

* Massimo Gagliani
***Gianluca Gambarini
* Maurizio Colombo
* Fabiana Orlando
** Eugenio Brambilla

Università degli Studi di Milano
Corso di Laurea in Odontoiatria
e Protesi Dentaria
* Cattedra di Odontoiatria Conservatrice III
Titolare: Prof. Massimo Gagliani
** Cattedra di Odontoiatria Conservatrice II
Titolare: Prof. Eugenio Brambilla
*** Università degli Studi La Sapienza di Roma
C.L.I.D. Cattedra di Materiali Dentari
Titolare: Prof. Gianluca Gambarini

Corrispondenza:
Prof. Massimo Gagliani
Università degli Studi di Milano
D.M.C.O. San Paolo - Clinica Odontoiatrica
Via Beldiletto, 1
20142 Milano
Tel.: 0250319012 - Fax: 0250319040
E-mail: massimo.gagliani@unimi.it
restendodb@unimi.it

Analisi della capacità di taglio di strumenti in lega nichel-titanio: influenza del rivestimento superficiale

Cutting efficiency of Nickel Titanium engine driven instruments:
influence of surface coating

RIASSUNTO

Introduzione : la frattura di strumenti in Ni-Ti è uno dei maggiori problemi che si incontra nella pratica clinica; numerosi sono stati i tentativi di eliminarlo e il trattamento della superficie degli strumenti sembra sia un'ipotesi percorribile. Obiettivo di questo lavoro è quello di verificare l'efficacia di taglio di strumenti in Ni-Ti dal disegno sperimentale con diversi trattamenti di superficie e di valutarne l'aspetto attraverso immagini in microscopia elettronica a scansione.

Materiali e metodi : 18 file in Ni-Ti sperimentali montati su micromotore, aventi punta ISO 30-D0 e conicità .06, sono stati scelti e a seconda del trattamento di superficie divisi in: gruppo NT per strumenti senza trattamento di superficie (*control*), T1 con un trattamento di superficie, T2 con un altro trattamento di superficie. Sono stati ricavati in dentina bovina 36 canali radicolari simulati, aventi diametro 25 ISO (0.25 mm) e lunghi 15 mm. Con un motore a controllo di torque (1 N/cm - 300 rpm) ed uno speciale sistema a carrucole, onde evitare l'influenza dell'operatore, si è proceduto alla strumentazione per un tempo di 15 secondi. Al termine la lunghezza cui era penetrato lo strumento veniva registrata con un calibro di precisione. L'analisi statistica è stata effettuata con ANOVA ($p < 0.05$). Tutti gli strumenti sono stati osservati al SEM dopo la strumentazione.

Risultati: la lunghezza media di strumentazione di 10,9 mm si è verificata nel gruppo NT, mentre in T1 la lunghezza media è stata di 8,9 mm e in T2 la medesima è stata di 9,3 mm (ANOVA, $p = 0.05$). All'analisi al SEM, alcune zone della copertura superficiale risultavano usurate.

Conclusioni: sulla base di questi dati, questo tipo di copertura superficiale non contribuisce ad aumentare le capacità di taglio degli strumenti in Ni-Ti; tuttavia altri studi sono ne-

cessari per determinare più in dettaglio altre caratteristiche.

Parole chiave:

Nichel-titanio, trattamento di superficie, capacità di taglio.

ABSTRACT

Introduction : instrument breakage is one of the drawbacks of Ni-Ti files. Superficial coating treatments of Ni-Ti instruments seems to enhance fracture resistance and to increase cutting efficiency. Aim of this work was to evaluate the cutting efficiency of three types of Ni-Ti files with different superficial coating treatments.

Material and methods : 18 experimental Ni-Ti engine driven files, ISO 30-D0 and .06 taper, were selected. According to superficial coating treatments, they were allocated into group NT for untreated files (*control*), T1 for Alfa coating treatment and T2 for the Beta coating treatment. Thirtysix single straight canal were made in bovine teeth, 0.25 mm in diameter and 15 mm in length. A torque control motor (1 N/cm - 300 rpm) was used in a special device to avoid operator variability. The working time was set in 15 seconds for each canal. The length reached at the end of the instrumentation time by each instrument was measured. Statistical analyses was performed by ANOVA ($p < 0.05$). **Results**: a mean instrumentation length of 10,9 mm were registered in group NT, while in T1 the mean length was 8,9 mm and in T2 the mean length was 9,3 mm (ANOVA, $p = 0.05$).

Conclusions: on the basis of these data, superficial coating treatment may negatively affect the cutting efficiency of Ni-Ti instruments.

Key words:

Nickel-Titanium, surface coating, cutting efficiency.

INTRODUZIONE

L'introduzione delle leghe in nichel-titanio (Ni-Ti) ha consentito la costruzione di strumenti endodontici più funzionali; sfruttando le caratteristiche meccaniche della lega, essi semplificano e velocizzano tutte le fasi inerenti la sagomatura del canale radicolare (1-3).

Le ottimali caratteristiche, quali la superelasticità e la memoria di forma degli strumenti rotanti in Ni-Ti, non mettono al riparo da errori iatrogeni. Tra essi le fratture intracanalari degli strumenti sono quelle maggiormente presenti e sono legate sia alle notevoli sollecitazioni meccaniche (torsione-compressione), a cui detti strumenti sono sottoposti quando ruotano all'interno di canali curvi, stretti e lunghi, sia a fenomeni di fatica ciclica (4-8). L'uso di una tecnica di rotazione continua sottopone gli strumenti in Ni-Ti a degli stress maggiori di quelli normalmente subiti dagli strumenti manuali in acciaio (9).

Nella pratica clinica sarebbe utile poter disporre di strumenti endodontici in Ni-Ti dotati di una vita media più lunga, tali da risentire in misura più ridotta degli "stress" che la sagomatura di canali lunghi e curvi fatalmente comporta.

Per far fronte a queste problematiche in letteratura sono state descritte varie tecniche di trattamenti superficiali degli strumenti. Tali trattamenti hanno lo scopo di rendere più resistenti, sia all'usura sia alla frattura, gli strumenti in questione. Tra le tecniche di trattamento superficiale, quella che prevede la cosiddetta impiantazione ionica è la maggiormente rappresentata. Questa metodica prevede la deposizione di ioni azoto sulla superficie degli strumenti in Ni-Ti, utilizzando fasci di azoto a diversi voltaggi e amperaggi (10-12). L'impiantazione ionica crea sugli strumenti endodontici in Ni-Ti, a livello subsuperficiale, uno strato compressivo che inibisce la formazione e la propagazione di microcricche di

frattura. L'impiantazione ionica interessa solo uno strato superficiale di spessore compreso tra 0,02 e 0,05 μm , senza modificare in alcun modo l'anima, ossia le proprietà della massa centrale degli strumenti impiantati. Gli strumenti così trattati non manifestano i tipici segni dell'usura e non presentano quelle modifiche superficiali che ben presto segnano la vita dei comuni strumenti endodontici in Ni-Ti, così come più volte descritto in letteratura (7, 8, 13). La totale assenza di queste tipiche microfessure sulla superficie degli strumenti impiantati sarebbe da correlare allo strato superficiale di nitrato di titanio prodotto dal processo che, senza introdurre tensioni meccaniche, aumenta la microdurezza superficiale e migliora sensibilmente le proprietà tribologiche (resistenza all'usura e all'attrito) degli strumenti trattati, ossia il loro comportamento in seguito ad attrito prolungato e il divenire dell'usura (11, 12, 14).

Scopo di tale lavoro è stato quello di:

- verificare la capacità di taglio degli strumenti endodontici in lega Ni-Ti che avevano subito un particolare trattamento di superficie, paragonandola a quella dei medesimi strumenti non trattati;
- analizzare le caratteristiche di superficie indotte dal trattamento attraverso un'indagine in microscopia elettronica a scansione e la verifica dopo l'uso degli strumenti stessi.

MATERIALI E METODI

Verifica della capacità di taglio

Al fine di valutare in modo misurabile la capacità di taglio, è stata scelta una modalità non convenzionale che, di seguito, descriviamo. Onde poter rendere l'esperimento più simile alle condizioni cliniche si è deciso di approntare un modello di canale radicolare rettilineo ricavato in dentina di elementi dentari di bovino.

a) Costruzione dei canali in dentina di bovino

Sono state selezionate radici da denti incisivi di bovino, che presentano una percentuale di sostanza inorganica dentinale pari al 72%, pressoché uguale a quella dei denti umani. Le radici sono state ripulite dai detriti organici attraverso un bagno in ipoclorito di sodio (5%) a 37° C per 20 minuti.

Utilizzando dei telai in alluminio a forma di parallelepipedo a sezione quadrata con lato di

15 mm, le radici sono state inglobate in resina acrilica. I blocchi così ottenuti sono stati tagliati in due parti, mediante microtomo con lama circolare diamantata (Fig. 1).

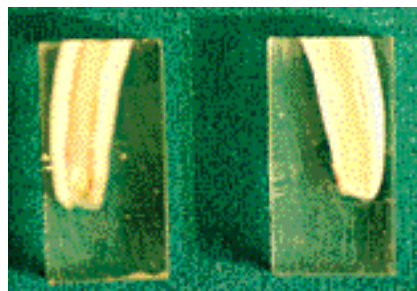


Fig. 1 - Dente di bovino dopo l'inglobamento in resina acrilica e la separazione in due emicanali con troncatrice a bassa velocità.

In ogni radice di dente bovino è stata eseguita un'incisione di due canali artificiali e rettilinei di lunghezza 15 mm e diametro di 0,25 mm corrispondente alla punta di un K-File 25 (Figg. 2 e 3).

Al fine di mantenere uniti i due antimeri durante la strumentazione, è stato costruito un morsetto con un parallelepipedo in lega di alluminio cavo, ricavato mediante fresatura.

b) Strumentazione dei canali in dentina

Due partite di strumenti endodontici speri-

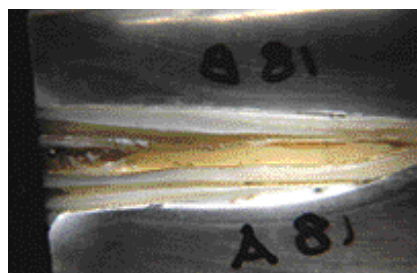


Fig. 2 - Si rappresentano i canali all'interno dei denti di bovino.



Fig. 3 - Immagine relativa al canale radicolare simulato prima della strumentazione.

mentalmente (FKG, Geneve, Svizzera) azionabili con micromotore ed aventi un diverso trattamento superficiale della lega in Ni-Ti (gruppo T1 e gruppo T2), ed un gruppo di controllo, avente medesime caratteristiche strutturali ma con superficie non trattata (gruppo NT), sono stati presi in esame. Le modalità di trattamento degli strumenti sono coperte da brevetto, tuttavia il processo di rivestimento superficiale avviene attraverso la deposizione, sotto forma di vapore in una camera a vuoto, di carburo idrogenato.

Gli operatori hanno operato in cieco senza poter riconoscere gli strumenti trattati da quelli non trattati.

Per ogni gruppo sono stati utilizzati 6 strumenti aventi conicità .06 e punta 30 ISO.

Diciotto campioni di denti opportunamente preparati, per un totale di 36 canali, sono stati assegnati in maniera casuale ai 3 gruppi, in modo che ogni strumento potesse lavorare nel canale simulato per due volte nello stesso elemento dentale preso in considerazione.

Per la strumentazione dei canali, si è utilizzato un micromotore demoltiplicatore W&H 16/1 (W&H, Austria) collegato a un Motore Tecnica (Atr Technology, Pistoia, Italia), tarato con torque pari a 1N/cm e "velocità" di 300 rpm.

Il micromotore è stato fissato ad un'apposita colonna con una carrucola in modo da esercitare un carico assiale costante pari a 100 g (Fig. 4). Una volta allineati il canale e lo strumento, veniva azionato il micromotore e lasciato agire lo strumento per avvistamento all'interno del canale radicolare creato. Non appena lo strumento entrava nel canale si calcolava un tempo di lavoro pari a 15 secondi. Non sono stati utilizzati lubrificanti.

Al termine di ogni strumentazione, il file è stato bloccato con cera collante sulla super-

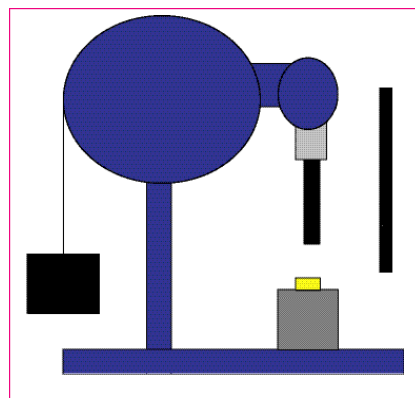


Fig. 4 - Si rappresenta schematicamente il device utilizzato per la strumentazione dei canali.

ficie esterna del canale, si è aperto il bloccetto e, con un calibro di precisione, si è misurata la parte di strumento inserita nel canale. Per ogni strumento utilizzato si è rilevata perciò la profondità di penetrazione all'interno del canale in millimetri e decimi di millimetro.

Analisi statistica

I risultati sono stati valutati attraverso l'analisi della varianza (ANOVA) e sono stati paragonati i tre gruppi attraverso il test "post-hoc" Student-Neumann-Keuls. Il livello di significatività è stato fissato a $p < 0.05$.

Valutazione morfologica degli strumenti.

Analisi al SEM

La valutazione delle caratteristiche morfologiche degli strumenti è stata effettuata attraverso la microscopia elettronica a scansione. Al fine di rendere possibile l'osservazione, è stata separata la parte lavorante degli strumenti dal gambo. Ogni strumento è stato montato su portacampioni di alluminio ed è risultato in tal modo idoneo alla successiva metallizzazione con oro-palladio (Polaron Equipment LTD-SEM Coating Unit E 5100) per rendere possibile la migliore visualizzazione al SEM (Jeol JSM-840 A, Tokyo, Japan).

Per ogni strumento si è effettuata una osservazione della punta ed un'osservazione delle spire a 3 mm dalla punta.

Gli ingrandimenti utilizzati sono stati:

- 250x e 500x per le immagini della punta degli strumenti;
- 250x e 750x per le immagini delle spire degli strumenti.

Durante l'osservazione dei campioni si è ricercata la presenza di eventuali alterazioni della morfologia della punta e del filo delle lame. Per l'osservazione al SEM sono state rilevate le differenze morfologiche presenti sulle spire o sulla punta degli strumenti. In questo caso non è stata effettuata analisi statistica.

RISULTATI

Dai dati analizzati si evidenzia una differenza in termini di penetrazione all'interno del canale simulato a seconda del tipo di strumento impiegato. Tale differenza starebbe a significare che gli strumenti hanno potenzialità di taglio non simili; in particolare, la profondità media ottenuta dagli strumenti del gruppo NT è stata superiore rispetto a quella degli strumenti del gruppo T1.

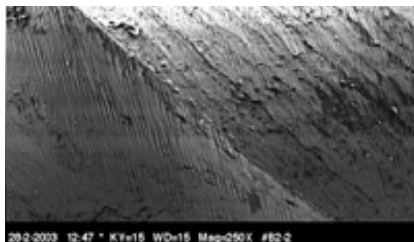


Fig. 5 - Immagine al SEM di una spira degli strumenti non trattati: si noti l'angolo di taglio positivo della spira.

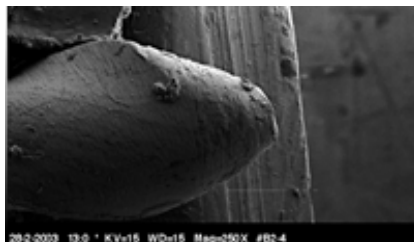


Fig. 6 - Immagine al SEM di una punta di uno strumento non trattato: si noti il profilo delle lame che insistono su parte della punta.

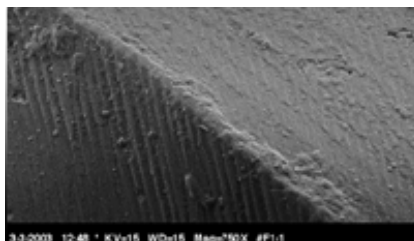


Fig. 7 - Immagine al SEM di uno strumento con trattamento superficiale: si noti come in alcune parti dello strumento si evidenzia una perdita del filo della lama.

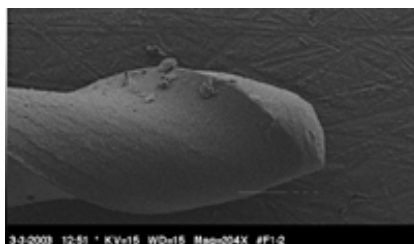


Fig. 8 - Immagine al SEM di una punta di uno strumento trattato: si noti come il trattamento superficiale abbia arrotondato la morfologia della punta che non appare più tagliente.

Anche se il numero dei campioni è esiguo, il livello di significatività è risultato positivo ($p=0.05$). Infatti, osservando i dati esposti nella tabella 1, ove sono rappresentati i valori medi, la deviazione standard e la mediana relativi alle misurazioni della profondità di stru-



Fig. 9 - Immagine al SEM a 100x di un particolare dello strumento dove si è verificato il distacco di una parte del trattamento superficiale.

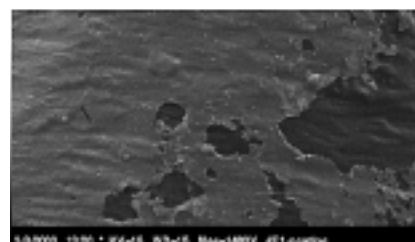


Fig. 10 - Immagine al SEM a 1480x di un particolare dello strumento dove si è verificato il distacco di una parte del trattamento superficiale.

Strumento	Profondità media	Standard error
T1	8.9	.55
T2	9.3	.21
NT	10.9	.19
Anova $p=0.0019$		

Tab. 1 - Si rappresentano i valori medi e la deviazione standard dei dati ottenuti dal test. In calce alla tabella sono rappresentati i valori di significatività del test statistico.

mentazione dei tre gruppi, si evince quanto diversa sia la capacità di agire in profondità dei vari strumenti.

Il test *post hoc* ha denotato solo una differenza significativa tra i gruppi NT e T1, mentre il gruppo T2 non è parso significativamente diverso dal gruppo T1 e dal gruppo NT.

L'analisi degli strumenti al SEM ha evidenziato, per tutti i gruppi degli strumenti trattati, alterazioni della morfologia delle lame dello strumento e della punta rispetto agli strumenti non trattati (Figg. 5 e 6). Soprattutto la punta degli strumenti trattati ha presentato un cambiamento morfologico importante. Le punte degli strumenti dei gruppi T1 e T2, infatti, presentano un notevole arrotondamento rispetto al gruppo NT (Figg. 7 e 8). In particolare, in un'immagine del gruppo T2 si è evidenziato il distacco del trattamento superficiale subito (Figg. 9 e 10).

DISCUSSIONE

In letteratura sono presenti alcuni studi sulla capacità di taglio di strumenti in Ni-Ti che hanno subito trattamenti superficiali, come quelli di Rapisarda et al. (11, 12) e di Schafer (14). Questi lavori contrastano con i dati rilevati dal nostro studio, nel quale si è verificato che gli strumenti non trattati hanno una capacità di taglio statisticamente superiore a quelli con trattamento superficiale. Le ipotesi in merito potrebbero essere in primo luogo riferibili al fatto che, negli studi presenti in letteratura, gli strumenti sono testati all'interno di *Endo Trainig-block* in resina. Questi, pur essendo dei validi ausili per la valutazione dell'azione degli strumenti, non presentano le tipiche caratteristiche della dentina.

I risultati ottenuti dal nostro studio, con l'utilizzo di dentina bovina che ha caratteristiche organolettiche del tutto simili alla dentina umana, hanno determinato rilevazioni che probabilmente meglio rappresentano l'utilizzo degli strumenti endodontici all'interno dei canali radicolari umani.

In letteratura sono stati utilizzati diversi strumenti in Ni-Ti con vari trattamenti superficiali. Nel lavoro di Schafer sono stati utilizzati strumenti manuali in Ni-Ti con trattamento superficiale, che non sono paragonabili con gli strumenti rotanti endodontici in Ni-Ti trattati ed azionati da motori endodontici utilizzati nel nostro lavoro.

Rapisarda ha utilizzato, invece, strumenti endodontici rotanti della serie Pro-File a conicità .04 che presentano delle caratteristiche di azione delle lame non aggressive. In questo caso, probabilmente, l'impiantazione ionica, determinando un miglioramento delle caratteristiche tribologiche degli strumenti, ha ridotto l'usura delle lame. Pertanto, agendo i Pro-File per abrasione, la maggiore resistenza superficiale ne avrebbe aumentato le capacità di taglio.

Per quanto riguarda gli strumenti testati nel nostro studio, essi presentano un angolo di taglio della lame francamente positivo. Il trattamento superficiale subito da questi strumenti ha in qualche modo arrotondato il profilo della lama degli strumenti diminuendone la capacità di taglio. Le osservazioni al SEM hanno mostrato che, negli strumenti trattati rispetto a quelli normali, il profilo delle lame è risultato essere meno aggressivo. In aggiunta, la punta degli strumenti trattati ha subito un notevole arrotondamento del suo profilo. In alcune immagini, inoltre, si è rilevato il distacco di parte del rivestimento superficiale subito dagli strumenti trattati. Questi dati possono essere supportati dal lavoro di Tripi et al. (15) nel quale si è evidenziato una differenza della deposizione del *coating* a seconda della metodica di deposizione utilizzata.

Nella fase sperimentale il diametro dei canali è pari a 25 ISO, mentre gli strumenti utilizzati hanno diametro 30 ISO in punta. La notevole alterazione morfologica riscontrata negli strumenti trattati ha determinato in queste condizioni sperimentali una progressiva per-

dita della capacità di taglio.

Soprattutto in questo caso, l'azione di penetrazione della punta degli strumenti ha un ruolo fondamentale nella progressione degli stessi nel canale. Gli strumenti non trattati hanno, infatti, una punta più aggressiva e quindi sono in grado di favorire meglio la progressione dello strumento all'interno del canale radicolare.

Questo test ha valutato soltanto la capacità di taglio di strumenti nuovi e non l'usura degli strumenti. In futuro sarà necessario un'ulteriore lavoro di verifica dell'usura degli strumenti utilizzati in modo continuativo.

CONCLUSIONI

Dai dati ottenuti, si è evidenziata una differenza significativa della profondità di strumentazione a vantaggio degli strumenti che non avevano subito trattamento superficiale rispetto a quelli che lo avevano subito. Questi dati, associati alle osservazioni in microscopia, sembrerebbero non segnalare particolari vantaggi derivanti dal trattamento superficiale.

In conclusione, in base ai dati ottenuti con questo lavoro sperimentale, non sembra che il trattamento superficiale degli strumenti in Ni-Ti possa migliorare la capacità di taglio. Resta da investigare l'efficacia del trattamento superficiale sulla resistenza all'usura degli strumenti.

BIBLIOGRAFIA

1. Airolidi G, Rivolta B, Turco C. Materiali metallici innovativi: leghe a memoria di forma. 1985 Patron, Bologna 133-134.
2. Buehler WJ. The properties of Ni-Ti and associated phases. *US Naval Ordnance Lab Tech report* (1961); 61-75.
3. Malagnino VA, Passariello P, Cantatore G. Caratteristiche delle leghe al nichel-titanio in relazione al loro possibile impiego endodontico. *G It Endo* 1994; 1: 8,10-15.
4. Gambarini G. Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instruments after clinical use with low- and high-torque endodontic motors. *J Endod* 2001; 27(12): 772-4.
5. Sattapan B, Nervo G, Palamara J, Messer H. Defects in rotary Nickel-Titanium file after clinical use. *Journal Endodontics* 2000; 26: 161-5.
6. Dieter GE. Mechanical Metallurgy. 3rd ed. McGraw Hill New York USA. 1986: 119,138, 185-8, 382-7, 394.
7. Malagnino VA, Passariello P, Corsaro S. Influenza della traiettoria canalare sul rischio di frattura per fatica degli strumenti endodontici meccanici in nichel-titanio. *G It Endo* 1999; 13 (4): 190-200.
8. Haikel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, Almann C. Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary Nickel-Titanium endodontic instruments. *J Endo* 1999; 25 (6): 434-40.
9. Sattapan B, Palamara JE, Messer HH. Torque during canal instrumentation using rotary nickel-titanium files. *J Endod* 2000; 26 (3): 161-5.
10. Torrisi L. Ion implantation and thermal nitridation of biocompatible titanium. *Biomed Mater Eng* 1996;6 (5):379-88.
11. Rapisarda E, Bonaccorso A, Tripi TR, Fragalà I, Condorelli GG. The effect of surface treatments of nickel-titanium files on wear and cutting efficiency. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000; 89 (3): 363-8.
12. Rapisarda E, Bonaccorso A, Tripi TR, Condorelli GG, Torrisi L. Wear of nickel-titanium endodontic instruments evaluated by scanning electron microscopy: effect of ion implantation. *J Endod* 2001;27 (9):588-92.
13. Pruett J. Cyclic fatigue testing of Nickel Titanium endodontic instruments. *Journal of Endodontics* 1997; 23 (2): 77-85.
14. Schafer E. Effects of physical vapor deposition on cutting efficiency of nickel-titanium files. *J Endod* 2002;28 (12): 800-2.
15. Tripi TR, Bonaccorso A, Rapisarda E, Tripi V, Condorelli GG, Marino R, Fragalà I. Depositions of nitrogen on NiTi instruments. *J Endod* 2002; 28 (7):497-500.