementa l'azione degli agenti cementanti.

Viene prodotto in un unico diametro di 1 mm.

Il perno Vlock PCR (Physical Chemical Retention) è realizzato in titanio puro. Non possiede strutture intrinseche di ritenzione ed appartiene al gruppo dei perni passivi, concepito cioè per l'utilizzo mediante cementazione passiva con le resine composite. Esso presenta una caratteristica differenziale rispetto ad altri perni: il rivestimento della testa con materiale ceramico mediante l'interposizione di uno strato di silano e tale prerogativa ne indica l'utilizzo per la ricostruzione di denti mediante resine composite, ottimale nei casi di ricostruzione del settore anteriore.

Rappresenta inoltre una buona soluzione al trattamento delle grandi fratture coronali, presentandosi come alternativa alla ricostruzione mediante perno moncone fuso (3).

Alla seconda generazione appartiene anche il perno Pro-Post, realizzato in acciaio inossidabile in lega.

La presenza di cromo in alte concentrazioni è responsabile dell'aumentata resistenza al carico, che però provoca una diminuzione della resistenza agli urti. La superficie del perno, caratterizzata dalla presenza di microporosità e di irregolarità, ottenute mediante la sabbiatura, garantisce un notevole aumento della propria capacità ritentiva.

Tale tipo di perno è indicato per la ricostruzione corono-radicolare di denti nei settori anteriori e posteriori, nonché per la ricostruzione post-endodontica di monconi protesici.

Sono inclusi nel terzo gruppo i perni realizzati in materiale non metallico e cementati passivamente, i quali affidano la loro capacità ritentiva a mezzi estrinseci e, a differenza dei perni della precedente generazione, sono costituiti da materiale di natura non metallica.

Secondo il nuovo concetto alla base della realizzazione dei perni in materiale non metallico, l'obiettivo a cui si tende è la creazione di un complesso omogeneo, mediante l'utilizzo di materiali tra loro simili per quanto riguarda le proprietà meccaniche e soprattutto per il modulo di elasticità, a sua volta simile a quello della dentina radicolare. Tale sistema così concepito porterebbe alla minima sollecitazione possibile delle strutture dentali residue (24-25-26).

Il valore del modulo di elasticità è infatti costante nei perni metallici, ossia indipendente dal punto e dall'incidenza di applicazione dei carichi, mentre nei perni in fibra di carbonio, materiale definito anisotropo, tale valore è variabile a seconda del diverso angolo di incidenza del carico stressante rispetto all'orientamento assiale delle fibre. Ne consegue che le sollecitazioni a cui è sottoposto l'elemento dentale generano stress che non sarà assorbito in modo diverso dal dente e dal perno, bensì verrà distribuito in modo omogeneo a tutto il monoblocco.

La struttura particolare del perno permette inoltre di effettuare facilmente un ritrattamento, considerando la semplicità con cui può essere attraversato per tutta la sua lunghezza da un drill montato su un contrangolo a bassa velocità.

I perni della terza generazione sono: il sistema Composipost, il sistema Tech 2000, il perno C Post Rx, il sistema Tech 21.

Il sistema Composipost è caratterizzato da tre diverse componenti: il perno, il materiale da ricostruzione, il cemento di fissaggio.

Il perno è realizzato impiegando un composto organico-minerale carbonio-epossido, formato da fibre di carbonio HP (High Performance), di 8 μm di diametro, equidistese e disposte longitudinalmente lungo l'asse maggiore del perno, immerse in una matrice organica, iniettata dopo pretensionamento delle fibre. Le fibre sono raccordate alla matrice mediante un'interfaccia, la quale garantisce che le sollecitazioni vengano trasmesse dalla matrice al rinforzo e viceversa evitando che il perno si sfibri sotto stress.

Il perno svolge nel sistema complessivo contemporaneamente una funzione di supporto per un restauro conservativo e protesico e di materiale da otturazione canalare.

L'organizzazione delle fibre e la loro disposizione spaziale permettono la distribuzione corretta delle sollecitazioni dinamiche alle strutture dentarie residue, orientandole secondo le migliori direzioni. L'equidistensione delle fibre prima dell'iniezione della matrice migliora le proprietà del materiale e consente una corretta modulazione dei carichi applicati al perno.

Il perno ha una forma caratterizzata da più segmenti, due di forma cilindrica, responsabili della ritenzione del perno nel suo alloggiamento canalare e due gradini di forma

tronco-conica che fungono da stabilizzatori. La variabilità dei diametri a disposizione, sommata alla particolare forma del perno e alla penetrazione canalare libera in lunghezza, permettono di realizzare, in quasi tutti i casi, degli alloggiamenti endocanalari di forma grossolanamente omotetica a quella della radice recettrice; possiede proprietà biomeccaniche e di resistenza notevoli e non è radiopaco (8-27).

Il materiale per la ricostruzione coronale, il Silipost, è un materiale composito, autopolimerizzante, fornito in formulazione pasta/polvere, di colore giallo brillante. È costituito da una resina (BIS-GMA o poliuretanic) carica di fibre di vetro, di circa 200 μm di lunghezza e diametro di 9 μm , disposte in modo casuale nella massa.

Tale materiale da ricostruzione presenta un modulo di elasticità molto basso, resistenza alla compressione simile alla dentina coronale, buona capacità di adesione sia al dente che al perno in fibra di carbonio, dunque buona resistenza a forze trazionali.

Viste le necessità di disporre di entrambe le possibilità, auto e foto-polimerizzazione, è stato introdotto, nella nuova formulazione del kit, un composito sia auto che fotoattivabile, il composito BIS-CORE, resina composita a base di BIS-GMA altamente riempita con particelle di quarzo, stronzio, vetro e bario.

Il cemento di fissaggio deve avere la capacità di legarsi a tre superfici differenti: perno, dente, materiale da ricostruzione.

Inizialmente la scelta era caduta su una resina BIS-GMA, scarsamente caricata, contenente particelle dalle dimensioni di 1-6 μm , a bassa viscosità e autopolimerizzante (Stiki Post), che presentava però discontinuità di adesione con le pareti del canale, pur mostrandosi in grado di inviare tugs nei canali dentinali.

In sostituzione dello Stiki Post, la casa produttrice ha introdotto, successivamente, un diverso tipo di cemento chiamato Sealbond, anch'esso resinoso e costituito da tre componenti: BIS-GMA ed Hema al 30% (Sealbond Gel), un acceleratore della polimerizzazione a base di acetone e ammina (Sealbond Accelerator), una polvere formata da particelle di 1 μm e cristalli di bario (Sealbond Powder).

La casa produttrice ha messo a punto una versione duale del cemento Sealbond, sia auto che fotopolimerizzabile.

Sul mercato sono presenti due commercializzazioni del perno in fibra di carbonio:

- kit Compositopost prodotto dalla Denit[®], che fornisce come cemento il Sealbond Dual
- kit Cabon Post, prodotto dalla Cabon[®], che fornisce come cemento l'All Bond II C & B (Crown & Bridge).

Il sistema adesivo con due componenti va utilizzato anche sulla parte coronale del perno dopo la cementazione dello stesso; ciò serve a permettere il legame tra composito costituente il materiale da ricostruzione coronale, la dentina coronale e il perno.

Sono state, negli ultimi tempi, introdotte in commercio varianti del perno Compositopost standard quali perno Compositopost Retentive (caratterizzato dalla presenza sulla sua superficie di solchi circolari paralleli), perno Endopost (utilizzato in caso di canali sottilissimi), perno Endocompositopost (a profilo lievemente e uniformemente conico, particolarmente adatto per canali a conformazione troncoconica quali i distali dei molari inferiori e nei canali cosiddetti minori).

Il sistema Tech 2000 presenta come componente fondamentale il perno Tech 2000, costituito da fasci di fibre di carbonio, compattate e legate tra di loro mediante impiego di una speciale resina ottenuta per polimerizzazione di difenilpropano e metilossirano (dppMOR) che presenta un elevato grado di adesione ai prodotti contenenti il monomero base del Panavia (contenuto nel cemento Panavia 21). Per la ricostruzione del moncone viene consigliato l'utilizzo di Clearfil Core o Clearfil Photo Core, che consentirà di ripristinare l'elasticità originaria della dentina.

Il perno ha una forma troncoconica nella parte apicale e si prolunga coronalmente con una forma cilindrica. Viene fornito in cinque differenti diametri (0.8 mm, 1.0 mm, 1.2 mm, 1.4 mm, 1.6 mm).

Il perno C Post Rx è anch'esso costituito da fibre di carbonio immerse in una matrice resinosa, differendo dai perni classici per la presenza nella parte centrale di un'anima metallica che lo rende facilmente evidenziabile alla radiografia. Presenta una forma troncoconica molto corta nella sua parte apicale e si continua con un tratto cilindrico.

verso la porzione coronale. Viene fornito in cinque diversi diametri: 1.0 mm, 1.2 mm; 1.4 mm; 1.7 mm; 2.0 mm.

L'unico indiscutibile limite di tale tipo di perno in fibre di carbonio è il colore nero che lo rende inadatto all'esecuzione di restauri estetici, vista la crescente diffusione delle corone in ceramica integrale e le moderne tendenze in conservativa e protesi che richiedono un perno endocanalare che non interferisca con il risultato estetico.

I perni realizzati in zirconio forniscono un'estetica eccellente in quanto la loro traslucenza non crea interferenze con la ceramica della corona integrale, ma la loro struttura molto compatta ne impedisce la mordenzatura con acido idrofluoridrico e ne rende inefficace la silanizzazione.

Una parziale soluzione a questo problema è fornita dal perno Tech 21, realizzato mediante l'impiego di fasci di fibre di silice (minerale) compattati e legati tra loro mediante l'impiego di resine speciali. Una migliore adesione del perno al materiale da cementazione è consentita dall'utilizzo di una resina ottenuta per addizione di difenilpropano a metilossirano (dppMOR) per inglobare le fibre minerali. Tale materiale permette una buona adesione al cemento Panavia. Presenta forma tronco-conica a livello apicale (porzione radicolare) che si continua con una forma cilindrica (porzione coronale) e viene fornito in diversi diametri (1.0 mm; 1.2 mm; 1.4 mm e 1.6 mm).

2. ANALISI SPERIMENTALE

2.1 Introduzione

I perni in materiale non metallico possiedono notevoli vantaggi rispetto ai precedenti perni in metallo, che vanno dalla realizzazione di un sistema omogeneo dente-ricostruzione, importante traguardo alla base di tutte le notevoli qualità biomeccaniche (28-29-30), al basso costo in relazione ad un perno in lega nobile, per passare poi alla loro estrema facilità d'impiego e al vasto campo di applicazione: ricostruzione di denti devitalizzati con radici di diametro sottile, denti che presentano porzione coronale fortemente distrutta, denti che hanno subito un trattamento parodontale, ricostruzione di denti pluriradicolati con radici ad assi divergenti.

La valutazione della validità dei nuovi sistemi di ricostruzione post endodontica è stata articolata in due punti:

- Test riguardante lo sforzo di taglio a trazione tramite dinamometro elettronico (M30K Lloyd Instruments) per analizzare l'eventuale incremento dell'efficacia ritentiva di ricostruzioni post-endodontiche ottenute con l'impiego di quattro diversi tipi di perni, dopo il processo di sabbiatura degli stessi (prove meccaniche eseguite presso il Laboratorio di Ingegneria Biomedica dell'Istituto Superiore di Sanità).
- Esame al microscopio elettronico a scansione (S.E.M.) a vari ingrandimenti, della superficie di quattro diversi tipi di perni di ultima generazione, intatti, due per ogni gruppo, di cui soltanto uno sottoposto a procedimento di sabbiatura (esame al S.E.M. eseguito presso il Laboratorio di Ultrastrutture dell'Istituto Superiore di Sanità).

2.2 Materiali e metodi

È stata confrontata l'efficacia ritentiva di quattro diversi sistemi di ricostruzione post-endodontica, caratterizzati da quattro diversi tipi di perni endocanalari di ultima generazione (Tech 2000, Tech 21, C Post RX, Endocomposipost) cementati all'interno del canale radicolare tramite l'impiego di un unico mezzo di fissaggio per tutti i campioni (adesivo smalto/dentinale Scotchbond Multipurpose Plus-3M) (31-32).

L'indagine è stata condotta esaminando la resistenza alla rottura del complesso perno-cemento-dentina sottoposto a trazione meccanica tramite un dinamometro elettronico (M30K Lloyd Instruments), per analizzare l'influenza del procedimento di sabbiatura sulle capacità ritentive di tali perni.

Sono state inoltre analizzate al S.E.M. (Cambridge Instruments mod. Stereoscan 360) le superfici dei perni intatti, prima e dopo essere stati trattati con il procedimento di sabbiatura, per valutare le eventuali variazioni morfologiche ultramicroscopiche introdotte da tale metodica.

Sono stati utilizzati i seguenti tipi di perni:

- perni Tech 2000 (Isasan);
- perni Tech 21 (Isasan);
- perni C Post RX (Bioloren);
- perni Endocomposipost (Cabon).

E' stato utilizzato un unico mezzo di fissaggio per loro cementazione: l'adesivo smalto-dentinale Scotchbond Multipurpose Plus-3M.

Il sistema adesivo smalto-dentinale Scotchbond Multipurpose Plus è caratterizzato da un insieme di componenti:

- il mordenzante, che ha la funzione di pretrattare lo smalto e di rimuovere il fango dentinale (*smear layer* e *smear plug*). Si tratta di acido ortofosforico al 35 % con pH di circa 0.6;

- l'attivatore, che è una soluzione alcolica di sali dell'acido sulfonico, i quali si ipotizza che reagiscano con l'acido polialchenoico del primer producendo radicali liberi che favoriscono la reazione di polimerizzazione;
- il *primer*, che è una soluzione acquosa di 2 idrossietilmetacrilato (HEMA) e copolimero dell'acido polialchenoico, avente lo scopo di permettere allo strato successivo di adesivo di bagnare la superficie mordenzata;
- l'adesivo, che consiste in una resina BIS-GMA (Bisfenolo A e due molecole di Glicidil-metacrilato) combinata con HEMA. Esso contiene una miscela di ammine che permette da un lato una fotopolimerizzazione di soli 10 secondi e dall'altro lato una compatibilità con il perossido contenuto all'interno del catalizzatore, che consente la reazione di autopolimerizzazione;
- il catalizzatore, derivante dall'unione della resina BIS-GMA e dell'HEMA con il perossido tipico delle resine autopolimerizzanti.

Per ogni tipo di perno ne sono stati impiegati dieci, dei quali cinque sono stati sottoposti al processo di sabbiatura, con ossido di alluminio (Al_2O_3) con particelle di 50 micron, tramite sabbiatrice Miniblast.

La porzione coronale è stata ricostruita impiegando un composito *dual* denominato Eagle (Dent Zar Inc.). Questo materiale possiede la proprietà di auto e di fotopolimerizzazione.

Esso viene fornito in quattro componenti (Part A Restorative Paste in Natural Shade, 9 g Part A Restorative Paste in Contrast Shade, 18 g Part B Paste, 4 g Part B Liquid) e differisce dai materiali convenzionali da ricostruzione in quanto possiede requisiti che lo rendono molto versatile, permettendone l'utilizzazione in più campi.

È dotato di buone proprietà meccaniche oltre alla notevole resistenza al deterioramento chimico in ambiente orale. Inoltre possiede un buon grado di radiopacità, omogenea, che permette facilmente la sua distinzione dal perno e dalle strutture dentali residue.

Può essere utilizzato in due differenti modalità: modalità fotopolimerizzante, per spessori inferiori a 4 mm o quando si utilizza il materiale per stratificazione, e modalità *dual*, per l'applicazione in spessori maggiori.

2.3 Preparazione dei campioni

Sono stati presi in esame quaranta elementi dentali monoradicolarati, estratti a causa di patologia parodontale e conservati in soluzione di formalina al 10%.

I campioni sono stati sottoposti a trattamento endodontico per mezzo di strumentazione K-files secondo la tecnica *crown-down* e successivamente ad otturazione del canale radicolare con guttaperca condensata lateralmente e cemento endodontico Argoseal (OGNA[®]) a formula di Rickert.

Dopo il trattamento endodontico tutti i campioni sono stati sezionati secondo un piano perpendicolare all'asse lungo dentale, passante ad 1 mm coronalmente alla giunzione amelo-cementizia, eliminandone quindi la porzione coronale.

Si è poi proceduto alla preparazione dell'alloggio endocanalare del perno con frese di Gates-Glidden 2 e 3 (per la rimozione iniziale del materiale da otturazione), entrambe utilizzate ad una profondità di 8 mm e successivamente con frese calibrate secondo sequenze ben precise e diverse per i vari campioni, a seconda delle dimensioni del perno scelto per ogni elemento.

Previa eliminazione con gli ultrasuoni dei residui di guttaperca e di materiale dentinale, formatisi in seguito all'utilizzo sequenziale degli alesatori nella fase precedente, è stata effettuata la prova del perno nel canale radicolare così preparato e la sezione dello stesso mediante disco separatore, lasciando 3-4 mm di perno emergenti dall'accesso per sfruttare questa porzione per la successiva ricostruzione coronale.

Le metodiche impiegate per la cementazione con l'adesivo smalto-dentinale Scotchbond Multi Purpose 3M sono le medesime per tutti i campioni, seguendo le indicazioni della casa produttrice.

Si è infine proceduto alla ricostruzione coronale dei campioni mediante miscelazione della pasta A con la pasta B dell'Eagle e suo successivo inserimento in un anello formato da matrice metallica a nastro, per poi polimerizzare il composto e rifinirlo con frese a turbina sotto abbondante raffreddamento con getto d'acqua.

2.3.1 Preparazione dei campioni per le prove meccaniche

Per le prove meccaniche sono stati presi in considerazione quaranta campioni, i quali sono stati divisi in quattro gruppi di dieci elementi ciascuno ed ogni gruppo è stato ulteriormente suddiviso in due sottogruppi di cinque elementi ciascuno, a seconda dell'introduzione o meno del processo di sabbiatura sulla superficie dei perni. Allo scopo di accogliere le parti terminali del dispositivo di afferraggio della macchina, costituito da una doppia micropinza a molla collegata ad un dinamometro elettronico, sono state ricavate delle asole a forma di parallelepipedo rettangolo a livello delle estremità del maggior diametro trasversale di ogni campione, aventi un'altezza di 4 mm, lunghezza e profondità di 1.5 mm. Tali nicchie sono state ricavate per 2 mm nel contesto del tessuto radicolare e per gli altri 2 mm nel contesto della ricostruzione coronale. Dopo il corretto inserimento dei campioni nella macchina (dinamometro M30K della Lloyd Instruments) sono state effettuate le prove di sforzo di taglio a trazione. Per tali prove è stata adoperata una cella da carico di 500 Newton ed è stata impostata una velocità di allontanamento dei dispositivi di afferraggio pari a 1 mm/minuto. Il risultato di tali prove è stato ottenuto dopo avere verificato in tutti i campioni il distacco dell'insieme perno-ricostruzione coronale dalla radice recettrice (Fig. 1 A e B). Tali valori, in Newton, sono stati elaborati ed espressi in Mpa, per rappresenta lo sforzo necessario alla separazione del perno dalla radice per unità di superficie.

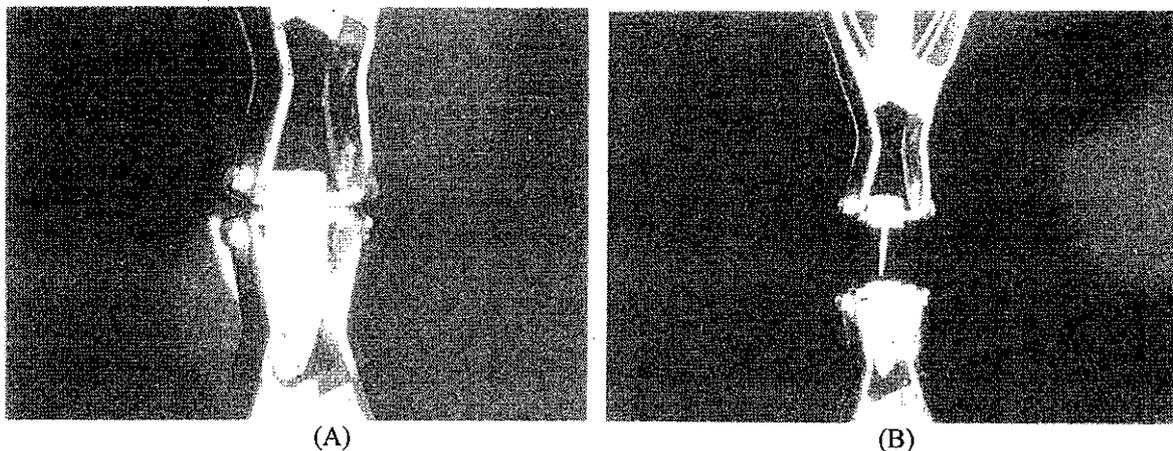


Figura 1 – *Campione di dente ricostruito prima della rottura (A) e dopo la rottura (B).*

2.3.2 Preparazione dei campioni per l'osservazione al S.E.M.

Per l'osservazione al S.E.M. sono stati prelevati dalla confezione di ciascun gruppo 2 perni, dei quali uno è stato sottoposto al processo di sabbiatura con sabbiatrice Miniblaster. Entrambi i perni di ogni gruppo sono stati successivamente trattati con acido ortofosforico (H_3PO_4) al 35% per 2 secondi e risciacquati con abbondante getto d'acqua per eliminare le impurità superficiali. Senza alcun procedimento aggiuntivo, i perni, montati su un supporto circolare di alluminio (stub), sono stati metallizzati con oro per mezzo di un dispositivo (Balzers mod. SDC 050), ottenendo una ricopertura con il metallo di circa 25 nm di spessore. La metodica descritta ha consentito la preparazione dei campioni per l'osservazione al S.E.M a 50 e a 1000 ingrandimenti, con una accelerazione del fascio di elettroni pari a 10 KV.

2.4 Risultati e discussione

2.4.1 Prove meccaniche

I campioni sottoposti alle prove meccaniche di rottura applicando uno sforzo di taglio a trazione hanno fornito i risultati mostrati in Tabella 1.

Sono inoltre riportati nella tabella i valori medi espressi in MPa (ottenuti dalla media sui 5 campioni di ogni sottogruppo). Tale unità di misura permette di riferire il valore di rottura all'unità di superficie, essendo il MPa per definizione uguale a N/mm², e consente inoltre un corretto confronto tra i risultati ottenuti per i perni di differente diametro.

Tabella 1. – Risultati delle prove meccaniche di sforzo di taglio a trazione (MPa).

CAMPIONI	Tech2000 non sabbiati	Tech2000 sabbiati	Tech21 sabbiati	Tech21 non sabbiati	CPostRX sabbiati	CPostRX non sabbiati
1	7.2	1.1	3.9	4.5	4.7	7.8
2	6.7	1.9	6.8	4.8	3.1	4.4
3	4.9	1.8	7.3	2.7	4	4.7
4	9.9	3.1	7.3	5.3	5	1.1
5	3.7	0.8	6.1	6.4	7.7	2.8
Val.medio	6.5	1.7	6.3	4.7	4.9	4.2
Dev.std.	2.4	0.9	1.4	1.3	1.7	2.5

Infine sono state calcolate le relative deviazioni standard dei valori medi ottenuti.

I risultati della prove di sforzo di taglio a trazione hanno fornito, per il gruppo in cui le ricostruzioni sono state effettuate con i perni Tech 21, valori di media maggiori nel sottogruppo relativo ai perni sabbiati, con un valore di deviazione standard simile nei due sottogruppi. Un risultato simile è stato ottenuto nel gruppo di campioni ricostruiti con i perni Endocomposipost. Anche in questo caso le prove di trazione hanno fornito un valore medio più elevato nel sottogruppo dei perni sabbiati, pur presentando quest'ultimo un valore di deviazione standard leggermente superiore rispetto al sottogruppo dei perni non sabbiati. Al contrario, il gruppo dei perni Tech 2000 ha fornito risultati inversi, ossia il valore medio maggiore è stato riscontrato nel sottogruppo relativo ai perni non sabbiati, che presentano però anche una maggiore deviazione standard. Nel gruppo dei perni C Post Rx i valori medi conseguiti dai tre sottogruppi risultano invece approssimabili tra loro, con lieve superiorità di quello relativo al sottogruppo dei perni sabbiati. Inoltre i valori di deviazione standard sono maggiori nel sottogruppo dei perni non sabbiati. E' stata fatta un' analisi della varianza

(test ANOVA) all'interno dei gruppi per mostrare l'esistenza di una significatività statistica nell'utilizzo della sabbiatura superficiale dei perni. Per quanto riguarda il perno Tech 2000 il test ANOVA ha indicato una differenza significativa a favore dei campioni non sabbiati. Nel gruppo dei perni Tech 21 ed Endocomposipost è stata riscontrata una significatività a favore dei campioni sabbiati. Nel caso dei perni C Post Rx non è stata riscontrata alcuna significatività a favore dei campioni sabbiati.

2.4.2 Osservazioni al S.E.M.

Le osservazioni effettuate a 50 ingrandimenti sul C Post Rx non mostrano particolari differenze tra perni sabbiati e perni non sabbiati, fatta eccezione per piccoli corpuscoli evidenziabili nell'immagine relativa alla scansione dei perni sabbiati (particelle che ad ingrandimenti maggiori risultano avere una dimensione di circa 15-20 μm). A 1000 ingrandimenti si notano nel perno non sabbiato le fibre intatte, tra cui sono intercalati degli spazi occupati da matrice epossidica. Nell'osservazione relativa ai perni sabbiati si evidenziano invece fibre spezzate e spazi vuoti che lasciano intravedere in profondità la matrice epossidica. Oltre alla presenza di particolari estranei alla struttura, che rappresentano probabilmente residui della polvere di ossido di alluminio utilizzata nel procedimento di sabbiatura, si può notare del particolato più fine, evidente soprattutto sulla superficie delle fibre (Fig. 2A e B).

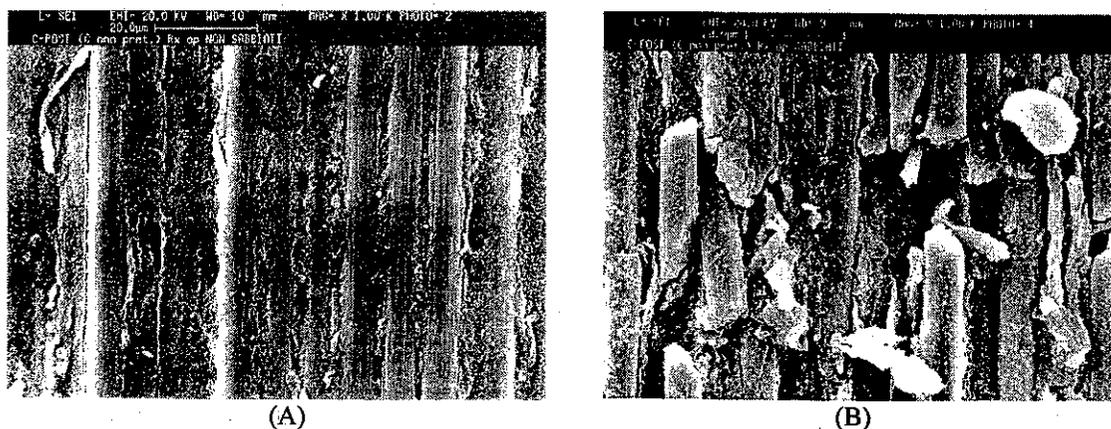


Figura 2 – Osservazione al SEM (X 1.0K) delle fibre superficiali, non sabbiate (A) e sabbiate (B), del perno endocanalare C POST Rx.

A 50 ingrandimenti le immagini relative ai perni sabbiati e non sabbiati tipo Tech 2000 non mostrano particolari differenze. Sulla superficie del perno sabbiato è presente del particolato estraneo, presumibilmente attribuibile, anche in questo caso, alla polvere di ossido di alluminio utilizzata per la sabbiatura.

Nel confrontare le due immagini a 1000 ingrandimenti si può notare una lieve differenza: la scansione del perno non sabbiato mette in evidenza la presenza di fibre già fratturate, intercalate da aree occupate da materiale resinoso. Tale quadro è più accentuato per il perno sabbiato, dove è possibile notare, oltre alle rime di frattura la perdita di frammenti e la scomposizione dei monconi fratturati. Per il perno sabbiato sono anche in questo caso evidenziabili delle particelle più fini, probabilmente attribuibili alla polvere di ossido di alluminio utilizzata per la procedura di sabbiatura (Fig. 3A e B).

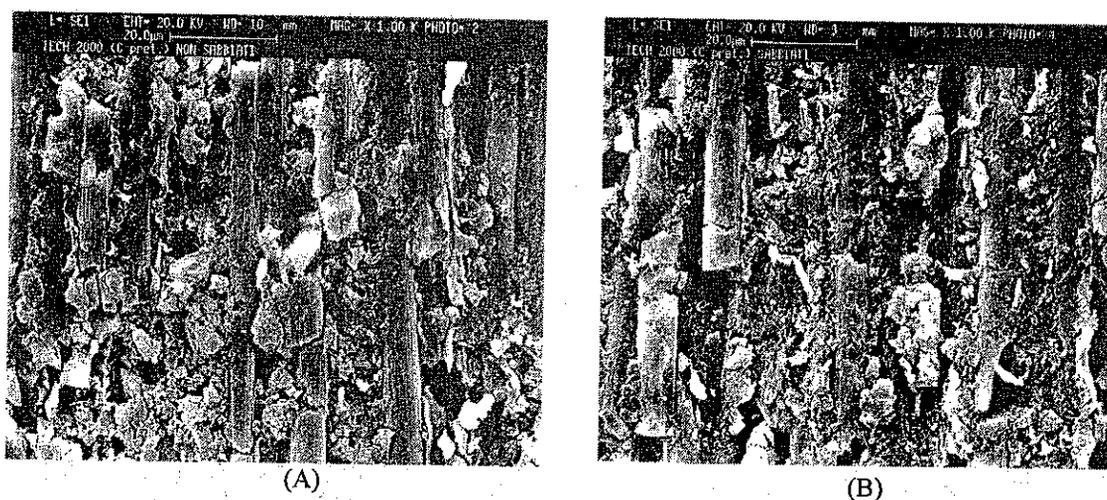


Figura 3 – Osservazione al SEM (X 1.0K) delle fibre superficiali, non sabbiate (A) e sabbiate (B), del perno endocanalare TECH 2000.

Mettendo a confronto le due immagini a 50 ingrandimenti dell'Endocomposipost si può notare la mancanza di evidenti differenze presentate dal perno non sabbiato e quello sottoposto a processo di sabbiatura. In entrambe le immagini si può notare la presenza di microporosità disposte in modo parallelo al decorso delle fibre.

L'immagine a 1000 ingrandimenti del perno non sabbiato mostra le fibre di carbonio integre, fatta eccezione per una che si mostra troncata. Qui è perfettamente distinguibile la matrice resinosa sottostante.

Nella scansione del perno sabbiato il quadro cambia notevolmente, in quanto le fibre risultano essere molto danneggiate al pari della matrice, che si presenta con una superficie molto irregolare (Fig. 4A e B).

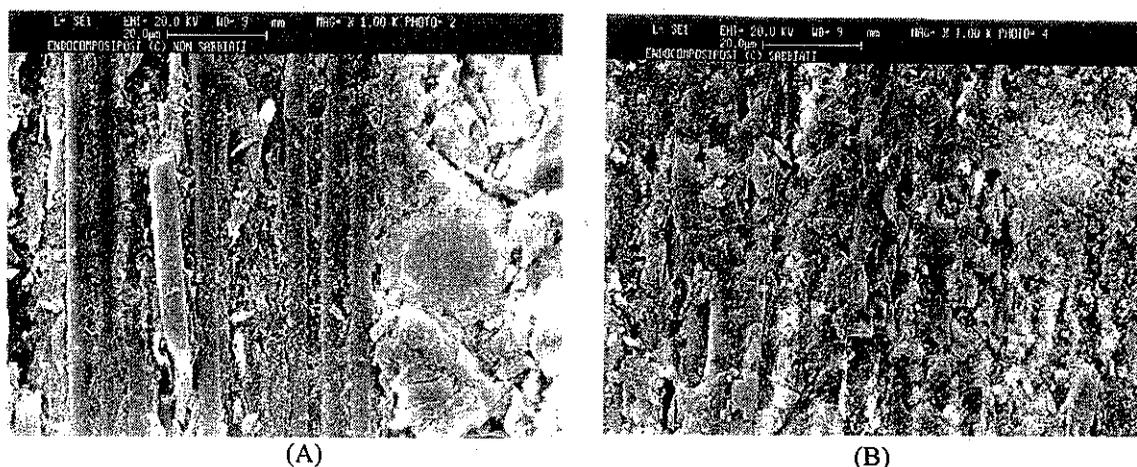


Figura 4 – Osservazione al SEM ($X 1.0K$) delle fibre superficiali, non sabbiate (A) e sabbiate (B), del perno endocanalare ENDOCOMPOSIPOST.

Come per le precedenti immagini, nel caso del perno Tech 21 è possibile notare a 50 ingrandimenti del particolato sulla superficie del perno non sabbiato, non evidenziabile nel perno non sabbiato.

Nell'immagine a 1000 ingrandimenti del perno non sabbiato si possono vedere le fibre in silice integre, anche se il campo osservato ne mostra solo due. E' inoltre particolarmente evidente la matrice con substruttura corpuscolata.

Nell'osservazione del perno sabbiato si nota che, a differenza dei precedenti perni in fibra di carbonio, le fibre di silice sembrano scalfirsi, mantenendo però la continuità strutturale, senza alcun tipo di frattura e relative scomposizioni (Fig.5A e B).

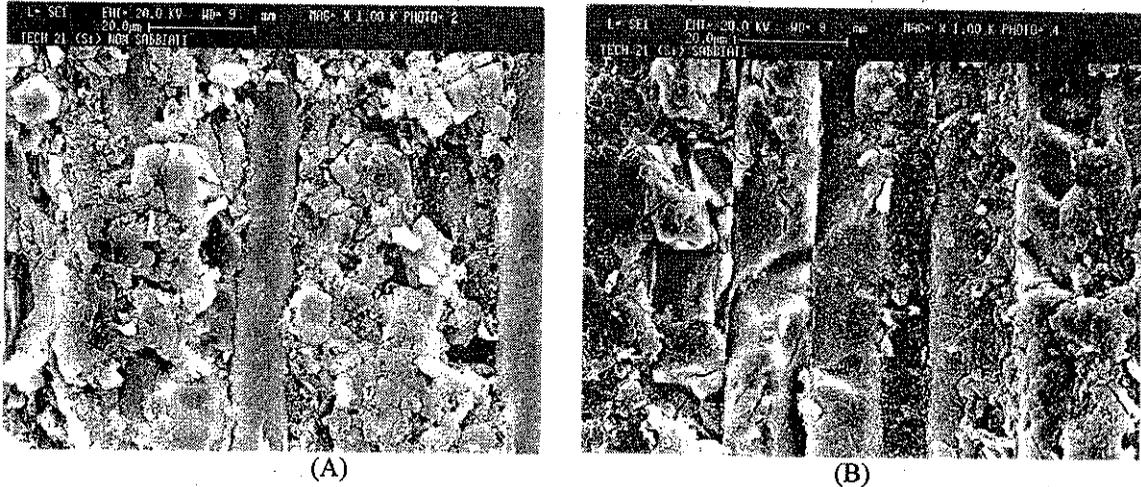


Figura 5 – Osservazione al SEM ($X 1.0K$) delle fibre superficiali, non sabbiate (A) e sabbiate (B), del perno endocanalare TECH 21.

2.5 Conclusioni

Una ricostruzione post-endodontica che trae la sua efficacia ritentiva da un perno endocanalare non metallico possiede, come desunto dalla letteratura (3), indubbi vantaggi rispetto ai tradizionali perni-moncone fusi o alle ricostruzioni post-endodontiche in amalgama d'argento, il principale dei quali è riferibile al modulo di elasticità, simile nelle varie componenti del sistema, e simile anche a quello delle strutture dentali residue. Ciò rende tale tipo di ricostruzione più sicura rispetto alle altre riguardo al potenziale rischio di frattura durante lo sforzo masticatorio.

Tuttavia la letteratura riporta casi, seppure non frequenti, di distacco della ricostruzione post-endodontica dalla radice, dovuti ad una debole interfaccia perno-cemento costituente nell'insieme un *locus minoris resistentiae* alle forze di trazione che possono verificarsi durante gli atti masticatori (3).

Obiettivo di questo studio è stato quello di osservare *in vitro*, tramite prove meccaniche di sforzo di taglio in trazione e osservazioni al S.E.M. a vari ingrandimenti,

l'influenza sulla efficacia ritentiva di vari tipi di perni non metallici di ultima generazione del processo di microsabbatura della loro superficie.

I risultati delle prove meccaniche metterebbero in luce l'utilità del trattamento di microsabbatura nei confronti dei perni in silice Tech 21 e nei confronti dei perni Endocomposipost, laddove, per quanto riguarda gli altri due tipi di perni esaminati, non si avrebbe alcun miglioramento della loro ritenzione; anzi, è stato evidenziato come il procedimento, in particolare riguardo i perni in fibra di carbonio Tech 2000, possa provocare addirittura un decremento della resistenza alla trazione, ciò che in termini pratici significa maggiore possibilità di distacco del restauro dal dente.

L'osservazione al S.E.M., eseguita sulla superficie dei perni sia sabbiati che non sabbiati, supporta gli incoraggianti risultati riportati dai campioni del gruppo Tech 21, ponendo in evidenza una possibile utilità del procedimento di sabbatura per questo tipo di perno in fibra di silice, prima della cementazione nell'alloggio canalare, per incrementarne la ritenzione. Tale procedura pare non influisca in modo rilevante sulle capacità ritentive nel caso dei perni C Post Rx (33).

Per quanto riguarda il perno Endocomposipost, la sabbatura sembra conferire a quest'ultimo notevoli capacità ritentive.

Per rendere, comunque, la ricerca più significativa anche dal punto di vista statistico, sarà necessario estendere tale tipo di analisi ad un maggior numero di elementi campione.

BIBLIOGRAFIA

1. CARTER et al. Punch shear testing of extracted vital and endodontically treated teeth. *J. Biomech.* 1983, 16: 841-848.
2. LEWINSTEIN, I., GRAJOWER, R. Root dentin hardness of endodontically treated teeth. *J. Endod.* 1981, 7: 421-422.
3. DURET, B., REYNAUD, M., DURET, F. Un nouveau concept de reconstitution coronoradiculaire. *Le Compositpost, (I) Le Chirurgien-Dentiste de France* 1990, 540: 131-141.
4. DURNEY, E. C., ROSEN, H. Root fracture as a complication of post design and insertion. *Oper. Dent.* 1977, 2: 90-96.
5. TRABERT, K. W., CAPUTO, A. A., COLLARD, E. W., STANDLEE, J. P. Stress transfer to the dental pulp by retentive pins. *J. Prosthet. Dent.*, 1973, 30: 809.
6. JOHNSON, J. K., SCHWARTZ, N. L., BLACKWELL, R. T. Evaluation and restoration of endodontically treated posterior teeth. *J. Am. Dent. Asso.*, 1976, 93: 597-605.
7. STANDLEE, J. P., CAPUTO, A. A., HANSON, E. C. Retention of endodontic dowels: effects on cements, dowel length, diameter and design. *J. Prosthet. Dent.*, Apr. 1978, 39: 401-405.
8. GOLDMAN, L. B., GOLDMAN, M., KRONMAN, J. H., LIN, P. S. The efficacy of several irrigating solutions for endodontic: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg.*, 1981, 52: 197-204.
9. YAMADA, R. S., et al. A scanning electron microscopic comparison of a high volume flush with several irrigating solutions - Part. 3. *J. Endod.*, 1983, 9: 137-142.
10. FOX, K., GUTTERIDGE, D. L. An in vitro study of coronal microleakage in root-canal-treated teeth restoration. *Int. Endodontic Journal* 1997, 30: 361-368.
11. BACHICHA, WS., DIFIIORE, PM., MILLER, DA., LAUTENSCHLAGER, EP., PASHLEY, DH. Microleakage of endodontically treated teeth restored with posts. *J. Endod.* 1998, 24 (11):703-8.
12. MARTINEZ-INSUA, A., DA SILVA, L., RILO, B., SANTANA, U. Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with a cast post and core or carbon-fiber post with a composite core. *J. Prosthet Dent.* 1998, 80 (5): 527-32.
13. FREDRIKSSON, M., ASTBACK, J., PAMENIUS, M., ARVIDSON, K. A retrospective study of 236 patients with teeth restored by carbon fiber-reinforced epoxy resin posts. *J. Prosthet Dent.* 1998, 80 (2): 151-7.
14. FAZEKAS, A., MENYHART, K., BODI, K., JAKO, E. Restoration of root canal treated teeth using carbon fiber posts. *Fogorv. Sz.* 1998, 91 (6):163-70.

15. DIETSCHI, D., ROMELLI, M., GORETTI, A. Adaptation of adhesive posts and cores to dentin after fatigue testing. *Int. J. Prosthodont.* 1997, 10 (6): 498-507.
16. SIDOLI, GE., KING, PA., SETCHELL, DJ. An in vitro evaluation of a carbon fiber-based post and core system. *J. Prosthet Dent.* 1997, 78 (1): 5-9.
17. ISIDOR, F., ODMAN, P., BRONDUM, K. Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. *Int. J. Prosthodont.* 1996, 9 (2): 131-6.
18. TORBJORNER, A., KARLSSON, S., SYVERUD, M., HENSTEN-PETTERSEN, A. Carbon fiber reinforced root canal posts. Mechanical and cytotoxic properties. *Eur. J. Oral. Sci.* 1996, 104 (5-6): 605-11.
19. PURTON, DG., LOVE, RM. Rigidity and retention of carbon fibre versus stainless steel root canal posts. *Int. Endod. J.* 1996, 29 (4): 262-5.
20. LOVE, RM., PURTON, DG. The effect of serrations on carbon fibre posts-retention within the root canal, core retention, and post rigidity. *Int. J. Prosthodont.* 1996, 9 (5): 484-8.
21. FREEDMAN, G. The carbon fibre post: metal-free, post-endodontic rehabilitation. *Oral Health.* 1996, 86 (2): 23-6, 29-30.
22. ROVATTI, L., MASON, PN., DALLARI, A. New research on endodontic carbon-fiber posts. *Minerva Stomatol.* 1994, 43 (12): 557-63.
23. ABOU-RASS, M. Post and core restoration of endodontically treated teeth. *Curr. Opin. Dent.* 1992, 2: 99-107.
24. MCDONALD, AV., KING, PA., SETCHELL, DJ. In vitro study to compare impact fracture resistance of intact root-treated teeth. *Int. Endod. J.* 1990, 23 (6): 304-12.
25. MALQUARTI, G., BERRUET, RG., BOIS, D. Prosthetic use of carbon fiber-reinforced epoxy resin for esthetic crowns and fixed partial dentures. *J. Prosthet. Dent.* 1990, 63 (3): 251.
26. DEAN, JP., JEANSONNE, BG., SARKAR, N. In vitro evaluation of a carbon fiber post. *J. Endod.* 1998, 24 (12): 807-10.
27. PODSHADLEY, A. G., CHAMBERS, M. S. A new instrument for placement of self-threading retention pins. *J. Prosthet Dent.* 1994, 71 (4): 429-30.
28. SIDOLI, E. G., KING, P. A., SETCHELL, D. J. An in vitro evaluation of a carbon fiber-based post and core system. *J. Prosthet Dent.* 1997, 78: 5-9.
29. MANNOCCI, F., FERRARI, M., WATSON, TF. Intermittent loading of teeth restored using quartz fiber, carbon-quartz fiber, and zirconium dioxide ceramic root canal posts. *J. Adhes Dent.* 1999, 1 (2):153-8.
30. ASMUSSEN, E., PEUTZFELDT, A., HEITMANN, T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. *J. Dent.* 1999, 27 (4): 275-8.

31. SCHNEIDER, R. L. A one-appointment procedure for cast post and core restorations. *J. Prosthet Dent.* 1994, 71 (4): 420-2.
32. DURET, B., REYNAUD, M., DURET, F. New concept of coronoradicular reconstruction: the Composipost. *Chir. Dent. Fr.* 1990, 60 (540): 131-41.
33. VIGUIE, G., CHABERT, B., GERENTES, R., BOIS, D. Carbon-epoxy composite cores. *Rev. Fr. Prothes Dent.* 1990, (21): 39-46.

*Direttore dell'Istituto Superiore di Sanità
e Responsabile scientifico: Giuseppe Benagiano*

Direttore responsabile: Vilma Alberani

*Stampato dal Servizio per le attività editoriali
dell'Istituto Superiore di Sanità, Viale Regina Elena, 299 - 00161 ROMA*

*La riproduzione parziale o totale dei Rapporti e Congressi ISTISAN
deve essere preventivamente autorizzata.*

Reg. Stampa - Tribunale di Roma n. 131/88 del 1° marzo 1988

Roma, settembre 2000 (n. 3) 8° Suppl.

*La responsabilità dei dati scientifici e tecnici
pubblicati nei Rapporti e Congressi ISTISAN è dei singoli autori*