

Ernesto Rapisarda  
Teresa Roberta Tripi  
Antonio Bonaccorso

Università degli Studi di Catania  
Corso di Laurea in Odontoiatria e Protesi Dentaria  
Cattedra di Odontoiatria Conservatrice  
Titolare: Prof. Ernesto Rapisarda

Corrispondenza:  
Prof. Ernesto Rapisarda  
Via F. Fusco, 37 - 95128 Catania  
Tel. e Fax 095.551667  
E-mail: abonacc@tin.it

## L'impiantazione ionica di strumenti endodontici in Ni-Ti. Osservazioni al SEM

Ionic implantation of Ni-Ti endodontic instruments. Observations with SEM

### RIASSUNTO

Tutti gli strumenti endodontici in Ni-Ti, indipendentemente dalla Casa produttrice, dalla conicità, dal diametro in punta, dalla lunghezza, dall'essere dotati di punta lavorante o non lavorante, ben presto registrano una progressiva perdita della capacità di taglio, per cui debbono essere scartati e sostituiti. Il presente lavoro analizza, mediante ripetute osservazioni al SEM, il possibile miglioramento in termini di qualità tribologiche (resistenza ad attrito ed usura) di strumenti endodontici in Ni-Ti sottoposti al processo di impiantazione ionica. L'impiantazione ionica non determina modifiche dimensionali e non altera l'aspetto, il colore e la morfologia del materiale trattato. Può essere eseguita su dispositivi già finiti, pronti ad essere immessi in commercio. L'impiantazione ionica è un processo controllabile nelle sue varie fasi e ben riproducibile, che non introduce nel materiale trattato alcun contaminante. Sono stati esaminati 10 strumenti endodontici ProFile di conicità .04, numero 25, casualmente divisi in due gruppi. I cinque ProFile del gruppo A sono stati sottoposti ad impiantazione ionica con fasci di ioni azoto da 250 KeV, correnti dell'ordine di 10  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$  e dosi di impianto di  $2 \times 10^{17}$  ioni/ $\text{cm}^2$  presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Catania in condizione di alto vuoto ( $10^{-7}$  torr) e a temperatura ambiente. Gli strumenti endodontici del gruppo B sono stati utilizzati quali controllo, non essendo stati impiantati. Tutti gli strumenti hanno lavorato all'interno di Endo Training-Bloc alla massima velocità suggerita dalla Casa produttrice (340 rpm). Dopo 60 secondi di utilizzo all'interno di un primo simulatore endodontico in plexiglas, tempo costituito da sei alesaggi di dieci secondi ciascuno, il medesimo ProFile ha operato all'interno di un nuovo Endo Training-Bloc, per ulteriori 60 secondi. Successivamente lo strumento

ha sagomato un terzo e un quarto Endo Training-Bloc, sempre per tempi di un minuto, costituiti da successive frazioni di 10 secondi. Pertanto ogni strumento endodontico ha lavorato, per frazioni di 10 secondi e per complessivi 60 secondi, all'interno di quattro uguali simulatori endodontici. Le osservazioni al SEM sono state effettuate prima dell'inizio della strumentazione, dopo i primi 60 secondi di lavoro e al termine di 240 secondi di lavoro effettivo. Dopo 60 secondi di lavoro i cinque strumenti endodontici non impiantati evidenziano leggere modifiche a livello delle lame e la loro punta presenta i primi segni di usura, mentre i cinque ProFile impiantati non presentano significative modifiche morfologiche. La punta degli strumenti impiantati non manifesta fenomeni di usura, né particolari segni dovuti all'attrito endo-canalare. Dopo 240 secondi gli strumenti endodontici non impiantati presentano costantemente evidenti segni d'usura e spesso modifiche di superficie, mentre tutti gli strumenti sottoposti ad irraggiamento ionico non manifestano significative modifiche nella loro micromorfologia di superficie. La loro porzione apicale mantiene la forma arrotondata, il profilo e la dimensione originale. Gli strumenti impiantati non evidenziano quindi i tipici segni d'usura e non presentano quelle modifiche superficiali che ben presto segnano la vita dei comuni strumenti endodontici in nichel-titanio. La totale assenza delle tipiche microfessure sulla superficie degli strumenti impiantati è da correlare allo strato superficiale di nitrato di titanio prodotto dall'impiantazione ionica che, senza introdurre tensioni meccaniche, aumenta la microdurezza superficiale e migliora sensibilmente le proprietà tribologiche degli strumenti trattati. E' quindi un trattamento di superficie, controllabile e ripetibile, industrialmente adottabile, che è possibile eseguire al termine del ciclo produttivo degli strumenti endodontici in nichel-titanio. Viceversa gli strumenti non impiantati manifestano quelle alterazioni

del profilo delle lame, quell'allungamento delle spire preapicali e quella manifesta usura della porzione più apicale, con perdita dell'aspetto regolare e arrotondato della punta che già conosceamo da precedenti studi.

**Parole chiave:** Leghe nichel-titanio.  
**ProFile.** Impiantazione ionica.

### ABSTRACT

#### Introduction

All endodontic instruments in Ni-Ti, independently of the maker, from the taper, point diameter, length, having a worked or unworked point, register a progressive loss in cutting capacity, for which is it necessary to throw away and substitute with new. The present work analyses the possible increase in terms of tribological quality (resistance to wear and use) of Ni-Ti endodontic instruments which have undergone the process of ionic implantation, this analysis was done by repeated observations under the SEM. Ionic implantation does not cause dimensional modification and does not alter appearance, the colour and the morphology of the material treated. It can be operated on already finished tools which are ready to be sold. Ionic implantation is a process which is controllable in its various phases and is well reproducible and does not introduce any contaminant in the material treated.

#### Materials and Methods

10 endodontic instruments (ProFile) were examined of .04 taper, number 25, produced in Switzerland by Maillefer. The instruments were randomly divided into two groups. Group A: the five ProFiles of this group were subject to ionic implantation with bands of nitrogen ions of 250 KeV, currents of the order of 10  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$  and implantation doses of  $2 \times 10^{17}$  ions/ $\text{cm}^2$  at the Physics department at Catania University.

Rapisarda E, Tripi TR, Bonaccorso S.  
L'impiantazione ionica di strumenti endodontici  
in Ni-Ti. Osservazioni al SEM. *G It Endo* 1999; 4:  
201-207

The ionic irradiation took place in high vacuum conditions ( $10^{-7}$  torr), at room temperature and a constant monitoring of the ionic current. To make the implantation dosages uniform the ions were "swept" in an area of about  $2 \text{ cm}^2$  and the endodontic instruments were made to rotate with a velocity of 6 turns a minute in front of the ionic band. Group B: The endodontic instruments of this group were used as the control and did not undergo ionic implantation. All the instruments were used on an endo training bloc at the maximum speed suggested by the manufacture (340 rpm). After this 60 seconds of work inside the first endodontic simulator in plexiglas, time consisting of 6 cuttings of 10 seconds each, the same ProFile .04 number 25 was used in a new endo training bloc for a further 60 seconds. Successively the instrument was used to cut a third and fourth training-bloc each time for one minute consisting of successive fractions of 10 second and 60 in total, inside four equal endodontic simulators. The observations under SEM were effectuated before starting (time 0), after the first 60 second of work (time 1) and at the end of the four successive work sessions on the endodontic simulators or after 240 seconds of cutting (time 2).

## Results

After 60 seconds of work inside the first training bloc (time 1) the five endodontic instruments of group B show small modifications at the level of the blade and their points show the first signs of wear. After the first minute (time 1) the five implanted ProFile files do not show any signs of morphological change. The point of the implanted instruments do not show signs of wear nor particular marks due to the endo-canal erosion. After 240 seconds (time 2) the endodontic instruments of group B show constantly evident signs of wear and often changes to the surface. After 4 minutes of use (time 2) all the instruments of group A do not present significant changes in the micro morphology of their surface. Their apical portion maintains the rounded form, the profile and original dimensions.

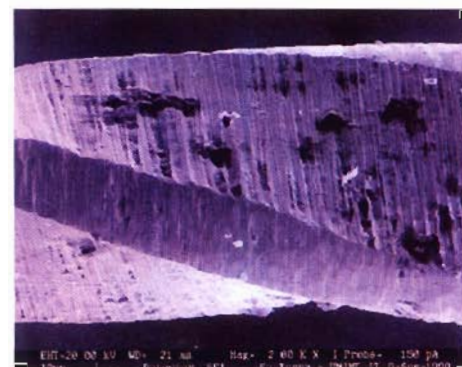
## Discussion and conclusions

The implanted instruments do not manifest the typical signs of wear and do not show the surface changes that quickly mark the life of common endodontic instruments in nickel titanium. The total absence of the typical micro fissures on the surface of the instruments implanted is to be correlated to the surface layer of titanium nitrate produced by the ionic implantation that without causing mechanical tension increases the surface micro hardness and improves noticeably the tribological properties of the treated instruments. It is therefore a surface treatment which is controllable and repeatable, industrially adaptable which is possible to carry out at the end of the productive cycle of endodontic nickel titanium instruments. On the contrary the non implanted instruments manifest alterations on the profile of the blade, the elongation of the pre-apical spirals and signs of wear on the uppermost portions with the loss of regularity and rounding of the point which have been shown by previous studies.

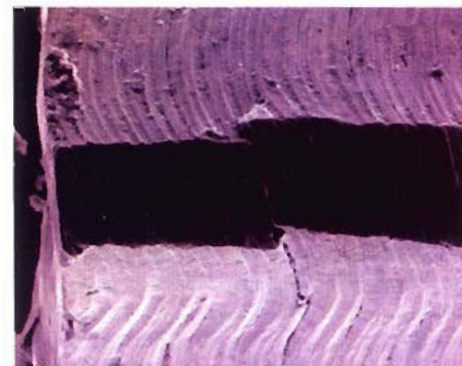
**Key Words:** Nickel-titanium alloys.  
ProFile. Ion implantation.

## INTRODUZIONE

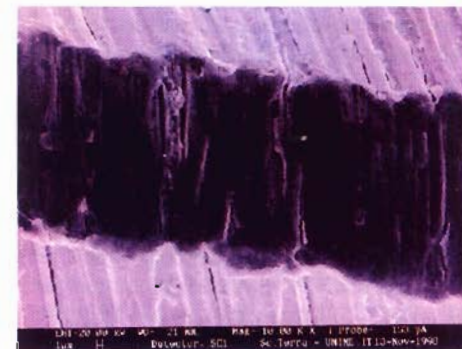
Nella pratica clinica sarebbe utile poter disporre di strumenti endodontici in nichel-titanio dotati di una vita media significativamente più lunga e tali da risentire meno dei tanti stress che la sagomatura di canali lunghi e curvi fatalmente comporta. Sono ormai noti a tutti i vantaggi derivanti dall'uso appropriato e "ragionato" degli strumenti endodontici in Ni-Ti a conicità aumentata (1,2). L'esperienza clinica ci consente di selezionare, mediante la visione della radiografia preoperatoria e il sondaggio del lume canalare, i casi da trattare sin dall'inizio con strumenti meccanici a conicità aumentata e i canali che più prudentemente è opportuno sagomare con tecnica mista (3). In particolare, l'entità e la posizione delle curvature condizionano la scelta. Purtroppo tutti gli strumenti endodontici in Ni-Ti, indipendentemente dalla Casa produttrice, dalla conicità, dal diametro



**Fig. 1** - Immagine al SEM di un ProFile che manifesta in seguito all'utilizzo la progressiva perdita della tipica micromorfologia delle lame dello strumento (2000 X).



**Fig. 2** - A forte ingrandimento (3000 X) si evidenzia una soluzione nella continuità della struttura dello strumento.



**Fig. 3** - A 10000 ingrandimenti è possibile notare che i processi di sterilizzazione incidono negativamente sulla superficie di uno strumento autoclavato 14 volte e mai utilizzato.

in punta, dalla lunghezza, dall'essere dotati di punta lavorante o non lavorante, ben presto registrano una rapidamente progressiva perdita della capacità di taglio, per cui debbono essere scartati e sostituiti (Fig. 1). Numerosi Autori concordano nel ritenerli "monouso" quando sono chiamati a sagomare canali "difficili", caratterizzati da curve iniziali accentuate o da doppie curvature. Altrimenti si corre il rischio di fratturare all'interno della porzione spesso più apicale del canale radicolare uno strumento già "stressato", ma che ad occhio nudo non aveva ancora manifestato palesi segni di sofferenza strutturale (4) (Fig. 2).



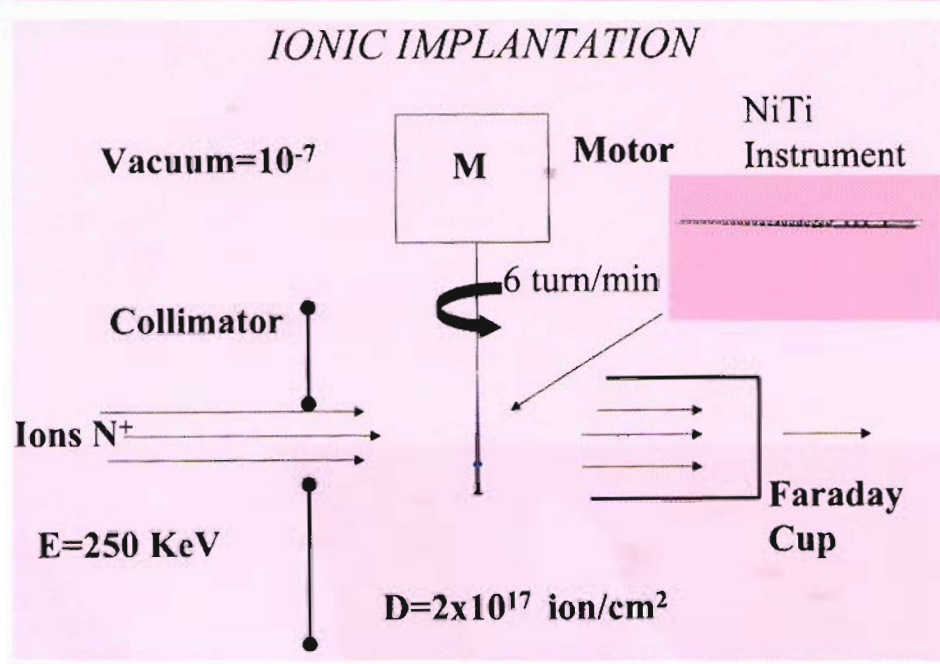


Fig. 4 - Rappresentazione schematica del procedimento di impiantazione ionica con ioni azoto da 250 KeV.

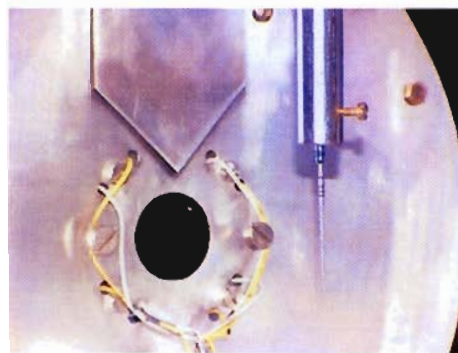


Fig. 5 - Particolare del procedimento di impiantazione. Si nota lo strumento endodontico inserito in un apposito supporto motorizzato che consente la sua lenta rotazione e favorisce così la regolare distribuzione degli ioni azoto sull'intera superficie attiva.



Fig. 6 - L'impiantatore ionico del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Catania.

Gli indispensabili processi di sterilizzazione in autoclave sembrano incidere negativamente sulla durata della capacità di taglio e sulla efficienza clinica degli strumenti endodontici in nichel-titanio (Fig. 3). L'autoclavazione comporta un incremento

della quantità superficiale di ossigeno, sotto forma di ossidi di titanio e di nichel, e una conseguente modifica del rapporto nichel-titanio a livello degli strati più superficiali degli strumenti endodontici, ossia a carico di quelle parti "attive" che vengono a intimo contatto con le pareti canalari e che quindi sono responsabili del progressivo alesaggio e della sagomatura endodontica (5,6). L'impiantazione ionica con fasci di ioni azoto da 250 KeV, correnti dell'ordine di  $10 \mu\text{A/cm}^2$ , dosi di impianto di  $2 \times 10^{17}$  ioni/cm<sup>2</sup> garantisce, agli strumenti "trattati", secondo la nostra esperienza suffragata dai dati sperimentali esposti alle recenti IV Giornate di Studio sui Biomateriali, una maggiore efficienza di taglio, una più elevata resistenza all'usura e una maggiore affidabilità e predicibilità nei risultati clinici (7,8). Era già noto che l'impiantazione ionica non determina modifiche dimensionali e non altera l'aspetto, il colore, e la morfologia del materiale trattato (9). Può essere eseguita dunque su dispositivi già finiti, pronti ad essere immessi in commercio. L'impiantazione ionica è un processo controllabile nelle sue varie fasi e ben riproducibile, che non introduce nel materiale trattato alcun contaminante (10).

Alle dosi di impianto adottate dal nostro protocollo sperimentale ( $2 \times 10^{17}$  ioni/cm<sup>2</sup>) e con la corrente di  $10 \mu\text{A/cm}^2$ , l'impiantazione di ioni azoto crea sugli strumenti endodontici in nichel-titanio a livello subsuperficiale uno strato compressivo che inibisce la formazione e la propagazione di microcricche di frattura. Interessa solo uno strato superficiale di spessore compreso tra 0,02 e 0,05  $\mu$ , senza modificare in alcun modo il bulk, ossia le proprietà massive degli strumenti impiantati.

A verifica di quanto esposto in premessa e a

ulteriore sostegno di un brevetto avente per oggetto talune modificazioni superficiali di strumenti endodontici in nichel-titanio, il presente lavoro analizza, mediante ripetute osservazioni al SEM, il possibile miglioramento, in termini di qualità tribologiche (resistenza ad attrito ed usura), di strumenti endodontici in Ni-Ti sottoposti al processo di impiantazione ionica.

## MATERIALI E METODI

Sono stati adoperati 10 strumenti endodontici ProFile di conicità .04, numero 25, prodotti in Svizzera dalla Maillefer. Gli strumenti, tutti nuovi e mai autoclavati, sono stati casualmente divisi in due gruppi: **Gruppo A:** i cinque ProFile di questo gruppo sono stati sottoposti ad impiantazione ionica con fasci di ioni azoto da 250 KeV, correnti dell'ordine di  $10 \mu\text{A/cm}^2$  e dosi di impianto di  $2 \times 10^{17}$  ioni/cm<sup>2</sup> presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Catania. L'irraggiamento ionico è avvenuto in condizione di alto vuoto ( $10^{-7}$  torr), a temperatura ambiente e con monitoraggio costante della corrente ionica. Per rendere uniforme la dose di impianto, gli ioni sono stati "sweepati" su un'area di circa 2 cm<sup>2</sup> e gli strumenti endodontici sono stati fatti ruotare con la velocità di 6 giri al minuto dinanzi al fascio ionico (Figg. 4, 5, 6).

**Gruppo B.** Gli strumenti endodontici di questo gruppo sono stati utilizzati quali controllo, non essendo stati sottoposti ad impiantazione ionica.

Tutti gli strumenti hanno lavorato in assenza di irrigazione o lubrificazione all'interno di Endo Training-Bloc alla massima velocità suggerita dalla Casa produttrice (340 rpm), secondo un protocollo sperimentale descritto in un precedente lavoro (11). La velocità sostenuta e la mancanza di irriganti e lubrificanti servivano a stressare al massimo gli strumenti testati (Fig. 7).

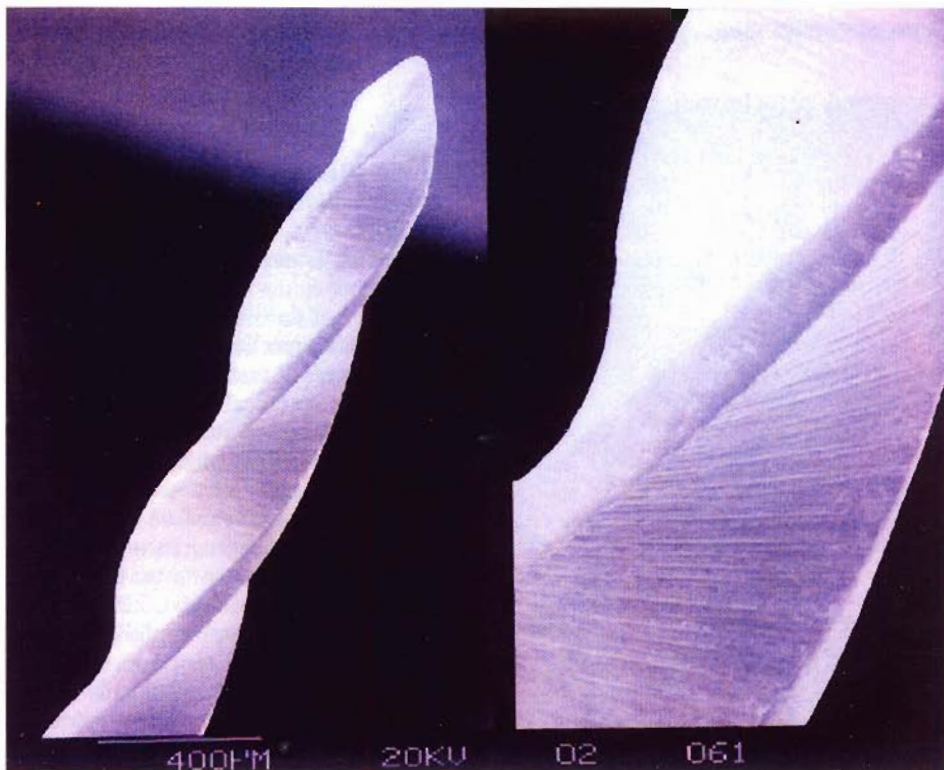
Dopo 60 secondi di utilizzo all'interno di un primo simulatore endodontico in plexiglas, tempo costituito da sei alesaggi di dieci secondi ciascuno, si è fatto lavorare il medesimo ProFile .04 numero 25 all'interno di



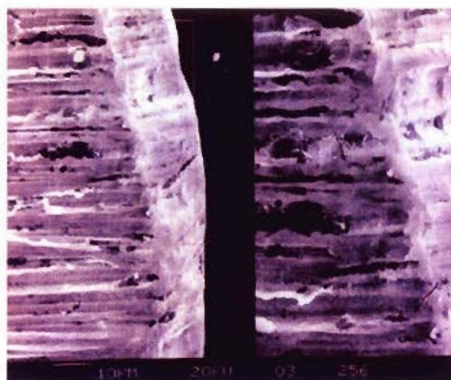
un nuovo Endo Training-Bloc, per ulteriori 60 secondi. Successivamente lo strumento ha sagomato un terzo e un quarto Endo Training-Bloc, sempre per tempi di un minuto, costituiti da successive frazioni di 10 secondi. Pertanto ogni strumento endodontico ha lavorato, per frazioni di 10 secondi e per complessivi 60 secondi, all'interno di quattro uguali simulatori endodontici. Precedenti esperienze ci avevano infatti rivelato che dopo circa 50-60 secondi lo strumento rotante perde il contatto con le pareti del finto canale, per cui la sua efficienza di taglio decresce più per mancanza di intimo contatto canale che per significative modificazioni strutturali. Prima dell'osservazione al SEM, tutti gli strumenti sono stati puliti in una vaschetta ad ultrasuoni allo scopo di eliminare completamente eventuali residui di plexiglas rimasti adesi alle superfici delle lame. Le osservazioni al SEM sono state realizzate prima dell'inizio della strumentazione (tempo 0), dopo i primi 60 secondi di lavoro (tempo 1) e al termine dei quattro successivi alesaggi all'interno dei quattro simulatori endodontici, ossia dopo 240 secondi di lavoro effettivo (tempo 2). Le immagini al SEM sono state effettuate presso la ST Microelettronics di Catania.



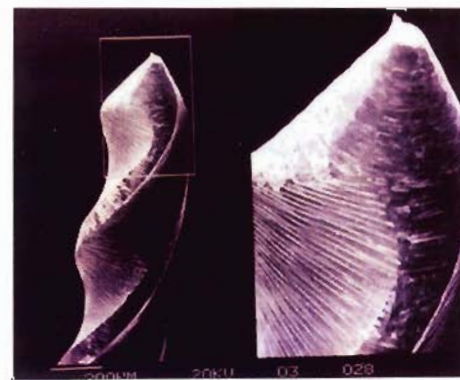
**Fig. 7** - Uno degli Endo Training-Bloc utilizzati per testare le capacità alesanti degli strumenti impiantati e non.



**Fig. 8** - L'impiantazione ionica alle dosi da noi adottate non modifica la micromorfologia degli strumenti né a livello della parte lavorante né a livello della punta (50 e 170 X).



**Fig. 9** - Dopo 60 secondi di lavoro all'interno del primo Endo Training-Bloc il ProFile non impiantato presenta significative alterazioni micromorfologiche a livello delle lame (800 X).



**Fig. 10** - Dopo 60 secondi di lavoro all'interno del primo Endo Training-Bloc lo strumento non impiantato evidenzia i primi segni di usura a livello della punta.



adoperando un modello Leo della Link Analytical. Tutti gli strumenti sono stati osservati ai seguenti ingrandimenti: 50, 170, 800, 1500, e 3000 X. Le microfotografie hanno riguardato:

A. la geometria elicoidale delle lame e la sua eventuale modifica a livello della porzione coronale della parte attiva dello strumento;

B. la morfologia della porzione pre apicale del ProFile;

C. la regione della punta. Gli ingrandimenti maggiori hanno studiato il profilo della lama, il passo dello strumento e la micromorfologia della punta.

## RISULTATI

I dati emersi dall'osservazione e dalla comparazione delle numerose microfotografie ottenute a diverso ingrandimento sui dieci strumenti endodontici in nichel-titanio di conicità .04 si possono così riassumere:

□ A tempi 0 tutti gli strumenti osservati, impiantati e non impiantati, evidenziano ai vari ingrandimenti una pressoché identica micromorfologia a livello delle aree osservate: le spire si presentano regolari e con passo costante, la superficie di taglio è liscia e non frastagliata, la punta, tipicamente non lavorante, appare ben arrotondata. Quindi l'impiantazione ionica, alle dosi e per le correnti da noi adottate, non modifica la micromorfologia dello strumento, né a livello della parte lavorante, né a livello della punta (Fig. 8).

■ Dopo 60 secondi di lavoro all'interno del primo Endo Training-Bloc (tempo 1), i cinque strumenti endodontici non impiantati evidenziano leggere modifiche a livello delle lame (Fig. 9) e la loro punta presenta i primi segni di usura (Fig. 10). Quindi, già dopo 1 minuto di alesaggio all'interno dei simulatori endodontici, i ProFile del gruppo B manifestano sia a livello delle lame che della punta ripetitivi e caratteristici segni di stress.

■ Sempre dopo il primo minuto di lavoro (tempo 1), i cinque ProFile impiantati non presentano modifiche morfologiche



Fig. 11 - La punta degli strumenti impiantati dopo il primo minuto di lavoro alle medesime condizioni sperimentali non manifesta particolari fenomeni di usura ed appare integra, arrotondata e ben levigata (1500 X).

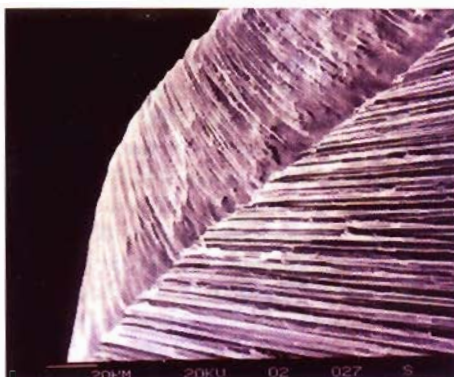


Fig. 12 - Dopo il primo minuto di lavoro le lame degli strumenti impiantati non evidenziano significative alterazioni morfologiche (800 X).

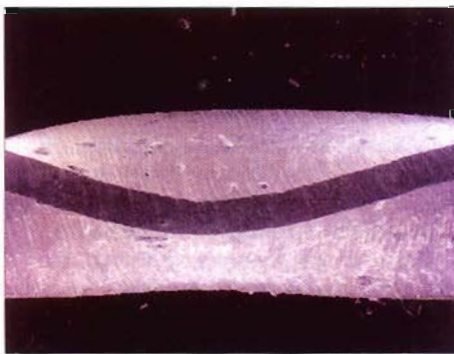


Fig. 13 - Dopo 240 secondi è possibile notare alterazioni nel passo dello strumento non impiantato, che alterna tratti regolari a porzioni più o meno despiralizzate.

macro o microscopiche. La punta degli strumenti impiantati non manifesta fenomeni di usura, né particolari segni dovuti all'attrito endo canalare. Appare quindi costantemente integra, arrotondata e ben levigata (Fig. 11). Anche le lame degli strumenti di questo gruppo non evidenziano ai diversi ingrandimenti significative alterazioni morfologiche (Fig. 12).

■ Dopo 240 secondi, ossia dopo quattro sagomature effettuate in successione su altrettanti Endo Training-Bloc (tempo 2) gli strumenti endodontici non impiantati pre-



Fig. 14 - Le modifiche della micromorfologia di superficie dei ProFile non impiantati appaiono più evidenti a carico della porzione apicale e preapicale (1500 X).

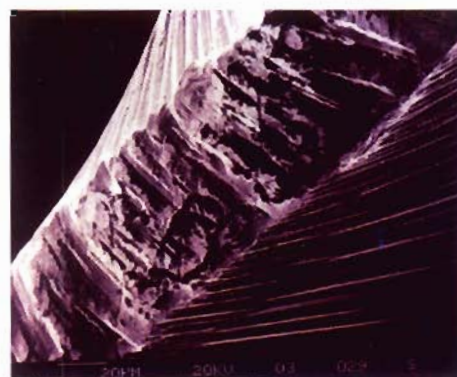
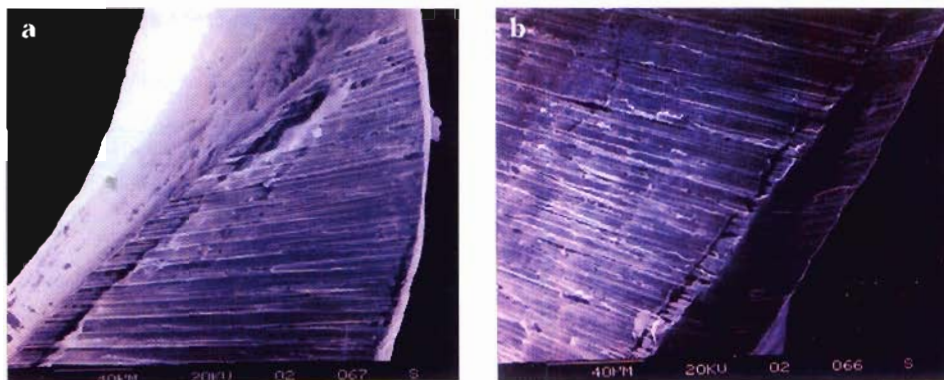


Fig. 15 - A 800 X è possibile notare evidenti segni di usura conseguenti ad attrito.

sentano costantemente evidenti segni d'usura e spesso modifiche di superficie. Già a basso ingrandimento è possibile notare alterazioni del passo dello strumento, che ha perso il suo originale divenire e che alterna tratti regolari a porzioni più o meno despiralizzate (Fig. 13). Le modifiche della micromorfologia di superficie, causate dal prolungato attrito in assenza di lubrificazione ed irrigazione contro le pareti in plexiglas dei simulatori endodontici, appaiono più evidenti a livello della porzione che precede la punta e a carico della parte apicale dei ProFile non impiantati (Fig. 14). Già a 800 ingrandimenti è possibile notare evidenti segni di usura conseguenti ad attrito (Fig. 15). Mentre a maggiore ingrandimento si manifestano fenomeni di discontinuità a livello della superficie "attiva" delle lame (Fig. 16 a-b).

■ Dopo 4 minuti di lavoro all'interno di 4 successivi simulatori endodontici (tempo 2), tutti gli strumenti impiantati e osservati al SEM non presentano significative modifiche nella loro micromorfologia di superficie. La loro porzione apicale mantiene la forma arrotondata, il profilo e una dimensione pressoché originale (Fig. 17). Le lame non perdono la loro tipica morfologia e presentano una superficie regolare, sia a livello dell'area preapicale che nelle altre porzioni della parte attiva. Ai diversi ingrandimenti gli strumenti





**Figg. 16 a-b** - A maggiore ingrandimento (1500 e 3000 X) si evidenziano nei ProFile non impiantati fenomeni di discontinuità a livello della porzione attiva delle lame.

impiantati mantengono il loro tipico passo e la loro superficie si presenta priva di discontinuità e di microfessure (Figg. 18 a-b).

## DISCUSSIONE E CONCLUSIONE

L'introduzione nella pratica clinica degli strumenti endodontici in nichel-titanio a conicità sempre più aumentata ha segnato il prevalere della tecnica crown-down e ha semplificato, nel rispetto dell'originale anatomia endodontica, le fasi di sagomatura e detersione canalare (12, 13, 14, 15). L'esperienza clinica ha sensibilmente ridotto la frequenza delle inattese fratture di tali strumenti all'interno del lume canalare, consigliando caso per caso la sequenza operativa più appropriata (16). Purtroppo la vita media delle lime in nichel-titanio, specie per le misure più piccole e di minore conicità, è alquanto breve e non sempre ad occhio nudo si riescono a cogliere quei tipici fenomeni di discontinuità superficiale che evolvono in micro fratture e poi, improvvisamente, in fratture (17).

Nel 1996 Lee e coll. (18) hanno tentato di migliorare le qualità tribologiche degli strumenti in Ni-Ti, modificandone i primi strati superficiali. Noi abbiamo applicato agli strumenti endodontici l'impiantazione ionica con fasci di ioni azoto da 250 KeV, allo scopo di aumentare la longevità degli strumenti endodontici e di ridurre il rischio d'indesiderate fratture endocanalari.

Ci siamo accorti che gli strumenti impiantati non manifestano i tipici segni d'usura e non presentano quelle modifiche superficiali che ben presto segnano la vita dei comuni strumenti endodontici in nichel-titanio, così come più volte descritto in letteratura (19-22). Le foto al SEM confermano che l'impiantazione ionica, alle dosi e alle correnti adottate, non altera la superficie, il colore, l'aspetto complessivo, il disegno tipico e la micromorfologia delle lame e della punta degli strumenti osservati. Non induce quindi alcuna modifica dimensionale, interessando spessori di circa 0,03  $\mu$ . È quindi

un trattamento di superficie, controllabile e ripetibile, industrialmente adottabile, da eseguire al termine del ciclo produttivo degli strumenti endodontici in nichel-titanio. È fondamentale che l'impiantazione ionica avvenga uniformemente su tutta la superficie dello strumento, per cui esso deve ruotare a velocità costante (circa 60 giri al minuto) dinanzi al fascio ionico, in modo da risultare uniformemente impiantato.

Già nel 1988 uno di noi pubblicava studi sull'impiantazione ionica in campo odontoiatrico e nel 1992 comunicava i positivi effetti dell'impiantazione ionica sui comuni strumenti endodontici in acciaio (23, 24). Mediante indagini al SEM, spettroscopia AES e tests di usura si era evidenziato che i reamers, i files e i tiranervi impiantati presentavano un incremento statisticamente significativo della resistenza all'usura e della microdurezza di superficie. Rapisarda concludeva così una comunicazione al XXIII Congresso Nazionale SIOCMF di Bologna del 1992: "Nel complesso, i risultati dimostrano un netto miglioramento della superficie dei reamers, dei K-files e dei tiranervi impiantati. Essi risultano meno ossidabili e meno reattivi nei confronti dell'ambiente esterno, più duri e maggiormente resistenti all'usura; più affidabili clinicamente e utilizzabili per un maggiore numero di volte... Le migliorie apportate dall'impiantazione ionica riducono inoltre la probabilità di rottura delle sottili punte degli strumenti endodontici, rendendone quindi più sicuro l'uso. Le prove eseguite su pazienti hanno confermato la maggiore efficienza degli strumenti endodontici impiantati" (25).

A distanza di sette anni da quelle osservazioni, possiamo confermare che anche sugli strumenti in nichel-titanio l'impiantazione di opportune dosi di ioni azoto ne incrementa la longevità. Dopo 4 minuti di alesaggio all'interno di quattro successivi Endo Training-Bloc, nelle condizioni meno favorevoli, alla massima velocità consigliata dalla Casa produttrice, senza irrigazione e lubrificazione, i ProFile impiantati mantengono l'originale disegno delle lame, la regolare progressione del passo, la punta arrotondata "non lavorante", passiva.

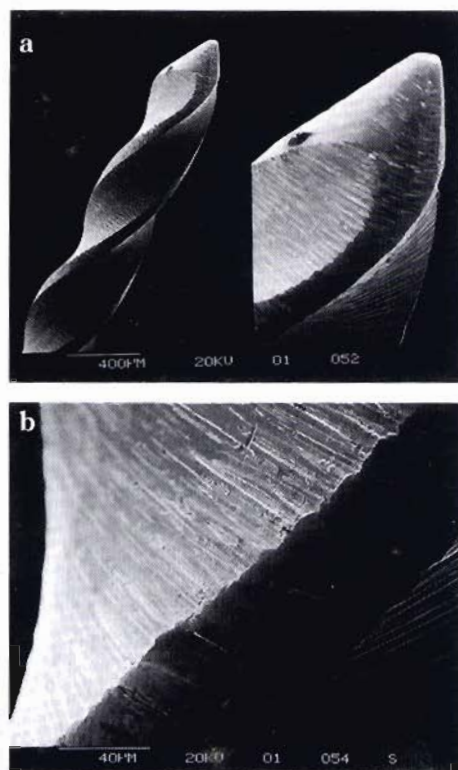
Viceversa, dopo i medesimi 4 minuti di



**Fig. 17** - Dopo 4 minuti di lavoro i ProFile impiantati presentano una forma ed un profilo pressoché immutato a livello della loro porzione apicale (1500 X).

lavoro all'interno di altri 4 successivi simulatori endodontici, alle medesime condizioni "critiche", gli strumenti non impiantati manifestano quelle alterazioni del profilo delle lame, quell'allungamento delle spire preapicali e quella manifesta usura della porzione più apicale, con perdita dell'aspetto regolare e arrotondato della punta che già conosceamo da precedenti studi (17). Inoltre, gli strumenti non impiantati dopo 4 minuti di alesaggio sequenziale hanno evidenziato, agli ingrandimenti maggiori, vere e proprie microfessure, preludio di fratture potenzialmente imminenti. Tale reperto, alquanto costante negli strumenti non impiantati che hanno lavorato per 240 secondi, potrebbe spiegare le non attese fratture che talora si verificano in condizioni operative apparentemente semplici, in canali relativamente facili e senza che si sia forzato lo strumento.

La totale assenza di queste tipiche microfessure sulla superficie degli strumenti impiantati sarebbe da correlare allo strato superficiale di nitrato di titanio prodotto dall'impiantazione ionica che, senza introdurre tensioni meccaniche, aumenta la microdurezza superficiale e migliora sensibilmente le proprietà tribologiche degli strumenti trattati, ossia il loro comportamento in seguito ad attrito prolungato e il divenire dell'usura. In altre parole, il nitrato di titanio prodotto dall'impiantazione ionica, benché non superi gli 0,05  $\mu$  di spessore,



**Figg. 18 a-b** - Gli strumenti impiantati mantengono ai diversi ingrandimenti il loro tipico passo e la loro superficie si presenta pressoché priva di discontinuità e di microfessure.

sembra sia capace di evitare la formazione delle microfessure conseguenti ad attrito, bloccando le minime dislocazioni di materiale che le determinano.

Sono in corso ulteriori studi per valutare il possibile incremento delle capacità di taglio l'aumentata resistenza alla fatica, alla flessione e alla torsione degli strumenti endodontici di differenti conicità e diametro, prodotti da diverse Case, sottoposti al medesimo processo di impiantazione ionica con ioni azoto. Si intende anche valutare se l'impiantazione ionica aumenta la resistenza degli strumenti trattati alla corrosione, alla ossidazione e, in definitiva, ai processi di sterilizzazione in autoclave.

## BIBLIOGRAFIA

1. Malagnino VA, Passariello P, Cantatore G. Caratteristiche delle leghe in nichel-titanio in relazione al loro possibile impiego endodontico. *G It Endo* 1994; 8(1): 10-5
2. Glosson CR, Haller R, Dove BS, Del Rio CE. A comparison of root canal preparation using NiTi hand, Ni-Ti engine driven, and K-flex endodontic instruments. *J Endodon* 1995; 21: 146-51
3. Cantatore G, Ceci A. Preparazione canalare con strumenti meccanici Ni-Ti. *Dental Cadmos* 1996; 64(2): 11-43
4. Walia H, Brentley W, Gerstein II. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endodon* 1988; 14 (7): 346-51
5. Rapisarda E, Bonaccorso A, Tripi TR, Condorelli GG. Effect of the sterilization on the cutting efficiency of rotary nickel-titanium endodontic files. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999; 88 (in press)
6. Rapisarda E, Tripi TR, Bonaccorso A. Ossidazione superficiale di strumenti in NiTi dopo autoclavazione. *G It Endo* 1998; 12 (3): 144-9
7. Rapisarda E, Palazzo G, Torrisi L, Percolla R. Studio sulle modificazioni indotte dall'impiantazione ionica sugli strumenti endodontici. *Atti del XXIII Congresso Naz SIOCMF, Bologna: Monduzzi Ed*, 1992; II: 29-34
8. Rapisarda E, Tripi TR, Bonaccorso A, Condorelli GG, Torrisi L, Gentile C. Modifiche superficiali degli strumenti endodontici in Ni-Ti. *Atti delle IV Giornate di Studio sui Biomateriali. Catania: CNR Ed*, 4-5 Giugno 1999
9. Mazzoldi P, Lo Russo S. Impiantazione ionica e Biomateriali. *Atti della I Giornata di Studio sui Biomateriali. Catania: CNR Ed*, 25 Giugno 1993
10. Torrisi L. Ion implantation and thermal nitridation of biocompatible titanium. *Biomed Mater Eng* 1996; 6(5): 379-88
11. Rapisarda E, Tripi TR, Bonaccorso A, Torrisi L, Gentile C. Valutazione *in vitro* delle lime endodontiche in Ni-Ti. *Dental Cadmos* 1998; 66(11): 37-45
12. Gambill JM, Alder M, Del Rio CE. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand file instrumentation using computed instrumentation. *J Endodon* 1996; 22: 369-75
13. Roane JB. Crown Down, Nickel-Titanium and Endodontics. *G It Endo* 1998; 12(1): 8-16
14. Poggio C, Genova U, Cisternino A. Strumenti in Ni-Ti a rotazione continua. Preparazione canalare. *Dental Cadmos* 1999; 67(2): 17-22
15. Garlini G, Chierichetti V, Cocuzza L. Strumentazione al Ni-Ti e otturazione con guttaperca calda. *Dental Cadmos* 1999; 67(11): 39-45
16. Gambarini G, Dell'Agnola A. Prevenzione della frattura di strumenti rotanti al Ni-Ti: valutazione e accorgimenti pratici. *G It Endo* 1998; 12(1): 17-28
17. Rapisarda E, Tripi TR, Bonaccorso A. Studio al SEM sul deterioramento dei ProFile .04 e .06. *Min Stomat* 1998; 47(11): 597-603
18. Lee DH, Park B, Saxena A, Serene TP. Enhanced surface hardness by boron implantation in Nitinol alloy. *J Endodon* 1996; 22(10): 543-6
19. Zuolo ML, Walton RE. Instrument deterioration with usage: nickel-titanium versus stainless steel. *Quintessence Int* 1997; 28(6): 397-402
20. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endodon* 1997; 23(2): 77-85
21. Walcott J, Himel VT. Torsional properties of Ni-Ti versus stainless steel endodontic files. *J Endodon* 1997; 23(3): 217-20
22. Gambarini G. Preparazione canalare con nuovi strumenti rotanti. Parte I: metodica sperimentale di valutazione. *G It Endo* 1999; 13(1): 30-6
23. Palazzo U, Torrisi L, Rapisarda E. L'impiantazione ionica in campo odontoiatrico. *Stomat Medit* 1988; 8(4): 377-83.
24. Palazzo U, Torrisi L, Rapisarda E. Studio sulle modificazioni strutturali indotte dalla impiantazione ionica sulle superfici funzionali degli attacchi in protesi. *Stomat Medit* 1988; 8(4): 387-94
25. Rapisarda E, Palazzo G, Torrisi L, Percolla R. Analisi Auger delle caratteristiche superficiali dei reamers, files e tiranervi sottoposti a impiantazione ionica. *Atti del XXIII Congresso Nazionale SIOCMF, Bologna: Monduzzi Ed*. 1992; II: 263-9