



SIDOC

Società Italiana di
Odontoiatria Conservatrice

ARTICOLO DIDATTICO

Applicazioni cliniche degli ultrasuoni in endodonzia. Revisione della letteratura. Parte II. Ritrattamenti canalari ortogradi

Clinical applications of ultrasonics in endodontics. Review of the literature. Part II. Non-surgical retreatment

**Gianluca Plotino
Laura Buono
Nicola Maria Grande
Francesco Somma**

Università Cattolica del Sacro
Cuore di Roma
Istituto di Clinica
Odontoiatria
Direttore: Prof. Renzo Raffaelli
Cattedra di Endodonzia
Titolare: Prof. Francesco Somma

Corrispondenza:
Dott. Gianluca Plotino
Via Eleonora Duse, 22
00197 - Roma
Tel.: 068072289
Fax: 0688644341
e-mail: gplotino@fastwebnet.it

RIASSUNTO

Negli ultimi anni si è assistito ad un crescente sviluppo di strumenti e tecniche, che hanno notevolmente migliorato la predicibilità e la prognosi del trattamento endodontico. I maggiori vantaggi sono stati portati dall'introduzione e dallo sviluppo del microscopio operatorio e delle fonti ad ultrasuoni con numerose punte a disposizione per le diverse situazioni cliniche. Gli ultrasuoni con un *range* di frequenza in KHz sono ampiamente usati nella pratica clinica, specialmente nel campo della parodontologia, dell'endodonzia, della conservativa e della protesi. Gli ultrasuoni possono migliorare la qualità del trattamento e rappresentano un aiuto importante per risolvere i casi più complessi. Sin dalla loro introduzione in endodonzia, gli ultrasuoni sono diventati sempre più utili in molte applicazioni cliniche, quali l'apertura della cavità d'accesso, la preparazione e l'otturazione dei canali radicolari, la rimozione di ostruzioni e di materiali intracanalari, l'endodonzia chirurgica.

Da questa *review* della letteratura, risulta evidente che l'uso di diverse punte ad ultrasuoni può garantire una serie di vantaggi nella riuscita delle prestazioni endodontiche e che l'integrazione con altre moderne tecnologie, associate a materiali e tecniche migliorati, ha oggi cambiato il modo di lavorare in endodonzia. Nella seconda parte di questo lavoro verranno descritte ed approfondite le applicazioni cliniche degli ultrasuoni nella pratica endodontica durante le fasi del ritrattamento canalare per via ortograda.

Parole chiave:

Endodonzia, innovazioni, ultrasuoni.

ABSTRACT

The last years have seen an accelerating in development of techniques and tools which have dramatically improved the predictability of successful treatment outcomes. The biggest technical advantages have come from microscopes and ultrasonics. Ultrasound in the KHz frequency range is used widely in clinical dentistry. The most common uses are in the fields of periodontology, endodontics and restorative dentistry. Ultrasonics could enhance quality of treatment and represent an important adjunct to solve difficult cases. Since its introduction into endodontics, ultrasonics has become increasingly useful in a number of applications in clinical practice such as access cavity opening, cleaning, shaping and obturation of root canals, removal of intracanal materials and obstructions and endodontic surgery.

ARTICOLO
DIDATTICO

*Applicazioni cliniche degli ultrasuoni
in endodonzia. Revisione della
letteratura. Parte II. Ritrattamenti
canalari ortogradi*

It is evident from this overview that the use of different ultrasonic tips can provide several advantages in the clinical endodontic performances and that integration of specific technology, coupled with enhanced techniques and materials have totally changed the way endodontics are practiced.

In the second part of this study it will be analysed the clinical applications of ultrasonics in endodontics regarding their use during retreatment of endodontic failure. Clinicians frequently encounter endodontically treated teeth that contain obstructions such as separated instruments, silver points or posts within their roots. If endodontic treatment is failing, the need arises to remove the metallic obstruction to facilitate successful non-surgical retreatment. Ultrasonic energy has proven effective as an adjunct in removal of silver points, fractured instruments and cemented posts, because the ultrasonic tips or endosonic files may be used deep in the root canal system. Management of a case with a broken instrument may involve an orthograde or a surgical approach. The three orthograde approaches are: (a) attempt to remove the instrument; (b) attempt to bypass the instrument; and (c) prepare and obturate to the fractured segment. For teeth with intraradicular posts different bur kits were proposed to remove them, but to approach this situation preserving as possible the root structure, the use of specific ultrasonic tips under adequate magnification is indispensable. To disrupt the composite structure of a fibre posts through the action of ultrasonic vibration seems to be the safer technique in these cases. Another technique which utilize ultrasonic energy in case of intracanal obstruction is to consume the obstruction with specific ultrasonic tips. This is the case, in particular, when silver points are present inside the canals and can not be bypassed by conventional methods. When preparing post space for the placement of a root canal post, the use of ultrasound can be also helpful for removing gutta-percha without cutting dentin excessively from root canal walls. In particular when a plastic carrier is present inside the gutta-percha, using burs too much dentin could inadvertently be removed during procedure for post space preparation.

Key words:

Endodontics, innovations, ultrasonics.

INTRODUZIONE

Nella prima parte di questa revisione della letteratura, gli Autori hanno descritto le diverse applicazioni delle tecniche ultrasoniche nelle fasi di accesso all'endodonto con particolare riguardo alla rifinitura della cavità d'accesso, al reperimento degli imbocchi canalari e alla rimozione delle calcificazioni camerale, di preparazione canalare e di irrigazione e detersione del sistema dei canali radicolari. In questa seconda parte, verranno affrontate e descritte le applicazioni delle fonti e delle punte ultrasoniche nei ritrattamenti canalari e quindi nella rimozione delle ostruzioni intracanalari (strumenti fratturati, perni endocanalari, perni metallici fratturati, coni d'argento) e della guttaperca e dei *carrier* Thermafil, durante il ritrattamento o la preparazione dello spazio per il perno. La terza parte concluderà questa serie di articoli, analizzando le applicazioni degli ultrasuoni per la condensazione dei materiali endodontici come la guttaperca e il *Mineral Trioxide Aggregate* (MTA) ed in endodonzia chirurgica, dando particolare risalto alla preparazione e rifinitura cavitaria ed al posizionamento del materiale da otturazione retrograda.

RIMOZIONE DELLE OSTRUZIONI INTRACANALARI

I clinici frequentemente incontrano denti trattati endodonticamente che contengono all'interno delle loro radici ostruzioni metalliche come strumenti fratturati, coni d'argento o perni (Fig. 1). Se il trattamento endodontico è fallito, per facilitare il successo di un ritrattamento non chirurgico si presenta la necessità di eliminare le ostruzioni intracanalari che possono essere determinate da qualsivoglia tipo di materiale precedentemente utilizzato e che può risultare di difficile rimozione, sia esso metallico o meno (Fig. 2). Esistono un grande numero di tecniche di rimozione (Johnson & Beatty, 1988; Hulsmann, 1993), incluso l'uso di una varietà di frese appropriate (Fors & Berg, 1986), pinze specifiche (Weisman, 1983), strumenti ad ultrasuoni in contatto diretto o indiretto (Meidinger & Kabes, 1985; Glick & Frank, 1986; Chenail & Teplisky, 1987; Stamos et al., 1988), tecniche di preparazione periferica in presenza di solventi, chelanti, o irriganti (Hulsmann, 1990a), sistemi di microtubi che utilizzano tecniche meccaniche ed adesive (Springs et al., 1990), diversi strumenti ed estrattori (Masserann, 1986; Gettleman et al., 1991; Roig-Greene, 1983).



Fig. 1. Ritrattamento di un secondo molare superiore con due frammenti di lentulo nei canali vestibolari ed un perno filettato nella porzione coronale del canale palatino (a). Radiografia dopo la rimozione degli ostacoli intracanalari (b). I frammenti e il perno sono stati rimossi mediante l'uso di punte a ultrasuoni (c).

Retreatment of an upper second molar with two lentulo spirals fractured in the mesio-buccal and disto-buccal root canals and a stainless steel post screwed in the coronal portion of the palatal canal (a). Rx film after the removal of the obstructions (b). Lentulo spirals and metallic post were removed by the use of ultrasonic burs (c).

ARTICOLO
DIDATTICO

Applicazioni cliniche degli ultrasuoni
in endodonzia. Revisione della
letteratura. Parte II. Ritratamenti
canalari ortogradi

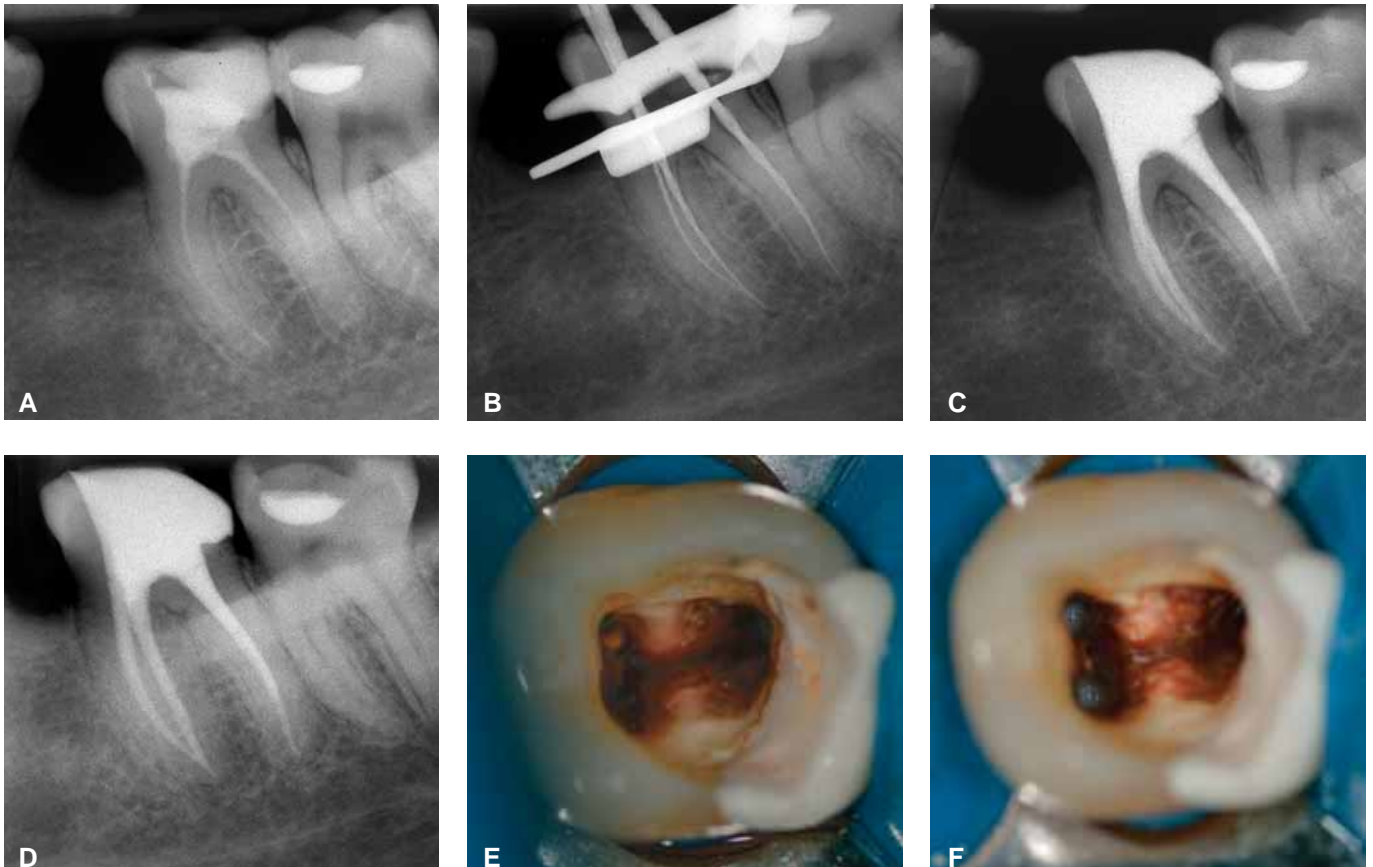


Fig. 2. Ritratamento di un secondo molare inferiore con trattamento endodontico incompleto e periodontite apicale acuta (a). Rx intraoperatoria alla fine delle fasi di preparazione canalare con gli strumenti posizionati alla lunghezza di lavoro (b). Otturazione dei canali radicolari effettuata in una seduta, con completo riempimento del sistema endodontico (c). La confluenza dei canali mesiali a livello apicale si apprezza maggiormente attraverso la proiezione radiografica (d). Il pavimento della camera pulpale all'inizio del trattamento; il vecchio materiale da otturazione risulta di difficile rimozione e l'uso delle punte ad ultrasuoni ne permette una rimozione efficace e sicura (e). Pavimento della camera pulpale dopo le fasi di preparazione e detersione (f).

Retreatment of a lower second molar with an incomplete endodontic treatment and acute apical periodontitis (a). Intra-operative rx after cleaning and shaping of the root canal system; the files are placed at the working length (b). Root canal filling completed in a single visit, showing the complete sealing of the root canal system (c). The apical confluence of the mesial canals is showed in this different projection (d). Pulp chamber floor in the early phases of the treatment; the cement used in the old filling was difficult to remove and the use of ultrasonic tips and files permitted to safely remove it and to clean the root canal system (e). Pulp chamber floor after the cleaning and shaping procedures (f).

L'energia ultrasonica si è dimostrata efficace nel facilitare la rimozione dei coni d'argento, strumenti fratturati e perni cementati, come descritto da studi a partire dal 1981 (Gaffney et al., 1981). Inoltre, è stata spesso utilizzata per la rimozione di strumenti rotti, perché le punte ad ultrasuoni o i *file* endosonici possono essere usati in profondità nel sistema dei canali radicolari (Souyave et al., 1985). Infatti l'utilizzo di apparecchi ultrasonici non è limitato dalla posizione del frammento nel canale radicolare o del dente coinvolto (Nagai et al., 1986).

La prognosi di questi casi dipende principalmente dalla condizione pre-operatoria dei tessuti periapicali (Grossman, 1968; Crump & Natkin, 1970). Per queste ragioni un tentativo per rimuovere gli strumenti fratturati dovrebbe essere intrapreso in ogni caso (Hulsmann, 1994).

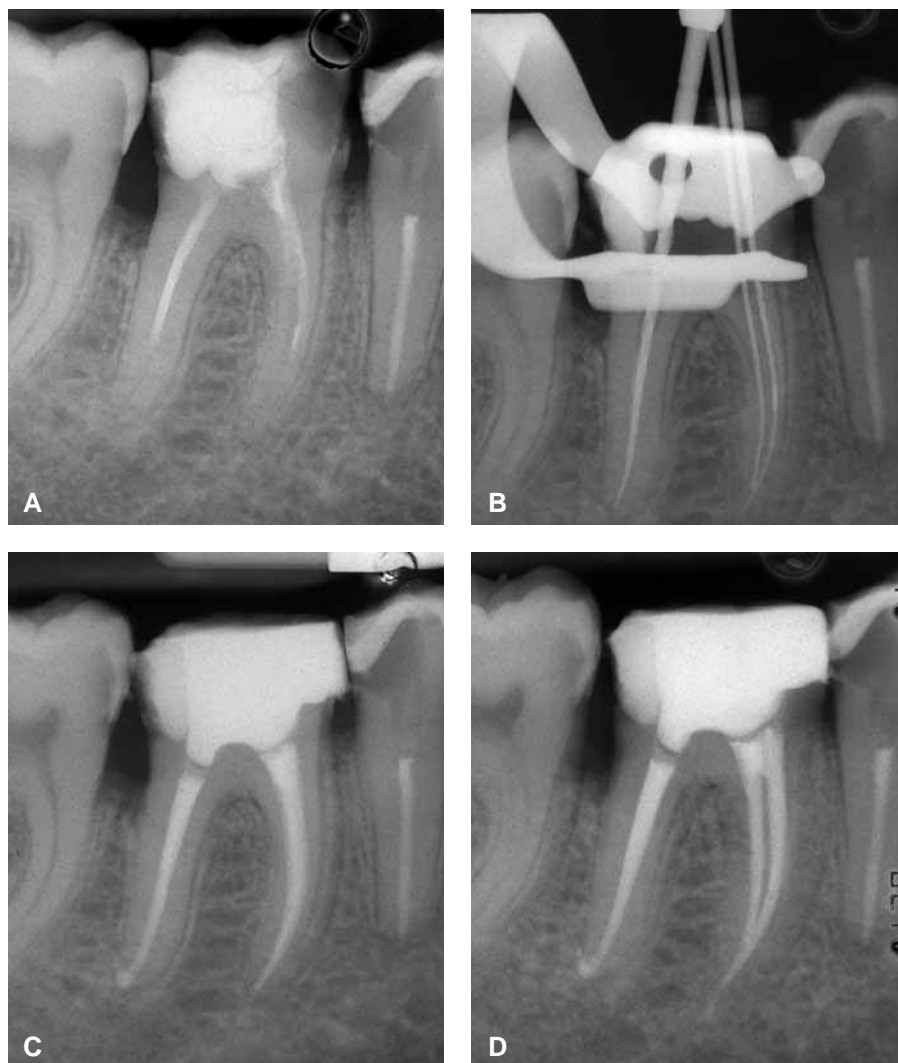


Fig. 3. Ritratamento di un primo molare inferiore con trattamento endodontico incompleto e un frammento di strumento endodontico fratturato nel canale linguale della radice mesiale (a). Il frammento è stato by-passato ed il canale è stato negoziato fino al termine (b). Otturazione dei canali radicolari in due diverse proiezioni (c, d).

Retreatment of a lower first molar with an incomplete endodontic treatment and a fragment separated in the lingual canal of the mesial root (a). The fragment was by-passed and the canal was negotiated till the apex (b). Filling of the root canals in two different projections (c, d).

Strumenti fratturati

La gestione di un caso con uno strumento fratturato può includere un approccio ortogrado o chirurgico. I tre approcci ortogradi sono: (a) tentativo di rimuovere lo strumento; (b) tentativo di by-passare lo strumento; (c) preparare e otturare sino al segmento fratturato (Ward et al., 2003b).

La rimozione degli strumenti fratturati dai canali radicolari nella maggior parte

Quando queste ostruzioni possono essere rimosse generalmente, si ha il successo di un trattamento o di un ritratamento (Hulsmann & Schinkel, 1999). Se uno strumento può essere rimosso o by-passato e il canale può essere pulito e otturato correttamente, l'endodonzia non chirurgica rappresenta l'approccio più conservativo (Nehme, 2001) (Fig. 3). La rimozione di un ostacolo da un canale radicolare deve essere eseguita con il minimo danno al dente coinvolto ed ai tessuti circostanti (Fors & Berg, 1983). Se troppa struttura dentale viene distrutta durante la rimozione di un ostacolo, ciò complicherà l'aspetto restaurativo e diminuirà molto probabilmente la prognosi complessiva.

Sebbene sia possibile rimuovere molti di questi frammenti, un certo numero sarà impossibile da rimuovere a causa di un accesso limitato (Ward et al., 2003a). L'ostacolo di solito impedisce l'accesso all'apice radicolare e ciò può influire sull'abilità dell'operatore di preparare adeguatamente, disinfettare e otturare l'intero sistema dei canali radicolari.

In ogni tentativo di rimozione di un ostacolo intracanalare, un accesso rettilineo è essenziale ed è un primo passo per permettere la massima visibilità del frammento metallico (Ruddle, 2002). Perciò, l'uso del microscopio operatorio è essenziale per avere una visione diretta ed una migliore illuminazione (Fig. 4).

L'abilità e l'esperienza dell'operatore giocano una parte importante nel successo e nella sicurezza della tecnica di rimozione di questi ostacoli. Il perfetto uso di queste tecniche deve essere appreso prima di intraprendere l'applicazione clinica.

ARTICOLO
DIDATTICO

*Applicazioni cliniche degli ultrasuoni
in endodonzia. Revisione della
letteratura. Parte II. Ritrattamenti
canalari ortogradi*

dei casi è difficile e spesso disperata (Hulsmann, 1990b). Sebbene siano state usate diverse tecniche e strumenti, non esiste ad oggi una procedura standardizzata per una rimozione sicura e di buon esito degli strumenti fratturati (Feldman et al., 1974; Shen et al., 2004). Queste tecniche hanno mostrato solo un successo limitato, mentre causano spesso un danno considerevole alla radice residua (Hulsmann & Schinkel, 1999; Shen et al., 2004).

I rischi di queste tecniche includono l'eccessiva perdita di dentina canalare, la formazione di gradini, la perforazione e l'estrusione del frammento dello strumento fratturato fuori l'apice. A causa di questi limiti, molte tecniche non possono essere usate in canali stretti e curvi (Hulsmann & Schinkel, 1999), anche se i recenti progressi tecnologici in endodonzia hanno permesso lo sviluppo di tecniche e mezzi disegnati specificatamente per una sicura rimozione di strumenti fratturati dalle porzioni profonde dei canali stretti e curvi (Ward, 2003). L'aggiunta del microscopio operatorio che assicura una migliore visibilità e l'ingrandimento ha aiutato lo sviluppo di queste nuove tecniche.

Diverse metodiche sono state descritte negli scorsi anni per rimuovere gli strumenti fratturati dai canali radicolari (Fors & Berg, 1983; Nagai et al., 1986; Gilgert & Rice, 1987; Hulsmann, 1990b; Hulsmann, 1994; Ruddle, 1997; D'Arcangelo et al., 2000; Ward et al., 2003a). Ogni singolo caso può richiedere diversi approcci per rimuovere gli strumenti fratturati e probabilmente tale rimozione è influenzata più da fattori anatomici che dalle specifiche tecniche usate (Hulsmann & Schinkel, 1999; Shen et al., 2004) (Fig. 5).

Ruddle (1997, 2002) ha descritto una tecnica per la rimozione di strumenti fratturati. La sequenza delle fasi per la rimozione viene descritta qui di seguito. Una radiografia per identificare il canale e la localizzazione dello strumento fratturato è sempre raccomandata. Dopo aver creato un accesso rettilineo a tutti i canali, viene eseguito l'accesso radicolare sino all'ostruzione. Se l'accesso radicolare è limitato, vengono usati file in nichel-titanio rotanti o file manuali per creare uno spazio sufficiente a introdurre con sicurezza le frese di Gates-Glidden nell'imbocco del canale. Queste frese vengono successivamente utilizzate con movimento di *brushing* per creare uno spazio aggiuntivo e permettere la massima visibilità dell'ostruzione. Se l'ostruzione non può essere direttamente visualizzata neanche con l'utilizzo di sistemi di ingrandimento, non è raccomandabile proseguire la procedura di rimozione del file perché sarebbe molto probabile incorrere in una perforazione o in un più esteso danno radicolare.

Una volta preparato l'accesso radicolare, deve essere creata una sorta di "piattaforma" circolare sull'aspetto coronale dell'ostruzione. La punta di una fresa di Gates-Glidden viene tagliata usando una fresa diamantata a fessura per preparare un'estremità appiattita a livello del massimo diametro trasversale della Gates (Fig. 6). Quindi, queste frese di Gates modificate vengono introdotte nel canale a 300 rpm e portate giù fino a che non vengono leggermente in contatto con la porzione più coronale del frammento. Generalmente una GG n° 3 o 4 è necessaria per creare



Fig. 4. L'utilizzo del microscopio operatorio favorisce la visione diretta del frammento fratturato ed assicura una migliore illuminazione (Per gentile concessione del Dott. Vincenzo Lamorgese).

The use of the operative microscope permits to directly see the fractured fragment and to have an optimal illumination (Courtesy Dr. Vincenzo Lamorgese).

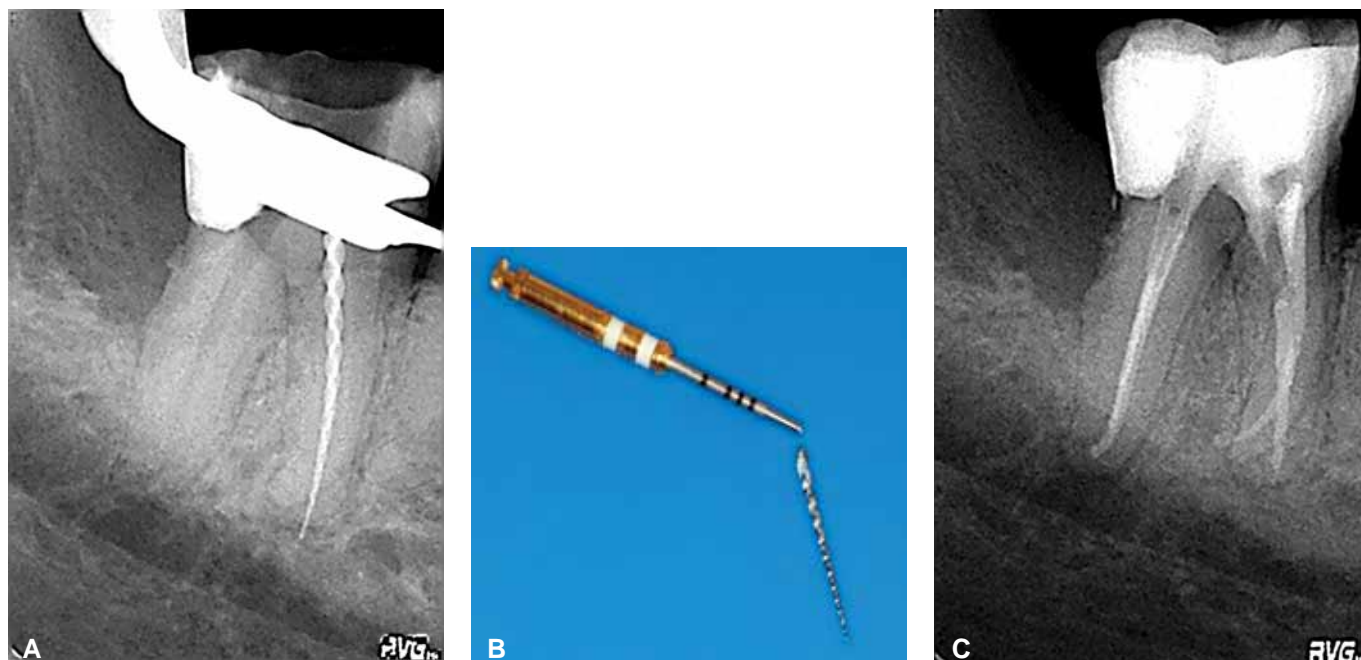


Fig. 5. Strumento in Ni-Ti separato per tutta la lunghezza della sua parte lavorante nel canale vestibolare della radice mesiale di un secondo molare inferiore (a). Il frammento è stato rimosso (b) e i canali radicolari sono stati preparati ed otturati tridimensionalmente (c).

Ni-Ti rotary instrument separated in the buccal canal of the mesial root of a second lower molar (a). The fragment was removed (b) and the root canals were successfully cleaned, shaped and filled.

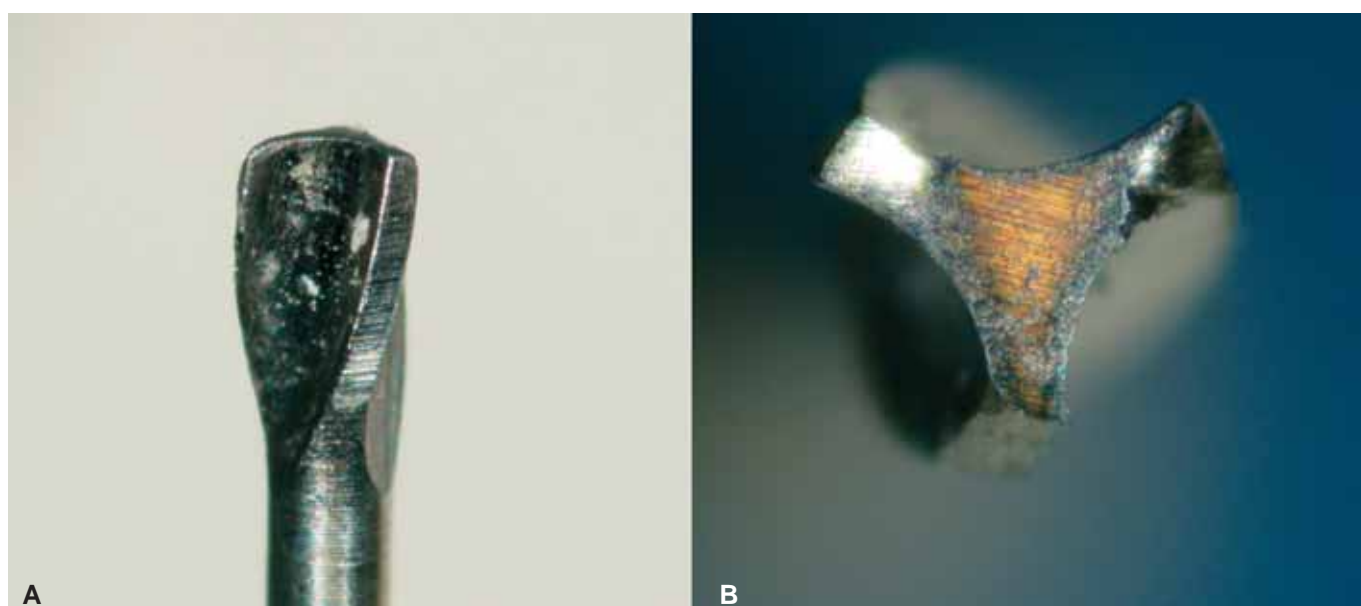


Fig. 6. Fresa di Gates-Glidden modificata per sezione trasversale al suo massimo diametro in visione laterale (a) e assiale della superficie di taglio (b). L'uso di questo strumento permette la creazione di una piattaforma coronalmente al frammento fratturato all'interno di canali radicolari.

Gates Glidden bur modified by cutting it at the maximum diameter from a lateral (a) and axial view (b). It permits to create a platform at the head of the fractured fragment.

ARTICOLO DIDATTICO

Applicazioni cliniche degli ultrasuoni in endodonzia. Revisione della letteratura. Parte II. Ritrattamenti canalari ortogradi

un accesso sufficiente a permettere ad una punta ad ultrasuoni di agire in maniera circumferenziale sul frammento fratturato. Nel rimuovere uno strumento fratturato, una punta sottile a forma di *spreader* lavora in modo ideale. La punta ad ultrasuoni deve essere attivata alla più bassa potenza possibile e utilizzata a secco. Ciò permette al clinico di avere una visuale costante della punta e del frammento. L'assistente assicurerà un continuo soffio d'aria per rimuovere i detriti dal campo operatorio e raffreddare la punta. La punta scelta viene usata in rotazione antioraria attorno al frammento, rimuovendo dentina e cercando di esporne la porzione più coronale. Una volta che questo è avvenuto, bisogna fare una azione di leva tra il frammento e la parete canalare per cercare di liberarlo e rimuoverlo. L'utilizzo in combinazione di una soluzione di ipoclorito di sodio sembra poter agevolare la rimozione finale del frammento fratturato (Ward et al., 2003b).

Questa tecnica si è dimostrata molto efficace nella rimozione di strumenti fratturati da canali stretti e curvi quando parte del frammento è localizzata nella porzione rettilinea del canale e può essere visualizzata e approssiata direttamente (Ward et al., 2003b). Quando invece il frammento è localizzato interamente dietro una curvatura, la percentuale di successo dei tentativi di rimozione è nettamente inferiore e maggiore è la possibilità di creare danni alla radice. L'impossibilità di vedere direttamente lo strumento e la difficoltà di creare un accesso e di utilizzare gli ultrasuoni lungo una curvatura contribuiscono alla mancanza di successo nella rimozione dei frammenti in questi casi (Nagai et al., 1986; Hullsmann & Schinkel, 1999; Ward et al., 2003a).

Una volta preparata la "piattaforma" al livello della porzione coronale del frammento, possono essere utilizzati anche altri approcci. Una tecnica si basa su di una procedura di rimozione a due fasi (D'Arcangelo et al., 2000): strumentazione manuale per by-passare completamente o parzialmente i frammenti rotti e un dispositivo ad ultrasuoni per liberarli.

Gli ultrasuoni sembrano essere più efficaci quando i frammenti sono by-passati con uno o più strumenti sottili in acciaio manovrati a mano (Ingle & Beveridge, 1976). Un *K-File* montato su manipolo ad ultrasuoni non può essere usato per by-passare gli strumenti rotti perché è uno strumento che taglia troppo e può produrre una perforazione accidentale o uno *stripping* delle pareti canalari. Gli strumenti rotti devono essere by-passati da un *K-File* in acciaio usato a mano, ed è necessario confermare il superamento del frammento con una radiografia. I *file* manuali sono inseriti nel canale radicolare sino al termine occlusale dello strumento rotto. Un piccolo spazio viene così ottenuto tra il frammento rotto e la dentina della parete canalare utilizzando *K-Files* #20 o #25. I *K-Files* più sottili di #20 o #25 sono troppo flessibili per ottenere dei risultati predicibili. Durante questa procedura, delle radiografie vengono scattate per seguire la progressione dello strumento e prevenire perforazioni. Con strumenti di taglia decrescente: #15, #10, #.08 è poi possibile avanzare lungo lo strumento rotto. Soluzioni di ipoclorito di sodio e EDTA sono alternativamente usate come irriganti canalari. Quando il frammento è completamente by-passato o almeno metà dello strumento viene superata, viene usato un *K-File* di #20 o #25; poi un *K-File* #15, montato su di un manipolo ad ultrasuoni, viene inserito nel canale radicolare tra il frammento e la parete per penetrare lungo il frammento rotto, e viene attivato. È necessario usare *file* montati su manipolo ad ultrasuoni che siano più sottili degli ultimi *file* manuali usati per ridurre il rischio di perforazioni canalari. I *file* montati su manipolo ad ultrasuoni non vogliono andare a preparare il canale radicolare ma a mobilizzare il frammento rotto dalla dentina con l'uso delle vibrazioni. Il *file* ad ultrasuoni viene gentilmente spinto su e giù per 1 o 2 mm tra il frammento e la parete canalare e lo strumento fratturato viene di solito mobilizzato grazie alle vibrazioni ultrasoniche del *file* attivato. Il frammento rotto può poi essere lavato via dagli irriganti.

Nel caso in cui il frammento può essere solo parzialmente by-passato e la parete dentinale è abbastanza spessa, una punta ad ultrasuoni può essere usata in movimento anti-orario, rimuovendo la dentina intorno al frammento, che potrebbe così essere portato via dalla vibrazione ultrasonica (Shen et al., 2004) (Fig. 7). Alcune limitazioni si possono notare usando queste tecniche in canali stretti e curvi (Ward et al., 2003a). In primo luogo, l'uso del microscopio operatorio è essenziale se si lavora in profondità all'interno di un canale stretto. Senza la visuale diretta e la maggiore illuminazione garantita dal microscopio, è probabilmente impossibile rimanere centrati all'interno del canale, divenendo così molto probabile il rischio di una perforazione o di un eccessivo allargamento del canale. Questo si può verificare durante la preparazione della 'piattaforma' con le frese di Gates-Glidden (Wu et al., 2005) o con le punte ad ultrasuoni. La visione diretta è essenziale anche per massimizzare il successo, perché le punte ad ultrasuoni sono più efficaci se usate lungo lo strumento fratturato. Senza il microscopio è frequente la possibilità di contattare la sommità dello strumento rotto e spinger-

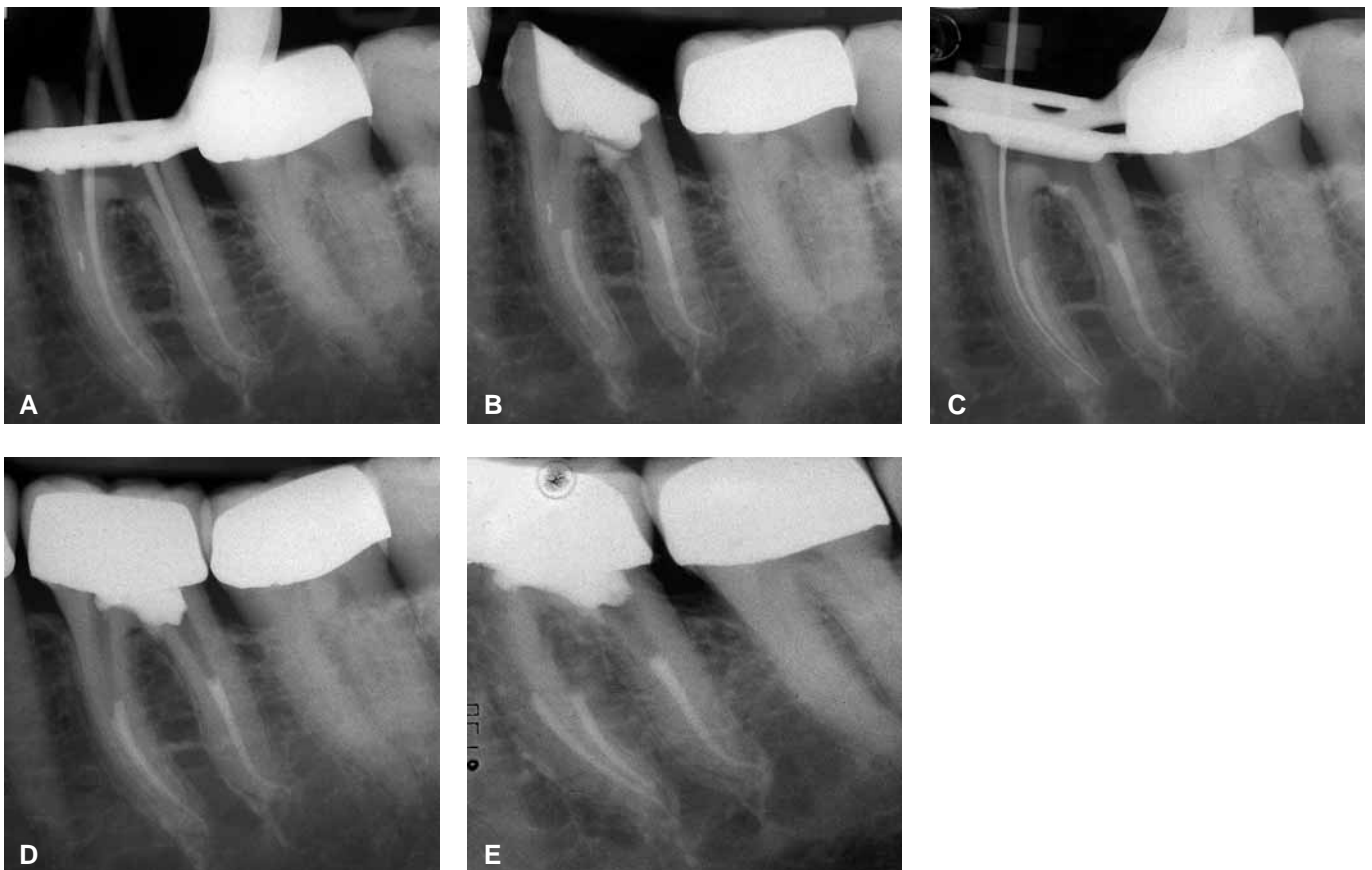


Fig. 7. Frammento di strumento endodontico fratturato nel terzo medio del canale mesio-linguale del primo molare inferiore (a). Otturazione dei canali mesio-vestibolare e distale e otturazione della perforazione del pavimento della camera pulpale adiacente all'orifizio distale (b). Il frammento è stato rimosso ed il canale è stato negoziato fino al termine apicale (c). Differenti proiezioni della chiusura dei canali radicolari (d, e)

Fragment fractured in the middle-coronal portion of the mesio-lingual root canal of a first mandibular molar (a). Filling of the mesio-buccal and distal canals and of the perforation of the pulpal floor adjacent to the distal orifice (b). The fragment was removed and the canal was negotiated till the apex (c). Filling of the mesio-lingual canal in two different projections (d, e).

**ARTICOLO
DIDATTICO**
**Applicazioni cliniche degli ultrasuoni
in endodonzia. Revisione della
letteratura. Parte II. Ritrattamenti
canalari ortogradi**

lo ulteriormente nel canale. Lavare con attenzione e asciugare il campo operatorio è anche importante per mantenere la visibilità durante l'intera procedura operatoria e prevenire incidenti. Inoltre, la creazione di una 'piattaforma' viene ritenuta essenziale per lavorare circumferenzialmente intorno all'estremità coronale del frammento dello strumento. Senza di questa sarebbe molto difficile lavorare lungo il frammento e, per errore, questo potrebbe essere spinto ulteriormente in profondità nel canale. Le piccole punte dovrebbero essere usate a secco, a bassa potenza, per lavorare attorno al frammento. Se usata ad alta potenza, la punta si frattura rapidamente e il frammento può essere spesso rotto in pezzi più piccoli, piuttosto che essere rimosso. Infatti, in confronto all'acciaio inossidabile, il Ni-Ti risponde diversamente alla vibrazione ad ultrasuoni. Una vibrazione ad ultrasuoni diretta può causare una frattura del Ni-Ti nel punto di contatto con la punta. Perciò, l'applicazione della vibrazione deve essere fatta con cura se si tenta di rimuovere frammenti in Ni-Ti (Shen et al., 2004). Quando si lavora all'asciutto, l'azione raffreddante dell'acqua e del getto d'aria è importante e può anche essere un aiuto alla procedura di rimozione, poiché il frammento potrebbe anche essere portato via direttamente dal getto d'acqua.

Un altro importante suggerimento è chiudere gli orifizi degli altri canali con un *pellet* di cotone, ad esempio, prima di attivare gli strumenti per la rimozione, al fine di evitare che il frammento, una volta rimosso, possa scivolare all'interno di un altro canale.

Perni endocanalari

I denti con perni endocanalari che necessitano di un trattamento endodontico continuano a rappresentare una sfida per i clinici. Il ritrattamento endodontico non chirurgico in denti restaurati con perni ha suscitato interesse per le difficoltà che riguardano la loro rimozione senza indebolire eccessivamente l'elemento, creare perforazioni o fratture della struttura radicolare (Stamos & Gutmann, 1993; Berbert et al., 1995a; Berbert et al., 1995b; Altshul et al., 1997).

L'insorgenza degli ultrasuoni e la loro applicazione in endodonzia ha aiutato i clinici in una più conservativa rimozione dei perni con poca perdita di sostanza dentale e danno radicolare (Krell et al., 1986; Chenail & Teplitsky, 1987; Castrosos & Abbot, 2002; Hauman et al., 2003).

Tutta una serie di studi in letteratura ha posto l'attenzione sulla rimozione di perni metallici, anche se il ritrattamento di perni in fibra cementati nel canale radicolare con sistemi di adesivi rappresenta una delle difficoltà maggiori in caso di fallimento del trattamento endodontico. Differenti tipi di frese sono stati proposti per rimuovere le fibre rimaste (de Rijk, 2000; Gesi et al., 2003), ma per avvicinare questa evenienza clinica, preservando il più possibile la struttura radicolare, è indispensabile l'uso di punte ultrasoniche e di un adeguato ingrandimento. Demolire la struttura composita dei perni in fibra con l'uso degli ultrasuoni sembra essere la migliore tecnica in questi casi. L'azione degli ultrasuoni dovrebbe consumare le fibre longitudinali e la matrice resinosa del perno, in modo da abradere per la sua interezza (Fig. 8). I perni bianchi estetici sono più difficili da ritrattare: il loro colore è più simile a quello della dentina e spesso indistinguibile da essa. Ciò può comportare la perdita dell'asse del canale radicolare e creare errori iatrogeni. Per questo motivo i perni in fibra di carbonio dovrebbero essere più semplici da rimuovere, conducendo l'operatore nella traiettoria giusta all'interno del canale radicolare per il loro colore più scuro. Durante tale procedura è importante operare all'asciutto per assicurare una visione diretta della punta ultrasonica e della porzione coronale del perno. Se si lavora all'asciutto sono però indispensabili il raffreddamento con aria e getti di acqua che rimuovano i residui del perno sfibrato e della dentina per assicurare una visuale migliore. Per il successo della terapia, è importante rimuovere l'intero materiale composito uti-



SIDOC
Società Italiana di
Odontoiatria Conservatrice

ARTICOLO DIDATTICO

Applicazioni cliniche degli ultrasuoni in endodonzia. Revisione della letteratura. Parte II. Ritrattamenti canalari ortogradi

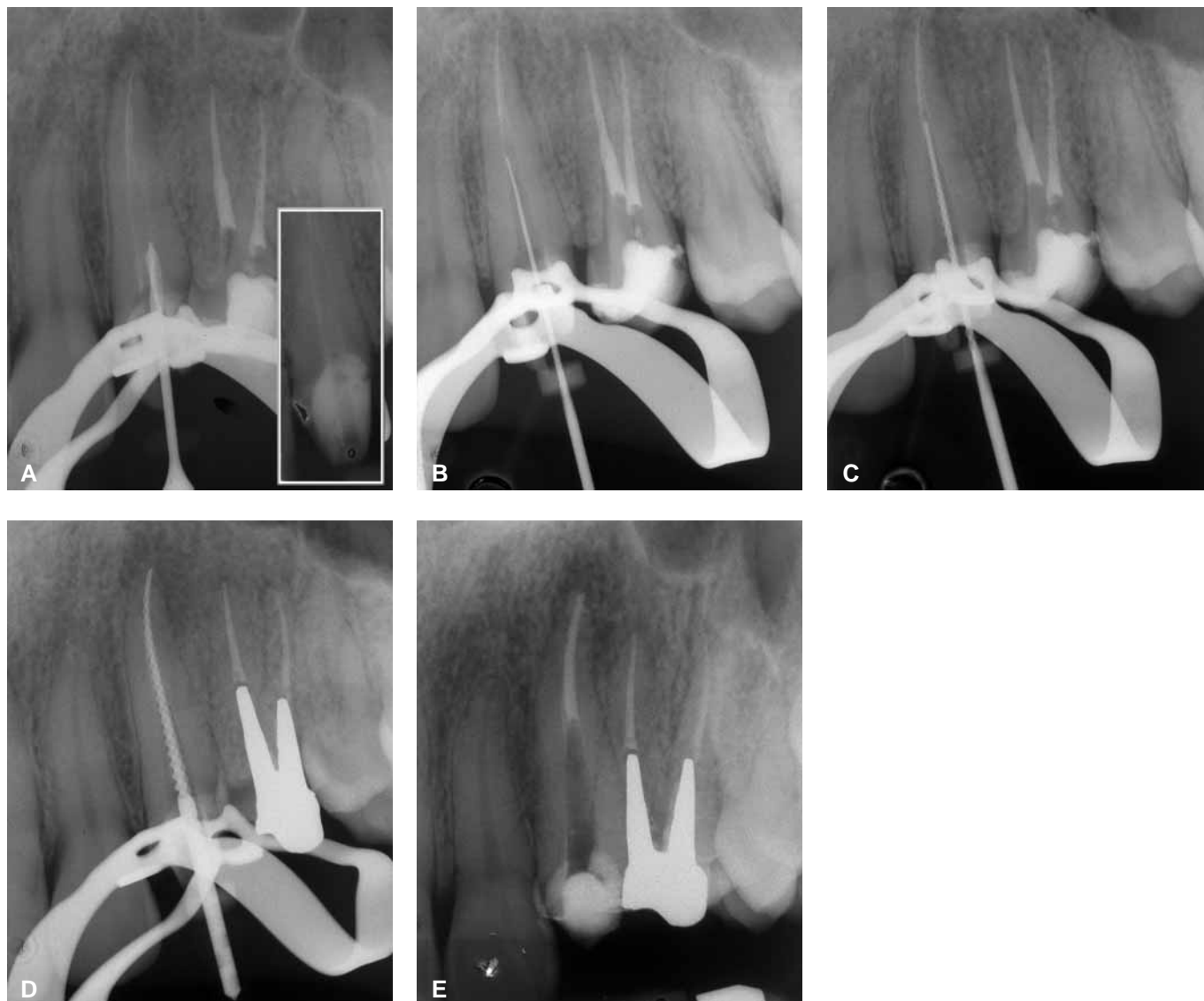


Fig. 8. Ritrattamento di un canino superiore con periodontite apicale cronica (a). Nel box si può notare la porzione coronale ricostruita con *core* in composito sostenuto da un perno in fibra di carbonio cementato profondamente all'interno del canale. La fresa rotante ci indica l'asse da seguire con le punte a ultrasuoni, utili nella rimozione di questo tipo di restauro intracoronale (a). Proseguendo nella rimozione del perno e del cemento composito adeso alle pareti canalari è consigliabile eseguire delle lastre intraoperatorie per assicurarsi di rimanere centrati lungo l'asse del canale (b, c). La completa rimozione del perno in fibra e dell'agente cementante ha permesso la preparazione del terzo apicale (d) e l'otturazione tridimensionale (e).

Retreatment of an upper cuspid with chronic apical periodontitis (a). It's possible to note the composite core retained by the carbon fiber post (box). Largo bur indicates the root canal axis that must be followed during the removal of the intracoronale restoration using ultrasonic tips (a). During the different phases of the disassembling it's useful to take intraoperative radiographs to maintain the original root canal axis (b, c). Complete removal of the fiber post and cementing agents permitted the apical preparation (d) and obturation (e).

lizzato nelle procedure di cementazione. Se la procedura adesiva era stata fatta ad arte, è spesso difficile distinguere il composito attaccato alle pareti dentinali. Per rimuovere tale materiale dovrebbe essere usato un sistema di ingrandimento per guidare la punta ultrasonica selettivamente sul composito rimasto adeso alla dentina.

ARTICOLO
DIDATTICO

*Applicazioni cliniche degli ultrasuoni
in endodonzia. Revisione della
letteratura. Parte II. Ritrattamenti
canalari ortogradi*

Anche nel caso di presenza di composito all'interno del canale senza perno, spesso è difficile distinguere questo materiale dalla dentina. In questo caso, per rimuovere selettivamente tale materiale spingendo la punta ad ultrasuoni sul composito, questa lascia dei segni scuri sul materiale che indicano la presenza del composito e non della dentina, guidandoci quindi nella rimozione selettiva. La necessità di consumare i perni è dovuta al fatto che la natura viscoelastica del composito potrebbe attutire le vibrazioni ed assorbire energia (Buoncristiani et al., 1994). La conduttanza delle forze vibratorie all'interno del perno è proporzionale al quadrato del modulo elastico del materiale costitutivo del perno (Jaeger, 1962). I perni in fibra, che hanno modulo di elasticità inferiore rispetto a quelli in acciaio e in titanio (O'Brien, 1989; Lassila et al., 2004), potrebbero trasmettere le vibrazioni in modo meno efficiente (Hauman et al., 2003). Quindi, la combinazione rappresentata da un perno di materiale a basso modulo e dalla resina composita per cementare, potrebbe ridurre l'efficacia degli ultrasuoni nella rimozione del perno (Hauman et al., 2003).

Molte tecniche e strumenti sono stati descritti per rimuovere i perni (Castrisio & Abbott, 2002). Le tecniche più popolari sono rappresentate dall'utilizzo di frese particolari, di apparecchi che molano i perni in modo da poterli estrarre e dall'utilizzo degli ultrasuoni (Williams & Bjorndal, 1983; Bando et al., 1985; Shemen & Cardasi, 1985; Masserann, 1986; Cheuk & Karam, 1988; Machtou et al., 1989; Stamos & Gutmann, 1993; Parreira et al., 1994; Altshul et al., 1997).

Molti studi hanno dimostrato il fatto che le vibrazioni ultrasoniche facilitano la rimozione dei perni, conservando la struttura radicolare e diminuendo la possibilità di fratture e perforazioni (Gaffney et al., 1981; Krell et al., 1986; Buoncristiani et al., 1994; Berbert et al., 1995a; Berbert et al., 1995b; Johnson et al., 1996; Altshul et al., 1997). Vari studi hanno dimostrato dopo vibrazione ultrasonica una diminuzione della forza necessaria per la rimozione dei perni intraradicolari cementati (Gaffney et al., 1981; Krell et al., 1986; Buoncristiani et al., 1994; Berbert et al., 1995a; Berbert et al., 1995b; Johnson et al., 1996; Altshul et al., 1997; Yoshida et al., 1997; Gomes et al., 2001; Smith, 2001; Dixon et al., 2002). La distruzione dell'agente cementante è il meccanismo per cui l'azione degli ultrasuoni è così efficace (Johnson et al., 1996).

Altri studi invece non hanno trovato alcuna differenza nella facilità di rimozione vibrando perni in metallo con gli ultrasuoni (Bergeron et al., 2001; Chandler et al., 2003; Hauman et al., 2003). Bergeron et al. (2001) hanno suggerito che la produzione del calore potrebbe essere responsabile dell'aumentata ritenzione dopo la vibrazione con gli ultrasuoni. Come per i perni in fibra, Bergeron et al. (2001) e Hauman et al. (2003) hanno ipotizzato che il basso modulo di elasticità del titanio possa essere responsabile della ridotta efficacia degli ultrasuoni nel diminuire la forza di ritenzione del perno.

La tecnica ultrasonica implica l'iniziale rimozione del materiale da restauro e del cemento intorno alla porzione coronale del perno, seguita dall'applicazione della punta ad ultrasuoni sul perno stesso (Fig. 9). L'energia ultrasonica è trasferita al perno e rompe il cemento fino a sgretolarlo. Questo metodo di rimuovere il perno minimizza la perdita di struttura dentaria e diminuisce il rischio di danni iatrogeni.

È raccomandabile raffreddare la punta ad ultrasuoni con acqua e spray, altrimenti il manipolo e la punta ad ultrasuoni potrebbero diventare molto caldi e di conseguenza scaldare eccessivamente il perno che potrebbe trasferire questo calore al legamento parodontale. C'è l'evidenza in studi *in vitro* che l'applicazione di ultrasuoni su perni metallici, sebbene con la massima irrigazione, possa portare a un rapido incremento della temperatura sulla superficie radicolare e danneggiare le cellule del legamento parodontale (Satterthwaite et al., 2003).

Si è potuto notare, analizzando altri studi, che appena prima che il perno sia com-



Fig. 9. Secondo premolare superiore con due viti metalliche nei canali e core ricostruito in composito (a). Il composito coronale è stato eliminato per liberare la testa dei perni (b). L'accesso ai canali radicolari è stato ottenuto ruotando le viti in senso antiorario con una punta ad ultrasuoni (c). Immagine dei perni estratti (d).

Maxillary second premolar with two metallic posts and resin composite core (a). The resin composite was eliminated with diamond burs to expose the posts (b). The access to the root canals was gained using ultrasonic tip by rotating the posts in counter-clockwise motion (c). Image of the metallic obstructions removed (d).

ARTICOLO
DIDATTICO

*Applicazioni cliniche degli ultrasuoni
in endodonzia. Revisione della
letteratura. Parte II. Rittrattamenti
canalari ortogradi*

pletamente libero all'interno del canale, questo comincia a ruotare e a vibrare rapidamente (Dixon et al., 2002).

Quando ci sono perni avvitati all'interno del canale, questi dovrebbero essere rimossi con rotazione antioraria (Fig. 10). La relativa facilità di uso degli ultrasuoni con perni paralleli e preformati è legata probabilmente al disegno di questi perni; infatti è improbabile che questi si adattino bene al terzo coronale della maggior parte dei canali radicolari. Ciò permette un facile sfaldamento del cemento nel terzo coronale e di conseguenza uno spostarsi del punto di fulcro verso l'apice del perno. Poiché il fulcro si sposta apicalmente, le vibrazioni incominciano a smuovere il perno partendo da questo punto all'interno dello spazio creato nel terzo coronale. Questo movimento aiuta a distruggere il cemento verso la parte apicale del perno insieme all'azione causata dalle vibrazioni ultrasoniche. Questi sono gli effetti diretti e indiretti delle vibrazioni.

Gli ultrasuoni sono usati dai clinici anche per rimuovere il cemento intorno al perno con punte molto sottili. L'uso di frese o di ultrasuoni per rimuovere sia la struttura dentale che materiale dal perno, potrebbe portare all'indebolimento della radice o ad altre disavventure come perforazioni o fratture radicolari. Quando il perno non è particolarmente adatto allo spazio del canale o quando è possibile sondare intorno al perno con degli strumenti o *file*, le vibrazioni ultrasoniche sono un aiuto molto efficace per la rimozione dei perni cementati. Anche se il perno è ben adattato al canale ma una notevole porzione si estende fuori dall'imbocco canalare, una pinza emostatica o un altro dispositivo simile possono essere usati per trasferire l'energia ultrasonica allo spazio canalare facendo contemporaneamente tentativi di estrazione del perno (Fig. 11). Tuttavia, nel caso in cui il perno sia in intimo rapporto con il canale per una lunghezza e un diametro adeguati e la parte coronale del perno sia poco accessibile per essere afferrata, gli effetti delle vibra-

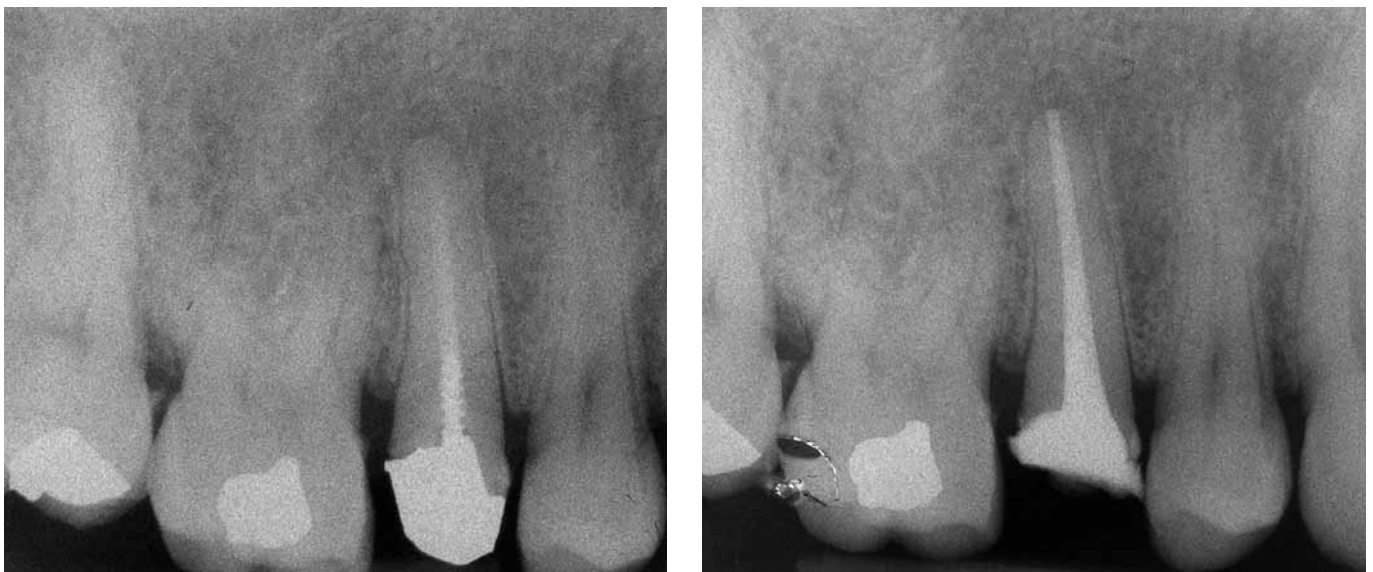


Fig. 10. Rx preoperatoria di un secondo premolare superiore con una vite metallica intracanalare e ricostruzione coronale in amalgama (a). Radiografia post-operatoria dell'otturazione canalare (b). Il perno è stato rimosso eliminando l'amalgama coronale in modo da esporre la testa del perno e ruotandolo con una punta ad ultrasuoni.

Pre-operative rx of a maxillary second premolar with a screwed metallic post and amalgam core (a). Post-operative rx of the filling of the root canal (b). The post was removed by eliminating first the amalgam around its head and then by rotating it with an ultrasonic tip.

zioni ultrasoniche da soli possono essere limitati. In queste situazioni il clinico potrebbe considerare altri trattamenti alternativi (Bergeron et al., 2001).

Comunque, in uno studio di Smith (2001), il tempo necessario per dislocare i perni con ultrasuoni era più o meno un quarto di quello riportato per gli studi *in vitro* (Haumann et al., 2003). La spiegazione più verosimile per la più agevole rimozione dei perni ottenuta in uno studio clinico è rappresentata dal fatto che spesso in questi canali è avvenuta una microinfiltrazione coronale che porta a dissoluzione del cemento. Quindi, nella pratica clinica i perni potrebbero essere più facili da rimuovere piuttosto che in studi di laboratorio.

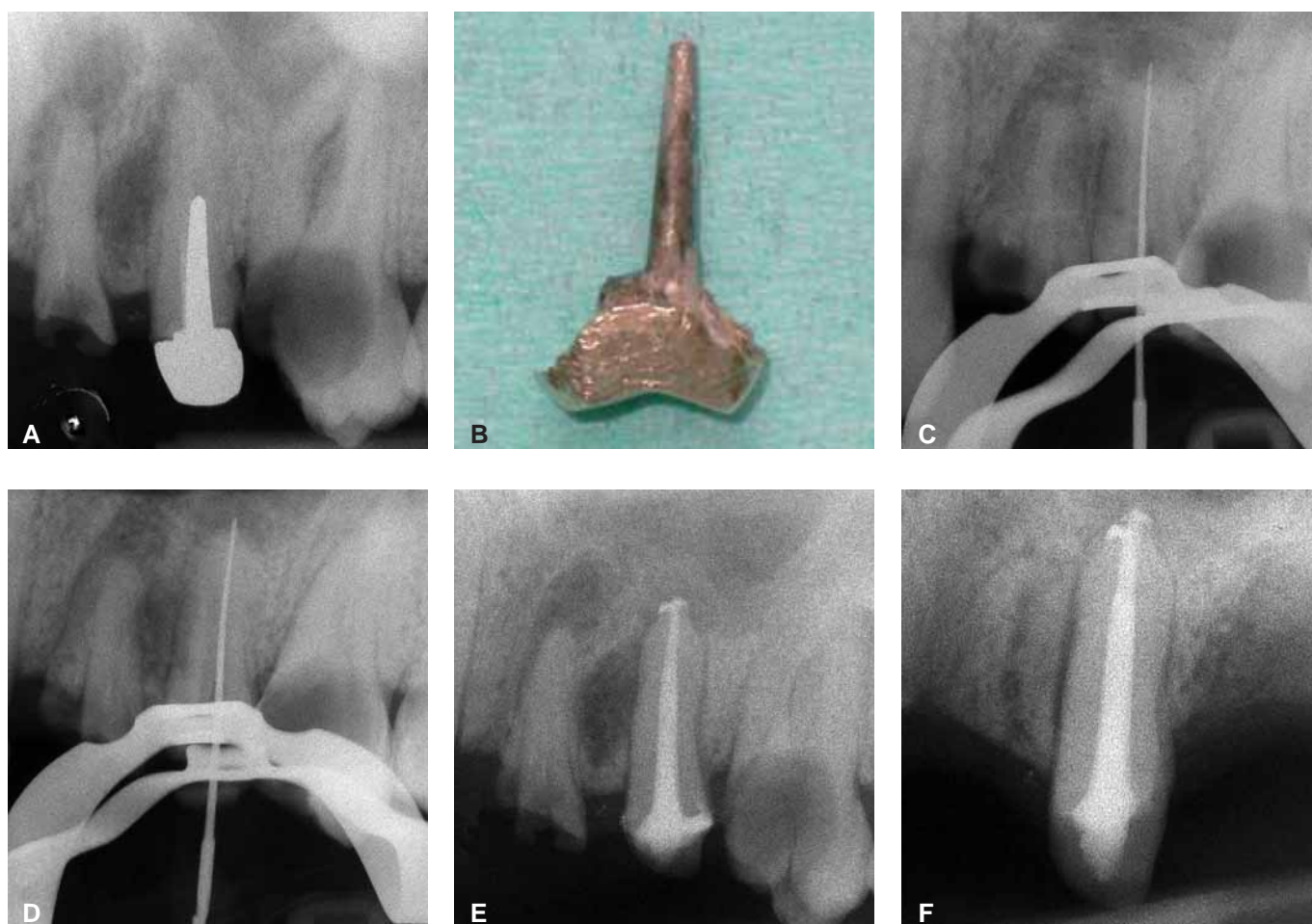


Fig. 11. Rx preoperatoria di un secondo premolare superiore con un perno moncone in oro cementato nel canale palatino (a). Il perno moncone è stato rimosso vibrandolo con una punta ad ultrasuoni disgregando così il cemento (b). Radiografia intraoperatoria con i file alla lunghezza di lavoro (c, d). Rx dell'otturazione canalare completata nella stessa seduta (e). Rx di controllo a 6 mesi che mostra la progressiva guarigione della lesione (f).

Pre-operative rx of a maxillary first premolar with a gold cast post and core in the palatal canal (a). The gold cast post and core was removed by vibrating it with an ultrasonic tip to brake the cementing agent (b). Intraoperative rx with the files at the working length (c, d). Root canal filling completed in one visit (e). 6 months recall showing healing of the periapical lesion (f).

ARTICOLO
 DIDATTICO

 Applicazioni cliniche degli ultrasuoni
 in endodonzia. Revisione della
 letteratura. Parte II. Ritrattamenti
 canalari ortogradi

Coni in argento e perni metallici fratturati

Alcuni studi hanno dimostrato che la rimozione dei coni di argento può essere eseguita usando tecniche classiche con strumenti manuali e utilizzando particolari dispositivi ed estrattori (Sieraski & Zillich, 1983; Weisman, 1983; Hulsmann, 1990a; Hulsmann, 1990b; Sprigs et al., 1990; Suter, 1998).

Un'altra tecnica che utilizza gli ultrasuoni nel caso di ostruzioni intracanalari è quella di consumare l'ostruzione con particolari punte ad ultrasuoni. Questo è il caso in particolare di coni di argento presenti all'interno dei canali e che non possono essere by-passati con metodi convenzionali (Nehme, 1999; Nehme, 2001). Quando un cono di argento fuoriesce coronalmente all'orifizio canalare, l'uso delle vibrazioni ultrasoniche non è probabilmente indicato, infatti è possibile che queste spezzino i coni in diversi frammenti. In questi casi è indicato afferrare la porzione coronale della punta e provare ad estrarla dal canale. Quando l'ostruzione ha un accesso limitato alla sua porzione coronale, potrebbe essere più conservativo provare a consumarla invece di consumare la dentina intorno ad essa. Infatti, la procedura clinica classica per rimuovere perni endocanalari fratturati all'orifizio o coni di argento consisteva nell' esporre la parte coronale dell'ostacolo e nel tagliare circa 2 mm di dentina intorno al perno con una fresa diamantata fine e quindi applicare una punta di un'unità ultrasonica al lato del frammento del perno alla massima potenza con irrigazione per raffreddare la punta. La vibrazione ultrasonica viene applicata per pochi secondi seguita dall'asciugatura usando aria. Ciò dovrebbe portare a dislocare il frammento che può essere quindi rimosso con una piccola pinza (Glick & Frank, 1986; Smith, 2001; Cherukara et al., 2002).

Il punto chiave per rimuovere coni in argento è comprendere che l'argento è un materiale molto "soffice". Ogni azione sbagliata con una fresa separerà il cono rendendo il caso sempre più difficile. Gli ultrasuoni sono di enorme aiuto nel rimuovere tali coni: semplicemente andando attorno al cono di argento usando una punta a ultrasuoni tipo *spreader*, con attenzione si segue l'asse lungo del cono ma non si deve toccare il cono. La vibrazione generata dalla punta dello *spreader* smuoverà rapidamente il cono, che potrà quindi essere rimosso con una pinza.

Come per le tecniche classiche di rimozione, anche per quella che prevede l'abrasione dell'ostruzione, è necessario ottenere un accesso adeguato per esporre il segmento che rappresenta l'ostruzione. Nel caso di perni fratturati che si trovano all'imbocco del canale, in un'area più sicura e più larga del canale, lo *spreader* ad ultrasuoni viene introdotto finché raggiunge l'ostruzione e viene attivato alla massima intensità con movimenti ripetuti e lenti di *brushing*. Questo permetterà al clinico di consumare l'ostruzione metallica. Un continuo flusso di aria è utilizzato per mantenere una visione diretta sulla punta ed un flusso di acqua è obbligatorio per raffreddare lo *spreader* e il dente. Ciò è particolarmente vero quando l'ostruzione metallica ha una sezione larga, perché necessita di più tempo per essere consumata e di conseguenza genera più calore.

Per i coni di argento sezionati che di solito si trovano ad una certa distanza all'interno del canale, l'accesso va ottenuto meticolosamente attraverso l'uso seriale di *file* e di frese di GG, finché la punta del cono di argento viene esposta totalmente. La lunghezza stimata del frammento (vista su una Rx preoperatoria) viene segnata coronalmente sullo *spreader*. Questo stop permetterà al clinico di fare attenzione alla restante lunghezza del cono di argento mentre lavora. Lo *spreader* viene introdotto sotto ingrandimento e attivato alla più bassa potenza per prevenire fratture o perforazioni. Il flusso di acqua è importante per eliminare i detriti della porzione erosa del cono. L'asciugatura è ugualmente importante perché il riflesso della luce sull'acqua all'interno del canale, potrebbe ingannare l'operatore. Le Rx intraoperatorie sono raccomandate per confermare la posizione e la restante lunghezza del segmento, così come lo spessore delle pareti canalari.



Applicazioni cliniche degli ultrasuoni in endodonzia. Revisione della letteratura. Parte II. Ritrattamenti canalari ortogradi

Il vantaggio di questa tecnica confrontato con altre tecniche che usano gli ultrasuoni e il microscopio è che minimizza la rimozione della dentina radicolare (Nehme, 2001).

Classicamente, quando un accesso rettilineo viene creato per raggiungere l'ostruzione, questo dovrebbe essere allargato abbastanza da permettere l'inserimento della punta a ultrasuoni e la rimozione del frammento. Questo accesso prodotto è considerevolmente più largo di quello richiesto in questa tecnica, il cui frammento verrà fuori sotto forma di piccole particelle dal momento che viene frammentato.

In questo metodo nessun canale guida o spazio buccale o linguale deve essere creato lungo l'ostacolo intracanalare. Lo *spreader* erode solo l'ostruzione e teoricamente le pareti canalari non vengono coinvolte. Se confrontato con altri metodi usati per la rimozione dei perni fratturati, meno sforzo e concentrazione vengono richiesti perché il clinico si focalizzerà su di una larga superficie del perno e non sul cemento circostante. Questo non è il caso comunque di quando un cono fratturato si trova in profondità nel canale. Considerando il suo piccolo diametro è di primaria importanza mantenere lo *spreader* a ultrasuoni sul frammento e lontano dalle pareti canalari e ciò non è molto facile. Tale metodo può richiedere più tempo delle tecniche classiche. Il tempo di lavoro è influenzato dalla natura dell'ostruzione, dal suo diametro e dalla sua localizzazione. I metalli seminobili richiedono più tempo per essere eliminati rispetto a quelli nobili (Nehme, 2001).

Questa tecnica è inadeguata per eliminare materiali che non vengono erosi dalle punte ad ultrasuoni come gli strumenti in acciaio inossidabile e i perni di metallo non nobile (Nehme, 2001). Come per tutte le tecniche che usano un microscopio operatorio, anche questa dovrebbe essere limitata ai casi in cui il clinico ha un accesso diretto e visione diretta dell'ostruzione. Dovrebbe essere considerato come metodo di prima scelta per l'eliminazione di larghi perni rotti, qualora il clinico sia preoccupato per lo spessore delle pareti dentinali perché minimizza la perdita di sostanza dentale. Questa dovrebbe essere considerata come l'ultima possibilità per rimuovere i coni di argento fratturati in aree accessibili del canale ma che resistono ai metodi classici di rimozione (Nehme, 2001).

RIMOZIONE DELLA GUTTAPERCA E DEI CARRIER THERMAFIL PER IL RITRATTAMENTO O LA PREPARAZIONE DELLO SPAZIO PER IL PERNO

Specialmente durante la preparazione del *post-space*, l'uso degli ultrasuoni può essere utile per rimuovere la guttaperca senza tagliare eccessiva dentina dalle pareti canalari. In particolare, quando un *carrier* plastico è presente all'interno della guttaperca, usando normali frese una quantità eccessiva di dentina potrebbe essere rimossa inavvertitamente, mentre con una semplice punta ultrasonica il *carrier* plastico e la guttaperca verranno fusi dalla vibrazione e dal calore creato. Così la punta dovrebbe essere in grado di scendere nel canale per molti millimetri.

Gli ultrasuoni possono essere utili anche nel ritrattamento dei *carrier* metallici. Eliminando l'acqua e facendo andare gli ultrasuoni a secco, la punta diviene abbastanza calda. Posizionando la punta calda dello *spreader* sul *carrier* per 10-12 sec, questo diverrà caldo e plasticizzerà la guttaperca all'interno del canale. Semplicemente rimuovendo il *carrier* il caso può essere ritrattato come un caso regolare. Ovviamente, la strada preferibile per tutte queste procedure è di usare un *Touch'n Heat* o un *System B*, ma gli ultrasuoni possono rappresentare uno strumento aggiuntivo in questi casi (Fig. 12).

ARTICOLO
DIDATTICO

Applicazioni cliniche degli ultrasuoni
in endodonzia. Revisione della
letteratura. Parte II. Ritrattamenti
canalari ortogradi



Fig. 12. Ritrattamento di un secondo molare inferiore otturato con il sistema Thermafil (a). L'utilizzo di una punta ultrasonica permette di rimuovere la gutta-perca attorno al carrier per esporlo e permetterne l'estrazione *in toto* (b). Otturazione canalare completata nella stessa seduta (c). Rx di controllo a 6 mesi che mostra la progressiva guarigione della lesione (d).

Retreatment of a second mandibular molar obturated with Thermafil (a). The use of an ultrasonic tip can help to remove gutta-percha around the plastic cores and to expose and remove them (b). Root canal filling completed in one visit (c). 6 months recall showing healing of the periapical lesion (d).

BIBLIOGRAFIA

1. Abbot PV, Heijkoop PS, Cardaci SC, Hume WR, Heithersay GS. An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *Int Endod J* 1991; 24:308-16.
2. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA, Wilson RF. Effectiveness of ultrasonic files in the disruption of root canal bacteria. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1990; 70:328-32.
3. Altshul JH, Marshall G, Morgan LA, Baumgartner JC. Comparison of dentinal crack incidence and of post removal time resulting from post removal by ultrasonic or mechanical force. *J Endod* 1997; 23:683-6.



Applicazioni cliniche degli ultrasuoni in endodonzia. Revisione della letteratura. Parte II. Ritrattamenti canalari ortogradi

4. Ardila CN, Wu M-K, Wesselink PR. Percentage of filled canal area in mandibular molars after conventional root canal instrumentation and after a non instrumentation technique (NIT). *Int Endod J* 2003; 36:591-8.
5. Bailey GC, Cunnington SA, Ng Y-L, Gulabivala K, Setchell DJ. Ultrasonic condensation of gutta-percha: the effect of power setting and activation time on temperature rise at the root surface – an *in vitro* study. *Int Endod J* 2004a; 37:447-54.
6. Bailey GC, Ng Y-L, Cunnington SA, Barber P, Gulabivala K, Setchell DJ. Root canal obturation by ultrasonic condensation of gutta-percha. Part II: an *in vitro* investigation of the quality of obturation. *Int Endod J* 2004b; 37:694-8.
7. Bando E, Kawashima T, Tiu IT, Kubo Y, Nakano M. Removing dowels in difficult teeth. *J Prosthet Dent* 1985; 54:34-6.
8. Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod* 1992; 18:605-12.
9. Berbert A, Filho MT, Ueno AH, Bramante CM, Ishikiriama A. The influence of ultrasound in removing intraradicular posts. *Int Endod J* 1995a; 28:54-6.
10. Berbert A, Filho MT, Ueno AH, Bramante CM, Ishikiriama A. The influence of ultrasound in removing intraradicular posts. *Int Endod J* 1995b; 28:100-2.
11. Bergeron BE, Murchison DF, Schindler DF, Walker III WA. Effect of ultrasonic vibration and various sealer and cement combinations on titanium post removal. *J Endod* 2001; 27:13-7.
13. Briseno BM, Wirth R, Hamm G, Standhartinger W. Efficacy of different irrigation methods and concentrations of root canal irrigation solutions on bacteria in the root canal. *Endod Dent Traumatol* 1992; 8:6-11.
14. Buoncristiani J, Seto BG, Caputo AA. Evaluation of ultrasonic and sonic instruments for intraradicular post removal. *J Endod* 1994; 20:486-9.
15. Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res* 1981; 89:321-8.
16. Cameron JA. The use of ultrasound in the cleaning of root canals: a clinical report. *J Endod* 1982; 8:471-3.
17. Cameron JA. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *J Endod* 1983; 9:289-92.
18. Cameron JA. The use of ultrasound and an EDTA-urea peroxide compound in the cleaning of root canals. An SEM study. *Aust Dent J* 1984; 29:80-5.
19. Cameron JA. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. *J Endod* 1987; 13:541-5.
20. Cameron JA. The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentrations; SEM study. *Aust Dent J* 1988; 33:193-200.
21. Cameron JA. The choice of irrigant during hand instrumentation and ultrasonic irrigation of the root canal: a scanning electron microscope study. *Aust Dent J* 1995a; 40:85-90.
22. Cameron JA. Factors affecting the clinical efficiency of ultrasonic endodontics - a scanning electron microscopy study. *Int Endod J* 1995b; 28:47-53.
23. Castrisos T, Abbott PV. A survey of methods used for post removal in specialist endodontic practice. *Int Endod J* 2002; 35:172-80.
24. Chandler NP, Qualtrough AJE, Purton DG. Comparison of two methods for removal of root canal posts. *Quintessence Int* 2003; 34:534-6.
25. Chenail BL, Teplitsky PE. Orthograde ultrasonic retrieval of root canal obstructions. *J Endod* 1987; 13:186-90.
26. Cherukara GP, Pollock GR, Wright PS. Case report: removal of fractured endodontic posts with a sonic instrument. *Eur J Prosthodont Restorative Dent* 2002; 10:23-6.
27. Cheuk SL, Karam PE. Removal of parallel prefabricated posts: a clinical report. *J Prosthet Dent* 1988; 59:531-3.
28. Cheung GS, Stock CJ. *In vitro* cleaning ability of root canal irrigants with and without endosonics. *Int Endod J* 1993; 26:334-43.
29. Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod* 1983; 9:475-9.
30. Ciucchi B, Khettabi M, Holz J. The effectiveness of different endodontic irrigation pro-

ARTICOLO
DIDATTICO

*Applicazioni cliniche degli ultrasuoni
in endodonzia. Revisione della
letteratura. Parte II. Ritrattamenti
canalari ortogradi*

cedures on the removal of the smear layer: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 1989; 22:21-8.

31. Crabb HSM. The cleansing of root canals. *Int Endod J* 1982; 15:62-6.
32. Crump MC, Natkin E. Relationship of broken root canal instruments to endodontic case prognosis: a clinical investigation. *J Am Dent Assoc* 1970; 80:1341-7.
33. Cunningham WT, Balekjian BA. The effect of temperature on the collagen dissolving ability of sodium hypochlorite as an endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980; 49:175-7.
34. Cymerman J, Jerome L, Moodnik R. A scanning electron microscope study comparing the efficacy of hand instrumentation with ultrasonic instrumentation of the root canal. *J Endod* 1983; 9:327-31.
35. D'Arcangelo C, Varvara G, De Fazio P. Broken instrument removal-two cases. *J Endod* 2000; 26:368-70.
36. De Rijk WG. Removal of fiber posts from endodontically treated teeth. *American J Dent* 2000; 13:19B-21B.
37. Dixon EB, Kaczkowski PJ, Nicholls JJ, Harrington GW. Comparison of two ultrasonic instruments for post removal. *J Endod* 2002; 28:111-5.
38. Druttman ACS, Stock CJR. An *in vitro* comparison of ultrasonic and conventional methods of irrigant replacement. *Int Endod J* 1989; 22:174-8.
39. Feldman G, Solomon C, Notaro P, Moskovitz E. Retrieving broken endodontic instruments. *J Am Dent Assoc* 1974; 88:588-91.
40. Ferreira RB, Alfredo E, Porto de Arruda M, Silva Sousa YT, Sousa-Neto MD. Histological analysis of the cleaning capacity of nickel-titanium rotary instrumentation with ultrasonic irrigation in root canals. *Aust Endod J* 2004; 30:56-8.
41. Fors UG, Berg JO. A method for the removal of broken endodontic instruments from root canals. *J Endod* 1983; 9:156-9.
42. Fors UGH, Berg JO. Endodontic treatment of root canals obstructed by foreign objects. *Int Endod J* 1986; 19:2-10.
43. Gaffney JL, Lehman JW, Miles MJ. Expanded use of the ultrasonic scaler. *J Endod* 1981; 5:228-9.
44. Gesi A, Magnolfi S, Goracci C, Ferrari M. Comparison of two techniques for removing fiber posts. *J Endod* 2003; 29:580-2.
45. Gettleman BH, Spriggs KA, Messer HH, El Deeb ME. Removal of canal obstructions with the Endo Extractor. *J Endod* 1991; 17:608-11.
46. Giangregio E. Changing concepts in endodontic therapy. *J Am Dent Assoc* 1985; 110:470-8.
47. Gilbert BOI, Rice T. Re-treatment in endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1987; 64, 333-8.
48. Gilheany PA, Figdor D, Tyas MJ. Apical dentin permeability and microleakage associated with root end resection and retrograde filling. *J Endod* 1994; 20:22-6.
49. Glick DH, Frank AL. Removal of silver points and fractured posts by ultrasonics. *J Prosthet Dent* 1986; 55:212-15.
50. Gomes APM, Kubo CH, Santos DR, Padilha RQ. The influence of ultrasound on the retention of cast posts cemented with different agents. *Int Endod J* 2001; 34:93-9.
51. Griffiths BM, Stock CJR. The efficiency of irrigants in removing root canal debris when used with an ultrasonic preparation technique. *Int Endod J* 1986; 19:277-84.
52. Grossman LI. Fate of endodontically treated teeth with fractured root canal instruments. *J Br Endod Society* 1968; 2:35-7.
53. Guerisoli DMZ, Marchesan MA, Walmsley AD, Lumley PJ, Pecora JD. Evaluation of smear layer removal by EDTAC and sodium hypochlorite with ultrasonic agitation. *Int Endod J* 2002; 35:418-421.
54. Guess GM. Predictable therma-fil removal technique using the System-B heat source. *J Endod* 2004; 30:61.
55. Haidet J, Reader A, Beck M, Meyers W. An *in vitro* comparison of the step-back techni-



Applicazioni cliniche degli ultrasuoni in endodonzia. Revisione della letteratura. Parte II. Ritrattamenti canalari ortogradi

que versus step-back/ultrasonic technique in human mandibular molars. *J Endod* 1989; 15:195-9.

56. Hauman CHJ, Chandler NP, Purton DG. Factors influencing the removal of posts. *Int Endod J* 2003; 36:687-90.

57. Heard F, Walton RE. Scanning electron microscope study comparing four root canal preparation techniques in small curved canals. *Int Endod J* 1997; 30:323-31.

58. Hulsmann M. The removal of silver cones using different techniques. *Int Endod J* 1990a; 23:298-303.

59. Hulsmann M. Removal of silver cones and fractured instruments using the canal finder system. *J Endod* 1990b; 16:596-600.

60. Hulsmann M. Methods for removing metal obstructions from the root canal. *Endod Dent Traumatol* 1993; 9:223-37.

61. Hulsmann M. Removal of fractured instruments using a combined automated/ultrasonic technique. *J Endod* 1994; 20:144-7.

62. Hulsmann M, Schinkel I. Influence of several factors on the success or failure of removal of fractured instruments from the root canal. *Endod Dent Traumatol* 1999; 15:252-8.

63. Huque J, Kota K, Yamaga M, Iwaku M, Hoshino E. Bacterial eradication from root dentine by ultrasonic irrigation with sodium hypochlorite. *Int Endod J* 1998; 31:242-50.

64. Ingle JI, Beveridge EE. *Endodontics*. 2nd edn. Philadelphia, USA: Lea & Febiger, 1976; 34-57.

65. Jaeger JC. *Elasticity, fracture and flow*, 1st edn. London, UK: Methuen Ltd; 1962; 133.

66. Jensen SA, Walker TL, Hutter JW, Nicoll BK. Comparison of cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod* 1999; 25:735-8.

67. Johnson WB, Beatty RG. Clinical technique for the removal of the root canal obstructions. *J Am Dent Assoc* 1988; 117:473-6.

68. Johnson WT, Leary JM, Boyer DB. Effect of ultrasonic vibration on post removal in extracted human premolar teeth. *J Endod* 1996; 22:487-8.

69. Karadag LS, Tinaz AC, Mihcioglu T. Influence of passive ultrasonic activation on the penetration depth of different sealers. *J Contemp Dent Pract* 2004; 5:1-7.

70. Kim S. Modern endodontic practice: instruments and techniques. *Dent Clin North Am* 2004; 48:1-9.

71. Krell KV, Jordan RD, Madison S, Aquilino S. Using ultrasonic scalers to remove fractured posts. *J Prosthet Dent* 1986; 55:46-9.

72. Krell KV, Johnson RJ. Irrigation patterns during ultrasonic canal instrumentation. Part II. Diamond-coated files. *J Endod* 1988; 14:535-7.

73. Krell KV, Johnson RJ, Madison S. Irrigation pattern during ultrasonic canal instrumentation. Part I. K-type files. *J Endod* 1988; 14:65-8.

74. Lassila LVJ, Tanner J, Le Bell A-M, Narva K, Vallittu P. Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. *Dent Mat* 2004; 20:29-36.

75. Lawley GR, Schindler WG, Walker WA, Kolodrubetz D. Evaluation of ultrasonically placed MTA and fracture resistance with intracanal composite resin in a model of apexification. *J Endod* 2004; 30:167-72.

76. Lee S-J, Wu M-K, Wesselink PR. The effectiveness of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *Int Endod J* 2004a; 37:607-12.

77. Lumley PJ, Walmsley AD, Walton RE, Rippin JW. Cleaning of oval canals using ultrasonic or sonic instrumentation. *J Endod* 1993; 19:453-7.

78. Machtou P, Sarfati P, Cohen AG. Post removal prior to retreatment. *J Endod* 1989; 15:552-4.

79. Masserann J. The extraction of posts broken deeply in the roots. *Actual Odontostomatol* 1986; 75:392-402.

80. Mayer BE, O. A. Peters OA, Barbakow F. Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 2002; 35:582-589.

ARTICOLO
DIDATTICO

Applicazioni cliniche degli ultrasuoni
in endodonzia. Revisione della
letteratura. Parte II. Ritrattamenti
canalari ortogradi

81. McComb D, Smith DC, Beagrie GS. The results of *in vivo* endodontic chemomechanical instrumentation: a scanning electron microscopic study. *J Br Endod Society* 1976; 9:11-8.
82. Meidinger DL, Kabes BJ. Foreign object removal utilizing the Cavi-Endo ultrasonic instrument. *J Endod* 1985; 11:301-4.
83. Nagai O, Tani N, Kayaba Y, Kodama S, Osada T. Ultrasonic removal of broken instruments in root canals. *Int Endod J* 1986; 19:298-304.
84. Nehme W. A new approach for the retrieval of broken instruments. *J Endod* 1999; 25:633-35.
85. Nehme WB. Elimination of intracanal metallic obstructions by abrasion using an operational microscope and ultrasonics. *J Endod* 2001; 27:365-67.
86. O'Brien J. *Dental Materials, properties and selections*, 1st edn. Chicago, USA: Quintessence Publishing Co. Inc, 1989; 549-51.
87. Parreira FR, O'Connor RP, Hutter JW. Cast prosthesis removal using ultrasonics and a thermoplastic resin adhesive. *J Endod* 1994; 20:141-3.
88. Peters MC, McLean ME. Minimally invasive operative care. I. Minimal intervention and concepts for minimally invasive cavity preparations. *J Adhes Dent* 2001a;3:7-16.
89. Roig-Greene JL. The retrieval of foreign objects from root canals-a simple aid. *J Endod* 1983; 9:394-7.
90. Ruddle CJ. Micro-endodontic non-surgical retreatment. *Dent Clin North Am* 1997; 41:429-54.
91. Ruddle CJ. Nonsurgical retreatment. In: Cohen S, Burns RC, *Pathways of the pulp*, 8th edn. St Louis, USA: CV Mosby, 2002;875-930.
92. 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.
93. Satterthwaite JD, Stokes AN, Frankel NT. Potential for temperature change during application of ultrasonic vibration to intra-radicular posts. *Eur J Prosthodont Rest Dent* 2003; 11:51-6.
94. Schilder H, Goodman A, Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha. Part V. Volume changes in bulk gutta-percha as a function of temperature and its relationship to molecular phase transformation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1985; 58:285-96.
95. Senia ES, Marshall FJ, Rosen J. The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1971; 31:96-103.
96. Shemen BB, Cardash HS. A technique for removing posts. *J Prosthet Dent* 1985; 54:200-1.
97. Shen Y, Peng B, Cheung GS. Factors associated with the removal of fractured NiTi instruments from root canal systems. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004; 98: 605-10.
98. Sieraski SM, Zillich RM. Silver point retreatment: review and case report. *J Endod* 1983; 9:35-9.
99. Sjogren U, Sunqvist G. Bacteriologic evaluation of ultrasonic root canal instrumentation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1987; 63:366-70.
100. Smith BJ. Removal of fractured posts using ultrasonic vibration: an *in vivo* study. *J Endod* 2001; 27:632-4.
101. Souyave LC, Inglis AT, Alcalay M. Removal of fractured instruments using ultrasonics. *Brit Dent J* 1985; 159:251-3.
102. Spoletti P, Siragusa M, Spoletti MJ. Bacteriological evaluation of passive ultrasonic activation. *J Endod* 2003; 29:12-4.
103. Sprigs K, Gettleman B, Messer H. Evaluation of a new method for silver points removal. *J Endod* 1990; 16:335-8.
104. Stamos DE, Gutmann JL. Survey of endodontic retreatment methods used to remove intraradicular posts. *J Endod* 1993; 19:366-9.
105. Stamos DE, Gutmann JL, Gettleman BH. *In vivo* evaluation of root canal sealer distribution. *J Endod* 1995; 21:177-9.
106. Stamos DE, Stamos DG, Perkins SK. Retroendodontics and ultrasonics. *J Endod* 1988; 14:39-42.



Applicazioni cliniche degli ultrasuoni in endodonzia. Revisione della letteratura. Parte II. Ritrattamenti canalari ortogradi

107. Sundqvist G, Figdor D. Endodontic treatment of apical periodontitis. In: Ørstavik D, Pitt Ford TR, eds. *Essential Endodontology*, 2nd edn. Oxford, UK: Blackwell Science Ltd, 1998;242-70.
108. Suter B. A new method for retrieving silver points and separated instruments from root canals. *J Endod* 1998; 24:446-8.
109. Tauber R, Morse DR, Sinai IA, Furst ML. A magnifying lens comparative evaluation of conventional and ultrasonically energized filing. *J Endod* 1983; 9:269-74.
110. Tronstad L, *Clinical Endodontics*, 2nd edn. New York, USA: Thieme, 2003;202-13.
111. Usman N, Baumgartner JC, Marshall JG. Influence of instrument size on root canal debridement. *J Endod* 2004; 30:110-2.
112. Walmsley AD, Murgel C, Krell KV. Canal markings produced by endosonic instruments. *Endod Dent Traumatol* 1991; 7:84-9.
113. Waplinton M, Lumley PJ, Bunt L. An *in vitro* investigation into the cutting action of ultrasonic radicular access preparation instruments. *Endod Dent Traumatol* 2000; 16:158-61.
114. Ward JR. The use of an ultrasonic technique to remove a fractured rotary nickel-titanium instrument from the apical third of a curved root canal. *Aust Endod J* 2003; 29:25-30.
115. Ward JR, Parashos P, Messer HH. Evaluation of an ultrasonic technique to remove fractured rotary nickel-titanium endodontic instruments from root canals: clinical cases. *J Endod* 2003a; 29:764-67.
116. Ward JR, Parashos P, Messer HH. Evaluation of an ultrasonic technique to remove fractured rotary nickel-titanium endodontic instruments from root canals: an experimental study. *J Endod* 2003b; 29:756-63.
117. Weisman MI. The removal of difficult silver cones. *J Endod* 1983; 9:210-11.
118. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod* 1980; 6:740-3.
119. West LA, LaBounty GL, Keller DL. Obturation quality utilizing ultrasonic cleaning and sealer placement followed by lateral condensation with gutta-percha. *J Endod* 1989; 15:507-11.
120. Williams AR. Disorganization and disruption mammalian and amoeboid cells by acoustic streaming. *J Acoust Soc Am* 1972; 52:688-93.
121. Williams VD, Bjorndal AM. The Masserann technique for the removal of fractured posts in endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1983; 49:46-8.
122. Wu M-K, van der Sluis L, Wesselink PR. The risk of furcal perforation in mandibular molars using Gates-Glidden drills with anticurvature pressure. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005; 99:378-82.
123. Yoshida T, Shunji G, Tomomi I, Shibata T, Sekine I. An experimental study of the removal of cemented dowel-retained cast cores by ultrasonic vibration. *J Endod* 1997; 23:239-41.