

* Sandro Rengo
 **Alessandro Carano
 **Mauro Giorgetti
 **Michele Simeone
 **Rosa Valletta

*Università degli Studi di Napoli
 I Facoltà di Medicina e Chirurgia
 Cattedra di Odontoiatria Conservatrice
 Titolare: Prof. S. Rengo

**Università degli Studi di Napoli
 II Facoltà di Medicina e Chirurgia
 Istituto di Discipline Odontostomatologiche
 Direttore: Prof. G. Valletta
 Cattedra di Odontoiatria Conservatrice
 Titolare: Prof. L. Iacobelli

Ultrasuoni in Endodonzia: verifica al M.E.S.

Ultrasonic instrumentation: a S.E.M. evaluation

RIASSUNTO

Gli AA., dopo aver brevemente illustrato la complessa morfologia del sistema dei canali radicolari, prendono in esame l'utilizzo degli ultrasuoni in Endodonzia.

Dopo un'attenta valutazione critica della letteratura e dei meccanismi di azione degli strumenti ultrasonici, presentano la loro esperienza con un'ampia gamma di immagini al M.E.S. di denti trattati *in vitro* con ipoclorito di sodio a varie concentrazioni e per tempi diversi. Gli AA. evidenziano l'azione sinergistica tra ultrasuoni e soluzioni irriganti, ottenendo i risultati migliori con ipoclorito al 2,5% per 1 minuto.

Parole chiave: Strumentazione ultrasonica. Terapia dei canali radicolari.

SUMMARY

After giving a brief illustration of the complex morphology of the root canal system, the Authors discuss the use of ultrasound in Endodontics. Following a critical evaluation of the literature and of the mechanisms of ultrasonic instruments, they illustrate their experience through a wide selection of S.E.M. photographs of teeth treated *in vitro* with sodium hypochlorite at various concentrations and for different lengths of time. They demonstrate the synergistic action between ultrasound and irrigation solutions, and conclude that the best results are with 2,5% hypochlorite for 1 minute.

Key words: Ultrasonic instrumentation. Root canal therapy.

INTRODUZIONE

L'Endodonzia è quella disciplina che si occupa della morfologia, della fisiologia, della patologia e della terapia della polpa dentaria e del tessuto periradicolare.

Come è noto, lo scopo principale della terapia endodontica è quello di assicurare la conservazione e l'utilizzo degli elementi dentari il cui tessuto pulpare sia stato o stia per essere lesa in modo irreversibile. Dal punto di vista cronologico, esistono due precise finalità che l'odontoiatra deve perseguire: la prima legata al recupero endodontico del dente, la seconda al recupero morfologico-funzionale della corona clinica con metodiche restaurative dirette o indirette: è proprio al fallimento della seconda finalità che sono imputabili la maggior parte degli insuccessi clinici, come ampiamente dimostrato da Weine (1). Va altresì sottolineato come anche se le maggiori cause di insuccesso sono da attribuirsi ad un restauro incongruo, non per questo va sottovalutata l'esecuzione di un buon trattamento endodontico senza il quale non è possibile ottenere un duraturo successo clinico.

Il presupposto fondamentale per un corretto trattamento endodontico è la conoscenza

approfondita dell'anatomomorfologia del sistema canalare (2). Infatti la terapia endodontica non si realizza in un unico canale dritto di sezione circolare, ma in uno spazio endodontico che comprende il sistema dei canali radicolari e dei tubuli dentinali che di tale spazio sono da considerare i numerosi prolungamenti (3) (Figg. 1,2,3). Il successo della terapia endodontica è, quindi, legato ad un'adeguata strumentazione biomeccanica e ad un'ermetica otturazione di tale complesso sistema.

In questo studio ci interesseremo principalmente della detersione e della sagomatura del sistema canalare che consistono non solo nell'asportazione della polpa, sia essa vitale o necrotica, ma anche della predentina ricca di componente organica.

Come evidenziato da Haga (4) la preparazione manuale è inadeguata nell'80% dei denti esaminati poiché la complessa anatomia del canale radicolare condiziona l'efficacia della strumentazione biomeccanica (5, 6, 7, 8).

Tale complessa anatomia è responsabile anche di un inadeguato rapporto strumento-canale. Le tecniche per ovviare a tale inconveniente sono quelle dell'alesaggio seriato e della limatura perimetrale: tali metodiche, però, non sono una garanzia rispetto alla frequente presenza di complessità anatomiche

Rengo S, Carano A, Giorgetti M, Simeone M, Valletta R. Ultrasuoni in Endodonzia: verifica al M.E.S. *G It Endo* 1990; 4: 29-35

che quali canali laterali, istmi e comunicazioni che rappresentano più la regola che l'eccezione.

Le tecniche tradizionali per lo "svuotamento" sono rappresentate dall'uso di strumenti manuali alternato all'irrigazione canalare. Di più recente introduzione sono le tecniche che sfruttano l'energia sonora e ultrasonica.

In questo lavoro analizzeremo il meccanismo d'azione della tecnica ultrasonica.

Nel 1957 Richman (9) per primo descrisse l'utilizzo dell'energia ultrasonica in Endodonzia. Non vi sono altre pubblicazioni fino al 1975 quando Kasai (10) riportò un articolo sull'irrigazione ultrasonica. Nel 1976 Martin (11) descrisse la disinfezione dei canali radicolari mediante questa tecnica. A questo seguirono altri studi sia di Martin che di Cunningham (12, 13, 14, 15, 16, 17) nei quali fu dimostrata l'efficacia della tecnica ultrasonica. Cameron nel 1982 e nel 1983 (18, 19) pubblicò alcuni lavori che supportavano le tesi di Martin e Cunningham.

Gli ultrasuoni sono vibrazioni meccaniche di natura sinusoidale con frequenza superiore ai 20 KHz. L'utilizzo degli ultrasuoni in Endodonzia prende il nome di tecnica endosonica.

Tale tecnica dovrebbe fornire un minor tempo di strumentazione ed una maggiore pu-

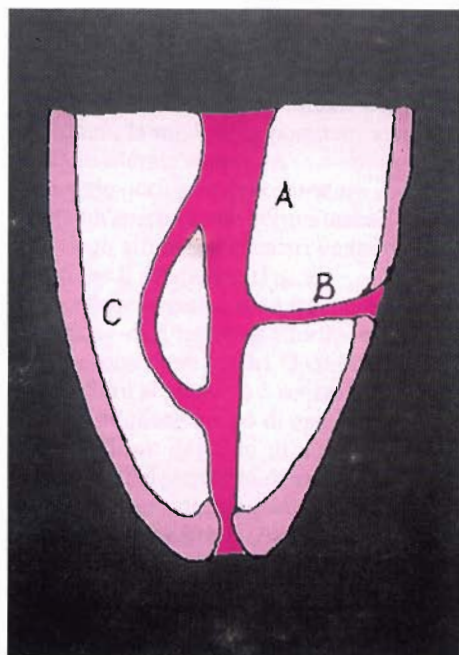


Fig. 1 - Schematica di Hess: A - canale principale; B - canale laterale; C - canale ricorrente.

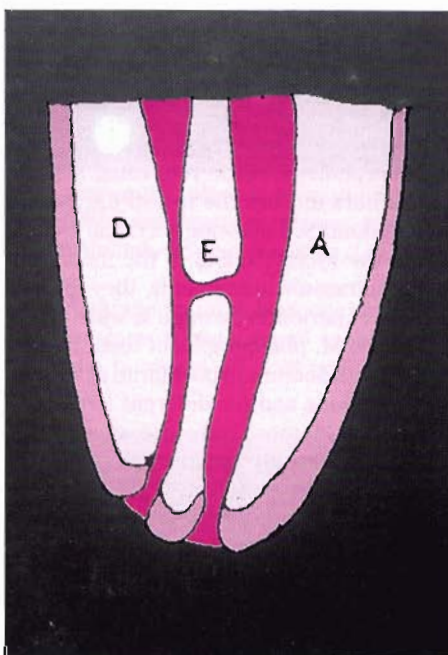


Fig. 2 - Schematica di Hess: A - canale principale; D - canale collaterale; E - canale inter-comunicante.

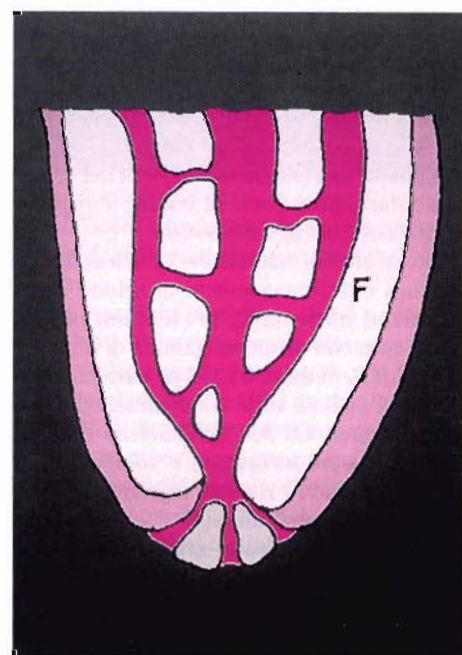


Fig. 3 - Schematica di Hess: F - sistema reticolare; G - delta apicale.

lizia del sistema dei canali radicolari; inoltre i batteri dovrebbero essere eliminati più rapidamente e dovrebbe esservi minor dolore postoperatorio (20).

La tecnica endosonica si basa su di un sistema nel quale il suono, sorgente di energia (da 20 a 25 KHz), attiva una lima endodontica tridimensionalmente nel mezzo circostante.

Per la tecnica ultrasonica l'irrigante di elezione è l'ipoclorito di sodio (11).

Il meccanismo d'azione degli ultrasuoni si esplica attraverso una produzione di oscillazione ultrasonica, una cavitazione, un microflusso acustico e l'azione di un irrigante.

a) Produzione di oscillazione ultrasonica. Gli ultrasuoni sono energia sonora con range che va dai KHz ai Mhz; in odontoiatria si utilizzano i KHz mentre in medicina generale i Mhz.

La maggioranza degli attuali strumenti endosonici oscillano lungo l'asse longitudinale dello strumento. La lima endodontica forma un angolo di 60-90 gradi con lo strumento ed oscilla quindi in senso trasverso. Questo tipo di oscillazione dà luogo in seno allo

strumento alla formazione di nodi, dove vi è un lieve o nullo dislocamento, ed antinodi, spazio compreso fra due nodi, dove il dislocamento è massimo.

Il maggiore dislocamento si ha alla punta della lima. La disposizione dei nodi e degli antinodi e l'ampiezza del dislocamento dipendono dalla frequenza impiegata per attivare la lima, dal disegno della lima e dal tipo di lima (21). Le lime usate sono di tipo K, del tutto simili a quelle manuali, e di tipo diamantato. Recentemente sono stati utilizzati anche strumenti tipo K-flex, i quali hanno fornito una migliore sagomatura del canale ed un minor trasporto del forame apicale (22). I nodi rappresentano la zona della lima dove l'accumulo di stress è maggiore, quindi dove è più probabile una frattura. La lima, oscillando in senso trasverso determina un taglio irregolare della dentina. Tale oscillazione dipende dal cosiddetto "carico applicato" (23) determinato dalla pressione applicata e dal diametro del lume canalare. Man mano che il canale si allarga l'oscillazione della punta della lima aumenta e ciò può determinare una sovrastrumenta-

zione apicale (24); su questa base è preferibile mantenersi alla distanza di un millimetro dal forame apicale.

b) Cavitazione

La strumentazione con lime endodontiche avviene sotto un flusso continuo di irrigante, di solito ipoclorito di sodio. Il movimento della lima provoca la cavitazione della soluzione irrigante che è ritenuta essere uno dei principali effetti benefici della strumentazione endosonica (11, 14, 15, 16). I movimenti oscillatori, lineari e non, di bolle riempite di gas e/o vapori sono racchiusi sotto il termine di cavitazione. Questi movimenti possono variare in un ciclo acustico da una cavitazione stabile, dove le bolle oscillano senza frammentarsi, ad una cavitazione transitoria, dove vi è una rapida crescita e un collasso delle bolle (implosione) (25, 26, 27). Tali bolle sono potenziate dall'energia ultrasonica. La maggior parte dell'energia rilasciata dalla loro oscillazione è convertita in calore e in campi di forza idrodinamica che possono distruggere i tessuti biologici (23).

La cavitazione transitoria è la più violenta; essa provoca onde di shock oltre ad uno svi-

Tab. 1

Effetti del microflusso acustico sui materiali biologici
Distruzione del DNA (Williams 1974)
Distruzione batterica (Williams e Slade 1971)
Inattivazione enzimatica (Kashkooli 1980)
Distruzione di eritrociti e piastrine (Williams 1970, 1977)

Tab. 2

Vantaggi della tecnica endosonica
1) Riduzione del tempo di trattamento
2) Attività battericida
3) Potenziamento dell'azione solvente dell'irrigante (NaOCl)
4) Detersione del sistema dei canali radicolari
5) Diminuita formazione di Smear-Layer
6) Migliore sagomatura
7) Minore estrusione dei detriti oltre apice
8) Riduzione della sintomatologia dolorosa post-operatoria
9) Riduzione della fatica
10) Facilitata rimozione ostacoli

Tab. 3

Svantaggi della tecnica endosonica
1) Difficoltà di mantenere la lunghezza di lavoro
2) Diminuzione della sensibilità tattile
3) Rischio di frattura degli strumenti
4) Necessità di rifornire l'irrigante
5) Necessità di usare Files normali fra un file endosonico e l'altro

luppo di calore e di pressione estremamente alto. Ciò può provocare una frammentazione pirolitica dell'acqua con produzione di radicali liberi (H e OH) che reagiscono coi tessuti biologici.

In teoria la cavitazione transitoria può verificarsi anche durante la strumentazione endosonica, ma è inverosimile che dall'oscillazione della lima si possano creare dei campi di pressione sonora sufficientemente elevati per produrla. Infatti è stata misurata l'attività cavitazionale che si produce intorno ad un file endosonico ed è stato evidenziato che la cavitazione transitoria è poca o nulla (28, 29).

c) Microflusso acustico

Quando un cavo oscillante ad una bassa ampiezza è posto in un liquido, intorno ad esso si formano dei flussi denominati microflussi acustici (30).

Il microflusso acustico è, in genere, associato alle lime vibranti, ma può essere anche determinato da piccole bolle di gas poste in oscillazione dal campo di pressione fluttuante generato dal file oscillante; per questo motivo la cavitazione stabile è compresa nel fenomeno del microflusso acustico (28,29).

Questi microflussi sono costituiti da vortici interni ed esterni. Alla punta della lima si ha la maggiore concentrazione di tali vortici e un microflusso più veloce. I vortici interni per le loro piccole dimensioni (4 micron) determinano un'altra forza idrodinamica per cui i materiali biologici che penetrano nel campo del flusso sono danneggiati (Tab. 1). È stato dimostrato che, al contrario della cavitazione transitoria, il microflusso acustico si può produrre durante la strumentazione endosonica purché la lima sia lasciata vibrare, all'interno del canale, senza alcuna interferenza (28,29).

d) Ruolo dell'irrigante

L'azione dell'irrigante e gli effetti biofisici degli ultrasuoni sembrano essere sinergistici (11).

L'irrigante più usato è l'ipoclorito di sodio in concentrazione dall'1 al 5% (11, 14, 15, 16, 28, 29, 31, 32).

La concentrazione ottimale sembrerebbe essere intorno al 2-3% (14, 15, 16, 32, 33). Infatti è stato dimostrato che il calore generato dagli ultrasuoni può aumentare l'effica-

cia di dissoluzione dei tessuti biologici da parte dell'ipoclorito al 2,5%, fino ad un livello comparabile all'efficacia della soluzione di ipoclorito al 5% non attivato (12,13). Vari studi hanno dimostrato che l'ipoclorito di sodio è più efficace quando è usato con strumenti endosonici rispetto a quando è usato con strumenti manuali. Infatti l'ipoclorito al 3% attivato dagli ultrasuoni per 3 min. elimina lo smear-layer superficiale; attivato per 5 min. elimina lo smear-layer superficiale e profondo (18,35).

Va altresì detto che l'aumento di temperatura dell'irrigante, uno dei principali fattori dell'attivazione dello stesso, è stato stimato essere di circa 0,6 gradi centigradi, per cui

del tutto irrilevante (34).

In conclusione possiamo affermare che durante la strumentazione ultrasonica, l'unico fenomeno che si realizza è il microflusso acustico.

Numerosi sono i vantaggi della tecnica endosonica (Tab. 2): tra questi i più importanti sono la riduzione del tempo di trattamento, la diminuita formazione di smear-layer, una migliore sagomatura e una facilitata rimozione degli ostacoli. Tra gli svantaggi (Tab. 3) il più importante è rappresentato dalla difficoltà di mantenere la lunghezza di lavoro, in quanto la presenza di uno stop impedirebbe il normale deflusso dell'irrigante.

MATERIALI E METODI

Lo scopo del nostro studio è di valutare il grado di detersione e di sagomatura del sistema dei canali radicolari utilizzando gli ultrasuoni secondo varie metodiche.

Sono stati selezionati 35 elementi dentari monoradicolarati estratti di recente per motivi ortodontici o parodontali e conservati in soluzione fisiologica. Dopo aver preparato la cavità di accesso ed aver effettuato la misurazione secondo le tecniche convenzionali, tutti i denti sono stati strumentati con strumenti manuali di tipo K-files alla misura di lavoro fino al n.15. Quindi sono stati suddivisi in 7 gruppi di 5 elementi ciascuno. Il primo gruppo (gruppo A) è stato strumentato ultrasonicamente secondo la metodica classica che prevede l'alternanza di strumenti manuali e strumenti ultrasonici, utilizzando l'apparecchio cavi-endo 25 (Tab. 4). L'irrigante utilizzato è stato l'ipoclorito di sodio al 5%.

Ogni strumento endosonico è stato fatto lavorare per un minuto. L'ultimo passaggio è stato eseguito con una lima endosonica n. 15, la quale doveva agire liberamente all'interno del canale. Infine è stato eseguito un abbondante lavaggio del canale con acqua bidistillata portata all'interno del lume canale con siringa monouso.

Il secondo gruppo (Gruppo B) è stato preparato in maniera del tutto simile al gruppo precedente. L'irrigante utilizzato in questo gruppo è stato l'ipoclorito di sodio all'1%.

Per il terzo gruppo (Gruppo C) l'irrigante utilizzato è stato l'ipoclorito di sodio al 2,5%. La preparazione è stata identica ai precedenti gruppi.

Il quarto gruppo (Gruppo D o Gruppo Controllo), è stato strumentato manualmente con lime di tipo K. L'ultimo strumento usato alla misura di lavoro è stato il n.30. L'irrigante usato è stato l'ipoclorito di sodio al 5,25%. Anche in questo gruppo è stato eseguito un abbondante lavaggio finale con acqua bidistillata.

Il quinto gruppo (Gruppo E) è stato strumentato con ultrasuoni secondo la metodica dei gruppi A, B e C; ogni strumento endosonico è stato, però, fatto lavorare

Tab. 4

Rx preoperatoria
Isolamento campo operatorio
Apertura camera pulpare
Misurazione con strumenti manuali
K-files n. 10-15 alla lunghezza di lavoro
K-file n. 20 alla lunghezza di lavoro
File endosonico n. 15 ad 1 mm dalla lunghezza di lavoro
K-file n. 25 alla lunghezza di lavoro
File endosonico n. 20 ad 1 mm dalla lunghezza di lavoro
K-file n. 30 alla lunghezza di lavoro
File endosonico n. 25 ad 1 mm dalla lunghezza di lavoro
Files diamantati endosonici n. 25-30-35 a 4-5 mm dalla lunghezza di lavoro
K-reamer n. 15-20 alla lunghezza di lavoro
File endosonico n. 15 ad 1 mm dalla lunghezza di lavoro

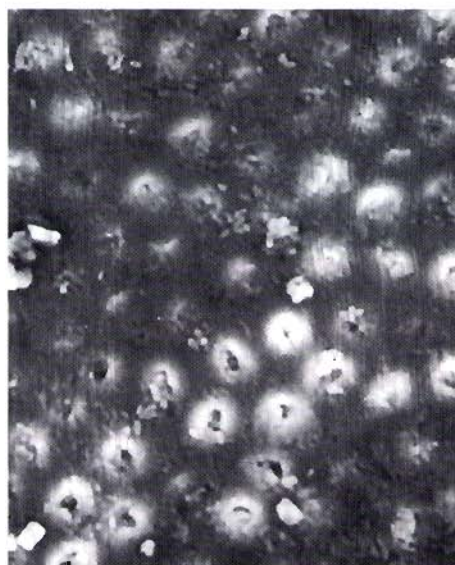


Fig. 4 - Gruppo A: ipoclorito al 5% per 1 min.

all'interno del canale per 3 min. L'irrigante usato è stato l'ipoclorito di sodio al 2,5%.

Infine nel sesto e settimo gruppo (Gruppi F e G) è stato utilizzato come irrigante l'acqua bidistillata associata alla strumentazione ultrasonica. Gli strumenti endosonici sono stati fatti lavorare rispettivamente per 1 min. (gruppo F) e per 3 min. (gruppo G).

Tutti i campioni sono stati preparati per la visualizzazione al M.E.S. utilizzando una metodica quanto più possibile scevra da artefatti. A tal fine, una volta disidratati in alcool, sono stati fratturati in azoto liquido previa incisione di una tacca eseguita con fresa diamantata montata su turbina lungo tutto il contorno dentario e quindi metalliz-



Fig. 5 - Gruppo A: ipoclorito al 5% per 1 min.

zati. Il microscopio da noi utilizzato è stato un JEOL JSM III ed un Cambridge Stereoscan 100.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Gruppo A (ultrasuoni + ipoclorito 5% x 1 min.): le immagini (Fig. 4) mostrano una buona sagomatura e una buona detersione del canale. Sono, inoltre, evidenziabili le striature dovute al fenomeno di produzione di oscillazione ultrasonica.

Ad un maggiore ingrandimento (Fig. 5) si

ha un'ulteriore conferma dell'ottimo grado di detersione: sono, infatti, visibili tubuli dentinali pervi e assenza di smear-layer sia superficiale che profondo.

Gruppo B (ultrasuoni + ipoclorito 1% x 1 min.): il grado di detersione ottenuto è inferiore a quello del gruppo A (Fig. 6), anche se sono presenti delle zone in cui si evidenzia una buona pulizia (Fig. 7). Tali zone rappresentano, però, l'eccezione e non la regola.

Gruppo C (ultrasuoni + ipoclorito 2,5% x 3 min.): le immagini (Fig. 8) evidenziano come il grado di detersione sia ottimale; infatti ad un più forte ingrandimento (Fig. 9) è possibile osservare tubuli pervi ed assenza di smear-layer.

Gruppo D (manuale con ipoclorito 5,25%): le foto mostrano che la preparazione di questi elementi dentari è caratterizzata da buona sagomatura del canale e da una discreta detersione (Figg. 10-11) di grado, però, inferiore a quella osservata nei gruppi A e C.

Gruppo E (ultrasuoni + ipoclorito 2,5% x 3 min.): il tempo di strumentazione raccomandato è di 1 min. per strumento. Alcuni autori (36, 37), però, consigliano l'uso di ogni strumento per 3 min. ciascuno, in particolar modo nei canali stretti e curvi. Questa metodica è stata da noi sperimentata ed il grado di detersione osservato (Figg. 12,13) è ottimale; va comunque detto che non vi sono grosse differenze nel grado di detersione fra il gruppo C (Fig. 9) ed il gruppo E (Fig. 13).

Gruppo F (ultrasuoni + H₂O x 1 min.) e **G** (ultrasuoni + H₂O x 3 min.): il grado di detersione osservato è insoddisfacente, ma certamente migliore nel gruppo F (Fig. 14-15) rispetto al gruppo G (Fig. 16-17). Ciò è probabilmente dovuto al fatto che gli strumenti nel gruppo G hanno lavorato per un tempo più lungo producendo una quantità di smear-layer maggiore che l'acqua, data la sua scarsa capacità detergente, non riesce a rimuovere.

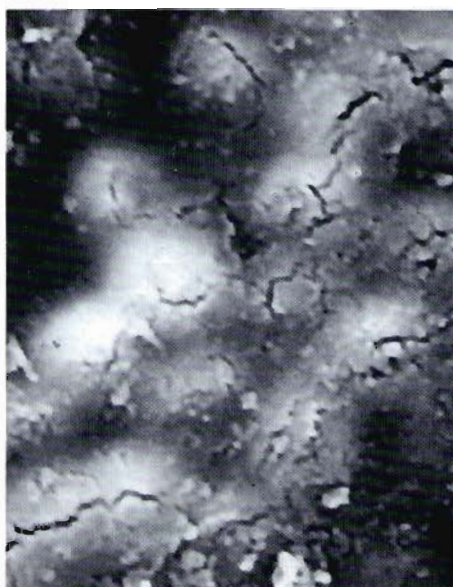


Fig. 6 - Gruppo B: ipoclorito all'1% per 1 min.



Fig. 7 - Gruppo B: ipoclorito all'1% per 1 min.



Fig. 8 - Gruppo C: ipoclorito al 2,5% per 1 min.

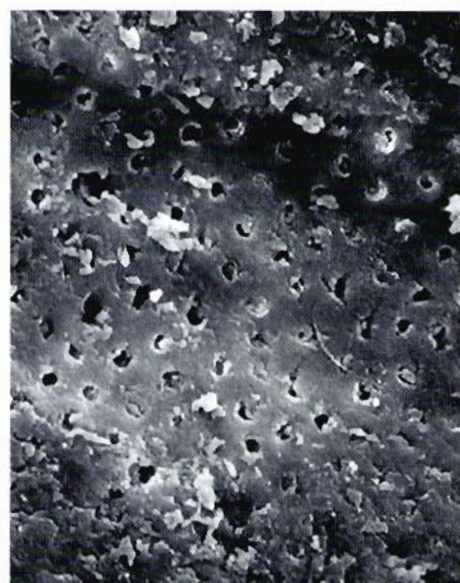


Fig. 9 - Gruppo C: ipoclorito al 2,5% per 1 min.



Fig. 10 - Gruppo D: strumentazione manuale con ipoclorito al 5,25%.



Fig. 11 - Gruppo D: strumentazione manuale con ipoclorito al 5,25%.

CONCLUSIONI

1) La strumentazione endosonica fornisce

un grado di detersione del sistema dei canali radicolari migliore rispetto alla strumentazione manuale quando si utilizzano soluzioni irriganti di ipoclorito di sodio al 2,5 e al 5%. Utilizzando come irrigante l'ipoclorito di sodio all'1% o l'acqua, si ottiene un grado di detersione inferiore alla strumentazione manuale. Da ciò si potrebbe dedurre, in accordo con Ahmad (28), che il grado di detersione è più in funzione dell'irrigante utilizzato che della tecnica di strumentazione.

2) La tecnica ultrasonica fornisce risultati migliori quando è associata all'irrigazione con ipoclorito di sodio al 5 e al 2,5%. Va altresì detto che si preferisce utilizzare ipoclorito di sodio al 2,5% in quanto, a parità di detersione, è meno tossico per i tessuti periapicali.

3) A parità di concentrazione della soluzione irrigante usata nella tecnica endosonica (ipoclorito al 2,5%) la detersione del canale è risultata sovrapponibile sia quando si è fatto lavorare uno strumento per 3 min. che quando il tempo di lavoro è stato di 1 min. Perciò si preferisce utilizzarli per un min. ciascuno senza, così, creare stress eccessivi sia per il paziente che per l'operatore. Nel caso di canali stretti o curvi, per una migliore detersione gli strumenti vengono fatti lavorare per un tempo maggiore.

4) Infine la tecnica endosonica non va utilizzata singolarmente, ma alternata alla strumentazione manuale, mantenendosi con gli strumenti ultrasonici ad 1 - 2 mm dall'apice.



Fig. 12 - Gruppo E: ipoclorito al 2,5% per 3 min.

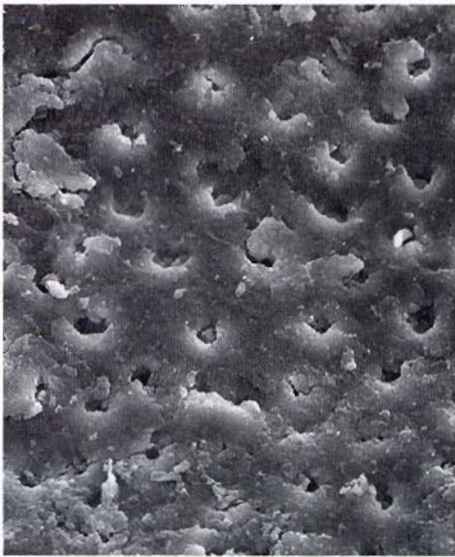


Fig. 13 - Gruppo E: ipoclorito al 2,5% per 3 min.



Fig. 14 - Gruppo F: acqua distillata per 1 min.

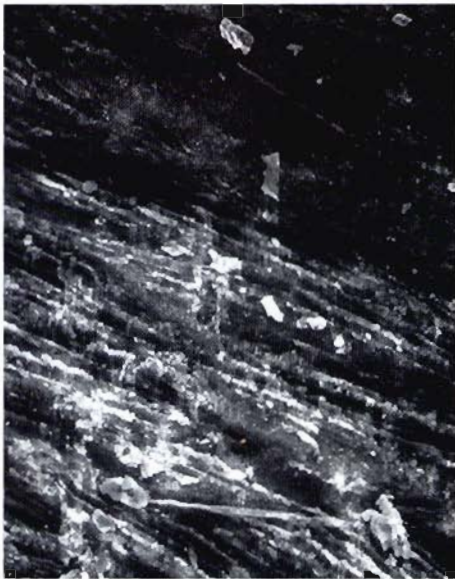


Fig. 15 - Gruppo F: acqua distillata per 1 min.



Fig. 16 - Gruppo G: acqua distillata per 3 min.



Fig. 17 - Gruppo G: acqua distillata per 3 min.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - Weine FS, Kelly RF, Bray KE. Effect of preparation with endodontic handpieces on original canal shape. *J Endod* 1976; 2: 298-306
- 2 - Vertucci FJ. Root canal morphology of mandibular premolars. *JADA* 1978; 97: 47-50
- 3 - Riitano F. Nuovi orientamenti in endodonzia. Ed *Farmitalia Carlo Erba Spa, Milano* 1983
- 4 - Haga CS. Microscopics measurements of root canal preparations following instrumentations. *J Br Endod Soc* 1968; 2: 41-46
- 5 - Gutierrez JH, Garcia J. Microscopic and macroscopic investigations of results of mechanical preparation on root canals. *Oral Surg* 1968; 21: 108-116
- 6 - Davis SR, Brayton SM, Goldman M. The morphology of the prepared root canal. *Oral Surg* 1972; 34: 642-648
- 7 - McCoomb D, Smith D. A preliminary scanning electron microscopic study of the root canals after endodontic procedures. *J Endod* 1975; 1: 238-242
- 8 - Walton R. Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space. *J Endod* 1976; 2: 304-311
- 9 - Richman M J. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *J Dent Med* 1957; 12: 12-18
- 10 - Kasai Y. Experimented study on root canal irrigation by ultrasonics. *Kongawa Dent Coll* 1975; 110: 1-30
- 11 - Martin H. Ultrasonic disinfection of the root canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1976; 42: 92-99
- 12 - Martin H, Cunningham W, Norris J, Cotton W. Ultrasonics vs hand filing of dentin: a quantitative study. *Oral Surg* 1980; 49: 79-81
- 13 - Martin H, Cunningham W, Norris J. A quantitative comparison of the ability of diamond and k-tipe files to remove dentin. *Oral Surg* 1980; 50: 566-568
- 14 - Cunningham W, Martin H. A scanning electron microscopic evaluation of root canal debridement with endosonic ultrasonic synergistic system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1982; 53: 527-531
- 15 - Cunningham W, Martin H, Forest W. Evaluation of root canal debridement by the endosonic ultrasonic synergistic system. *Oral Surg* 1982; 53: 401-404
- 16 - Cunningham W, Martin H, Paller GW, Steops DE. A comparison of antimicrobial effectiveness of endosonic and hand root canal therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1982; 54: 238-241
- 17 - Martin H, Cunningham W. "Endosonic Endodontics", the ultrasonic synergistic system. In: Gerstein H. *Techniques in clinical endodontics*. Ed I, W B Sanders, Philadelphia 1983; 316-323
- 18 - Cameron JA. The use of ultrasound in the cleaning of root canals: a clinical report. *J Endod* 1982; 8: 472-474
- 19 - Cameron JA. The use of ultrasonics in the removal of the smear-layer: a scanning electron microscopic study. *J Endod* 1983; 9: 289-292
- 20 - Castellucci A, Becciani R, Bertelli E. The use of ultrasound in endodontics: S.E.M. study and clinical controls. *Dent Cadmos* 1987; 55: 27-29, 31-32, 35-42
- 21 - Ahmad M. Some observations on the mechanics of oscillation of ultrasonic files. *Endod and Dental Traumatol* 1990; 6: 12-17
- 22 - Ahmad M. Shape of root canal after ultrasonic instrumentation with k-flex files. *Endod and Traumatol* 1990; 6: 104-109
- 23 - Walmsley AD. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *Int Endod J* 1987; 20: 105-111
- 24 - Stamos D. Endosonics: clinical impressions. *J Endod* 1985; 11: 181-187
- 25 - Flynn HG. In *physical acoustics* (Ed WP Mason) Accademia Press, New York 1964 Vol 1B: 57-172
- 26 - Nyborg WL. *Physical mechanisms for biological effects of ultrasound* (Ed F B Serles) HEW publication (FDA), Rockville, Maryland 1978; 78-8092
- 27 - Williams AR. *Ultrasound: biological effects and potential hazards*, Accademia Press, London 1983: 132-171
- 28 - Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *J Endod* 1987; 13: 93-101
- 29 - Ahmad M, Pitt Ford TJ, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod* 1987; 13: 490-499
- 30 - (Ed W P Mason) *Accademia Press*, New York 1965 Vol 2B: 265-383
- 31 - Langeland K, Liao K, Pascon EA. Work-saving devices in endodontics: efficacy of sonic and ultrasonic techniques. *J Endod* 1985; 11: 499-510
- 32 - Griffiths BM, Stock CJ. The efficiency of irrigants in removing root canal debris when used with ultrasonic preparation technique. *Int Endod J* 1986; 19: 277-284
- 33 - Cameron JA. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. *J Endod* 1987; 13: 541-545
- 34 - Ahmad M. Measurement of temperature generated by ultrasonic file in vitro. *Endod and Dental Traumatol* 1990; 6: 230-235
- 35 - Cameron JA. The use of 4 per cent sodium hypochlorite, with or without ultrasound, in cleansing of uninstrumented immature root canals; S.E.M. study. *Aust Dent J* 1987; 32: 204-213
- 36 - Lev R, Reader A, Beck M, Meyers W. An *in vitro* comparison of the step-back technique versus step-back/ultrasonic technique for 1 and 3 minutes. *J Endod* 1987; 13: 523-530
- 37 - Ahmad M, Pitt Ford TR. Comparison of two ultrasonics units in shaping simulated curved canals. *J Endod* 1988; 1: 22-30