

Maurizio Colombo<sup>1</sup>  
Claudia Dellavia<sup>2</sup>  
Fabiana Orlando<sup>2</sup>  
Alessandro Malinverni<sup>1</sup>  
Massimo Gagliani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Insegnamento di Riabilitazione Orale II  
DMCO Clinica Odontoiatrica  
Polo San Paolo  
Università degli Studi di Milano  
<sup>2</sup> Functional Anatomy Research Center  
Laboratorio di Anatomia Funzionale  
dell'Apparato Stomatognatico,  
Dipartimento di Morfologia Umana  
Facoltà di Medicina e Chirurgia  
Università degli Studi di Milano

*Corrispondenza:*  
Dr. Maurizio Colombo  
c/o Dental Building,  
Clinica Odontoiatrica Polo San Paolo  
Via Beldiletto, 1  
20142 Milano  
E-mail: maurizio.colombo@tiscali.it

Pervenuto in Redazione l'11 giugno 2007  
Accettato per la pubblicazione il 23 luglio 2007

# Sagomatura canale-specifica con strumenti in Nichel-Titanio: analisi *in vitro* con tecnica microtomografica

Canal shaping with Nichel-Titanium instrumentation: an *in vitro* microtomographic analysis

## RIASSUNTO

**Scopo:** proporre una nuova tecnica di utilizzo dei dati ottenuti con la  $\mu$ CT per ottenere in maniera semplificata dati quantitativi sulla morfologia canalare.

**Materiali e metodi:** sono stati selezionati 5 primi molari inferiori e sottoposti a scansione con microtomografia computerizzata ( $\mu$ CT). Nove canali radicolari sono stati sagomati con strumenti in Ni-Ti FKG RaCe<sup>®</sup>. Dopo la sagomatura è stata eseguita un'altra  $\mu$ CT. Le immagini ottenute dalla  $\mu$ CT pre- e post-sagomatura sono state sovrapposte ed è stata calcolata l'area del canale strumentato. Tutti i valori sono stati comparati con il valore dell'area ideale della sagomatura, ottenuta da un calcolo matematico effettuato sulla sequenza di strumenti utilizzati. È stata calcolata la troncoconicità finale della sagomatura e la circolarità del canale.

**Risultati:** la troncoconicità ottenuta dalla sagomatura è risultata maggiore di quella calcolata matematicamente. A tutti i livelli, le aree post-sagomatura sono risultate significativamente maggiori delle aree pre-sagomatura (test ANOVA  $p < 0.001$ ). Si è evidenziato un incremento della circolarità in tutti i canali (test  $t$  di Student  $p < 0.001$ ). Nel terzo coronale la sagomatura del canale è risultata orientata verso la parte interna della curvatura (test ANOVA  $p < 0.01$ ), a 1 e a 2.5 mm dall'apice verso la parte esterna della curvatura (test di Fisher  $p < 0.05$ ).

**Conclusioni:** la sistematica di analisi presentata in questo lavoro sembra essere semplice e riproducibile, fornendo indicazioni importanti sulla sagomatura ottenuta a costi relativamente bassi. La sagomatura con i RaCe<sup>®</sup> è risultata centrata all'interno del canale senza presentare alterazioni della morfologia originale.

**Parole chiave:**

Microtomografia computerizzata, morfologia canalare, sagomatura canalare, strumenti rotanti, RaCe<sup>®</sup>.

## ABSTRACT

**Aim:** to assess a new procedure of analysis using  $\mu$ CT images and data. Moreover to quantitatively and qualitatively assess the root canal preparation using a shaping sequence with RaCe<sup>®</sup>.

**Methodology:** five first mandibular molars were selected and scanned with micro-computed tomography ( $\mu$ CT). Nine circular canals were prepared with FKG RaCe<sup>®</sup> rotary Ni-Ti instruments and a second  $\mu$ CT scan was performed. The areas of the canal sections before and after shaping were superimposed and compared one to each other and with the ideal surface area obtained with the largest instrument used at the apex. The taper of the instrumentation was also calculated.

**Results:** the taper of the shaped canal was larger than the ideal taper. At all le-

vels, the post-shaping areas were significantly larger than the pre-shaping areas and than the ideal areas (ANOVA test  $p < 0.001$ ). The post-shaping sections showed an increased circularity of all canals (Student  $t$  test  $p < 0.001$ ). In the coronal third, the endodontic shaping was orientated toward the inner part of the canal curvature (ANOVA  $p < 0.01$ ). At 1 and 2.5 mm from the apex the canal preparation was orientated toward the external part of the curvature (Fisher's exact test  $p < 0.05$ ).

**Conclusions:** the analysis procedure presented in the current paper seems to be simple and reliable with low costs. Moreover the canal shaping with RaCe<sup>®</sup> instruments was well centered without anatomical alteration of the root canal.

**Key words:**

Micro-computed tomography, root canal morphology, canal preparation, rotary instruments, RaCe<sup>®</sup>.

## INTRODUZIONE

Un'accurata detersione, sagomatura e sigillatura dello spazio endodontico sono requisiti fondamentali per il successo della terapia endodontica. Ad oggi la tecnologia offre ai clinici una grande varietà di strumenti per ottenere una sagomatura dello spazio endodontico nel rispetto dell'anatomia originale del canale radicolare.

La conoscenza anatomica dello spazio endodontico è di primaria importanza per la corretta progettazione della terapia canalare da effettuare (1).

Nell'ultima decade l'avvento della sagomatura canalare con strumenti meccanici in Nichel Titanio (Ni-Ti) ha ridotto drasticamente il tempo operativo della terapia endodontica, con un maggior comfort per il paziente e minor stanchezza dell'operatore (2). Gli strumenti in NI-TI sono molto più flessibili e resistenti degli strumenti convenzionali in acciaio; la loro maggior flessibilità rende più facile il rispetto dell'anatomia originale dello spazio endodontico, evitando errori quali false strade e trasporto del canale (2-4).

La ricerca in campo endodontico ha portato ad una continua evoluzione delle forme degli strumenti endodontici variando l'angolo di taglio delle spire, al fine di ottenere un incremento della sicurezza di utilizzo degli strumenti ed evitare le fratture degli stessi e l'effetto vite dello strumento nel canale radicolare (3). In particolare, i RaCe® (FKG Dentaire, La-Chaux-de-Fonds, Switzerland) hanno una sezione triangolare con piani di taglio delle lame alternati che riducono l'effetto vite dello strumento, anche se utilizzati ad alti livelli di torque (3).

In letteratura sono disponibili numerose tecniche di valutazione della morfologia canalare e della sagomatura ottenuta sia *in vitro* che *in vivo*. La diafanizzazione dei denti (1), l'uso di *endoblocks* in resina trasparente (5, 6) ed infine l'uso della radiografia (7) sono stati largamente utilizzati con il limite di avere una visione solo bidimensionale. La tecnica delle sezioni seriate, proposta da Bramante et al. (8), fu una delle prime analisi tridimensionali della sagomatura ottenuta all'interno di canali radicolari; purtroppo questa tecnica presentava numerosi inconvenienti come la perdita di grandi quantità di tessuto biologico e la difficoltà nella ricostruzione dei campioni (2, 3).

Nel 1990, Tachibana e Matsumoto (9) decisero di applicare la microtomografia computerizzata ( $\mu$ CT) per l'analisi dello spazio endodontico. L'uso di questa tecnica permetteva di ottenere informazioni dell'endodonto senza distruggere il campione, ottenendo rico-

struzioni tridimensionali dell'anatomia canalare. Di recente la  $\mu$ CT ha raggiunto un potere di risoluzione fino a  $5\mu$  con dati altamente riproducibili, permettendo di ottenere un'accurata definizione dello spazio endodontico e della successiva sagomatura ottenuta con gli strumenti canalari (4,10,11). D'altra parte, la maggior parte degli studi effettuati con l'utilizzo della  $\mu$ CT presenti in letteratura forniscono informazioni solo qualitative. I lavori che riportano dati quantitativi utilizzano software di elaborazione delle immagini che richiedono conoscenze specifiche nel campo del *rendering* per la ricostruzione tridimensionale delle strutture anatomiche.

Pertanto, nel presente lavoro è stata proposta una nuova metodica di utilizzo dei dati forniti dalle  $\mu$ CT per ottenere una valutazione quantitativa e qualitativa della sagomatura dei canali radicolari dei primi molari inferiori, preparati con strumenti canalari FKG RaCe®. In particolare, sono state calcolate le aree delle sezioni dei denti prima e dopo la sagomatura, al fine di evidenziare le eventuali zone di non strumentazione o di sovrastrumentazione. Studi recenti hanno infatti dimostrato la tendenza a sottostrumentare le aree apicali nella pratica clinica (4,7). In particolare, Colombo et al. (7) hanno riscontrato una differenza significativa delle misure dei diametri canalari tra le immagini radiografiche e le immagini fotografiche della sezione del medesimo canale. I risultati di tale lavoro hanno suggerito una sottostima del 25-30% delle misure del canale radicolare nell'osservazione delle radiografie periapicali usate nella pratica clinica di routine per la valutazione morfologica dei canali radicolari (1). Pertanto, nel presente studio si è proceduto ad una sagomatura canalare utilizzando una sequenza di strumentazione che prevede una maggior troncoconicità del canale radicolare, misurata prima e dopo la sagomatura.

## MATERIALI E METODI

Sono stati selezionati 5 primi molari inferiori, estratti per motivi parodontali

od ortodontici. Dopo un'accurata detersione e verifica radiologica della pervietà canalare, tutti gli elementi sono stati conservati in una soluzione di timolo allo 0.1% fino al momento del loro utilizzo. Tutti gli elementi dentari sono stati quindi inseriti in una dima di resina acrilica (Othoplast, Vetex, Zeist Netherlands), al fine di rendere ripetibile il riposizionamento dei campioni sul microtomografo (Desktop Cone-Beam microCT scanner, Scanco Medical AG, Basseltdorf, Switzerland). Le fasi di inglobamento degli elementi sono state effettuate secondo rigorosi protocolli presenti in letteratura (7,13).

Una prima scansione microtomografica è stata eseguita al fine di analizzare il volume, la superficie dei canali, lo spessore e la morfologia degli stessi per poter selezionare i campioni (Fig. 1). L'elevata risoluzione delle scansioni microtomografiche (circa  $6\mu$  per sezione) ha prodotto 32 immagini per mm.

La risoluzione finale di tutte le immagini è stata di circa  $40\mu$ . Immagini tridimensionali degli elementi dentari sono state poi ottenute mediante un software dedicato (Imaging Processing Language, Scanco Medical AG, Basseltdorf, Switzerland).

Per ogni canale sono state utilizzate immagini microtomografiche a partire dall'apice fino a 8.5 mm nella porzione coronale del canale; la distanza tra ogni sezione è stata di 0.5 mm. In totale sono state prese in considerazione 17 immagini microtomografiche per ogni canale, pertanto sono state effettuate 17 misure pre-e post-strumentazione.

Le immagini microtomografiche rappresentano una sezione trasversale del canale dove sono ben visibili sia il lume, sia le pareti canalari.

Utilizzando una funzione specifica del programma di analisi d'immagine (Image J, *Public domain software National Institutes of Health, USA*), per ogni immagine di ciascun canale, si è calcolato il coefficiente di circolarità medio. Questo valore è espresso con un range di valori compresi tra 0 e 1, dove il valore 0 indica un canale non circolare e il valore 1 indica un canale perfettamente circolare.

Al fine di semplificare la metodologia, per questo lavoro sono stati scelti solo



Fig. 1 - Ricostruzione microtomografica del canale radicolare di un primo molare inferiore.

canali circolari con un coefficiente di circolarità compreso tra 0.8 e 1. Su un totale di 15 canali, solo 9 sono risultati idonei per la valutazione.

Tutti i canali presi in esame sono stati quindi sagomati da un operatore esperto, utilizzando strumenti RaCe® in Ni-Ti (FKG Dentaire, La-Chaux-de-Fonds, Switzerland) montati su di un contrangolo 1:16 (W&H ITALIA S.R.L., Milano, Italy) azionato da un motore endodontico 500 rpm e torque a 3.5 N/cm (ATR Tecnika, Advanced Technology Research, Pistoia, Italy). Ogni strumento è stato inserito all'interno del canale senza esercitare alcuna pressione. Durante le varie fasi della sagomatura tutti gli strumenti hanno lavorato in un bagno di agenti chelanti (EDTA 15% e NaClO 5%, OGNA, Laboratori Farmaceutici, Milano, Italy).

La sequenza operativa degli strumenti è stata determinata dopo aver calcolato il valore medio del lume canalare degli elementi presi in esame. I dati sono stati ottenuti dalla misurazione dei diametri delle immagini microtomografiche pre-sagomatura.

La sequenza operativa scelta è riportata

di seguito.

1. K-File a mano in acciaio 10- 15- 20 come file di pervietà
2. strumenti FKG RaCe® Ni-Ti 0.06 diametro in punta 30, 0.08 diametro in punta 35, 0.10 diametro in punta 40 per l'allargamento del terzo coronale
3. strumenti FKG RaCe® Ni-Ti 0.02 diametro in punta 25, 0.04 diametro in punta 25 per creare il canale guida
4. strumenti FKG RaCe® Ni-Ti 0.10 diametro in punta 40 per la sagomatura del terzo medio
5. strumenti FKG RaCe® Ni-Ti 0.06 diametro in punta 25, 0.04 diametro in punta 30, 0.06 diametro in punta 30, 0.06 diametro in punta 35, 0.06 diametro in punta 40 per la sagomatura del terzo apicale.

Dopo la sagomatura tutti gli elementi dentari sono stati sottoposti ad una nuova scansione con il microtomografo nella stessa posizione della scansione iniziale.

Al fine di standardizzare e comparare le misurazioni dei canali con differente orientamento spaziale delle loro curvature, tutte le immagini sono state ruotate in modo tale che la convessità della curva di ogni canale fosse diretta verso la parte destra del monitor.

Per ogni sezione canalare sono stati valutati i seguenti parametri:

1. troncoconicità
  - sono state calcolate le aree pre e post-sagomatura utilizzando un software dedicato (Image J, *public domain software National Institutes of Health, USA*). Per il calcolo della troncoconicità, il diametro di ogni sezione canalare è stato misurato tramite la formula  $2R = 2\sqrt{A/\pi}$  ( $R$  = raggio,  $A$  = area). Il valore della troncoconicità ottenuta è stato comparato con il valore di troncoconicità ideale ottenuto dal calcolo matematico della troncoconicità degli strumenti utilizzati. La valutazione della sagomatura di ogni canale è stata effettuata confrontando le sezioni microtomografiche pre-sagomatura con quelle post-sagomatura. Si è poi calcolato il valore dell'area ideale che si sarebbe dovuta ottenere dal calcolo matematico dell'area de-

gli strumenti utilizzati in quella particolare sezione.

2. coefficiente di circolarità
  - il coefficiente di circolarità di ogni sezione è stato calcolato nelle immagini pre- e post-sagomatura.
3. concentricità della sagomatura
  - al fine di ottenere informazioni sulla direzione della sagomatura ottenuta, le immagini pre- e post-sagomatura di ogni sezione canalare sono state sovrapposte utilizzando il medesimo software (Image J, *public domain software National Institutes of Health, USA*). Dopo la sovrapposizione, risulta ben evidente l'entità della sagomatura ottenuta ed il suo orientamento nello spazio. Per ogni immagine ottenuta dopo la sovrapposizione è stato calcolato il centro di massa del canale originale utilizzando una funzione del programma Image J. Il centro di massa è stato utilizzato come riferimento per poter dividere il canale in quattro quadranti per mezzo di una croce sovrapposta all'immagine (Fig. 2). I quadranti sono stati orientati in modo da avere due quadranti (S1, S2) rivolti verso la parte interna della curvatura e altri due quadranti (S3, S4) rivolti verso la parte esterna della curvatura. In ogni qua-

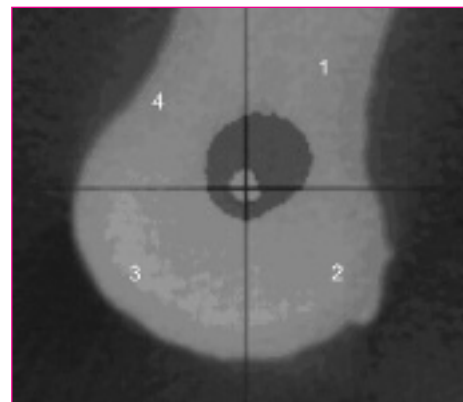


Fig. 2 - Immagine di una sezione trasversale del canale radicolare dove sono colorati in bianco il canale originale, in grigio il canale dopo la sagomatura. La croce suddivide il canale in quattro quadranti, che sono stati utilizzati per l'analisi della centratura del canale radicolare.

drante è stato così possibile identificare chiaramente una porzione di canale non sagomato e la porzione di canale eccedente l'originale determinata dalla sagomatura. Per ogni sezione di ciascun canale, i valori dell'area del canale originale e della porzione di canale strumentato sono stati calcolati nei quattro quadranti. I dati ottenuti sono stati elaborati ed espressi in percentuale di incremento dell'area rispetto alle dimensioni del canale originale. Al fine di ottenere dati sulla concentricità od eccentricità della sagomatura, il valore percentuale di incremento del canale sagomato è stato calcolato separatamente per ogni quadrante. Una preparazione canale perfettamente concentrica al canale originale dovrebbe avere un valore incrementale del 25% in ogni quadrante. Un valore differente indicherebbe un trasporto della sagomatura canale verso il quadrante con percentuale di incremento maggiore.

### Analisi statistica

Di ogni misura ottenuta prima e dopo la sagomatura sono state calcolate media e deviazione standard.

I valori delle aree pre- e post-sagomatura ed il valore dell'area del canale ideale sono stati confrontati utilizzando l'analisi della varianza ad una via (ANOVA).

Per ogni sezione canale, i coefficienti di circolarità pre- e post-strumentazione sono stati confrontati con il test *t* di Student per campioni appaiati.

Il test di Fisher è stato utilizzato per comparare le percentuali di area strumentata a tutti i livelli.

Per ogni analisi, il livello di significatività è stato fissato al 5% ( $p \leq 0.05$ ).

## RISULTATI

Dopo la sagomatura canale, per ogni parametro preso in esame, si sono evidenziati i seguenti dati:

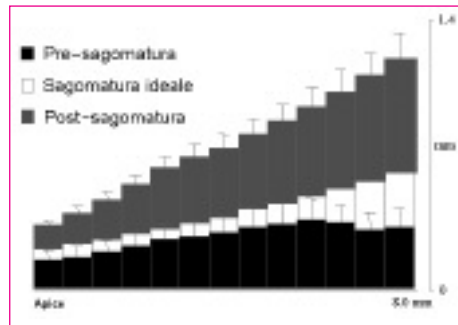


Fig. 3 - Valore medio della troncoconicità: in nero il valore del canale originale, in grigio il valore del canale sagomato, in bianco il valore della troncoconicità ideale ottenuta dal calcolo matematico della sequenza operativa.

### troncoconicità

1: il valore medio della troncoconicità ottenuta è risultato maggiore di quello ottenuto dai calcoli matematici del valore ideale, ma senza alcuna differenza significativa nella porzione coronale (Fig. 3). Le misure delle aree ottenute dopo la sagomatura sono risultate significativamente più grandi rispetto a quelle del canale originale e rispetto al valore ideale di sagomatura (ANOVA,  $p < 0.001$ );

### coefficiente di circolarità

2: dopo la sagomatura a tutti i livelli esaminati, i canali sono risultati più circolari rispetto alla condizione pre-sagomatura (test *t* di Student,  $p < 0.001$ ) (Fig. 4);

### concentricità della sagomatura

3: la distribuzione della percentuale media di incremento della sagomatura nei quattro quadranti ai differenti livelli a partire dall'apice fino alla parte coronale del canale è riportata nella Tabella 1. Nel terzo coronale la sagomatura del canale era diretta verso la parte interna della curvatura. In particolare, a 4.5 mm e 7.5 mm dall'apice il primo quadrante (S1) ha presentato il valore percentuale più alto (ANOVA,  $p < 0.01$ ). A 1mm e a 2.5mm dall'apice, l'orientamento della sagomatura è risultato diretto verso la parte esterna della curvatura, ovvero nel terzo e nel quarto quadrante (S3, S4). Nei livelli sopra menzionati, si è osservato un significativo trasporto canale ( $p < 0.05$  a 1mm,  $p < 0.001$  a 2.5mm dall'apice) (Fig. 5).

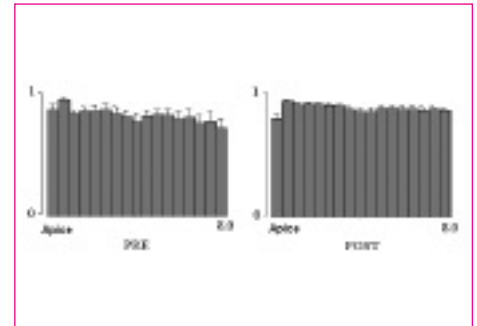


Fig. 4 - Coefficiente di circolarità medio dei canali radicolari prima e dopo la sagomatura.

## DISCUSSIONE

La microtomografia computerizzata permette una valutazione sia quantitativa, sia qualitativa dello spazio endodontico (4,13-15). Utilizzando specifici software, questo sistema permette infatti la ricostruzione tridimensionale degli elementi dentari, fornendo importanti informazioni sull'anatomia originale, sull'area e sul volume dei canali radicolari.

Complesse morfologie endodontiche come le anastomosi dei canali e i delta apicali possono essere visualizzati nell'immagini 3D della  $\mu$ CT (4). Inoltre, le scansioni ottenute dalla  $\mu$ CT permettono di analizzare sia la morfologia prodotta dopo la sagomatura, sia la qualità del sigillo canale, per poter comparare differenti procedure endodontiche (2, 4, 10, 11). Un gran numero di caratteristiche della sagomatura canale possono essere così facilmente valutate quali: la troncoconicità, le porzioni di canale non sagomate dagli strumenti canalari utilizzati, il trasporto e lo *stripping* canale (2, 3, 15, 16).

Nel presente studio i dati quantitativi riguardanti la sagomatura dell'endodonto sono stati ottenuti da 9 canali radicolari di primi molari inferiori. Le immagini in 2D delle sezioni di canale prima e dopo la sagomatura derivanti dalla  $\mu$ CT sono state sovrapposte, semplificando le procedure di elaborazione dei dati. Sono state, inoltre, analizzate la morfologia della sagomatura e la capacità di mantenere centrata la sagomatura all'interno del canale.

I risultati del presente lavoro mostrano



	s1	s2	s3	s4	ANOVA (p<0,05)
8	31,322	24,273	24,52	19,916	0,2564
7,5	37,264	25,986	17,181	19,616	0,0003
7	41,337	24,698	13,133	20,805	< 0,0001
6,5	44,762	21,185	11,772	22,237	< 0,0001
6	46,523	19,98	11,875	21,668	< 0,0001
5,5	42,135	20,276	14,63	22,991	0,0002
5	38,223	23,279	18,218	20,066	0,0171
4,5	34,503	23,945	21,961	19,675	0,0475
4	30,331	24,302	22,873	22,583	0,2948
3,5	26,078	25,49	25,701	22,892	0,8495
3	22,67	23,917	26,451	26,315	0,5095
2,5	21,026	21,909	30,267	26,504	0,0317
2	23,193	21,474	27,438	27,975	0,0937
1,5	20,985	23,028	29,043	25,246	0,1945
1	17,389	26,824	34,349	21,704	< 0,0001
0,5	21,97	26,082	28,437	23,601	0,6233
apex	25,334	22,661	24,972	27,88	0,8641

Tab. 1 - Si rappresentano in percentuale i valori di incremento dell'area canalare dopo la sgomatura. Nell'ultima colonna sono rappresentate le significatività del test ANOVA effettuato. I valori in arancione evidenziano un trasporto della sagomatura verso la parte interna del canale mentre in verde si evidenzia un trasporto verso la parte esterna del canale.

una strumentazione consistente dei canali senza evidenziare, in alcun livello, zone di sotto-strumentazione. Infatti, le aree dei canali radicolari dopo la sagomatura meccanica sono risultate significativamente maggiori rispetto alle aree originali, mostrando una buona efficienza della sistemica RaCe® nella sagomatura di canali radicolari con caratteristiche come quelle prese in esame in questo lavoro. I dati raccolti in questo studio sono in accordo con quelli pubblicati da altri Autori (16,17). Di contro, Peters et al. (4) trovarono larghe porzioni di superfici canalari non sagomate utilizzando diverse sistematiche di sagomatura meccanica, con se-

quenze operative consigliate dalle case produttrici. Questi risultati sembrano dipendere da una non congruenza delle dimensioni canalari con quelle degli strumenti utilizzati per la sagomatura. Nel presente lavoro l'utilizzo di una sequenza di strumentazione con diametro degli strumenti maggiore rispetto a quello consigliato dalla casa costruttrice ha permesso di ottenere una completa sagomatura di ogni canale. Il confronto tra la sagomatura ottenuta in ogni livello del canale con quella ideale, calcolata matematicamente, ha rilevato un notevole incremento della troncoconicità. Tale dato è risultato maggiore di quello atteso, soprattutto

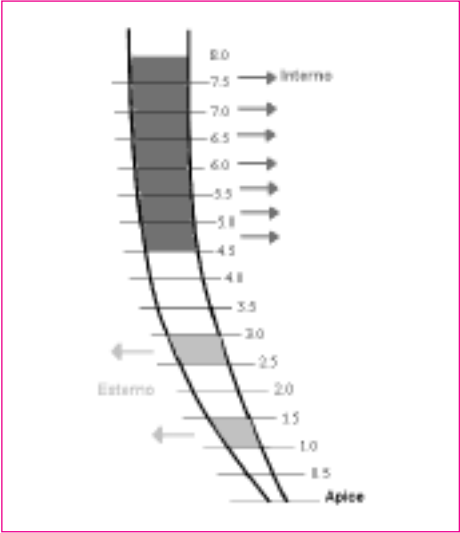


Fig. 5 - Trasporto canalare medio evidenziato dopo la sagomatura dal forame apicale sino ad 8 mm di distanza dall'apice radicolare. La sagomatura risulta orientata verso la parte interna del canale in alcune zone coronali evidenziate in grigio scuro e verso la parte esterna della curvatura in alcune zone apicali evidenziate in grigio.

nelle porzioni più coronali del canale. Ad oggi è ancora in discussione quale sia la sequenza operativa degli strumenti endodontici in termini di dimensione e troncoconicità per una corretta sagomatura della porzione apicale del canale. L'estrema variabilità morfologica e dimensionale del terzo apicale consiglierebbe di determinarne il diametro singolarmente, prima di progettare la sequenza operativa della sagomatura (4). Le preparazioni dei canali radicolari ottenute sono risultate più rotonde, se paragonate con i canali non sagomati. Questi dati concordano con quelli, già riportati in letteratura, che analizzano differenti tecniche di sagomatura (4). Va considerato che in questo lavoro, pur utilizzando una sequenza di sagomatura molto aggressiva, si è rispettata la circolarità dei canali. La sequenza RaCe®, proposta in questo lavoro, ha mostrato una sagomatura pressoché concentrica lungo l'intero lume canale originale. Questo risultato è in accordo con la letteratura (16,17). In particolare nel terzo coronale la sagomatura è risultata orientata verso la parte interna della curvatura del canale (S1). A 1mm e a 2.5mm dall'apice si è eviden-

ziato un modesto trasporto della sagomatura verso l'esterno della curvatura canalare. Tale trasporto potrebbe essere riconducibile ad un utilizzo prolungato degli strumenti nella porzione apicale del canale. Allo stesso modo, Bergmans et al. (13) hanno osservato un trasporto della sagomatura verso la forcazione nella parte coronale durante la sagomatura con ProTaper® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) ed un trasporto verso l'esterno della curvatura nella zona apicale utilizzando K3® (Sybron-Endo, Orange, CA, USA). La metodologia proposta da Bergmans et al. (13,18) consente un'analisi dettagliata della sagomatura ottenuta con stru-

menti in Ni-Ti, ma necessita di una tecnologia altamente sofisticata con software di *rendering* molto costosi e difficoltosi da utilizzare. Al contrario, la metodica di analisi proposta in questo lavoro si è avvalsa di un software di pubblico dominio e di semplice utilizzo, che rende la metodologia facilmente ripetibile anche da altri operatori. Un trasporto prevalente nel terzo apicale con strumenti rotanti è stato trovato anche da Peters et al. (4) e da Taşdemir et al. (2). Peters et al. (15) hanno riscontrato un trasporto canalare dopo la sagomatura con ProTaper® nelle ricostruzioni in 3D ottenute dalla  $\mu$ CT, osservando lo spostamento del

centro di massa, ma non la direzione del trasporto canalare.

## CONCLUSIONI

I dati ottenuti da questo lavoro hanno dimostrato l'efficacia, la ripetibilità e la semplicità di utilizzo di questa nuova metodica di analisi dei dati microtomografici. Inoltre, si è evidenziato come la sequenza di strumenti utilizzati per la sagomatura sia in grado di strumentare tutte le parti del canale nel rispetto dell'anatomia radicolare.

## BIBLIOGRAFIA

1. Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endod Topics* 2005; 10: 3-29.
2. Taşdemir T, Aydemir H, Inan U, Ünal O. Canal preparation with Hero 642 rotary Ni-Ti instruments compared with stainless steel hand K-file assessed using computed tomography. *Inter Endod J* 2005; 38: 402-8.
3. Paqué F, Barbakow F, Peters OA. Root canal preparation with Endo-Eze AET: changes in root canal shape assessed by micro-computed tomography. *Inter Endod J* 2005; 38: 456-64.
4. Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Inter Endod J* 2001; 34: 221-230.
5. Bryant ST, Dummer PM, Pitoni C, Bourba M, Moghal S. Shaping ability of .04 and .06 taper ProFile rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. *Inter Endod J* 1999; 32: 155-64.
6. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of Lightspeed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. *J Endod* 1997; 23: 698-702.
7. Colombo M, Orlando F, Dellavia C, Gagliani M. Correlazione tra immagini radiografiche e anatomia dei canali radicolari dei primi molari inferiori. *G It Endod* 2006; 20: 30-4.
8. Bramante CM, Berbert A, Borges RP. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J Endod* 1987; 13: 243-5.
9. Tachibana H, Matsumoto K. Applicability of X-ray computerized tomography in endodontics. *Endod Dent Traumatol* 1990; 6: 16-20.
10. Jung M, Lommel D, Klimek J. The imaging of root canal obturation using micro-CT. *Inter Endod J* 2005; 38: 617-26.
11. Peru M, Peru C, Mannocci F, Sherriff M, Buchanan LS, Pitt Ford TR. Hand and nickel-titanium root canal instrumentation performed by dental students: a micro-computed tomographic study. *Eur J Dental Ed* 2006; 10: 52-9.
12. Kuttler S, Garala M, Perez R, Dorn SO. The endodontic cube: a system designed for evaluation of root canal anatomy and canal preparation. *J Endodontics* 2001; 27: 533-536.
13. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. A methodology for quantitative evaluation of root canal instrumentation using microcomputed tomography. *Inter Endod J* 2001; 34: 390-8.
14. Oi T, Saka H, Ide Y. Three-dimensional observation of pulp cavities in the maxillary first premolar tooth using micro-CT. *Inter Endod J* 2004; 37: 46-51.
15. Peters OA, Peters CI, Schönenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: assessment of torque and force in relation to canal anatomy. *Inter Endod J* 2003; 36: 93-9.
16. Paqué F, Musch U, Hulsman M. Comparison of root canal preparation using RaCe® and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. *Inter Endod J* 2005; 38: 8-16.
17. Schirrmeister JF, Strohl C, Altenburger MJ, Wrbas KT, Hellwig E. Shaping ability and safety of five different rotary nickel-titanium instruments compared with stainless steel hand instrumentation in simulated curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Rad Endod* 2006; 101: 807-13.
18. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Beullens M, Wevers M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Progressive versus constant tapered shaft design using NiTi rotary instruments. *Inter Endod J* 2003; 36: 288-95.