

* Augusto Malentacca
* Fabio Lalli

* Libero professionista

Corrispondenza
Dott. Augusto Malentacca
Via degli Scipioni 245
00192 Roma

Rotazione alternata nell'uso degli strumenti in nichel-titanio

Use of nichel-titanium instruments with reciprocating movement

RIASSUNTO

Gli strumenti canalari in Ni-Ti sono diffusamente utilizzati per la preparazione endodontica ormai da dieci anni.

Il problema più importante che riguarda l'uso di questi strumenti è quello della loro possibile frattura all'interno dei canali. Con l'evoluzione delle tecniche e con lo studio di nuovi disegni per gli strumenti, si è cercato in vario modo di trovare una soluzione a tale problema.

In questo studio si è ipotizzato che il rischio di frattura degli strumenti in Ni-Ti possa essere ridotto variando il tipo di movimento che viene impresso agli strumenti, passando dalla abituale rotazione continua ad un movimento di rotazione alternata.

L'efficacia del movimento di rotazione alternata è stata valutata confrontando la capacità di taglio, la resistenza alla torsione e alla flessione ciclica di strumenti in Ni-Ti con questo movimento e con rotazione continua, utilizzando dei dispositivi appositamente realizzati.

I risultati ottenuti hanno permesso di verificare, anche se per ora solo *in vitro*, l'efficacia degli strumenti in Ni-Ti in rotazione alternata.

La resistenza alla frattura di strumenti convenzionali utilizzati con questo tipo di movimento è risultata fino a 10 volte maggiore, rispetto a quella che si ha con la rotazione continua.

In base ai risultati di questo studio, si può ipotizzare che il movimento di rotazione alternata possa consentire un utilizzo più sicuro degli strumenti in Ni-Ti.

Parole chiave:

Strumenti Ni-Ti, frattura degli strumenti, capacità di taglio.

use of these instruments is fracture.

New techniques and new instruments were suggested in the last years in order to find a solution to this problem.

In this study we have supposed that the fracture of Ni-Ti instruments can be reduced varying the kind of movement to be used from continuous rotation to reciprocating rotation.

The effectiveness of reciprocating movement has been studied comparing the cutting ability, the torsion resistance and the bending resistance of continuous and reciprocating rotation.

The results achieved *in vitro* with conventional instruments show that with reciprocating movement the resistance to fracture can increase ten times.

We believe that this kind of movement may represent an advantage for a safer use of Ni-Ti instruments.

Key words:

Ni-Ti instruments, instrument fracture, cutting ability.

INTRODUZIONE

Gli strumenti rotanti in Ni-Ti negli ultimi anni hanno subito una notevole evoluzione, che ha riguardato sia la loro progettazione che la tecnica di utilizzo (1-3).

Questo fatto ha portato ad una riduzione significativa del rischio di frattura, che rappresenta da sempre il principale inconveniente del loro uso.

L'impiego della tecnica di rotazione continua meccanica sottopone gli strumenti a degli stress maggiori di quelli normalmente subiti dagli strumenti in acciaio, utilizzati con movimento manuale (4-6).

Le principali cause di frattura degli strumenti rotanti in Ni-Ti sono rappresentate dalla "frattura per torsione" e dalla "fatica ciclica".

Per quanto concerne la "frattura per torsione", si deve considerare che lo strumento in rotazione è normalmente sottoposto ad un "carico torsionale", dovuto all'azione di taglio che le sue lame esercitano sulla parete

canalare; se questo carico aumenta, si può determinare la deformazione e la frattura dello strumento (7). Un blocco accidentale della punta può causare uno sforzo torsionale improvviso ed eccessivo, tale da determinare la frattura.

L'altra causa di frattura è rappresentata dalla "fatica ciclica", che non è un fenomeno peculiare delle leghe Ni-Ti, ma è comune a tutte le leghe metalliche sottoposte a stress meccanici ripetuti ciclicamente (8-9).

Quando uno strumento lavora in un canale curvo viene sottoposto a stress flessori. Gli strumenti che vengono fatti ruotare in modo continuo all'interno di una traiettoria canalare curva vanno incontro a ripetute flessioni, la cui entità varia in funzione della curvatura del canale. Quando uno strumento viene inserito in un canale curvo, la superficie che si trova dalla parte esterna della curva viene sottoposta ad uno stiramento, mentre quella rivolta verso l'interno va incontro ad una compressione (Fig.1). Se in queste condizioni lo strumento viene fatto ruotare subisce uno stress che è di un'entità doppia rispetto a quella che subirebbe se, nelle stesse condizioni di curvatura, fosse utilizzato manualmente con un movimento di "va e vieni". Infatti, dopo una rotazione di 180° le zone che si trovavano in una condizione di stiramento si vengono a trovare in una condizione di compressione e viceversa. Si potrebbe dire che tutti i punti della superficie flessa vanno incontro ad uno stress pari a quello che subirebbero, in assenza di rotazione, in un canale con curvatura di entità doppia (4) (Fig.1). L'alternarsi di tali fenomeni di stiramento e compressione nell'ambito della struttura della lega determinano la formazione di zone di discontinuità da cui può originare la frattura (8-10).

Da queste riflessioni consegue che non eseguendo una rotazione completa (360°) si limita il rischio di frattura per fatica ciclica, e questo rischio diminuisce tanto più quanto più si riduce l'angolo di rotazione (<360°).

Dopo aver appurato sperimentalmente quali sono i fattori che influenzano la fatica, diventa possibile nella pratica clinica tenere sotto controllo la fatica degli strumenti, ad esempio con lo studio attento della traiettoria canalare nella radiografia preoperatoria.

ABSTRACT

Ni-Ti instruments are commonly used for endodontic preparation.

The most common problem regarding the

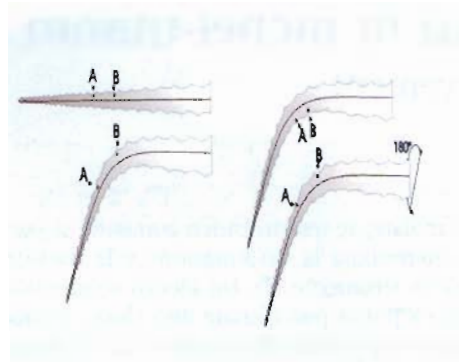


Fig. 1 - Quando uno strumento lavora in un canale curvo la sua superficie che si trova sul lato esterno della curva è sottoposta ad uno stiramento e quella sul lato interno ad una compressione. Se si considerano due punti A e B sulla superficie esterna dello strumento essi subiscono uno stiramento se lo strumento viene precurvato manualmente; se lo strumento viene fatto ruotare di 180° questi punti subiscono un doppio stress, prima di compressione poi di stiramento.

In base a queste considerazioni, siamo giunti ad ipotizzare che l'uso di un movimento di rotazione alternata possa permettere di diminuire lo stress degli strumenti e quindi il rischio di frattura.

La validità di questo tipo di movimento, nei confronti del movimento tradizionale di rotazione continua, è stata studiata prendendo in considerazione tre parametri:

- capacità di taglio
- resistenza alla fatica per flessione
- resistenza alla fatica per torsione

MATERIALI E METODI

Per utilizzare un movimento di rotazione alternata sono necessari strumenti capaci di tagliare in rotazione oraria ed antioraria. Per questo studio sono stati scelti strumenti con lame caratterizzate da un angolo di taglio tale da renderli attivi in entrambi i sensi di rotazione: Protaper (Maillefer, Ballaigue, Svizzera) e Race (FKG Dentarie, La Chaux de Fonds, Svizzera). Come controllo sono stati usati i Profile (Maillefer, Ballaigue Svizzera) che hanno lame di taglio smusse, e i K3 (Kerr, Glendora, USA) che hanno un disegno che consente loro di tagliare solo con movimento di rotazione oraria. Gli strumenti utilizzati avevano conicità e diametro di punta simili (Tab.1).

Per effettuare la prova della capacità di taglio è stato costruito un dispositivo (Fig. 2), costituito da un manipolo contrangolo bloccato da una morsa e da un sistema scorrevole cui è stato applicato un peso di 1 Kg. Utilizzando denti di suino, sono state ottenute per usura delle sezioni quadrate di dentina di circa 1cm di lato e di 1mm di spessore, al centro delle quali è stato praticato un foro del diametro di 1 mm. Le sezioni di dentina, incollate su dei telai di plastica, sono state bloccate sulla parte scorrevole del dispositivo (Fig. 3). Gli strumenti sono stati inseriti all'interno del foro praticato nella dentina e fatti ruotare utilizzando un motore TECNICA (ATR, Pistoia, Italia), programmabile in modo da ottenere diversi movimenti di rotazione continua ed alternata. Durante la rotazione, sugli strumenti è stato indirizzato un getto di aria, per liberarli dai frustoli di dentina. Per ciascuna prova di

taglio è stato utilizzato un tempo di rotazione di 20 sec. Una volta terminata la prova le immagini delle sezioni di dentina sono state digitalizzate con uno scanner. Utilizzando un programma grafico è stata poi misurata la zona della sezione abrasa dallo strumento (Fig. 4). Inizialmente è stata valutata la capacità di taglio con il movimento di rotazione continua e alternata dei singoli strumenti scelti per la prova, per stabilire quale tra gli strumenti scelti fosse lo strumento più tagliente.

Successivamente, è stata valutata l'efficienza di taglio con diversi tipi di movimento alternato.

Per meglio evidenziare la differenza nella capacità di taglio degli strumenti nelle varie condizioni di rotazione sono stati utilizzati il torque massimo (100g/cm) e la massima velocità di rotazione (800rpm) erogabili dall'apparecchio. Sono stati provati tre diversi

Protaper	Finishing n°2
Profile	#25 - conicità .06
Race	#25 - conicità .06
K3	#25 - conicità .06

Tab. 1 - Strumenti utilizzati per la prova sperimentale.

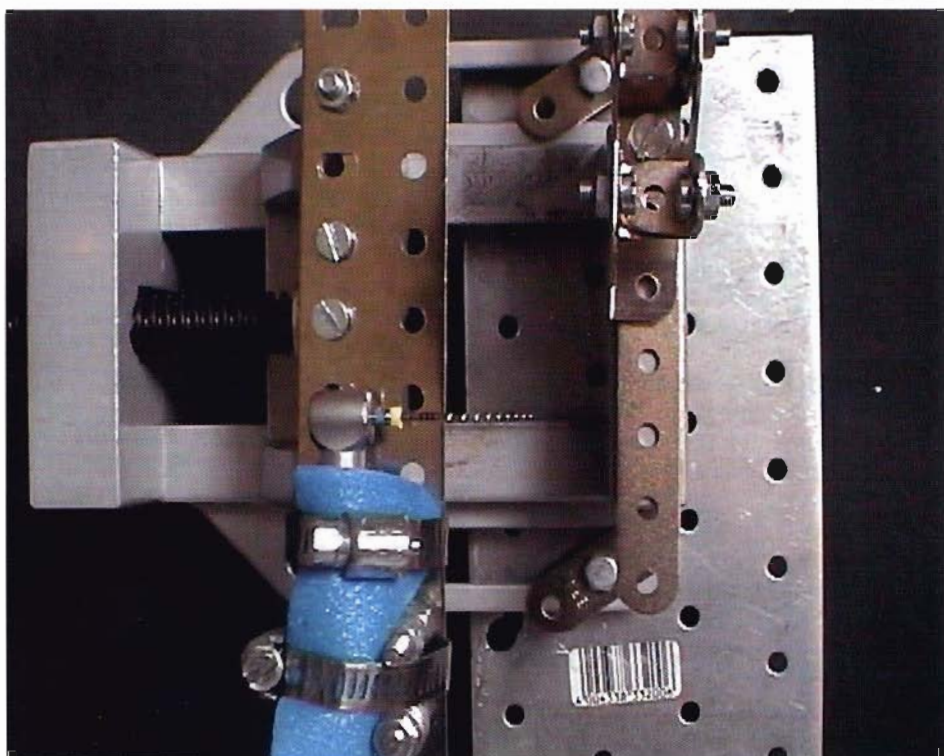


Fig. 2 - Dispositivo realizzato per testare la capacità di taglio degli strumenti costituito da una morsa a cui è fissato il manipolo di fronte al quale è situato un sistema scorrevole con un peso di 1 kg.

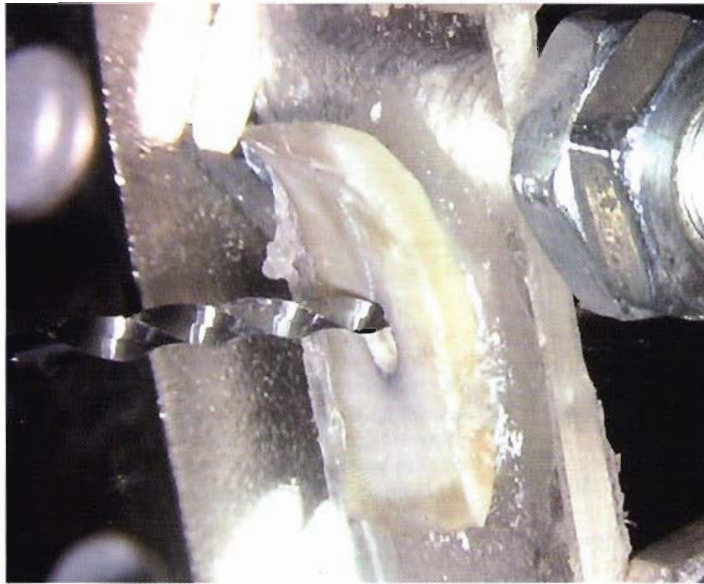


Fig. 3 - Particolare del dispositivo realizzato per la prova di taglio. Alla parte scorrevole è fissato un telaio in plastica a cui è stata incollata la sezione di dentina. In questa fase lo strumento sta ruotando all'interno del foro praticato nella dentina, sotto getto continuo di aria compressa.

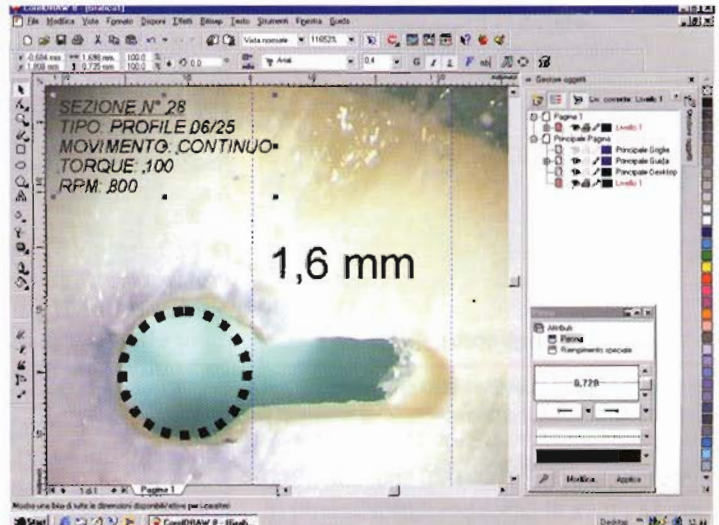


Fig. 4 - Elaborazione al computer dopo acquisizione di uno dei campioni sui quali è stata effettuata la prova di taglio. Si può osservare il foro di 1mm (tratteggiato) praticato prima di effettuare il test. A destra di questo il taglio di 1,6 mm provocato dallo strumento in rotazione continua.

movimenti di rotazione alternata che differivano per l'angolo di rotazione. Nel primo movimento di rotazione alternata, allo strumento veniva fatta compiere una rotazione di 480° in senso orario e 480° in senso antiorario. Nel secondo movimento di rotazione alternata, lo strumento effettuava una rotazione di 2880° in senso orario, seguita da una rotazione di 1440° in senso antiorario. Nella terza prova, il movimento prevedeva una rotazione oraria di 4320° ed una antioraria di 2880° . Infine, è stata provata l'efficienza di taglio con il movimento alternato di 60° in senso orario e 60° in senso antiorario. Sono state effettuate tre prove per ogni situazione e ne è stata operata una media.

Con un altro dispositivo (Fig. 5), che permette di tenere bloccata la punta dello strumento durante la rotazione, abbiamo determinato i tempi di rottura per torsione con diversi angoli di rotazione alternata inferiori a 400° (60° , 100° , 150° , 200° , 250°) dopo aver eseguito con la stessa macchina un test sui Protaper in rotazione continua che ha mostrato che (con questo dispositivo) la rottura avviene dopo una rotazione di 400° (Fig. 6). Questa prova è stata effettuata solo per i Protaper, che (come si vedrà nei risultati) si sono dimostrati i più efficienti nella prova della capacità di taglio. Per ogni movimento di rotazione sono stati effettuati cinque test, dei quali è stata calcolata una media.

Infine, per valutare la resistenza alla fatica ciclica, è stato messo a punto un altro dispositivo (Fig. 7) che, mediante cuscinetti a sfera, permette di far ruotare gli strumenti in una traiettoria curva riducendo al minimo gli attriti. Per questa prova sono state uti-

lizzate due diverse traiettorie canalari con angolo di curvatura, rispettivamente, di 35° e di 65° . Anche questa prova è stata effettuata solo per gli strumenti Protaper. La prova di frattura per fatica è stata effettuata per il movimento di rotazione continua con diverse ve-

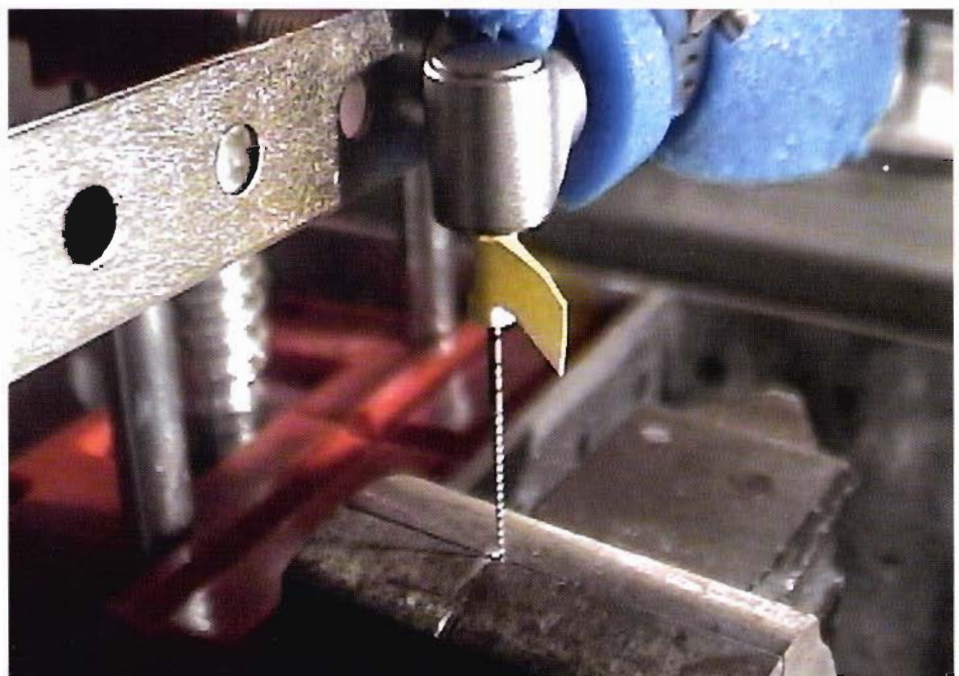


Fig. 5 - Dispositivo realizzato per testare la resistenza alla torsione. La punta dello strumento è bloccata in una morsa e sul manico dello strumento è stata fissata una bandierina per verificarne il movimento e l'oscillazione in gradi.

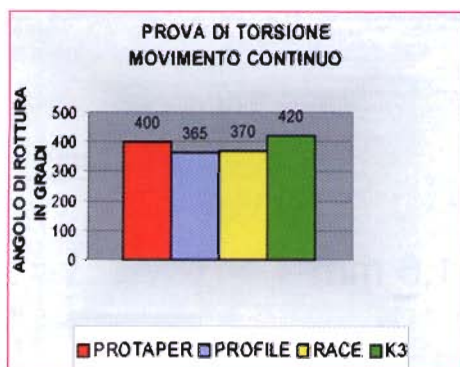


Fig. 6 - Grafico relativo alla prova di frattura per torsione con movimento continuo.

locità di rotazione: 100, 150, 200, 250 e 300 rpm. La prova di fatica per il movimento di rotazione alternata è stata effettuata in modo analogo con un angolo di rotazione costante di 60° in senso orario e 60° in senso antiorario. Per ciascun movimento di rotazione sono state effettuate tre prove, di cui è stato ricavato il valore medio.

RISULTATI

Nella prova di taglio con il movimento di rotazione continua, gli strumenti più efficienti

sono risultati i Protaper e i K3, che sono gli strumenti di più recente fabbricazione tra quelli provati (Fig. 8).

Dai diversi test effettuati sulla efficacia di taglio, sembrerebbe che i Protaper, seguiti dai Race, siano gli strumenti più efficienti con il movimento di rotazione alternato (Figg. 9-10-11-12).

Dal confronto tra l'efficienza di taglio dei Protaper con movimento continuo ed alternato risulta che il movimento alternato è più efficiente di quello continuo se vengono utilizzati angoli di rotazione superiori ai 360° (Fig. 12), mentre la capacità di taglio si riduce fino ad un valore pari a circa la metà di quella ottenuta con la rotazione continua, se viene utilizzato un angolo di 60° (Fig. 13).

I risultati della seconda prova, riguardante i tempi di rottura per torsione con movimento alternato, sono riportati nella Figura 14.

Da questi dati si evidenzia che il movimento alternato comporta un basso rischio di frattura se vengono effettuati angoli di rotazione alternata non superiori a 100° (Fig. 14).

Per quanto riguarda i tempi di rottura per fatica ciclica, nei test effettuati utilizzando il movimento alternato con angoli di rotazione inferiori a 100° e con un angolo di curvatura di 35°, lo strumento si è fratturato do-

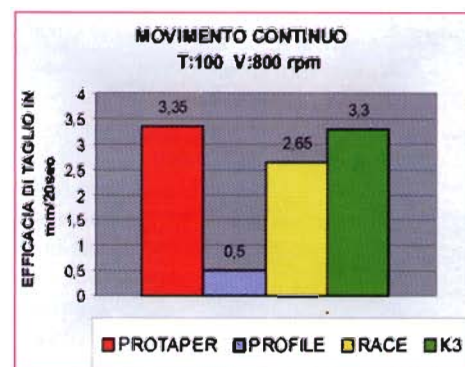


Fig. 8 - Grafico relativo alla capacità di taglio per il movimento di rotazione continua espressa in millimetri per 20 secondi di attività dello strumento. Torque: 100 - r.p.m. 800 - In queste condizioni di lavoro, gli strumenti più efficienti sono risultati i Protaper e i K3.

po un tempo circa tre volte superiore rispetto al movimento continuo (Fig. 15); il tempo è stato 10 volte superiore, nel caso della traiettoria con angolo di curvatura di 65° (Fig. 16).

DISCUSSIONE

Per quanto riguarda la diversa efficienza dimostrata dagli strumenti nella prova di taglio, la maggiore aggressività dei Protaper e dei Race riteniamo sia dovuta alla forma delle lame che hanno un angolo di taglio attivo in entrambi i sensi di rotazione. Non altrettanto può dirsi per i Profile, che hanno delle superfici di taglio smusse. I K3, per la loro sezione, sono attivi solo se usati in rotazione oraria; quindi, non sono efficienti con un movimento alternato. Il fatto che i Protaper utilizzati con un movimento di rotazione alternato dimostrino la maggiore efficienza di taglio per escursioni più elevate, è probabilmente spiegabile considerando che in queste condizioni il movimento rotatorio, comunque prolungato, si associa al variare della zona attiva della lama con minore usura delle spire. I medesimi risultati si ottengono anche per gli altri strumenti ad eccezione dei K3 che sono assolutamente passivi in senso antiorario. È importante notare che quando la rotazione compiuta durante il movimento alternato di 60° (angolo con cui questo movimento può essere usato in assoluta sicurezza in base ai risultati delle prove di torsione) l'efficienza

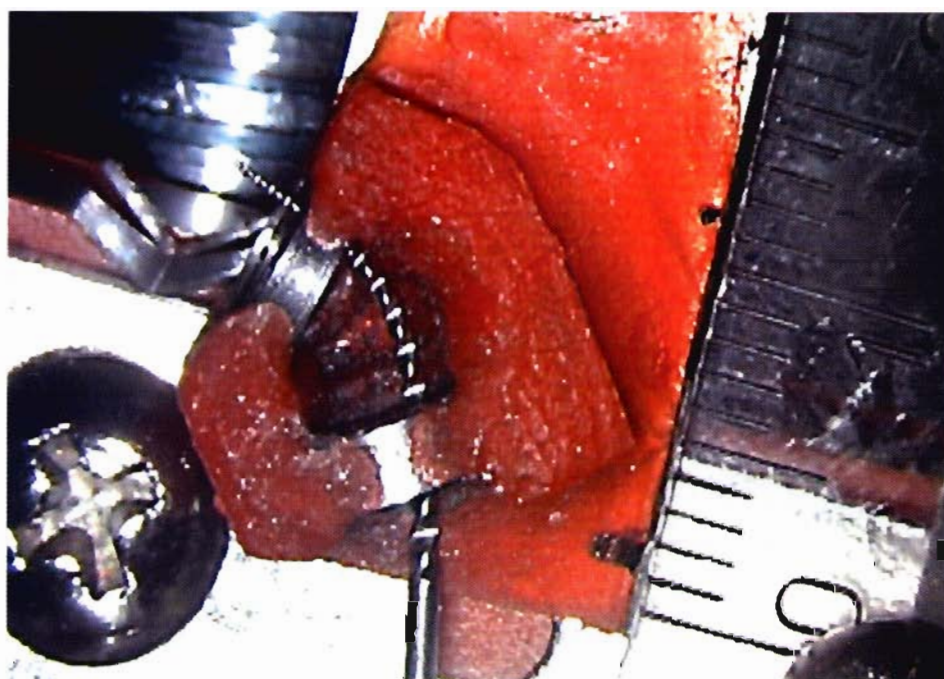


Fig. 7 - Dispositivo realizzato per testare la resistenza alla fatica ciclica. Lo strumento ruota dentro cascini a sfera opportunamente angolati per guidare e controllare l'angolo di rotazione ed il raggio di curvatura.

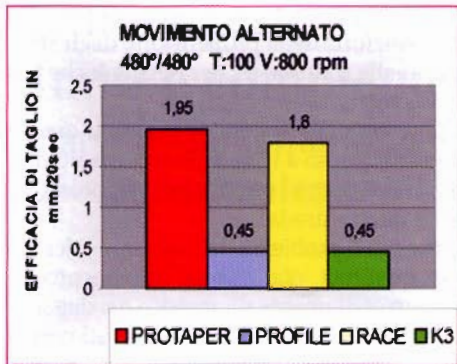


Fig. 9 - Grafico relativo alla capacità di taglio per il movimento alternato espressa in millimetri per 20 secondi di attività dello strumento. Torque: 100 - r.p.m. 800 - In queste condizioni di lavoro, la rotazione dello strumento è di circa 480° in senso orario e 480° in senso antiorario. I più efficaci sono risultati essere i Protaper ed i Race.

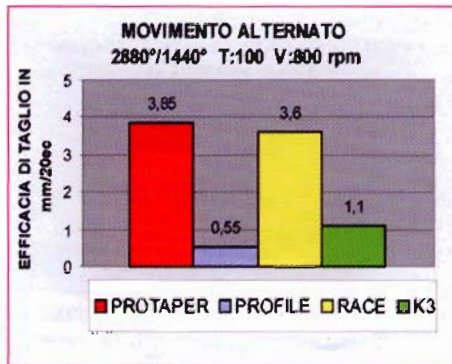


Fig. 10 - Grafico relativo alla capacità di taglio per il movimento alternato espressa in millimetri per 20 secondi di attività dello strumento. Torque: 100 - r.p.m. 800 - In queste condizioni di lavoro, la rotazione dello strumento è di circa 2.880° in senso orario e 1.440° in senso antiorario.

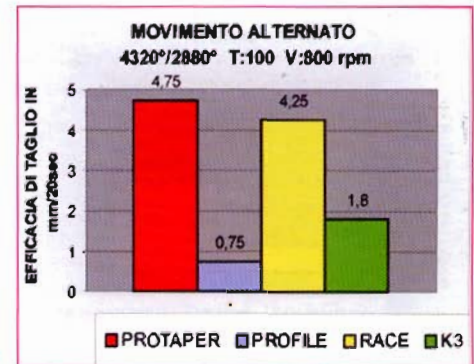


Fig. 11 - Grafico relativo alla capacità di taglio per il movimento alternato espressa in millimetri per 20 secondi di attività dello strumento. Torque: 100 - r.p.m. 800 - In queste condizioni di lavoro, la rotazione dello strumento è di circa 4.320° in senso orario e 2.880° in senso antiorario.

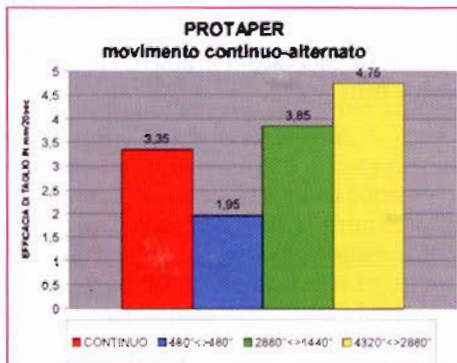


Fig. 12 - Grafico riassuntivo dei tre precedenti grafici in cui viene messa a confronto la capacità di taglio con movimento continuo ed alternato dei Protaper che sono risultati gli strumenti più efficienti in tutti i tests.

Il grafico evidenzia le differenze di efficacia di taglio con vari angoli di rotazione.

Possiamo notare come lo strumento è più efficiente con movimenti alternati che prevedano più di due giri completi in senso orario ed antiorario.

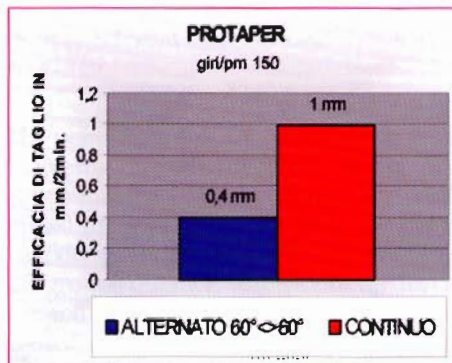


Fig. 13 - Grafico relativo all'efficacia di taglio dei Protaper in movimento alternato di 60° in senso orario e 60° in senso antiorario ed in movimento continuo (torque 100 - r.p.m. 150).

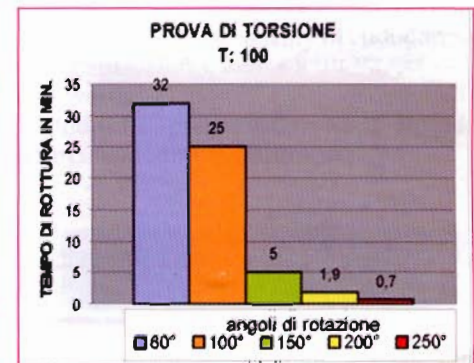


Fig. 14 - Grafico relativo alle prove di resistenza dello strumento (Protaper) agli stress torsionali per il movimento alternato (torque 100). Variando l'angolo di rotazione da 60° ai 250° si nota in maniera evidente il crollo della resistenza alla frattura per angoli superiori ai 100°.

del movimento alternato risulta pari a circa la metà di quella del movimento continuo.

Per quanto riguarda la resistenza agli stress flessori ripetuti (fatica ciclica), con l'utilizzo di un movimento alternato con angoli di rotazione di 60°, la resistenza alla frattura risulta 3 volte superiore con la traiettoria con angolo di curvatura di 35° e 10 volte superiore con angoli di curvatura di 65°, rispetto al movimento di rotazione continua.

Questo ci fa pensare che gli stress che sopporta la lega lavorando in un canale curvo

con questo movimento siano ridotti.

CONCLUSIONI

Dal nostro studio, che va considerato preliminare, sono emersi dei dati positivi ed incoraggianti riguardo i vantaggi dell'utilizzo clinico del movimento di rotazione alternato.

La nostra ricerca non ha preso in considerazione altri elementi importanti, quali gli

effetti di questo movimento sulla traiettoria del canale e sull'anatomia del foramen apicale, e le reali capacità di taglio e di progressione nel canale.

Senza dubbio, il movimento di rotazione alternato richiederebbe la progettazione di strumenti specifici in grado di lavorare anche in senso antiorario, con un'efficienza uguale nei due sensi di rotazione.

Da quanto hanno comunque evidenziato i test eseguiti su strumenti convenzionali, è possibile affermare che ad un'innequivocabile diminuzione della capacità di taglio cor-

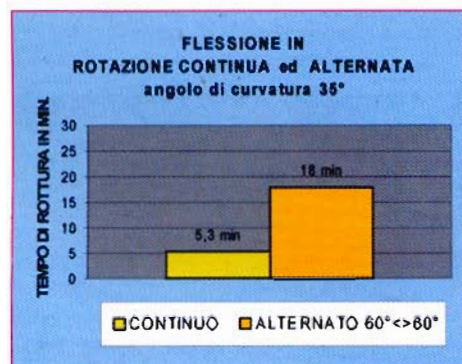


Fig. 15 - Grafico relativo ai tempi di rottura in secondi dei Protaper in rotazione continua (torque 100 - r.p.m. 300) ed alternata (torque 100 60°<->80°) per un angolo di curvatura di 35°.

Il tempo di rottura per il movimento alternato è tre volte superiore a quello relativo al movimento continuo.

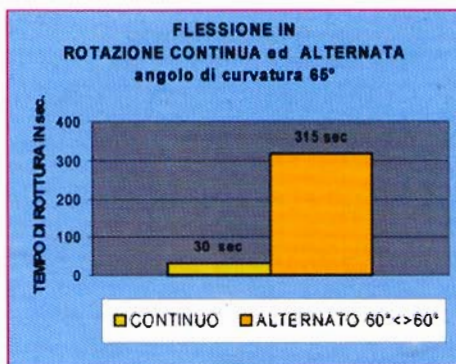


Fig. 16 - Grafico relativo ai tempi di rottura in secondi dei Protaper in rotazione continua (torque 100 - r.p.m. 300) ed alternata (torque 100 60°<->80°) per un angolo di curvatura di 65°.

È interessante notare che per un angolo così severo, nell'ambito del quale gli strumenti sono sottoposti a stress meccanici notevoli, la resistenza dei Protaper nel movimento alternato è di circa 10 volte superiore rispetto al movimento continuo.

risponde una sorprendente e sostanziale diminuzione della propensione degli strumenti alla frattura, sia per flessione che per stress torsionale.

Non è possibile ancora dire quanto questo sia vantaggioso a livello clinico, ma riteniamo che esistano i presupposti per proseguire su questa strada.

Esiste poi il problema dell'accumulo dei detriti dentinali, che con un movimento alternato esattamente simmetrico nei due sensi di rotazione rimarrebbero confinati nel canale senza alcuna possibilità di emergere dall'imbocco canalare; riteniamo che possa essere risolto utilizzando angoli di rotazione oraria e antioraria, anche di poco differenti; ad esempio, facendo ruotare lo strumento di 95° in senso antiorario e di 100° in senso orario. Un movimento di questo tipo dovrebbe consentire allo strumento di effettuare un intero giro in circa 20 secondi; questo gli consentirebbe di portare fuori dal canale i detriti e darebbe anche il modo all'operatore di sbloccare lo strumento in caso di blocco della punta.

BIBLIOGRAFIA

1. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. Mechanical root canal preparation with NiTi rotary instruments: rationale, performance and safety. Status report for the Am J Dent. 2001;14(5):324-33.
2. Brockhurst P, Hsu E. Hardness and strength of endodontic instruments made from NiTi alloy. Aust Endod J 1998;24(3):115-9.
3. Klein P. Best of both worlds: stainless steel and nickel titanium. Dent Today 1999;18(7):66-9.
4. Haikel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, Altemann C. Dynamic and cyclic fatigue of engi-

- ne-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments. J Endod 1999;25(6):434-40.
5. Blum JY, Cohen A, Machtou P, Micallef JP. Analysis of forces developed during mechanical preparation of extracted teeth using Profile NiTi rotary instruments. Int Endod J 1999;32(1):24-31.
6. Dederich DN, Zakariasen KL. The effects of cyclical axial motion on rotary endodontic instrument fatigue. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1986;61(2):192-6.
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; 4:190-200.
8. Dieter GE. Mechanical metallurgy 3rd ed. Mc Graw-Hill New York USA 1986: 119,138,185-8,382-7,394.
9. Wolcott J, Himel VT. Torsional properties of nickel-titanium versus stainless steel endodontic files. J Endod 1997;23(4):217-20.
10. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. J Endod 1997;2:77-85.