



Disponibile online all'indirizzo www.sciencedirect.com

SciVerse ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/gie



ARTICOLO ORIGINALE

Fatica ciclica di nuovi strumenti al nichel-titanio in canali artificiali a singola e doppia curvatura

Cyclic fatigue of new nickel-titanium instruments in artificial canals with single and double curvature

Cristiano Miglio, Nicola M. Grande, Gianluca Plotino*, Valerio Milana, Luca Testarelli, Gianluca Gambarini

Cattedra di Endodonzia I, Università "La Sapienza", Roma

Ricevuto il 18 ottobre 2011; accettato il 3 settembre 2012
Disponibile online il 2 ottobre 2012

PAROLE CHIAVE

Fatica ciclica;
Nichel-titanio;
Trattamenti termici;
Singola curvatura;
Doppia curvatura.

KEY WORDS

Cyclic fatigue;
Nickel-titanium;
Thermal treatments;
Single curvature;
Double curvature.

Riassunto

Obiettivi: Lo studio si pone lo scopo di valutare la resistenza a fatica ciclica di due tipologie di strumenti in nichel-titanio

Materiali e metodi: Ottanta canali a singola curvatura e a doppia curvatura sono stati strumenti suddivisi in 4 gruppi: GTX 30/.06, GTX 40/.04, Twisted Files 30/.06 e Twisted Files 40/.04. È stato calcolato il numero di cicli a frattura (NCF).

Risultati: Gli strumenti dei gruppi Twisted Files hanno resistito più a lungo in rotazione nei diversi canali artificiali ($p \leq 0,05$). Le dimensioni dello strumento non hanno avuto un'influenza statisticamente significativa.

Conclusioni: I risultati di questo studio indicano che la doppia curvatura canalare a "S" aumenta notevolmente il rischio di frattura e il gruppo Twisted Files è risultato più resistente rispetto al gruppo GTX.

© 2012 Società Italiana di Endodonzia. Pubblicato da Elsevier Srl. Tutti i diritti riservati.

Summary

Objectives: Aim of this study was to evaluate the cyclic fatigue resistance of two types of new nickel-titanium endodontic instruments

Materials and methods: 80 instruments divided into 4 groups (20 each group), GTX 30/.06, GTX 40/.04, Twisted Files 30/.06, Twisted Files 40/.04. All the instruments were tested in two different artificial canals, one with a single curvature and the other with a double curvature. All instruments were rotated until fracture and the number of cycles to fracture (NCF) was then calculated,

* Corrispondenza: Via Tommaso Salvini, 57 – 00197 Roma.
E-mail: endo@gianlucaplotino.com (G. Plotino).

Results: Twisted Files instruments resisted longer in rotation in the different canals. The size of the instrument (30.06, 40.04) did not have a statistically significant influence.

Conclusions: The instruments Twisted Files were more resistant to cyclic fatigue compared to the GTX.

© 2012 Società Italiana di Endodonzia. Published by Elsevier Srl. All rights reserved.

Introduzione

Negli ultimi anni il nichel-titanio si è affermato in endodonzia come la più grande innovazione nell'ambito della strumentazione del sistema dei canali radicolari. Il successo delle tecniche che utilizzano questa lega rispetto alle metodiche che prevedevano l'utilizzo di strumenti manuali tradizionali è dovuto principalmente alle caratteristiche meccaniche della lega, superiori a quelle offerte dall'acciaio, ma anche alle innovazioni apportate dai processi produttivi nell'ambito del disegno degli strumenti, in particolare per quel che concerne dimensioni e conicità [1-4].

Per realizzare tali strumenti è stato necessario all'inizio degli anni '90 ideare e costruire apposite apparecchiature computerizzate in grado di lavorare il filo in nichel-titanio in modo da conferirgli disegni sempre più complessi e performanti. Attraverso queste innovative apparecchiature è stato possibile realizzare sezioni e spire dalle morfologie complesse e parimenti introdurre il concetto di conicità aumentata. Il vantaggio di poter disporre di strumenti a conicità aumentata e della rotazione continua, che assicura un'efficacia di taglio superiore e un ottimale utilizzo della superelasticità della lega, consiste nel poter preparare il canale radicolare in tempi più brevi e attraverso procedure più semplici, con un minor numero di strumenti [5,6].

Soltanto sfruttando la superelasticità del nichel-titanio si sono potuti realizzare strumenti di dimensioni maggiori in grado di mantenere caratteristiche di flessibilità e resistenza adatte alla strumentazione rotante di canali curvi [4,7-10].

La resistenza agli stress di flessione e torsione, legati alla rotazione continua, rimane il limite maggiore del loro utilizzo. Il movimento di rotazione, all'interno di curvature accentuate, comporta sollecitazioni notevolmente superiori a quelle derivanti dall'utilizzo manuale. Ciò determina che, nonostante le favorevoli proprietà della lega nichel-titanio, la frattura intraoperatoria di questi strumenti avvenga con una frequenza superiore rispetto a quanto avveniva in passato con l'uso manuale delle lime in acciaio [11,12].

Negli ultimi anni, quindi, tutte le evoluzioni relative al disegno degli strumenti e delle loro tecniche di impiego sono state motivate proprio dal tentativo di migliorarne le caratteristiche meccaniche e renderli ancora più affidabili e sicuri, in particolare nelle anatomie più complesse, ove maggiori sono le sollecitazioni meccaniche che subiscono.

Nel corso degli anni sono state pertanto proposte diverse modifiche, in termini sia di disegno (orientamento e andamento delle spire, diminuzione dei punti di contatto spire-pareti canalari) sia di dimensioni degli strumenti (introducendo ad esempio le conicità variabili o riducendo le dimensioni della parte lavorante) per cercare di aumentare la flessibilità e la resistenza a fatica per semplificare la strumentazione.

Va rilevato che le proprietà del nichel-titanio, ad oggi, non consentono di mantenere nelle conicità e nelle taglie maggiori una flessibilità ideale, soprattutto a livello di curvature particolarmente complesse [13].

Infatti, al fine di ottenere maggior flessibilità e resistenza alla fatica degli strumenti di taglia più grande, il trend attuale è quello di migliorare le caratteristiche della lega incrementandone le qualità meccaniche. Recentemente sono stati introdotti sul mercato strumenti in cui il processo di produzione è stato migliorato aggiungendo dei trattamenti termici specifici ai normali processi di microtornitura computerizzata.

Questi trattamenti prevedono che la lega venga sottoposta a cicli di riscaldamento e raffreddamento controllati che possono avvenire prima (Vortex, M-Wire, Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA) o durante (Twisted Files, SybronEndo, Orange, CA, USA) la produzione dello strumento.

Il presente studio si pone lo scopo di valutare la resistenza a fatica ciclica di due nuove tipologie di strumenti canalari in nichel-titanio di nuova generazione fabbricati mediante innovativi trattamenti termici in canali artificiali con due tipi di configurazioni: uno con curvatura singola e uno con doppia curvatura, definita ad "S".

Materiali e metodi

Nella presente sperimentazione sono stati testati 20 campioni per ogni gruppo dei seguenti strumenti, per un totale di 80 campioni:

- Gruppo 1: Twisted Files (SybronEndo) diametro 0,40 mm e conicità 0,04
- Gruppo 2: Twisted Files (SybronEndo) diametro 0,30 mm e conicità 0,06
- Gruppo 3: GTX (Tulsa Dental) diametro 0,40 e conicità 0,04
- Gruppo 4: GTX (Tulsa Dental) diametro 0,30 e conicità 0,06

Ogni gruppo di strumenti è stato testato in due canali artificiali dalla diversa tipologia:

- il canale A (*fig. 1, sinistra*) con curvatura singola di 60° e raggio di curvatura 5 mm, avente il centro della curvatura a 6 mm dalla punta dello strumento;
- il canale B (*fig. 1, destra*) avente una doppia curvatura, la prima di 60° con diametro di 5 mm, con centro posto a 8 mm dalla punta dello strumento e la seconda di 70° e raggio di curvatura di 2 mm con centro posto a 2 mm dalla punta.

I canali artificiali sono stati costruiti con conicità e diametro di punta corrispondenti alle due taglie degli strumenti testati, facendo in modo che la traiettoria del canale fosse rispettata in ogni parametro. I canali artificiali, al fine di ottimizzare l'accuratezza dimensionale, sono stati realizzati attraverso dei duplicati degli strumenti costruiti dal pieno in rame con un incremento della sezione di 0,1 mm usando un

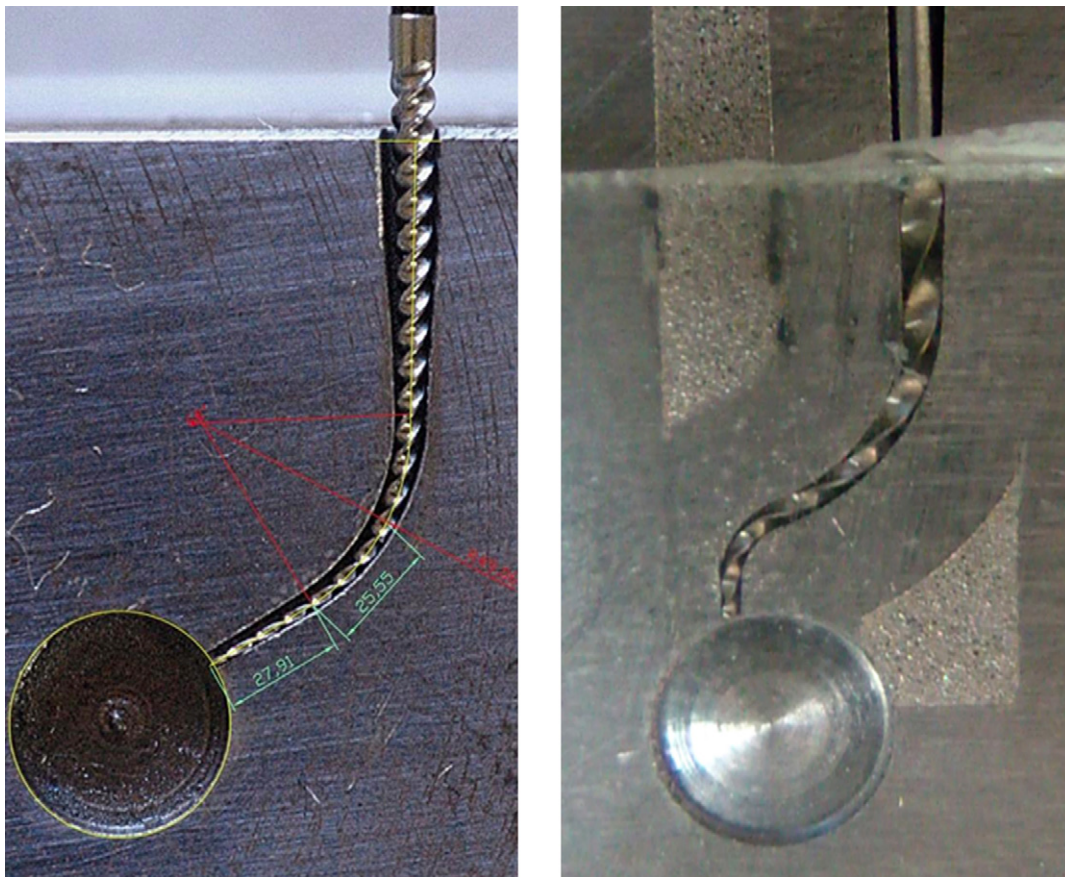


Figura 1 I due canali artificiali in cui sono stati testati gli strumenti: a sinistra il canale con curvatura singola, a destra il canale con doppia curvatura.

computer con controllo numerico (Bridge-port VMC 760XP3; Hardinge Machine Tools Ltd, Leicester, UK). Il duplicato in rame è stato costruito rispettando le dimensioni e i parametri geometrici dei canali artificiali presi in considerazione dallo studio. Dai modelli negativi in rame dei canali artificiali sono stati realizzati per elettroerosione i canali artificiali in acciaio temprato utilizzando una macchina Agietron Hyper-spark 3 (AGIE Sa, Losone, Svizzera). La profondità di ciascun canale è stata realizzata pari al diametro massimo dello strumento + 0,2 mm, permettendo così allo strumento di ruotare liberamente nel canale artificiale.

I canali artificiali sono stati montati su una base di acciaio connessa a un supporto mobile in Teflon su cui è possibile fissare saldamente il motore. Il supporto mobile permetteva un semplice e preciso posizionamento dello strumento all'interno del canale artificiale assicurando altresì un perfetto allineamento nelle tre dimensioni e un corretto posizionamento degli strumenti tutti alla stessa profondità. Durante il test il canale artificiale è stato coperto da un vetro temprato allo scopo di impedire la fuoriuscita dello strumento dalla sede e permettere al contempo l'osservazione e la registrazione dei tempi a cui avveniva la frattura.

Gli strumenti sono stati messi in rotazione all'interno dei canali alla velocità costante di 300 rpm utilizzando un manipolo con riduzione 6:1 (Sirona Dental System GmbH, Bensheim Germania) azionato da un motore dotato di controllo di

torque (Silver, VDW GmbH, Monaco, Germania). Il torque era stato regolato a un valore 0,5 N/g (il valore minimo consentito dal motore) e per ridurre l'attrito tra lo strumento e le pareti dei canali artificiali è stato utilizzato un olio sintetico specifico per la lubrificazione di parti meccaniche (Super Oil, Singer, Elizabethport, NJ, USA). Tutti gli strumenti sono stati fatti ruotare fino alla frattura e ne è stata cronometrata la durata con una misurazione cronometrica al secondo. Nella tipologia di canale B con doppia curvatura, quando lo strumento si è fratturato prima nella curvatura apicale, sono stati registrati due tempi, uno relativo alla frattura nella curvatura apicale e il secondo relativo alla frattura nella curvatura più coronale. Il numero di cicli a frattura (NCF) è stato quindi calcolato moltiplicando il tempo espresso in secondi per il numero di rotazioni al secondo e il numero delle rotazioni è stato approssimato al numero intero più vicino. Sono stati calcolati i valori medi e le deviazioni standard (SD) per i diversi gruppi. Un modello di regressione lineare multivariata è stato realizzato per studiare gli effetti che le variabili indipendenti prese in considerazione nel modello (dimensione dello strumento, tipo di strumento, tipo del canale artificiale) hanno avuto sulla variabile dipendente analizzata (NCF). La significatività è stata determinata con un livello di affidabilità del 95%. I dati sono stati elaborati tramite software SPSS (SPSS, Oakbrook, IL, USA) [14].

Tabella 1 Media del numero di cicli a frattura (NCF) e deviazione standard (DS) dei diversi strumenti nelle diverse curvature.

	Curva singola	Doppia curva apicale	Doppia curva coronale
<i>Strumenti</i>	<i>NCF (DS)</i>	<i>NCF (DS)</i>	<i>NCF (DS)</i>
GTX 30.06	198 (84)	11,6 (1,3)	15,8 (12,3)
Twisted Files 30.06	389 (184)	52,6 (15,1)	64,4 (14,7)
GTX 40.04	444,6 (123)	10,1 (3)	14,8 (2)
Twisted Files 40.04	437 (121)	22,7 (3,6)	25,3 (4,9)

Risultati

I valori medi e le deviazioni standard ($\pm DS$) per i risultati di resistenza a fatica, espressi in NCF, sono riportati in *tabella 1*.

Nel modello di regressione lineare è stato considerato il valore di NCF come variabile dipendente. Il modello generale di regressione è risultato statisticamente significativo ($F = 24,4$; $p = 0,000$; $R = 0,786$). Tra le variabili indipendenti, il tipo di canale (A, B) e il tipo di strumento (GTX, Twisted Files) sono risultati essere statisticamente significativi ($p \leq 0,05$), mentre le dimensioni dello strumento (30.06, 40.04) non sono hanno avuto significatività statistica ($p > 0,05$).

La regressione lineare multivariata ha mostrato che il tipo di canale è stato la variabile indipendente di maggior impatto nel modello; il canale A ha positivamente influenzato il valore NCF ($St \beta = 56,78$, $p \leq 0,000$) rispetto al canale B, mentre il tipo di strumento ha avuto un impatto positivo, prendendo in considerazione il Twisted Files rispetto al GTX ($St \beta = -0,20$, $p \leq 0,000$).

Discussione

Gli studi fino a ora condotti sulla fatica ciclica degli strumenti in nichel-titanio eseguiti su canali artificiali si sono limitati a prendere in considerazione unicamente tipologie di canali con unica curvatura [13].

Questo lavoro ha valutato la fatica ciclica degli strumenti rotanti in nichel-titanio in una nuova tipologia di canale a doppia curvatura detto ad "S", che fin ora non è stato ancora valutato da alcuno studio in letteratura. Più precisamente sono stati testati strumenti in nichel-titanio sia in canali a curvatura singola sia in canali a doppia curvatura "S", che nella pratica clinica tendono a causare maggior accumulo di fatica sugli strumenti e, di conseguenza, maggior rischio di frattura intraoperatoria, mettendo a confronto il comportamento degli strumenti nelle due differenti tipologie dei canali.

Nel canale a doppia curvatura, è inoltre stato valutato se la rottura per fatica ciclica avveniva prima nella porzione apicale o coronale dello strumento e il tempo di latenza tra le due separazioni.

Come riportato in un'ampia letteratura [15–19], la resistenza alla fatica ciclica degli strumenti rotanti in genere diminuisce con l'aumentare del diametro ed è specificatamente proporzionale alla massa metallica dello strumento nel punto di massimo stress [20], anche se altri fattori possono intervenire nel determinare un maggiore o minore accumulo di fatica, quali disegno, leghe, metodologia di fabbricazione.

La resistenza a fatica nei canali a doppia curvatura è significativamente inferiore rispetto alla curva singola, indipendentemente dal tipo di strumento utilizzato. Nelle tipologie di curve analizzate tali differenze sono rilevanti, in molti casi con variazioni pari a 10-20 volte, evidenziando come l'aumento di rischio di frattura sia un pericolo costante nella strumentazione rotante di doppie curvature.

Gli strumenti Twisted Files si sono dimostrati più resistenti alla fatica ciclica rispetto ai GTX, probabilmente grazie a un differente disegno o alle caratteristiche della lega, con differenze significative in tutte le tipologie di canale e di taglia, tranne per il gruppo di taglia 40/.04 nella curvatura singola. Questo riscontro è particolarmente interessante e mostra come differenze nella performance clinica degli strumenti si evidenzino meglio laddove le sollecitazioni sono più elevate e il rischio di frattura aumenta. Infatti, nei dati relativi agli strumenti di taglia 30/.06 il gap fra Twisted Files e GTX è assai maggiore nei canali più difficili, cioè quelli a doppia curvatura.

Non vi è un accordo in letteratura su quanto incida il differente disegno delle lime sulla resistenza a fatica, ma in ogni caso la tendenza è quella di considerare che altri fattori sono più rilevanti. Nei test che sono stati realizzati con i canali a doppia curvatura detti ad "S", tutti i campioni testati si sono separati prima nella porzione apicale in corrispondenza della quale si ritrovava una minore massa ma un maggiore angolo di curvatura. Questo studio sembra indicare che l'angolo di curvatura abbia un'importanza prevalente in questa tipologia canalare nel provocare rotture da fatica ciclica rispetto al fattore dimensionale, essendo questa la variabile di maggiore impatto. Per quanto concerne la frattura degli strumenti nelle doppie curvature, dai dati si evince che lo strumento si rompe sempre nella porzione più apicale, indipendentemente dalla taglia o dal disegno. Questo dato è sicuramente interessante perché per la prima volta viene dimostrato scientificamente un comportamento già riscontrato nella pratica clinica. Le specifiche più peculiari relative a questa evidenza saranno oggetto di studi futuri, in cui si varierà la morfologia dei canali con doppia curvatura.

Conclusioni

Gli strumenti endodontici in lega nichel-titanio, lavorando in canali con doppia curvatura, accumulano fatica nella porzione più apicale e la sede di frattura è sempre molto esigua in quella porzione. Il tipo di manifattura degli strumenti e la loro morfologia sembrano essere rilevanti nel consentire una maggiore resistenza a fatica ciclica.

Rilevanza clinica: La terapia di radici con doppia curvatura ha sempre rappresentato una sfida per gli endodontisti.

L'utilizzo di strumenti dotati di una maggiore flessibilità e più resistenti alla frattura in questo tipo di anatomie può agevolare il clinico nel risolvere brillantemente questi casi complessi.

Conflitto di interesse

Gli autori dichiarano di non aver nessun conflitto di interessi.

Finanziamenti allo studio

Gli autori dichiarano di non aver ricevuto finanziamenti istituzionali per il presente studio.

Bibliografia

- Musikant BL, Deutsch AS. Endodontic techniques defined by principles. *N Y State Dent J* 2004;70:18–21.
- Baumann MA. Nickel-titanium: options and challenges. *Dent Clin North Am* 2004;48:55–67.
- Ruddle CJ. Nickel-titanium rotary instruments: current concepts for preparing the root canal system. *Aust Endod J* 2003;29:87–98.
- Kuhn G, Jordan L. Fatigue and mechanical properties of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod* 2002;28:716–20.
- Rowan MB, Nicholls JI, Steiner J. Torsional properties of stainless steel and nickel-titanium endodontic files. *J Endod* 1996;22:341–5.
- Bahia MG, Melo MC, Buono VT. Influence of simulated clinical use on the torsional behavior of nickel-titanium rotary endodontic instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;101:675–80.
- Torrizi L. The NiTi superelastic alloy application to the dentistry field. *Biomed Mater Eng* 1999;9:39–47.
- Bartzela TN, Senn C, Wichelhaus A. Load-deflection characteristics of superelastic nickel-titanium wires. *Angle Orthod* 2007;77:991–8.
- Bourauel C, Drescher D, Ebling J, Broome D, Kanarachos A. Superelastic nickel titanium alloy retraction springs—an experimental investigation of force systems. *Eur J Orthod* 1997;19:491–500.
- 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 American Journal of Dentistry. *Am J Dent* 2001;14:324–33.
- Tripi TR, Bonaccorso A, Condorelli GG. Cyclic fatigue of different nickel-titanium endodontic rotary instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;102:e106–14.
- Bahia MG, Martins RC, Gonzalez BM, Buono VT. Physical and mechanical characterization and the influence of cyclic loading on the behaviour of nickel-titanium wires employed in the manufacture of rotary endodontic instruments. *Int Endod J* 2005;38:795–801.
- Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2009;35:1469–76.
- Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. Influence of the shape of artificial canals on the fatigue resistance of NiTi rotary instruments. *Int Endod J* 2010;43:69–75.
- Plotino G, Grande NM, Melo MC, Bahia MG, Testarelli L, Gambarini G. Cyclic fatigue of NiTi rotary instruments in a simulated apical abrupt curvature. *Int Endod J* 2010;43:226–30.
- Plotino G, Grande NM, Mazza C, Petrovic R, Testarelli L, Gambarini G. Influence of size and taper of artificial canals on the trajectory of NiTi rotary instruments in cyclic fatigue studies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;109:e60–6.
- Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. Influence of the shape of artificial canals on the fatigue resistance of NiTi rotary instruments. *Int Endod J* 2010;43:69–75.
- Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. Measurement of the trajectory of different NiTi rotary instruments in a artificial canal specifically designed for cyclic fatigue tests. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:e152–6.
- Gambarini G, Grande NM, Plotino G, Somma F, Garala M, De Luca M, et al. Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel – titanium instruments produced by new manufacturing methods. *J Endod* 2008;34:1003–5.
- Grande NM, Plotino G, Pecci R, Bedini R, Malagnino VA, Somma F. Cyclic fatigue resistance and three-dimensional analysis of instruments from two nickel-titanium rotary systems. *Int Endod J* 2006;39:755–63.