

Disponibile online all'indirizzo www.sciencedirect.com

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

ARTICOLO ORIGINALE

IG-File: un nuovo strumento per l'ottimizzazione della detersione canalare e per la misurazione del diametro apicale

IG-File: a novel tool to improve root canal cleaning and measurement of the apical foramen

Alfredo Iandolo^{a,*}, Gianluca Ametrano^b, Massimo Amato^b, Sandro Rengo^b, Michele Simeone^b

^a Odontoiatra, libero professionista in Avellino

^b Dipartimento di Scienze Odontostomatologiche e Maxillo-Facciali, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Napoli

Ricevuto il 15 settembre 2010; accettato il 12 ottobre 2010

disponibile online il 27 luglio 2011

PAROLE CHIAVE

Diametro apicale;
Attivazione sonora;
Detersione;
Otturazione
tridimensionale.

KEYWORDS

Apical diameter;
Sonic activation;
Cleaning;
Three-dimensional
filling.

Riassunto

Obiettivo: Lo scopo del lavoro è la descrizione di un nuovo tipo di file, con design innovativo, ideato sia per l'attivazione sonora degli irriganti durante la fase di detersione sia per la misurazione del diametro apicale.

Materiali e metodi: Per valutare l'efficacia delle Sonic-Tip è stato condotto un test alla MicroCT. È stata selezionata una radice di un premolare superiore che presentava canali laterali; dopo la preparazione chemio-meccanica del canale radicolare sono stati effettuati due lavaggi endo-canalari con una soluzione radiopaca: il primo lavaggio è avvenuto erogando passivamente la soluzione radiopaca nel canale con un ago di piccolo calibro a 2 mm dalla lunghezza di lavoro; il secondo lavaggio è avvenuto erogando passivamente la soluzione radiopaca all'interno del canale a 2 mm dalla lunghezza di lavoro, la quale poi è stata attivata con la Sonic-Tip numero 20. Dopo ogni lavaggio la radice è stata osservata alla MicroCT.

Risultati: I risultati dimostrano come sia stato possibile, grazie all'attivazione sonora dell'irrigante all'interno dello spazio endodontico, far penetrare la soluzione nei canali laterali. **Discussione e conclusioni:** Detersione, sagomatura e otturazione tridimensionale dello spazio endodontico sono le tre fasi principali della terapia endodontica. La detersione è raggiunta congiuntamente tramite l'azione meccanica degli strumenti e l'azione chimica delle soluzioni irriganti. Quindi, le soluzioni irriganti devono avere azioni differenziate: dovrebbero rimuovere il substrato organico, avere un effetto battericida e infine rimuovere lo strato di materiale inorganico prodotto dalla limatura degli strumenti (*smear layer*). A tutt'oggi non vi sono soluzioni

* Corrispondenza: via A. Ammaturo 126/b – 83100 Avellino.
E-mail: iandoloalfredo@libero.it (A. Iandolo).

irriganti che ottengono tutti e tre questi risultati. Da molti studi si evince come l'attivazione sonora o ultrasonica degli irriganti, all'interno di canali radicolari ben sagomati, assuma un ruolo strategico nella detersione di tutte le complessità dello spazio endodontico. Altra fase fondamentale della terapia endodontica è l'otturazione tridimensionale del sistema dei canali radicolari con guttaperca termoplastificata. Prima di procedere alla fase di otturazione è fondamentale conoscere il diametro apicale del canale preparato, in modo da scegliere i materiali da otturazione più idonei (coni di guttaperca, portatori di calore, otturatori thermafil), ottimizzare le forze di condensazione ed evitare fenomeni di overfilling.

© 2011 Società Italiana di Endodonzia. Pubblicato da Elsevier Srl. Tutti i diritti riservati.

Summary

Objective: The purpose of this article is to describe a new file featuring a unique design created for both the sonic activation of irrigants during cleaning and measuring the apical diameter.

Materials and methods: To assess the effectiveness of Sonic-Tips, a MicroCT scan was performed on an upper premolar root with lateral canals. After a chemio-mechanical (cleaning and shaping process) preparation of the root canal, the same root canal was irrigated twice with a radiopaque solution. The first irrigation was done by injecting the radiopaque solution passively in the root canal through a small gauge needle, 2 mm from working length. The second irrigation again was done by delivering the radiopaque solution passively in the root canal through a small gauge needle, 2 mm from working length, but in the latter case a Sonic-Tip number 20 was activated. After each cleaning (irrigation) the root was observed under MicroCT scan.

Results: The results demonstrate how Sonic-Tips enabled flushing and made it possible for the irrigant to penetrate into lateral canals.

Discussion and conclusions: Cleaning, shaping and three-dimensional obturation are the three main phases of the endodontic treatment. The goal of proper cleaning of a complex root canal is not easily achieved. From previous studies, it is clearly evident how "Sonic and Ultrasonic activation of irrigants" plays a strategic role in the cleaning of a well-shaped complex root canal. Another key stage of the endodontic treatment is the "three-dimensional filling" of root canals with thermoplastic guttapercha cones. Before the filling phase, it is essential to know the accurate apical diameter of the canal, in order to choose the suitable filling material (gutta percha points, Thermafil obturators or heat carriers), followed by applying optimal condensation pressure in order to prevent overfilling.

© 2011 Società Italiana di Endodonzia. Published by Elsevier Srl. All rights reserved.

Introduzione

L'obiettivo della moderna endodonzia ortograde è rappresentato dalla completa detersione, sagomatura e otturazione tridimensionale del sistema dei canali radicolari¹. Una delle fasi più importanti della terapia endodontica è quella della "detersione e sagomatura" (*cleaning and shaping*) dello spazio endodontico. Oggi, grazie all'introduzione di strumenti rotanti a conicità aumentata in nichel-titanio, alle loro caratteristiche di flessibilità e all'evoluzione delle tecniche operative sempre più semplici e rapide, un'accettabile sagomatura dei canali radicolari è ormai alla portata anche degli operatori meno esperti. Durante questa fase di sagomatura meccanica, il tessuto pulpare presente nell'endodonto viene rimosso dagli strumenti e viene anche creato, dall'azione tagliente delle lime, un sottile strato di fango dentinale (*smear layer*)².

La pratica clinica dimostra con sempre maggiore evidenza che gli strumenti dotati di lame piatte tendono a raschiare, lisciare e a intrappolare una maggiore quantità di fango dentinale nell'anatomia laterale, mentre gli strumenti dalle lame più taglienti tendono a tagliare la dentina in maniera più pulita³. Lo smear layer, essendo composto da detriti organici e inorganici e, nel caso di denti infetti, anche da batteri^{4,5}, deve essere rimosso prima di effettuare la fase di otturazione, in modo da migliorare la detersione e garantire un miglior sigillo con i materiali da otturazione endodontica.

Poiché la strumentazione da sola è insufficiente a eradicare la carica batterica⁶, è indispensabile alternarla all'irrigazione, ottenendo così una significativa diminuzione del

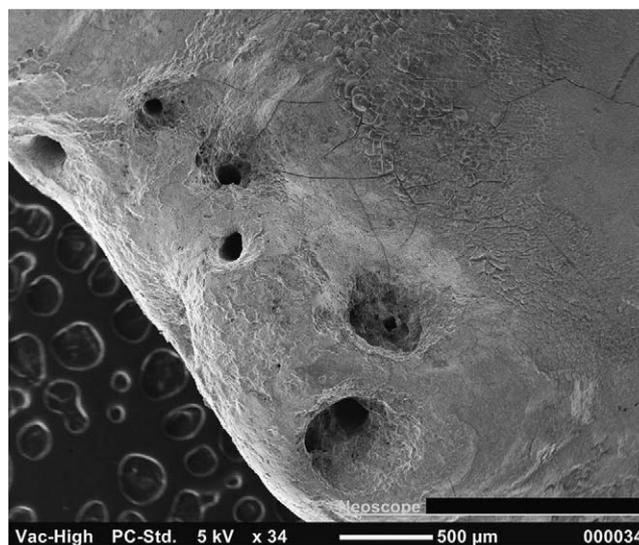


Figura 1 Apice radicolare di una radice mesiale di un primo molare inferiore fotografata al SEM: si notano le numerose porte d'uscita.

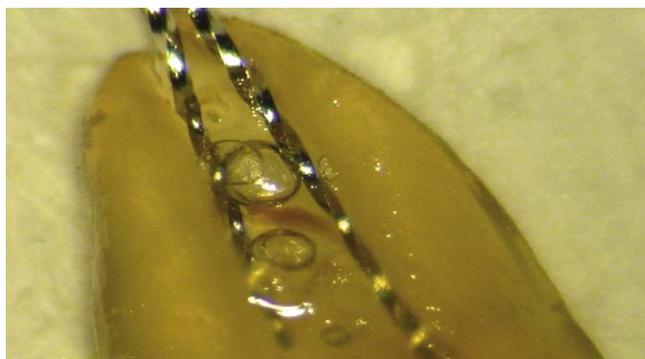


Figura 2 Diafanizzazione di un incisivo centrale inferiore: si nota un istmo tra i due canali radicolari.

numero di batteri all'interno dei canali radicolari⁷. Nella complessità dello spazio endodontico è possibile trovare canali laterali, istmi, delta apicali, ecc. (figg. 1-3), zone che non possono essere raggiunte dai comuni file in uso; quindi, essendo impossibile ottenere la loro strumentazione, bisogna adoperare altri metodi per la loro pulizia: l'unico modo per detergere al meglio è pertanto attraverso il movimento e l'attivazione dell'agente irrigante⁸. La letteratura è unanime nell'affermare che la sola strumentazione non riesce a contattare tutte le pareti canalari^{9,10}. L'attivazione sonora o ultrasonica degli irriganti è di grande aiuto nella pulizia e nella detersione di questi tratti anatomici difficili¹¹⁻¹³.

Le sorgenti a ultrasuoni contengono meccanismi che creano vibrazioni ultrasoniche tra 20 KHz e 40 KHz, attivando cristalli piezoelettrici all'interno del manipolo. Le punte attivate dagli ultrasuoni oscillano nel mezzo circostante, ovvero l'irrigante, determinando i noti effetti di cavitazione e di microflussi acustici. Le unità soniche sono invece azionate da un sistema ad aria compressa; operano in modo simile alle unità a ultrasuoni, ma la loro frequenza di vibrazione è inferiore (2000-9000 cicli al secondo).

Per garantire una buona riuscita del trattamento endodontico è inoltre necessario ottenere la distruzione e la rimozione dei biofilm da tutte le anfrattuosità presenti all'interno del canale radicolare. Di recente è cresciuto l'interesse nei loro confronti e nel ruolo che questi possono

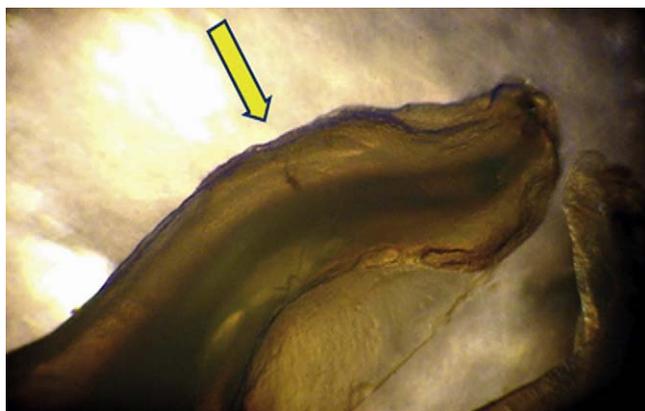


Figura 3 Diafanizzazione di un primo molare inferiore: si nota un canale laterale a livello del terzo medio della radice distale.

assumere nella prognosi endodontica^{14,15}. Un biofilm è una comunità strutturata di batteri chiusi in una matrice protettiva di polisaccaride che aderisce alla superficie del canale radicolare. Si è inoltre osservato che frammenti di biofilm sono in grado di disgregarsi, spostarsi e poi riattaccarsi a qualsiasi superficie del sistema dei canali radicolari, inclusi i tubuli dentinali¹⁶.

L'attivazione idrodinamica degli irriganti è stata identificata come l'unico modo efficace per la compromissione dell'aderenza del biofilm^{16,17}.

I file sonici e ultrasonici, però, possono presentare alcuni inconvenienti: se usati in canali sottili, curvi, potrebbero essere trattenuti, il che riduce il movimento vibratorio e l'efficacia della pulizia^{18,19}. Inoltre, i file sonici e ultrasonici che presentano superfici lavoranti non dovrebbero prendere contatto con le pareti dentinali perché tenderebbero a creare gradini e tacche sulle pareti canalari²⁰. D'altro canto, i file lisci, per le loro caratteristiche morfologiche, pur toccando inavvertitamente le pareti dentinali durante l'attivazione passiva¹³⁻²¹ dovrebbero lasciarle più regolari. Di seguito viene presentata una nuova punta sonica, ideata per l'attivazione degli irriganti nel complesso sistema dei canali radicolari.

Materiali e metodi

È stata progettata per la Micro-Mega una nuova punta sonica, IG-File (Iandolo Gauging File, Micro-Mega, Besançon, Francia), caratterizzata da un particolare design (figg. 4 e 5) e ideata per attivare in tutta sicurezza vari reagenti intracanalari e produrre un energico effetto idrodinamico (fig. 6). Le punte, in nichel-titanio (Ni-Ti), sono disponibili in varie misure (diametro in punta 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 e 60). Presentano una punta sferica, sezione circolare, pareti lisce e conicità inversa dello 0,003%. Sono resistenti e flessibili e hanno una lunghezza di 25 e 29 mm.

La conicità inversa, la punta non attiva e le pareti prive di asperità permettono a questi file di lavorare in tutta sicurezza all'interno dei canali radicolari e assicurare un contatto minimo con le pareti dentinali. Le punte vengono montate sul manipolo sonico (Sonic Air 1500, Micro-Mega), che, come una turbina, si connette alla normale linea

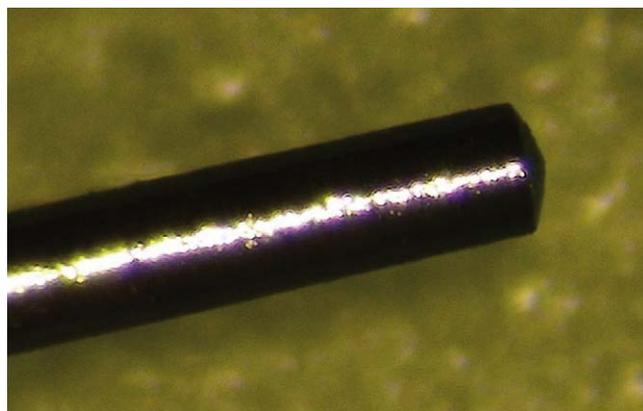


Figura 4 Sonic-Tip fotografata allo stereo microscopio a 30 ingrandimenti.

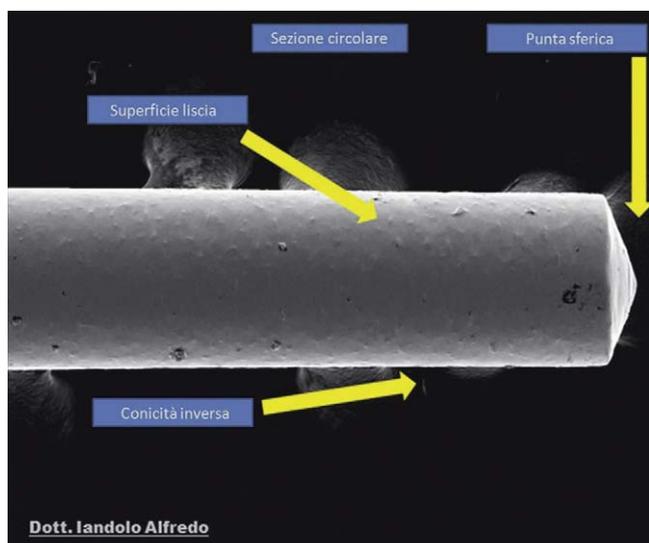


Figura 5 Sonic-Tip fotografata al SEM a 90 ingrandimenti.

dell'aria del riunito, a una pressione di 0,4 Mpa. La pressione dell'aria può essere variata con un potenziometro sul manipolo in un range di 1500-3000 cicli al secondo.

Per valutare l'efficacia delle Sonic-Tip è stato condotto un test in vitro su 10 premolari estratti per motivi parodontali. Le radici sono state lavate con una soluzione di NaOCl al 5% e poi conservate per 24 ore in soluzione salina a una temperatura di 37 °C. Una volta asciugati, i campioni sono stati inglobati in un blocchetto di resina fino alla giunzione amelo-cementizia e sigillati apicalmente con della cera per ottenere un sistema canalare chiuso: "sistema canalare chiuso" significa che il sistema dei canali radicolari è totalmente sigillato e gli irriganti non possono fluire liberamente fuori dalle porte d'uscita.

Successivamente, è stata effettuata una scansione a raggi X. La macchina usata per lo studio è una MicroCT (SkyScan 1072, SkyScan bvba, Belgio). La procedura di scansione su ogni campione è stata eseguita con sorgente di 100 kV e

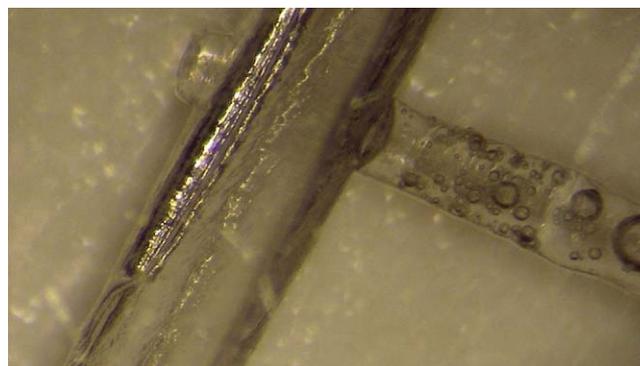


Figura 6 L'immagine raffigura un canale radicolare con un canale accessorio simulato: si nota la notevole attivazione dell'irrigante grazie all'uso della Sonic-Tip.

98 μ A, un ingrandimento di 15x, con una risoluzione volumetrica di 19,1 μ m x 19,1 μ m x 38,0 μ m.

Dall'analisi delle cross section dei campioni scansionati sono stati selezionati solo i premolari (6) che presentavano canali laterali. Su ogni campione è stata eseguita la cavità di accesso ed effettuata una preparazione chemio-meccanica dei canali radicolari, alternando strumenti al Ni-Ti (Pro-Taper Universal, Dentsply, Maillefer, Svizzera) con irriganti canalari, ipoclorito di sodio al 5% ed EDTA al 17%. L'ultimo strumento rotante al Ni-Ti portato alla lunghezza di lavoro è stato un Pro-Taper F2. Successivamente, sono stati effettuati due lavaggi endocanalari con tecniche diverse, con una soluzione radiopaca: il primo lavaggio è avvenuto erogando la soluzione radiopaca passivamente nel canale con un ago di piccolo calibro. L'irrigante è stato iniettato lentamente portando l'ago a 2 mm dalla lunghezza di lavoro, facendo attenzione a non farlo impegnare contro le pareti del canale. Il secondo lavaggio è avvenuto erogando passivamente la soluzione radiopaca all'interno del canale a 2 mm dalla lunghezza di lavoro, la quale poi è stata attivata con la Sonic-Tip numero 20. Il manipolo sonico è stato regolato con una potenza media, l'irrigante è stato attivato per 60

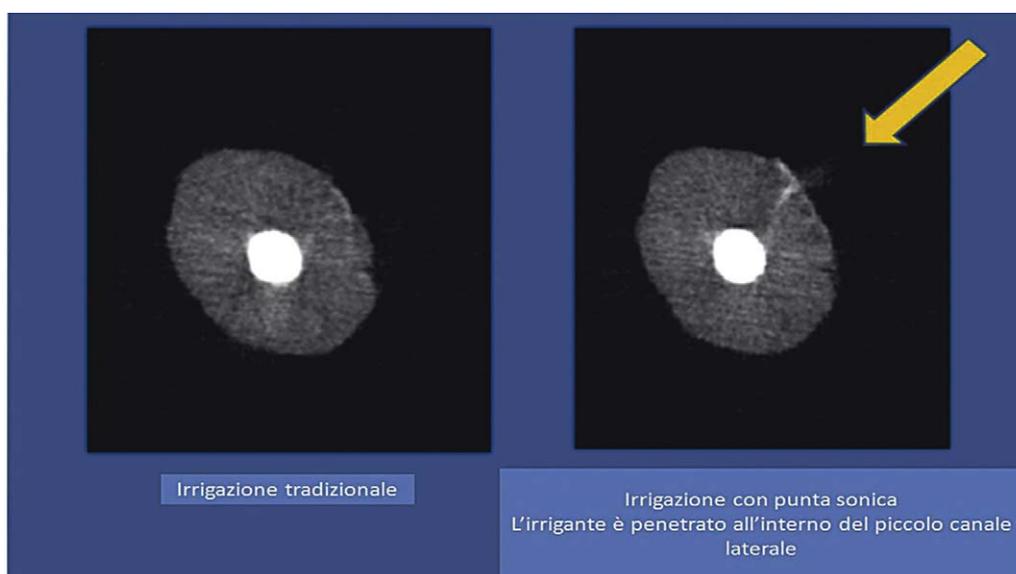


Figura 7 Foto alla MicroCT che dimostra come l'attivazione sonica permetta una migliore penetrazione dell'irrigante nei canali laterali a livello del terzo medio del canale radicolare.

secondi spostando la punta sonica su e giù con brevi movimenti verticali di 2-4 mm circa. Dopo ogni lavaggio i campioni venivano nuovamente osservati alla MicroCT.

Gli autori dichiarano che lo studio presentato è stato realizzato in accordo con gli standard etici stabiliti nella Dichiarazione di Helsinki e che il consenso informato è stato ottenuto da tutti i partecipanti prima del loro arruolamento allo studio.

Risultati

Il test alla MicroCT dimostra come sia stato possibile, grazie all'attivazione sonica dell'irrigante all'interno dello spazio

endodontico, far penetrare la soluzione nei canali laterali (figg. 7-9; tabella 1). Una detersione tridimensionale, ottenuta per mezzo di un'adeguata attivazione sonora, porta a eseguire una migliore otturazione tridimensionale (figg. 10-15).

Discussione e conclusioni

La completa detersione (rimozione completa del substrato organico e inorganico) dei sistemi endodontici è attualmente un obiettivo difficile da raggiungere: le complessità anatomiche rendono infatti alcune zone del sistema dei canali radicolari difficilmente accessibili agli irriganti, impedendone

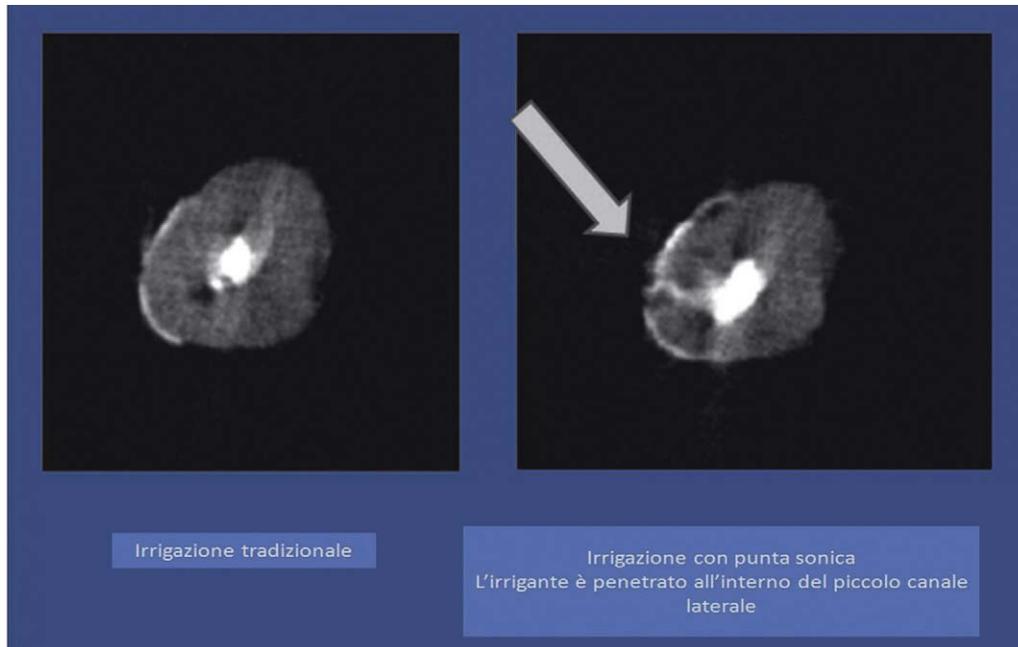


Figura 8 Foto alla MicroCT che dimostra la penetrazione della soluzione all'interno dei canali laterali a livello del terzo apicale del canale radicolare.

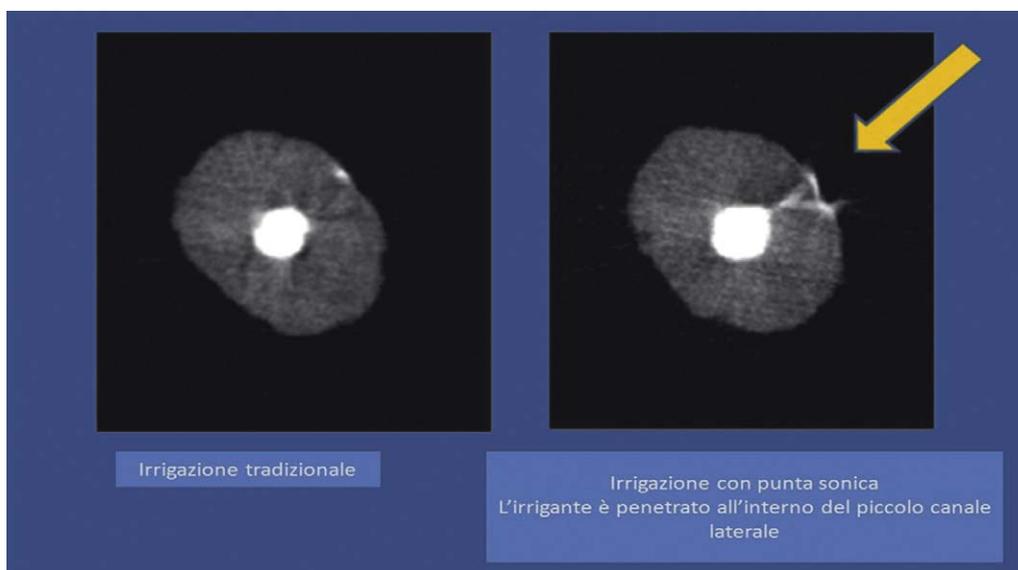


Figura 9 Foto alla MicroCT: è possibile notare come, grazie all'attivazione sonora, si sia avuta un'ottima penetrazione dell'agente irrigante all'interno dei canali laterali a livello del terzo medio del canale radicolare.

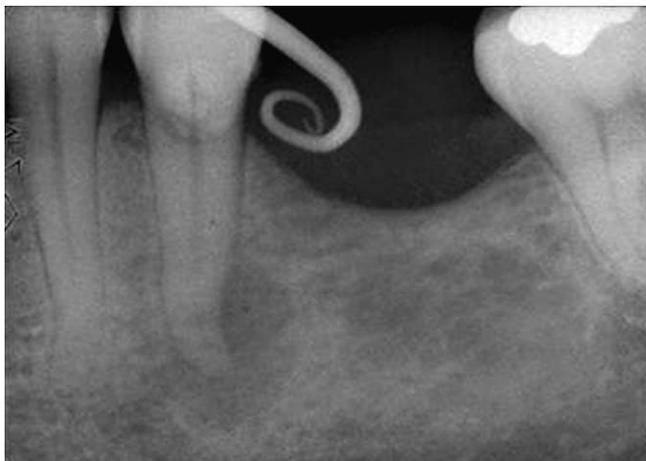


Figura 10 Radiografia preoperatoria di 3.5: si nota una grossa lesione periapicale.



Figura 12 Radiografia di controllo di 3.5 a 24 mesi: si nota un'ottima guarigione e la restitutio ad integrum della compagine ossea.

Tabella 1 L'attivazione sonora dell'irrigante all'interno dello spazio endodontico ha fatto sì che la soluzione penetrasse nei canali laterali (dimostrato dal test alla MicroCT).

Numero premolari	Riempimento canali laterali	
	Irrigazione tradizionale	Sonic-Tip
Prem. 1		X
Prem. 2		X
Prem. 3		X
Prem. 4		X
Prem. 5		X
Prem. 6		X

l'azione³. Gutarts et al.²² hanno dimostrato che effettuando un'irrigazione ultrasonica dopo la strumentazione rotante o manuale si ottiene una detersione molto più efficace dei canali e degli istmi. Jensen et al.²³ non hanno invece rilevato alcuna



Figura 11 Radiografia postoperatoria di 3.5: l'otturazione con guttaperca termoplastificata dopo l'attivazione sonora degli irriganti ha permesso l'otturazione di un canale laterale a livello apicale che non era stato sondato dagli strumenti endodontici.

differenza significativa tra l'utilizzo di un'irrigazione sonora e quella ultrasonica.

Grazie all'attivazione sonora delle soluzioni detergenti è possibile ottenere una quasi completa detersione tridimensionale dello spazio endodontico. Gli irriganti, in questo modo, riescono a raggiungere gran parte delle configurazioni anatomiche complesse, obiettivo non raggiungibile con le tradizionali tecniche di irrigazione. Per migliorare significativamente l'esito clinico è quindi fondamentale un'adeguata preparazione del sistema dei canali radicolari, secondo modalità sia chimiche sia meccaniche. Solo così si ridurrà l'infezione prevenendo l'invasione e la ricolonizzazione batterica dello spazio endodontico otturato.

L'IG-File è un unico strumento che può essere usato sia per l'attivazione sonora degli irriganti all'interno dello spazio endodontico sia per la misurazione del diametro apicale (figg. 4, 5 e 19). La punta non attiva, la superficie liscia, l'assenza di angoli di taglio e la conicità inversa fanno sì che il file possa essere impiegato per una precisa misurazione del



Figura 13 Radiografia postoperatoria di 4.7. Otturazione con guttaperca termoplastificata dopo attivazione sonora degli irriganti: si nota una complessa anatomia endodontica.



Figura 14 Radiografia postoperatoria di 4.5. Otturazione con guttaperca termoplastificata dopo attivazione sonora degli irriganti: si nota una complessa anatomia apicale.

diametro apicale. La conicità inversa è la sua caratteristica principale. I comuni k-file oggi utilizzati per misurare il diametro apicale hanno invece una conicità del 2%, che, anche se non eccessiva, durante la fase di lettura del forame può dare una misurazione in difetto, in quanto le spire dei k-file possono impegnarsi prima di giungere al forame. La conicità inversa, per contro, fa sì che l'IG-File non si impegni



Figura 15 Radiografia postoperatoria di 2.5. Otturazione con guttaperca termoplastificata dopo attivazione sonora degli irriganti: si nota il canale laterale a livello del terzo apicale.



Figura 16 Radiografia di 3.5: si nota il materiale da otturazione in corrispondenza del forame mentoniero.

prima del forame, determinando così con esattezza solo la lettura del diametro apicale. Prima di passare alla fase di otturazione tridimensionale è importante conoscere il diametro apicale del canale preparato, in modo da scegliere i materiali da otturazione più idonei (coni di guttaperca, portatori di calore, otturatori thermafil) e ottimizzare le forze di condensazione. Inoltre, la conoscenza del giusto diametro apicale aiuta a evitare fenomeni di overfilling²⁴ (figg. 16 e 17). L'overfilling, oltre a essere causa di un probabile insuccesso, può anche causare serie complicanze²⁵, come ad esempio materiali da otturazione nel seno mascellare o anche a ridosso o in contatto con il decorso del canale del nervo alveolare inferiore. I casi etichettati come "fallimenti" per la presenza di materiale oltre l'apice sono verosimilmente casi sottoriempiti, con iperestensione verticale dell'otturazione. "Sottoriempimento" si riferisce a un'otturazione che è stata eseguita in maniera inadeguata in tutte le dimensioni, senza sigillare tridimensionalmente il forame apicale²⁶ (fig. 18).



Figura 17 Radiografia di 1.6: si nota il materiale da otturazione all'interno del seno mascellare.



Figura 18 Radiografia di 2.1: si nota, dopo aver sezionato l'apice, la presenza di tre coni di guttaperca che non sigillavano tridimensionalmente il canale radicolare.

Conoscendo il diametro apicale si può scegliere un cono di guttaperca che occupi il maggior volume possibile nel canale e quindi si adatti perfettamente alle pareti canalari. In tal modo, le forze di condensazione saranno sfruttate al meglio e l'otturazione sigillerà ermeticamente il sistema canalare opportunamente deterso e disinfettato dagli irriganti²⁷. Uno studio di Simeone del 2004 sul profilo termico dell'otturazione canalare a caldo mediante l'utilizzo del System-B dimostra che per ottenere una termoplastizzazione ottimale della

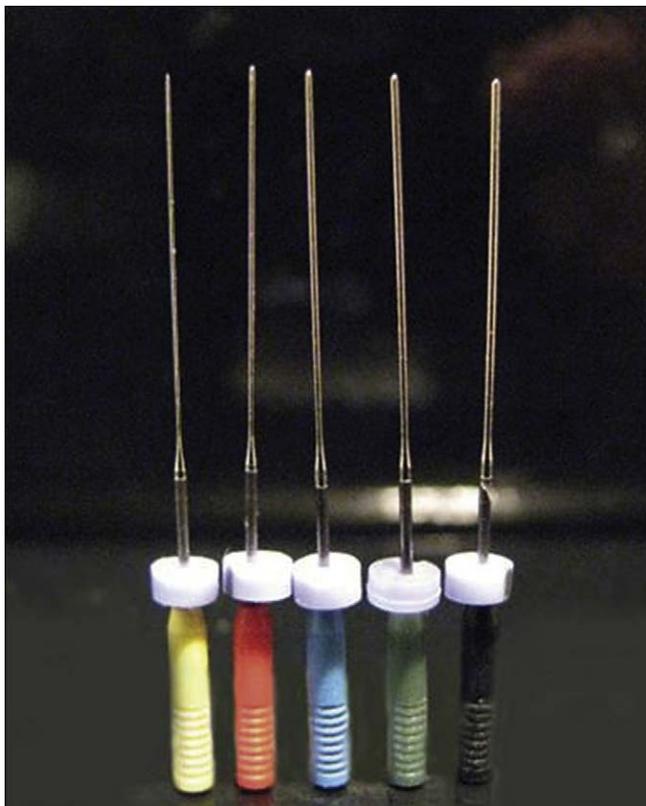


Figura 19 IG-File.



Figura 20 Radiografia postoperatoria di 4.6. Otturazione eseguita con tecnica System-B e apical gauging effettuato con IG-File: si nota l'ottimo controllo del materiale da otturazione all'interno dello spazio endodontico.

guttaperca apicale bisogna portare il portatore di calore a circa 3 mm dall'apice²⁸. Questo ci fa riflettere sull'importanza dell'esatta conoscenza del diametro apicale, in quanto, dovendo portare i portatori di calore molto vicino all'apice, un'errata valutazione dello stesso determinerebbe con elevata probabilità un overfilling. Gli strumenti impiegati oggi per la misurazione del diametro apicale sono i comuni K-file in Ni-Ti²⁷. Essendo nati per strumentare e sagomare i canali radicolari, i K-file presentano caratteristiche svantaggiose per la valutazione del diametro apicale: punta attiva, angolo di transizione con la prima lama acuto, presenza di spire e conicità del 2%. Queste caratteristiche possono portare, durante la lettura del diametro apicale, a una valutazione in eccesso o in difetto. La presenza delle spire e della conicità, anche se ridotta, può dare origine a una lettura del diametro apicale in difetto, soprattutto in presenza di curvature radicolari. Per contro, la punta attiva e l'angolo di transizione con la prima lama acuto possono far



Figura 21 Radiografia postoperatoria di 2.6. Otturazione eseguita con tecnica System-B e apical gauging effettuato con IG-File: si nota l'ottimo controllo del materiale da otturazione all'interno dello spazio endodontico.



Figura 22 Radiografia postoperatoria di 3.6. Otturazione eseguita con tecnica System-B e apical gauging effettuato con IG-File: si nota l'ottimo controllo del materiale da otturazione all'interno dello spazio endodontico.

scivolare i K-file oltre apice se utilizzati con una pressione maggiore durante la misurazione del diametro apicale, dando una lettura in eccesso.

Per quanto riguarda la misurazione del diametro apicale ottenuta per mezzo dei comuni file (K-file in Ni-Ti, Light speed)²⁷, i risultati ottenuti fino a oggi sono stati ottimi. Gli autori pensano che i nuovi file (gli IG-File), dedicati esclusivamente alla misurazione del diametro apicale, produrranno risultati ancora migliori. Di sicuro occorreranno ulteriori ricerche per confermare quanto detto, ma va sottolineato come i risultati che si stanno ottenendo con questi strumenti siano davvero notevoli. Di seguito sono riportati casi clinici in cui è stata adottata questa tecnica (figg. 20–22).

Rilevanza clinica: Per ottenere risultati sicuri e riproducibili occorre usufruire di tecniche adeguate e delle giuste tecnologie: solo così i nostri trattamenti endodontici si avvicineranno sempre più all'eccellenza.

Conflitto di interesse

Gli autori dichiarano di non aver nessun conflitto di interesse.

Finanziamento allo studio

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

Bibliografia

1. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974;18:269.
2. Franco V, Cristiano F. Irrigations in the root canals: a literature review. *GIE* 2005;19(4):262–8.
3. Ruddle CJ. Hydrodynamic disinfection "Tsunami" endodontics. *Dentistry Today* 2007;26(5):112–6.
4. Sen B, Wesselink P, Turkun M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J* 1995;28:14–8.
5. Torabinejad M, Handysides R, Khademi A, Bakland L. Clinical implications of the smear layer in endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;94:658–66.
6. Dalton BC, Orstavik D, Phillips C, Pettiette M, Trope M. Bacterial reduction with nickel-titanium rotary instrumentation. *J Endod* 1998;24(11):763–7.
7. Siqueira Jr JF, Lima KC, Magalhães FA, Lopes HP, de Uzeda M. Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *J Endod* 1999;25:332–5.
8. Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod* 1992;18:605–11.
9. Senia ES. Endodontic success: it's all about the apical third. *Roots* 2008;4(1):14–9.
10. Musikant BL, Deutsch AS. More effective endodontics than rotary Ni-Ti. *Oral Health* 2006;96(10):87–92.
11. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J* 2004;37:672–8.
12. Ferreira RB, Alfredo E, Porto de Arruda M, Silva Sousa YT, Sousa Neto MD. Histological analysis of the clearing capacity of nickel-titanium rotary instrumentation with ultrasonic irrigation in root canals. *Aust Endod J* 2004;30:56–8.
13. Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW. A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod* 2003;29:674–8.
14. Thomas JG. The science of biofilm dynamics in oral health: a paradigm shift. *Endo Tribune* 2007;2:18–21.
15. Costerton JW, Stewart PS, Greenberg EP. Bacterial biofilms: a common cause of persistent infections. *Science* 1999;284:1318–22.
16. Lambrechts P, Huybrechts B, Bergmans L. Photoactivated disinfection (PAD): paintball endodontics. *Endo Tribune* 2006;1(1):16–24.
17. Spratt DA, Pratten J, Wilson M, Gulabivala K. An in vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. *Int Endod J* 2001;34(4):300–7.
18. Walmsley AD, Williams AR. Effects of constraint on the oscillatory pattern of endodontic files. *J Endod* 1989;15:189–94.
19. Rengo S, Carano A, Giorgetti M, Simeone M, Valletta R. Ultrasuoni in endodonzia: verifica al MES. *GIE* 1990;4:29–35.
20. Sundqvist G, Figdor D. Endodontic treatment of apical periodontitis. In: Orstavik D, Pitt Ford TR, editors. *Essential endodontology*. 2nd ed., Oxford, UK: Blackwell Science Ltd; 1998. p. 242–70.
21. Mayer BE, Peters OA, Barbakow F. Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electronic microscopic study. *Int Endod J* 2002;35:582–9.
22. Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod* 2005;31:166–70.
23. Jensen SA, Walker TL, Hutter JW, Nicoll BK. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultra-

- sonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod* 1995;25:735–8.
24. Cantatore G. Obturation canalaire et préservation radriculaire. *Réalités Cliniques* 2004;15(1):33–4.
25. Gluskin Alan H. Mishaps and serious complications in endodontic obturation. *Endodontic Topics* 2005;12:52–70.
26. Castellucci A. *Endodonzia*. Bologna: Edizioni Martina; 1996. p. 488.
27. Pasqualini D, Preti R, Ambrogio P, Berutti E. Studio in vivo della misurazione del forame apicale. *GIE* 2003;17(3):125–9.
28. Simeone M, De Santis R, Panico G, Riccitiello F, Rengo S. Valutazione del profilo termico dell'otturazione canalare a caldo mediante l'utilizzo del system-B. *GIE* 2004;18(4):179–83.