



Disponibile online all'indirizzo www.sciencedirect.com

SciVerse ScienceDirect

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



ARTICOLO ORIGINALE

Valutazione in vitro dell'affaticamento di strumenti rotanti in nichel-titanio

In vitro cyclic fatigue analysis of different endodontic Nickel-Titanium rotary instruments

Giuseppe Cutrò^{a,*}, Valentina Amateis^a, Salvatore C. Provenzano^b,
Paolo Cusimano^b, Enzo M. Cumbo^b, Giuseppe Gallina^b

^aProgramma di Formazione post-universitaria, Istituto Stomatologico Italiano, Milano (Direttore: Dott. S. Siervo)

^bUniversità degli Studi di Palermo

Ricevuto il 16 luglio 2012; accettato il 3 settembre 2012

Disponibile online il 9 ottobre 2012

PAROLE CHIAVE

Fatica ciclica;
Strumenti rotanti in
Ni-Ti;
Profile;
K3 File;
Twisted File.

KEYWORDS

Cyclic fatigue;
Nickel-titanium files;
ProFile;
K3 File;
Twisted File.

Riassunto

Obiettivo: L'obiettivo di questo lavoro è quello di valutare, in vitro, la fatica ciclica di ProFile, K3 e Twisted File, strumenti rotanti in nichel-titanio, in canali radicolari simulati aventi angoli di curvatura di 45°, 60° e 90°.

Materiali e metodi: Per effettuare questo studio sono stati utilizzati: 18 file 25/.06 ProFile; 18 file 25/.06 K3; 18 file 25/.06 Twisted File. La resistenza a fatica ciclica degli strumenti rotanti Ni-Ti è stata testata ad angolazioni di 45°, 60° e 90° mediante un modello sperimentale creato specificatamente.

Risultati e conclusioni: Dall'analisi dei dati è emersa una buona resistenza alla fatica ciclica per quanto concerne le sistematiche ProFile e Twisted File, di contro, la sistematica K3 è risultata essere inferiore alle altre per tutte le curvature prese in esame. I Twisted File all'angolazione di 90° hanno mostrato una resistenza a fatica ciclica nettamente superiore rispetto ai ProFile e ai K3.

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

Summary

Objective: The objective of this work is the evaluation "in vitro" of the cyclic fatigue of ProFile, K3 and Twisted File – Ni-Ti revolving instruments – in simulated root canals with a degree of curve of 45°, 60° and 90°.

Materials and methods: For the realisation of this work the following files have been used: 8 files 25/.06 ProFile; 18 files 25/.06 K3; 18 files 25/.06 Twisted File. The resistance to cyclic fatigue of Ni-Ti revolving instruments has been tested at different angles (45°, 60° and 90°) by means of an experimental model, specifically created for these purposes.

* Corrispondenza: Istituto Stomatologico Italiano, via Pace, 21 – 20122 Milano.

E-mail: giusepegavinocutro@gmail.com (G. Cutrò).

Results and discussion: Data analysis brings out that Profile and Twisted File systems have a good resistance to cyclic fatigue. On the other hand, K3 instruments turned out to be inferior than others in all the different angles taken into account. Twisted Files show a bigger resistance to fatigue than Profiles and K3 at an angle of 90°.

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

Introduzione

Negli ultimi anni il nichel-titanio (Ni-Ti) si è affermato in endodonzia come una grande innovazione nell'ambito della strumentazione del sistema dei canali radicolari, in particolare attraverso l'impiego di lime rotanti [1,2]. Il successo di tale tecnica è dovuto principalmente a due caratteristiche, una meccanica e una riferibile al disegno tridimensionale dello strumento. Le caratteristiche meccaniche della lega, sono superiori a quelle offerte dall'acciaio [3] e le innovazioni per quel che concerne dimensioni e conicità migliorano la qualità dello strumento [4]. I vantaggi sono molteplici: il poter disporre di strumenti a conicità aumentata, che possono conferire una tronco conicità continua e calibrata al canale radicolare [5], la rotazione continua, che assicura un'efficacia di taglio [6], la cosiddetta "superelasticità" della lega Ni-Ti, che permette di affrontare curvature canalari consistenti senza che il canale stesso possa subire deformazioni significative [6,7]. L'insieme di questi fattori permette di preparare il canale radicolare in tempi più brevi e con un minor numero di strumenti [8]. Molti degli strumenti in lega Ni-Ti sono prodotti per tornitura (o intaglio) con scelte morfologiche che riguardano sia la sezione trasversa sia l'andamento e l'orientamento delle spire [9]. Questa innovazione ha contribuito all'introduzione di strumenti tecnologicamente più evoluti, notevolmente performanti in termini di capacità di taglio [10] e in grado di resistere a sollecitazioni fisiche più elevate [11], così da ridurre il rischio di frattura durante la rotazione continua all'interno delle curvature del canale radicolare. Tale problematica, cioè la resistenza agli stress flessurali e torsionali, rimane, in realtà, il limite maggiore del loro utilizzo [12]. La rotazione continua all'interno di curve accentuate comporta sollecitazioni di gran lunga superiori a quelle derivanti dall'utilizzo manuale, che, nonostante le favorevoli proprietà della lega nichel-titanio, possono esitare in una frattura intraoperatoria con una frequenza superiore rispetto a quanto avveniva in passato con l'uso manuale delle lime in acciaio [12,13]. Negli ultimi anni, quindi, tutte le evoluzioni relative al disegno degli strumenti e alle 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 [14].

L'obiettivo di questo lavoro è quello di valutare, in vitro, la fatica ciclica di ProFile, K3 e Twisted File, strumenti rotanti Ni-Ti, in canali radicolari simulati aventi angoli di curvatura di 45°, 60° e 90°.

Materiali e metodi

Campione sperimentale

Per effettuare questo studio sono stati utilizzati: 18 file 25/.06 ProFile (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Svizzera;

Dentsply/Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA); 18 file 25/.06 K3 (Sybron Endo, Glendora, CA, USA); 18 file 25/.06 Twisted File (Sybron Endo, Glendora, CA, USA). La resistenza a fatica ciclica degli strumenti rotanti Ni-Ti è stata testata ad angolazioni di 45°, 60° e 90° mediante un modello sperimentale creato specificatamente (fig. 1).

Sistema di rilevazione

Il modello sperimentale, da noi ideato, è costituito da un cilindro cavo in acciaio inox avente diametro di 1,5 mm, altezza pari a 4,5 cm, fissato perpendicolarmente, mediante saldatura, a una piastra metallica in acciaio inox di larghezza e altezza 7 cm e di spessore pari a 0,6 cm. Un parallelepipedo in legno, due prismi triangolari retti, anch'essi in legno, aventi angoli alla base rispettivamente di 30° e 45°. Una morsa da banco girevole in ghisa, una squadra graduata verticale, un piano di legno, di larghezza 57 cm, di altezza 30 cm e di spessore 1,7 cm. Un micromotore endodontico VDW serie Gold (DENTSPLY, Roma, Italia) con contrangolo Sirona VDW 6:1 (Sirona Dental Systems LLC, Charlotte, NC, USA). Una videocamera Sony Full HD (1080) 10,2 Megapixel (Sony Corporation, Giappone). Si è provveduto a fissare la morsa, i prismi triangolari retti e il parallelepipedo, a mezzo di viti autofilettanti, al piano di legno. Il cilindro cavo in acciaio, mediante la piastra metallica, è stato fissato in posizioni differenti rispettivamente sui prismi triangolari retti e sul parallelepipedo. Per ricreare un angolo noto fra lo strumento rotante Ni-Ti, in esame, e il cilindro cavo è stato utilizzato il teorema del parallelismo (figg. 2 e 3).

Il parallelismo fra lo strumento rotante Ni-Ti e il piano in legno, per ogni singolo campione in esame, è stato valutato a mezzo della squadra graduata verticale. Per creare un angolo di 45° tra lo strumento rotante Ni-Ti e il cilindro cavo, la piastra metallica è stata fissata sul prisma triangolare retto con angolo alla base di 45° (fig. 4). Per creare un angolo di 60°

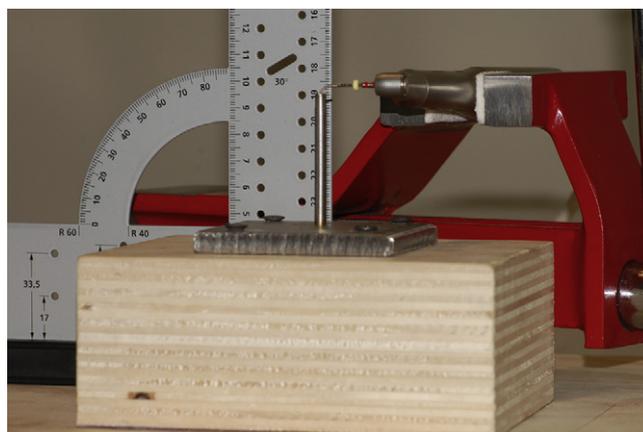


Figura 1 Sistema di rilevazione della fatica.

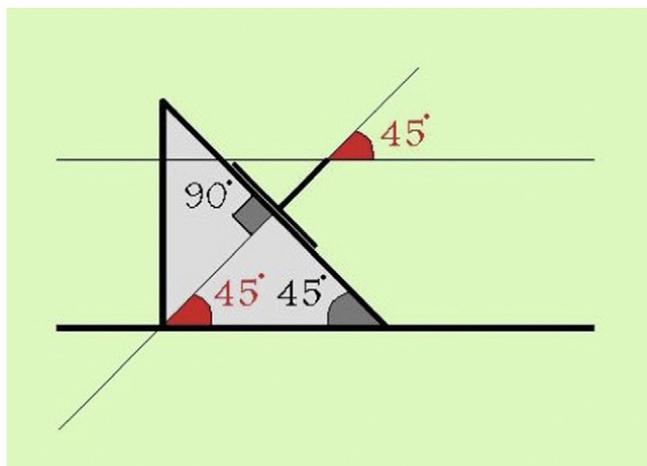


Figura 2 Angoli corrispondenti 45°.

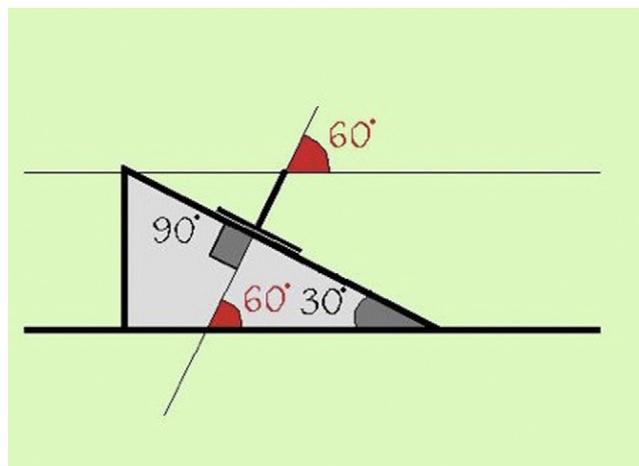


Figura 3 Angoli corrispondenti 60°.



Figura 4 Angolo di 45°.



Figura 5 Angolo di 60°.

tra lo strumento rotante Ni-Ti e il cilindro cavo, la piastra metallica è stata fissata sul prisma triangolare retto con angolo alla base di 30° (fig. 5).

Per ottenere un angolo di 90° tra lo strumento rotante Ni-Ti e il cilindro cavo, la piastra metallica è stata fissata sul parallelepipedo (fig. 1). Infine il manipolo contrangolo del micromotore endodontico è stato fissato alla morsa. Tutti gli strumenti hanno subito lo stesso trattamento e sono stati sollecitati attraverso l'uso di un motore endodontico. La velocità è stata fissata al valore standard di 300 rpm ed è stato impostato un valore di torque di 2,3 N/cm (230 g/cm). La parte lavorante dello strumento, pari a 16 mm, è stata inserita all'interno del cilindro cavo per una lunghezza di 9 mm, misurata mediante un calibro. Lo strumento veniva azionato fino al manifestarsi della sua frattura. La rotazione di ogni singolo strumento Ni-Ti, all'interno del cilindro cavo, dal suo inizio alla frattura, è stata filmata utilizzando la videocamera al fine di poter calcolare con esattezza il tempo che lo strumento impiegava a fratturarsi. Tutti i video eseguiti sono stati valutati al computer mediante il software Adobe Premiere CS3 (Adobe Systems Incorporated, San Jose, CA, USA). Il tempo di frattura degli strumenti, con sensibilità al centesimo di secondo, è stato cronometrato tramite l'analisi dei fotogrammi utilizzando il software Avid Liquid

7.2 (Avid Technology Inc, Tewksbury, MA, USA). Il numero di giri effettuato da ogni strumento fino alla frattura da fatica ciclica viene determinato mediante calcolo matematico, conoscendo il tempo intercorso e il numero di rpm.

Analisi statistica

Lo studio statistico è stato condotto utilizzando il test ANOVA, ovvero l'analisi della varianza a tre vie. Inoltre, dove ritenuto opportuno, si è applicato il test statistico *t*-student per analizzare due gruppi di strumenti alla stessa angolazione. L'analisi è stata condotta per il numero di giri degli strumenti Ni-Ti sia a 45°, sia a 60°, sia a 90°. Le ipotesi sono state date da:

- H_0 o ipotesi nulla: i tre diversi tipi di strumenti Ni-Ti presentano la medesima resistenza a fatica ciclica;
- H_a : almeno uno dei tre strumenti presenta una resistenza a fatica ciclica superiore a quella degli altri.

La significatività di entrambi i test è stata posta al 5% ($p \leq 0,05$). Per mezzo del test ANOVA, si è voluto determinare se fosse accettabile o meno assumere che le colonne dei numeri di giri degli strumenti rotanti Ni-Ti fossero estratti dalla stessa popolazione. La statistica ANOVA, chiamata *F*, è stata

condotta utilizzando il software MINITAB (Minitab Inc, State College, PA, USA).

Risultati

Dall'analisi dei dati è emersa una buona resistenza alla fatica ciclica per quanto concerne le sistematiche ProFile e Twisted File, di contro, la sistemica K3 è risultata essere inferiore alle altre per tutte le curvature prese in esame. ProFile e Twisted File all'angolazione di 45° hanno mostrato una resistenza a fatica ciclica migliore rispetto alla sistemica K3, e tale differenza è risultata altamente significativa ($p < 0,0001$). Sempre per quanto riguarda l'angolazione di 45°, dai dati statistici non si è palesata alcuna differenza statisticamente significativa ($p > 0,05$) tra le sistematiche ProFile e Twisted File (tabella 1). Anche all'angolazione di 60° non si è rilevata alcuna differenza statisticamente significativa tra ProFile e Twisted File ($p > 0,05$); diversamente si è ottenuta una differenza statisticamente significativa tra la sistemica K3 e le altre due sistematiche ($p < 0,0001$) (tabella 2). All'angolazione di 90° tra ProFile e K3 non emerge alcuna differenza statisticamente significativa ($p > 0,05$), ma la sistemica Twisted File è risultata superiore rispetto alle altre due ($p < 0,0001$) (tabella 3).

Discussione

Lo scopo del presente lavoro è stato quello valutare, in vitro, la fatica ciclica di tre diverse sistematiche di strumenti rotanti Ni-Ti: ProFile, K3 e Twisted File. Mediante la creazione di un modello sperimentale si sono garantite le stesse

Tabella 1 Dati relativi alle fratture degli strumenti Ni-Ti testati a 45°.

Strumenti Ni-Ti	Tempo di frattura medio	Numero di giri medio
ProFile	540.74 s [*]	2704 [*]
K3	65.38 s	327
Twisted File	584.59 s [*]	2923 [*]

^{*} ProFile e Twisted File presentano valori di resistenza alla fatica ciclica superiori rispetto la metodica K3 ($n = 6$) ($F = 90,71$; $p < 0,0001$) e ($t = 0,6986$; $p = 0,5007$; $p > 0,05$). Deviazione standard: 1080,74.

Tabella 2 Dati relativi alle fratture degli strumenti Ni-Ti testati a 60°.

Strumenti Ni-Ti	Tempo di frattura medio	Numero di giri medio
ProFile	51.83 s [*]	259 [*]
K3	19.67 s	98
Twisted File	61.48 s [*]	313 [*]

^{*} ProFile e Twisted File presentano valori di resistenza alla fatica ciclica superiori rispetto la metodica K3 ($n = 6$) ($F = 26,40$; $p < 0,0001$) e ($t = 1,7238$; $p = 0,1155$; $p > 0,05$). Deviazione standard: 91,32.

Tabella 3 Dati relativi alle fratture degli strumenti Ni-Ti testati a 90°.

Strumenti Ni-Ti	Tempo di frattura medio	Numero di giri medio
ProFile	5.63 s [#]	28 [#]
K3	5.20 s [#]	26 [#]
Twisted File	15.08 s [*]	75 [*]

^{*} Twisted File presentano valori di resistenza alla fatica ciclica superiori rispetto alle metodiche K3 e ProFile ($n = 6$) ($F = 34,05$; $p < 0,0001$) e ($t = 5,8956$; $p = 0,0002$; $p < 0,05$).

[#] K3 e Profile non presentano differenti valori di resistenza alla fatica ciclica ($n = 6$) ($t = 0,7493$; $p = 0,4709$; $p > 0,05$). Deviazione standard: 22,64.

condizioni per tutti gli strumenti esaminati. La resistenza a fatica ciclica dei K3 è risultata essere inferiore per tutte le angolazioni prese in esame, 45°, 60°, 90°, rispetto ai Twisted File, inoltre la resistenza a fatica ciclica è risultata inferiore anche rispetto ai ProFile, ma solamente per curvature di 45° e 60°. I K3 a 90° hanno evidenziato una resistenza a fatica ciclica assimilabile a quella dei ProFile. I K3, presentando un angolo di taglio, acuto e positivo, due lame con scarico periferico e una sezione radiale stabilizzatrice, necessitano di una minore massa dello strumento (*bulk*), pertanto queste caratteristiche potrebbero spiegare la loro minore resistenza a frattura da fatica ciclica dovuta a stress flessorio. I ProFile, tranne all'angolazione di 90° dove si comportano similmente ai K3, hanno mostrato a 45° e 60° una resistenza a fatica ciclica del tutto assimilabile a quella mostrata dai Twisted File, ma superiore rispetto alla sistemica K3. I risultati ottenuti dalla sistemica ProFile possono essere spiegati considerando che essi presentano una bassa propensione all'avvitamento all'interno dei canali poiché i radial land agiscono come una pialla su una superficie di legno: non tagliano la dentina ma la raschiano. Questa caratteristica favorisce la flessibilità e la "sicurezza" degli strumenti pur a discapito della loro capacità di taglio. I Twisted File ad angolazioni di 45° e 60° hanno dimostrato una resistenza a fatica ciclica pari a quella dei ProFile. Alla angolazione di 90° hanno mostrato una resistenza a fatica ciclica nettamente superiore rispetto ai ProFile e ai K3. Questa particolare resistenza allo stress flessorio, manifestatasi soprattutto per la curvatura di 90°, è presumibilmente riconducibile agli innovativi processi produttivi che avvalendosi di particolari trattamenti termici sulla lega Ni-Ti conservano e incrementano le proprietà meccaniche degli strumenti [15,16]. Più precisamente, il filo austenitico viene sottoposto a un ciclo termico brevettato di riscaldamento e raffreddamento con temperature e tempi idonei a modificare la fase cristallina (*R-phase*) così da renderlo non-superelastico. In tal modo, dal filo, per torsione, si possono produrre strumenti canalari senza utilizzare processi di tornitura o intaglio (*grinding*) [16,17]. Dopo aver dato la forma agli strumenti questi devono essere sottoposti a un nuovo ciclo termico per ritornare alla fase cristallina superelastica austenitica, le cui caratteristiche sono necessarie per l'uso endodontico [18]. Infine lo strumento viene sottoposto a una rifinitura finale (*deoxidation*), poco aggressiva, che mantiene durezza e integrità dei cristalli senza perdere il taglio delle lame [18,19].

Conclusioni

I risultati ottenuti nel presente studio avvalorano le qualità di resistenza a fatica ciclica evidenziate dalla sistematica Twisted File, soprattutto per curvature elevate come 90°. Ulteriori studi saranno necessari per valutare il comportamento degli strumenti rotanti Ni-Ti allo stress da fatica ciclica, al fine di confermare i risultati di questo lavoro.

Rilevanza clinica: I Twisted File ad angolazioni di 45° e 60° hanno dimostrato una resistenza a fatica ciclica pari a quella dei ProFile.

Alla angolazione di 90° hanno mostrato una resistenza a fatica ciclica nettamente superiore rispetto ai ProFile e ai K3. Questa particolare resistenza allo stress flessorio, manifestatasi soprattutto per la curvatura di 90°, è presumibilmente riconducibile agli innovativi processi produttivi che avvalendosi di particolari trattamenti termici sulla lega Ni-Ti conservano e incrementano le proprietà meccaniche degli strumenti. Altri studi saranno necessari per confermare o smentire i risultati ottenuti.

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

- Shen Y, Haapasalo M. Three-dimensional analysis of cutting behavior of nickel-titanium rotary instruments by microcomputed. *J Endod* 2008;34(5):606–10.
- Gambarini G, Pongione G, Milana V, Testarelli L. Vantaggi e limiti del nichel-titanio in endodonzia. *Il dentista moderno* 2009;2:28–43.
- Yang GB, Zhou XD, Zheng YL, Zhang H, Shu Y, Wu HK. Shaping ability of progressive versus constant taper instruments in curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J* 2007;40:707–14.
- Versiani MA, Pascon EA, De Sousa CJ, Borges MA, Sousa-Neto MD. Influence of shaft design on the shaping ability of 3 nickel-titanium rotary system by means of spiral computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;105:807–13.
- Matwychuk MJ, Bowles WR, McClanahan SB, Hodges JS, Pesun IJ. Shaping abilities of two different engine-driven rotary nickel-titanium systems or stainless steel balance-force technique in mandibular molars. *J Endod* 2007;33:868–71.
- Schäfer E, Erler M, Dammaschke T. Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instrument. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J* 2006;39:196–202.
- Rodig T, Hulsman M, Kahlmeier C. Comparison of root canal preparation with two rotary Ni-Ti instruments: ProFile; 04 and GT Rotary. *Int Endod J* 2007;40:553–62.
- 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.
- Grande NM, Plotino G, Butti A, Messina F, Pameijer CH, Somma F. Cross-sectional analysis of root canals prepared with Ni-Ti rotary instruments and stainless steel reciprocating files. *Oral Surg Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:120–6.
- Kim HC, Cheung GS, Lee CJ, Kim BM, Park JK, Kang SI. Comparison of forces generated during root canal shaping and residual stresses of three nickel-titanium rotary files by using a three-dimensional finite-element analysis. *J Endod* 2008;34(6):743–7.
- Shen Y, Haapasalo M, Cheung GS, Peng B. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 1: Relationship between observed imperfections and factors leading to such defects in a cohort study. *J Endod* 2009;35(1):129–32.
- Larsen CM, Watanabe I, Glickman GN, He J. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotary instruments. *J Endod* 2009;35(3):401–3.
- Bahia MG, Martins RC, Gonzalez BM, Buono VT. Physical and mechanical characterization and the influence of cyclic loading on the behavior of nickel-titanium wires employed in the manufacture of rotary endodontic instruments. *Int Endod J* 2005;38:795–801.
- Plotino G, Grande NM, Sorci E, Malagnino VA, Somma F. Influence of brushing working motion on the fatigue life of Ni-Ti rotary instruments. *Int Endod J* 2007;40:45–51.
- Gergi R, Rjeily JA, Sader J, Naaman A. Comparison of canal transportation and centering ability of twisted files, Pathfile-ProTaper system, and stainless steel hand K-files by using computed tomography. *J Endod* 2010;36(5):904–7.
- Bouska J, Justman B, Williamson A, DeLong C, Qian F. Resistance to cyclic fatigue failure of a new endodontic rotary file. *J Endod* 2012;38:667–9.
- Bhagabati N, Yadav S, Talwar S. An in vitro cyclic fatigue analysis of different endodontic nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2012;38:515–8.
- Casper RB, Roberts HW, Roberts MD, Himel VT, Bergeron BE. Comparison of autoclaving effects on torsional deformation and fracture resistance of three innovative endodontic file systems. *J Endod* 2011;37:1572–5.
- Huang HM, Chang WJ, Teng NC, Lin HL, Hsieh SC. Structural analysis of cyclic-loaded nickel-titanium rotary instruments by using resonance frequency as a parameter. *J Endod* 2011;37:993–6.