

# La detersione del sistema dei canali radicolari

## Cleaning the root canal system

### RIASSUNTO

I batteri sono i responsabili della malattia pulpare. Il trattamento endodontico ha lo scopo di eliminare il contenuto del sistema canalare. La sagomatura deve essere in armonia con l'anatomia originaria dell'endodonto ed ha lo scopo di aprire il sistema canalare all'azione degli irriganti, i veri artefici della detersione. Dopo un'accurata revisione della letteratura si evince che l'NaOCl al 5% riscaldato a 50°C in associazione con l'EDTA al 10% è la giusta combinazione degli irriganti.

L'EDTA contrasta la formazione del fango dentinale prodotto durante la strumentazione permettendo così all'NaOCl di svolgere la sua azione solvente e battericida in tutto il sistema canalare e anche all'interno dei tubuli dentinali.

**Parole chiave:** Detersione. Irriganti. Fango dentinale.

### ABSTRACT

Bacteria are the agents responsible for pulp disease. Endodontic treatment aims to eliminate the contents of the root canal system. Shaping must be in harmony with the original anatomy of the root canal system and has the aim of opening the canal system to the action of irrigants, which are the true cleaning agents. After a careful literature review, it appears that 5% NaOCl heated to 50°C in association with 10% EDTA is the correct combination of irrigants.

EDTA contrasts the formation of smear-layer, produced during instrumentation, thus allowing the NaOCl to carry out its solvent and bactericidal action throughout the canal system, and also within the dentinal tubules.

**Key words:** Cleaning. Irrigants. Smear-layer.

La patologia pulpare è frequentemente la conseguenza di un processo carioso, di un insulto traumatico o di una infiltrazione coronale. La risposta della polpa come difesa da questi insulti è un'inflammatione cronica. Quando sono presenti a livello pulpare delle aree di necrosi, i batteri possono colonizzare la polpa e la malattia diventa irreversibile (1). La polpa andrà inevitabilmente verso la necrosi.

Sono dunque i batteri i maggiori responsabili della patologia pulpare e periapicale. Il successo della terapia endodontica, che permette il recupero dell'elemento dentale, dipende dall'abilità dell'Odontoiatra nel detergere e disinfettare tridimensionalmente il sistema dei canali radicolari e poi riempire e sigillare completamente questo spazio vuoto (2) (3) (Figg. 1, 2).

È importante comprendere come noi, durante la sagomatura, non riusciamo a detergere con gli strumenti endodontici (4). La sagomatura apre il sistema dei canali radicolari agli irriganti e permette poi di realizzare un'otturazione tridimensionale. Sono gli irriganti i veri artefici della detersione (Figg. 3,4,5). Quindi sagomiamo per detergere. In quest'ottica la sagomatura deve essere interpretata come un espediente per ottenere il vero risultato. Risultato che è quindi dipendente da:

1. sagomatura corretta nel rispetto dell'anatomia originaria
2. scelta ed uso corretto degli irriganti
3. tempo di azione degli irriganti
4. otturazione tridimensionale.

L'irrigante ideale dovrebbe:

- dissolvere il tessuto pulpare
- eliminare i batteri
- rimuovere i detriti
- lubrificare
- rimuovere il fango dentinale
- non essere tossico
- essere facilmente reperibile e non costoso.

Molti sono gli irriganti proposti, specialmente negli ultimi anni (5, 6); ciononostante il vecchio ipoclorito di sodio (NaOCl) risulta sempre il più efficace. L'NaOCl è un potente battericida. La sua attività si esplica quando, venendo a contatto con l'acqua, libera acido ipocloroso ed idrossido di sodio. A sua volta l'acido ipocloroso libera acido cloridrico ed ossigeno. Il cloro che si libera

svolge la sua azione battericida entrando in combinazione con i principali costituenti protoplasmatici, in particolare con le proteine (7).

L'NaOCl è un efficace solvente del tessuto pulpare, sia esso vitale o non vitale ed è quindi il vero responsabile dello svuotamento del contenuto del sistema canalare (8).

È inoltre un buon lubrificante degli strumenti endodontici e contribuisce alla fuoriuscita dei detriti dal sistema canalare.

R.E. Hand e coll. dimostrano che l'NaOCl, alla concentrazione del 5,25% esprime la sua massima capacità antibatterica e di solvente del tessuto pulpare (10).

Non è possibile elevare ulteriormente la concentrazione dell'irrigante perché questo eleva anche la sua tossicità che ne impedirebbe l'impiego.

Possiamo però intervenire sulla temperatura e così potenziarne l'azione. S.D. The dimostrò che, portando la temperatura dell'NaOCl a 35,5°C è possibile ottenere un notevole incremento delle sue proprietà di dissolvere il tessuto connettivo del ratto (11).

W.T. Cunningham e coll. confrontarono la capacità di dissolvere il collagene dell'NaOCl al 2,6% e 5,2% a temperatura ambiente (21°C) e a temperatura corporea (37°C). L'NaOCl al 2,6% alla temperatura di 37°C dimostrò le medesime capacità di solvente dell'NaOCl al 5,2% sia a 21°C che a 37°C (12).

Cunningham e coll. hanno dimostrato che l'attività battericida dell'NaOCl al 5,25% è identica alle temperature di 21°C e di 37°C (13).

La temperatura quindi è importante per potenziare l'azione di solvente dell'NaOCl mentre l'attività battericida è influenzata dalla concentrazione e dal tempo di contatto NaOCl - batteri.

Possiamo così riassumere:

1. la concentrazione del 5% di NaOCl è quella ottimale sia per l'azione battericida che per l'azione di solvente del tessuto pulpare
2. l'innalzamento della temperatura dell'irrigante (NaOCl) favorisce la sua azione di solvente, mentre è ininfluente per l'azione battericida
3. l'azione battericida si espleta in pochi

minuti a patto che ci sia un contatto diretto NaOCl batteri.

È importante quindi che la sagomatura apra il sistema canalare all'NaOCl in modo tale che l'irrigante possa realizzare la sua azione tridimensionalmente.

L'NaOCl è però "quasi" il nostro irrigante

ideale. Quasi, perché non è in grado di eliminare il fango dentinale prodotto durante la strumentazione (14).

D.Mc Comb e coll. furono tra i primi Ricercatori a descrivere il fango dentinale (15).

Il fango dentinale è la conseguenza del taglio della dentina da parte degli strumenti endo-

dontici. I detriti che si formano vengono poi spalmati e compattati sulla superficie del canale dall'azione dinamica degli strumenti endodontici. Il fango dentinale può essere distinto in due componenti confluenti:

■ uno strato sottile che forma un tappetino che riveste la parete canalare. Spessore



**Fig. 1 -** Radiografia preoperatoria del primo molare superiore sinistro che necessita di trattamento endodontico.



**Fig. 2 -** Radiografia postoperatoria. Sagomatura ed obturazione tridimensionale dei 4 canali quasi sempre presenti nel primo molare superiore.



**Fig. 3 -** Radiografia preoperatoria dell'incisivo centrale superiore destro traumatizzato. L'elemento dentale necessita di apacificazione. Il trattamento non ha fatto uso di strumenti endodontici ma solo di irriganti (NaOCl 5%, EDTA 10%). Il canale è stato poi riempito di idrossido di calcio.



**Fig. 4 -** Controllo a quattro mesi mediante microscopio operatorio (25x) della avvenuta apacificazione.



**Fig. 5 -** Radiografia dell'otturazione tridimensionale del canale radicolare.



medio 1 o 2  $\mu\text{m}$  (16) (Fig. 6).

una porzione molto più aggressiva che penetra nei tubuli e forma veri e propri tappi profondi circa 40  $\mu\text{m}$  (16) (Figg. 7, 8). Il fango dentinale è quindi presente solo sulle superfici canalari strumentate e non è presente in canali sagomati, in aree dove gli strumenti endodontici non hanno lavorato (17, 18).

Il fango dentinale è composto da piccole particelle inorganiche di tessuto calcificato (15, 18, 19, 20) e materiale organico (residui vitali o necrotici di tessuto pulpare, processi odontoblastici, batteri, cellule ematiche) (15, 20).

Fino a pochi anni or sono le implicazioni cliniche del fango dentinale non erano chiaramente conosciute (20).

I tappi di detriti che ostruiscono i tubuli dentinali riducono la permeabilità della dentina (21). Quindi si era ipotizzato che prevenissero, formando una barriera, la penetrazione di batteri all'interno dei tubuli. Questo è solo in parte vero perché, in seguito fu dimostrato che il fango dentinale rallenta il passaggio dei microrganismi nei tubuli dentinali ma non blocca i tubuli (22). In più il fango dentinale può non permettere la penetrazione di medicinali o materiale d'otturazione all'interno dei tubuli (15, 19).

La rimozione del fango dentinale migliora il

contatto materiale d'otturazione - pareti canalari e quindi il sigillo (23, 24).

La rimozione del fango dentinale può permettere all'NaOCl di penetrare nei tubuli dentinali ed in aree rese da lui inaccessibili e quindi protette dall'azione degli irriganti (4). È stato dimostrato che la presenza del fango dentinale riduce la permeabilità della dentina dal 25% al 49% (25).

A questo punto, se consideriamo che una possibile ragione del persistere dell'infezione endodontica può essere determinata dalla presenza di batteri che hanno invaso i tubuli dentinali (26), risulta intuitivo come sia importante rimuovere il fango dentinale. Essendo il fango dentinale prevalentemente composto da materiale inorganico, le soluzioni più idonee per rimuoverlo sono acidi deboli (acido citrico, acido fosforico, acido tannico) o chelanti (EDTA, REDTA) (27).

M. Brännström e coll. trovarono che cavità trattate con una soluzione di benzalkonium chloride e EDTA allo 0.2% erano deterse in modo accettabile (28). Lo strato superficiale del fango dentinale era completamente rimosso mentre erano ancora presenti i tappi di detriti all'interno dei tubuli (28).

N. Goldman e coll. e R. S. Yamada e coll. dimostrarono come un lavaggio finale (al termine della strumentazione) di EDTA al 17% seguito da un lavaggio con NaOCl era in

grado di rimuovere completamente il fango dentinale (29, 30). L'EDTA e NaOCl rimuovevano rispettivamente la componente inorganica ed organica del fango dentinale (29, 30). J.C. Baumgartner e coll. dimostrarono come l'uso durante la strumentazione di acido citrico da solo o usato in combinazione con l'NaOCl è efficace più che il solo NaOCl nel



Fig. 6 - Terzo medio del canale dopo strumentazione meccanica. La superficie canalare appare ricoperta da un consistente tappeto di fango dentinale (SEM 1000x).

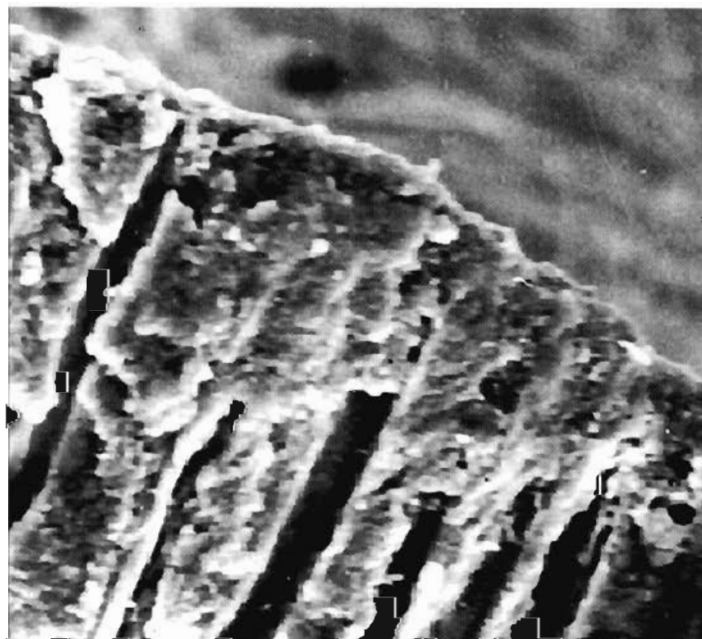


Fig. 7 - Sezione che evidenzia la profonda penetrazione nei tubuli dentinali del fango dentinale prodotto dalla strumentazione meccanica (SEM 3000x).

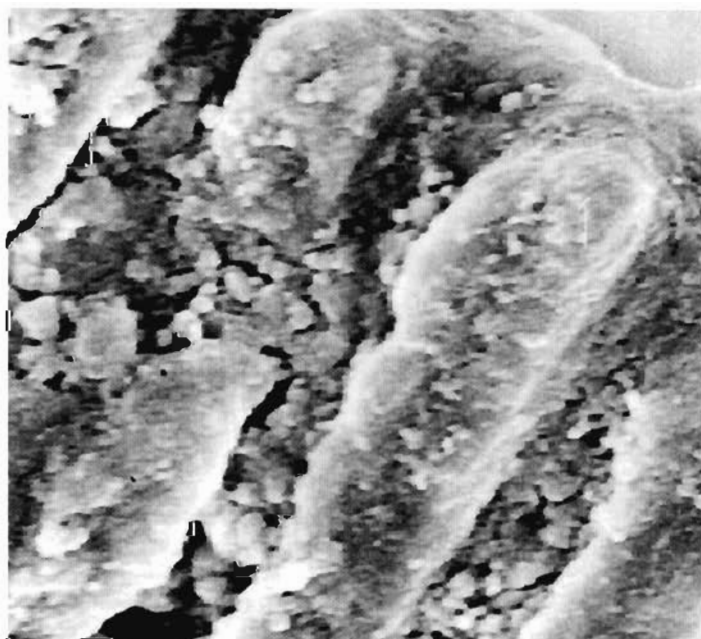


Fig. 8 - Particolare della figura 7 (SEM 6000x).



rimuovere il fango dentinale (31).

In uno studio successivo J.C. Baumgartner e coll. dimostrarono come l'uso alternato durante la strumentazione di NaOCl al 5.25% ed EDTA al 15% era in grado di rimuovere completamente sulle superfici canalari strumentate i residui pulpari ed il fango dentinale, lasciando superfici lisce con i tubuli dentinali aperti (32).

Le superfici canalari non strumentate erano prive di residui pulpari e della predentina (32).

R. Garberoglio e coll. dimostrarono come una soluzione di EDTA al 3% era efficace come l'acido fosforico o l'acido citrico al 17% nel rimuovere il fango dentinale (33).

In più le superfici canalari trattate con l'EDTA al 3% non dimostravano una marcata demineralizzazione della dentina e dei tubuli come invece era visibile sulle superfici canalari trattate con l'acido fosforico o citrico al 17% (33) (Fig. 9).

E. Liolos e coll. dimostrarono come un lavaggio finale (al termine della strumentazione) con l'EDTA al 15% era efficace nel rimuovere il fango dentinale come l'EDTA al 3% (34).

L'acido citrico al 50% dava invece risultati non soddisfacenti con una rimozione incompleta del fango dentinale (34).

Da questa breve revisione della letteratura possiamo dedurre che gli irriganti per

rimuovere il fango dentinale possono essere utilizzati:

1. al termine della strumentazione
2. durante la strumentazione.

Come abbiamo premesso, obiettivo della terapia endodontica è eliminare il sistema canalare mediante una detersione ed un'otturazione tridimensionale (2, 3).

Abbiamo anche visto come la permanenza di batteri dentro i tubuli dentinali può condizionare il successo della terapia (26).

Alla luce di queste considerazioni risulta determinante mettere in atto tutte quelle strategie che permettono l'azione dell'NaOCl anche all'interno dei tubuli dentinali (4).

Dobbiamo quindi (35):

1. usare tecniche operative e strumenti endodontici che formino poco fango dentinale
2. usare gli irriganti idonei
3. contrastare, durante la sagomatura, la formazione del fango dentinale al fine di permettere all'NaOCl di svolgere la sua azione nell'intero sistema canalare e nei tubuli dentinali
4. favorire la penetrazione dell'NaOCl all'interno dei tubuli dentinali
5. permettere che gli irriganti (NaOCl - EDTA) svolgano la loro azione (TEMPO).

Attualmente l'EDTA sembra essere il più efficace prodotto per rimuovere il fango

dentinale (4, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34). Per permettere che l'NaOCl svolga la sua azione in profondità è utile contrastare la formazione del fango dentinale usando l'EDTA anche durante la sagomatura canalare (4, 31, 35, 36). Solo così l'NaOCl potrà penetrare nei tubuli dentinali ed in aree se non rese inaccessibili dal fango dentinale (4). L'EDTA alternato all'NaOCl impedirà che il fango dentinale si organizzi e con la sua porzione più aggressiva formi quei tappi che, penetrando all'interno dei tubuli dentinali, li occluda (4, 36).

Oltre a rimuovere efficacemente il fango dentinale contrastandone la formazione, l'associazione EDTA alternata all'NaOCl durante la strumentazione è stato dimostrato essere più efficace come battericida che l'NaOCl da solo (37).

Un ulteriore espediente che possiamo utilizzare è la temperatura. Come abbiamo visto precedentemente, se eleviamo la temperatura dell'NaOCl ne potenziamo l'azione solvente (11, 12).

E. Berutti e coll. hanno dimostrato come elevando la temperatura dell'NaOCl a 50°C si ha una notevole riduzione della formazione del fango dentinale a livello del terzo medio del canale mentre nel terzo apicale questo appare meno organizzato e formato da fini particelle (38) (Fig. 10).

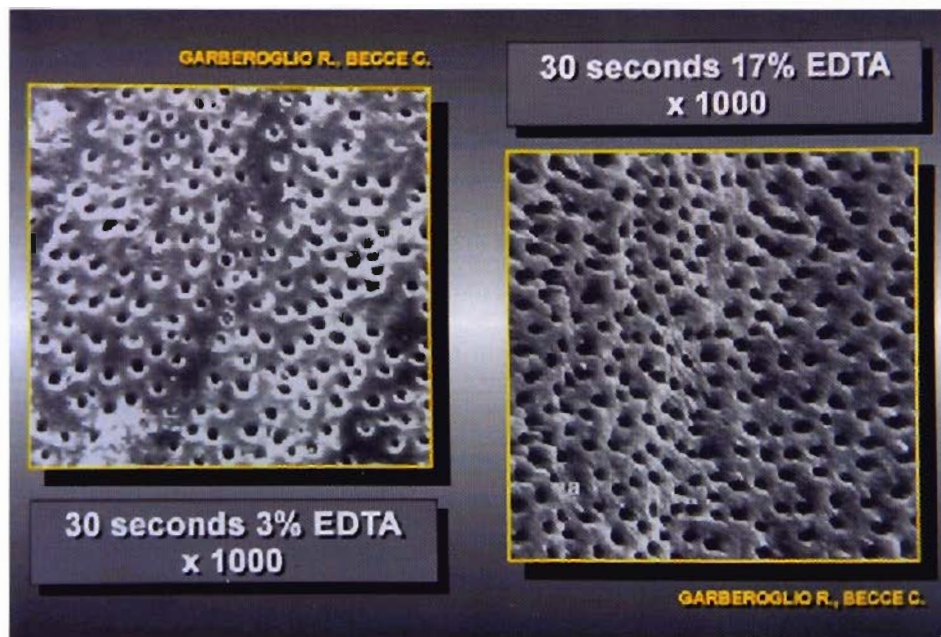


Fig. 9 - Da Garberoglio R. e coll. "Smear-layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study" Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1994; 78: 359-367.

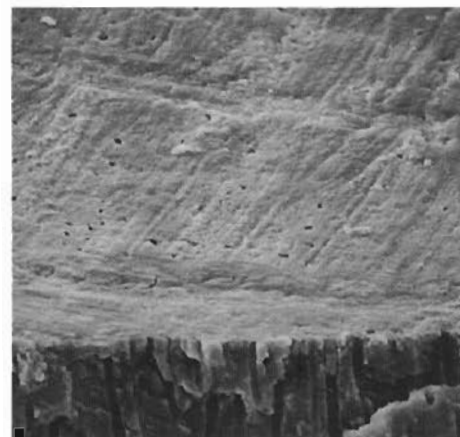


Fig. 10 - Terzo medio del canale dopo strumentazione meccanica ed irrigazione con NaOCl a 50°C.

La parete canalare appare ricoperta da un sottile strato di fango dentinale come si evidenzia dalla presenza di alcuni tubuli dentinali parzialmente aperti. (SEM 1000x).



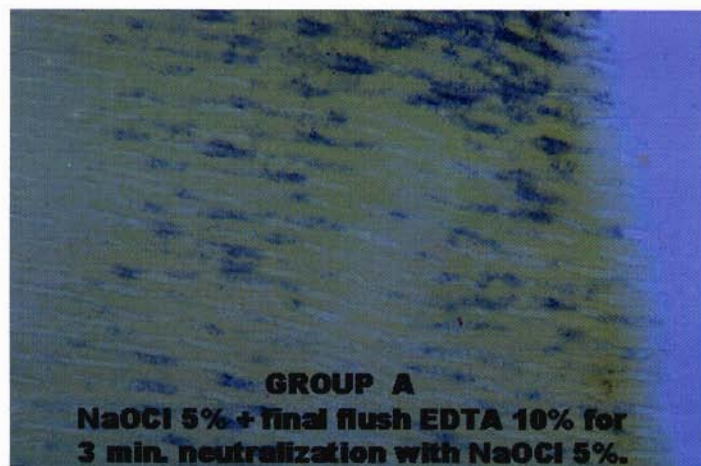


Fig. 11 - Gruppo A. Sezione istologica del terzo medio del canale. Residua infezione dei tubuli dentinali (colorazione Brown e Brenn, 400x).

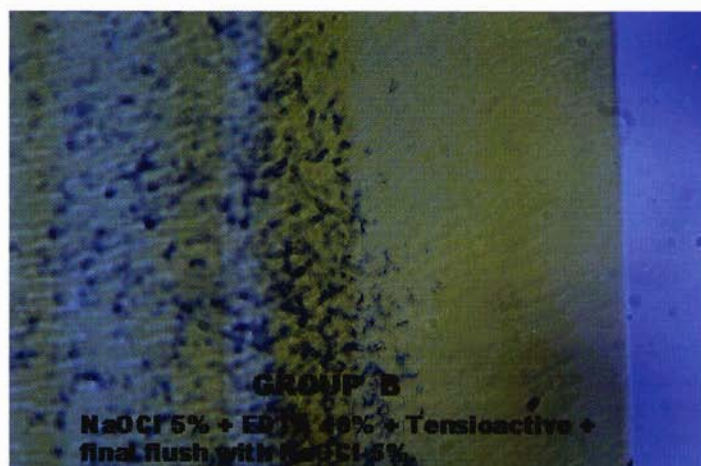


Fig. 12 - Gruppo B. Sezione istologica del terzo medio del canale. Area priva di infezione dentinale prospiciente il lume canalare. Al di sotto residua un'area di infezione tubulare (colorazione Brown e Brenn 250x).

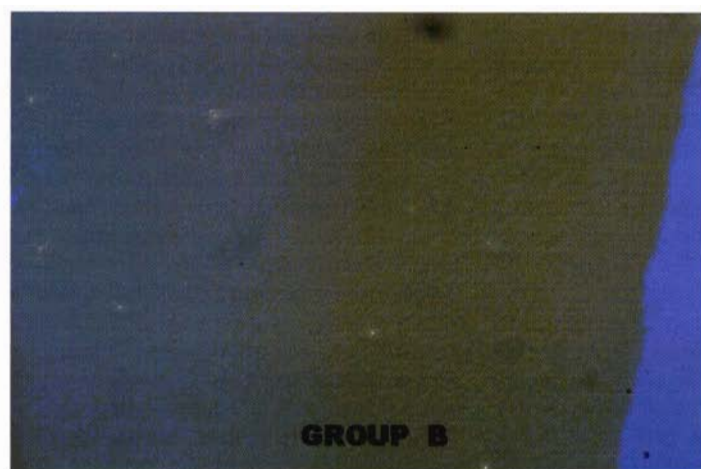


Fig. 13 - Sezione istologica del terzo medio del canale. I tubuli dentinali sono privi di batteri (Colorazione Brown e Brenn, 250x).

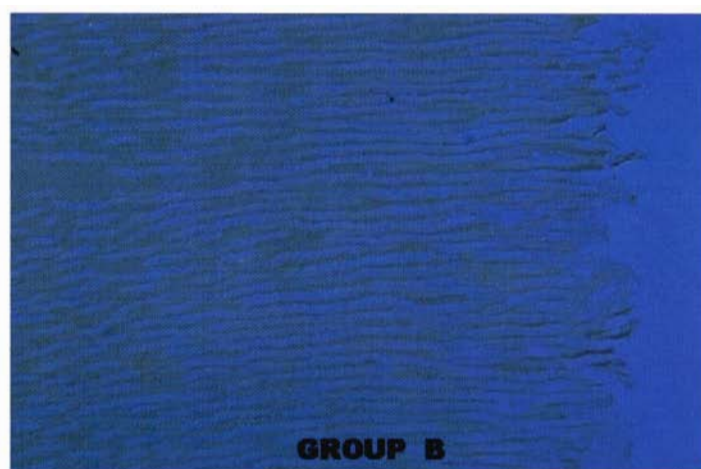


Fig. 14 - Particolare della sezione della figura 13 (Colorazione Brown e Brenn, 400x).

E. Berutti e coll. hanno recentemente dimostrato che l'associazione di EDTA al 10% un tensioattivo (Triton), e NaOCl al 5% determina una ottimale disinfezione dei tubuli dentinali (36).

La sequenza operativa prevede l'uso dell'EDTA per rimuovere il fango dentinale prodotto dagli strumenti endodontici seguito dal tensioattivo che prepara la superficie, abbassando la tensione superficiale. A questo punto l'NaOCl sarà favorito nella penetrazione in profondità all'interno dei tubuli per capillarità (Figg. 11-16).

Un'alta concentrazione di EDTA (10%) è necessaria perché questo è in parte diluito dall'NaOCl già presente nel canale (36).

Ultima condizione e forse la più importante, è il fattore tempo. Dobbiamo permettere che gli irriganti abbiano il tempo necessario affinché la loro azione sia completa (Figg. 17, 18). Oggi le nuove tecnologie (strumenti meccanici in nichel-titanio) ci permettono di sagomare canali radicolari anche difficili in pochissimo tempo con ottimi risultati. Questo però contrasta con l'obiettivo principale della terapia che è l'eliminazione del contenuto del sistema canalare realizzato

mediante l'azione degli irriganti.

Ricordiamo infatti che gli strumenti endodontici durante il loro lavoro di sagomatura del canale radicolare non detergono, anzi con la creazione del fango dentinale contrastano l'azione in profondità degli irriganti. Ma allora qual è il tempo corretto di azione

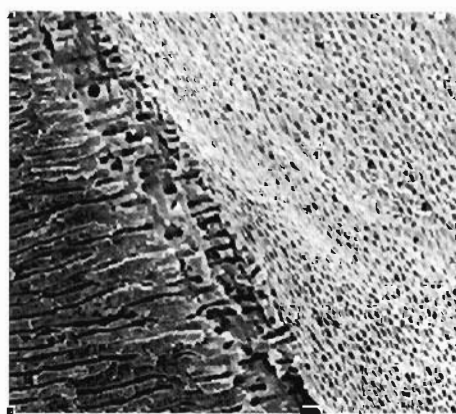


Fig. 15 - Terzo medio del canale dopo strumentazione meccanica ed irrigazione alternata con EDTA al 10% e NaOCl al 5% (SEM 450x).

degli irriganti affinché svolgano completamente la loro azione?

H. Nakamura e coll. valutarono *in vitro* su collagene bovino (tendini, polpa dentale, gengiva) l'azione solvente di 3 concentrazioni di NaOCl (2%, 5%, 10%) a 37°C (39).

L'NaOCl al 2% dissolveva il 33% di collagene

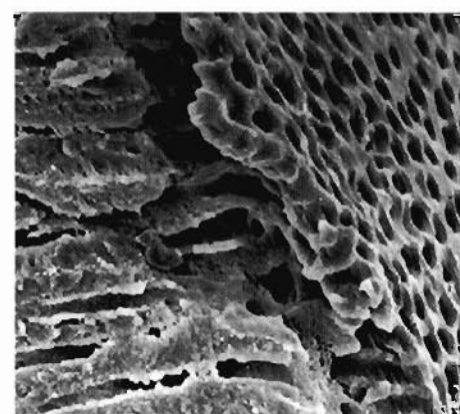


Fig. 16 - Particolare della Fig. 15 (SEM 1500x).

bovino dopo 10 secondi e il 52% dopo 10 minuti (39).

L'NaOCl al 5% dissolveva il 47% di collagene bovino dopo 10 secondi e il 61% dopo 10 minuti (39).

L'NaOCl al 10% infine dissolveva il 78% di collagene bovino dopo 10 secondi e l'80% dopo 10 minuti (39).

M. Andersen e coll. valutarono *in vitro* su tessuto pulpare umano l'azione solvente dell'NaOCl al 2% a 37°C (40).

L'NaOCl al 2% dissolveva il 15% di polpa umana dopo 15 minuti; il 50% dopo 1 ora, il 100% dopo 2 ore (40).

Dobbiamo naturalmente ridurre i tempi. Possiamo agire su:

- temperatura
- movimento degli irriganti dentro il sistema canalare
- rinnovo delle soluzioni irriganti.

Abbiamo già visto precedentemente i numerosi vantaggi dell'usare l'NaOCl caldo (50°C). (10, 11, 12, 38).

Se noi rinnoviamo costantemente gli irriganti avremo nel canale sempre soluzioni con il massimo della loro capacità di azione (35).

Questo è un principio valido per tutti i reagenti chimici. Potremo così anche rimuovere i prodotti della degradazione della polpa ed avere un contatto diretto sempre più in profondità di reagenti (irriganti) freschi con il tessuto pulpare e gli eventuali batteri (35).

Sempre in quest'ottica è determinante, al

fine del risultato finale, muovere gli irriganti nel sistema canalare. Agitare gli irriganti nel sistema canalare vuol dire spingerli in tutti gli anfratti, nei tubuli dentinali, rinnovarli continuamente (sempre fresco l'irrigante che viene a contatto con il tessuto pulpare ed i batteri), sfruttare l'azione dinamica del fluido che, meccanicamente, lava e deterge le pareti canalari con vigore (35).

Mettendo in atto tutti questi accorgimenti possiamo quantificare il tempo necessario alla detersione di un canale radicolare in circa 30 minuti. Naturalmente questo è un tempo medio. Bisogna infatti tenere in considerazione alcune variabili. T.M. Gordon e coll. valutarono l'azione solvente dell'NaOCl a diverse concentrazioni sul tessuto vitale e necrotico (41).

Essi conclusero che è importante, nel determinare il grado di dissoluzione, l'area della superficie del tessuto esposto all'azione dell'NaOCl (41). Sistemi canalari complessi che presentano ismi o ramificazioni richiedono più tempo per un loro completo svuotamento da parte dell'NaOCl.

L'irrigante in questi casi svolge la sua azione in superfici di tessuto estremamente ristrette (ismo che unisce i canali mesiali dei molari inferiori, ismo che unisce il canale mesio-vestibolare con il canale mesio-palatino nei primi molari superiori) e molto profonde.

Un'ulteriore variabile da non trascurare è lo

stato del tessuto contenuto nel sistema canalare.

M. Abou-Rass e coll. valutarono l'azione solvente dell'NaOCl su diversi tipi di tessuto (42). I risultati furono:

- il tessuto fresco si dissolve rapidamente
- il tessuto necrotico richiede più tempo
- il tessuto fissato richiede molto tempo per essere dissolto.

A questo punto possiamo chiederci perché non usare una medicazione intermedia che sia in grado di svolgere l'azione di detersione del sistema canalare?

S.F. Yang e coll. hanno recentemente dimostrato che sia il Ca (OH)<sub>2</sub> sia l'NaOCl lasciati nei canali dopo la sagomatura per un periodo di 1 o 7 giorni non sono in grado di migliorare significativamente la detersione del sistema canalare (43).

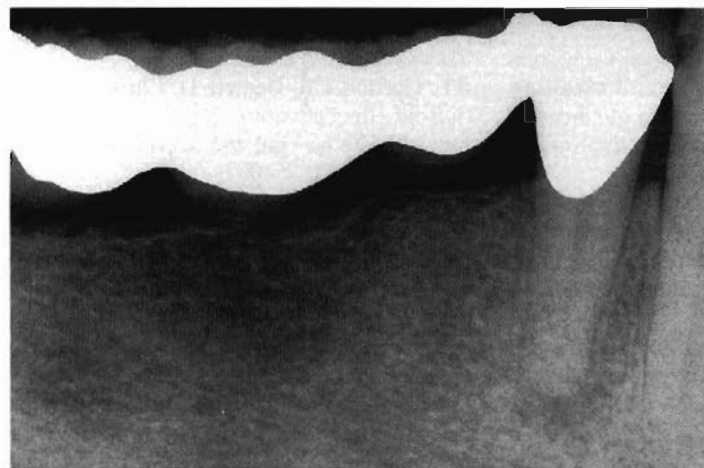


Fig. 17 - Radiografia preoperatoria del primo premolare inferiore destro che necessita di trattamento endodontico.

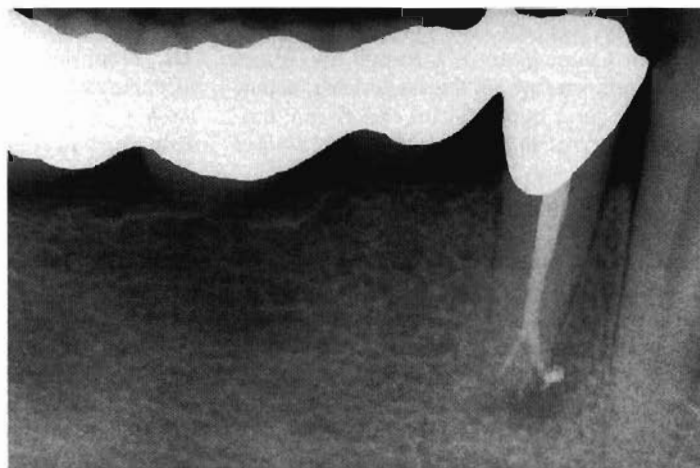


Fig. 18 - Radiografia postoperatoria. Occorre permettere agli irriganti di compiere completamente la loro azione. Solo così il trattamento (detersione ed otturazione) sarà veramente tridimensionale.



## BIBLIOGRAFIA

1. Vignoletti G. Le reazioni della polpa alla carie. *Dent Mod* 1984; 9: 1360-61
2. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974; 18: 269-96
3. Schilder H. Filling the root canal in three dimensions. *Dent Clin North Am* 1967; 11: 723-44
4. Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endodon* 1992; 18: 605-12
5. Ringel AM, Patterson SS, Newton CW, Miller CH, Mulhern JM. *In vivo* evaluation of chlorhexidine gluconate solution and sodium hypochlorite solution as root canal irrigants. *J Endodon* 1982; 8: 200-04
6. Hata G, Uemura M, Weine FS, Toda T. Removal of smear-layer in the root canal using oxidative water. *J Endodon* 1996; 22: 643-45
7. Penick EC, Osetek EM. Intracanal drugs and chemicals in endodontic therapy. *Dent Clin North Am* 1970; 14: 743-56
8. Rosenfeld EF, James GA, Burch BS. Vital pulp response to sodium hypochlorite. *J Endodon* 1978; 4: 140-6
9. Abou-Rass M, Piccinino MV. The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992; 54: 323-8
10. Hand Re, Smith ML, Harrison JW. Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *J Endodon* 1978; 4: 60-4
11. Thè SD. The solvent action of sodium hypochlorite on fixed and unfixed necrotic tissue. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1979; 47: 558-61
12. Cunningham WT, Balekjian AY. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980; 49: 175-7
13. Cunningham WT, Joseph SW. Effect of temperature on the bactericidal action of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980; 50: 569-71
14. Wayman Be, Kopp WM, Pinero GJ, Lazzari EP. Citric and lactic acids as root canal irrigants *in vitro*. *J Endodon* 1979; 5: 258-60
15. Mc Comb D, Smith CD. A preliminary scanning electron microscopy study of root canals after endodontic procedures. *J Endodon* 1975; 1: 238-42
16. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endodon* 1984; 10: 477-83
17. Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Lin PS. Scanning electron microscope study of a new irrigation method in endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1979; 48: 79-83
18. Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Lin PS. The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1981; 52: 197-204
19. Moodnik RM, Dorn So, Feldman MJ, Levey M, Borden BG. Efficacy of biomechanical instrumentation: a scanning electron microscopic study. *J Endodon* 1977; 2: 261-6
20. Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Lin PS. The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. Part 2. *J Endodon* 1982; 8: 487-92
21. Dippel H, Hoppenbrouwers P, Borggreven J. Influence of the smear layer and intermediary base materials on the permeability of dentin. *J Dent Res* 1981; 60: 1211
22. Williams S, Goldman M. Penetrability of the smeared layer by a strain of proteus vulgaris. *J Endodon* 1985; 11: 385-388
23. White R, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer on dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *J Endodon* 1984; 10: 558-62
24. Kennedy WA, Walker WA, Gough RW. Smear layer removal effects on apical leakage. *J Endodon* 1986; 12: 21-27
25. Fogel HM, Pashley DH. Dentin permeability: effects of endodontic procedures on root slabs. *J Endodon* 1990; 16: 422-45
26. Haapasalo M, Orstavik D. In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *J Dent Res* 1987; 66(8): 1375-79
27. Cohen S, Burns RC. Pathways of the pulp. 6th ed. St. Louis: CV Mosby, 1994: 199
28. Brännström M, Johnson G. Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: a scanning microscopic investigations. *J Prosthet Dent* 1974; 31: 422-30
29. Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Lin Ps. The efficacy of several endodontic irrigant solutions: a scanning electron microscopic study. *J Endodon* 1982; 8: 487-92
30. Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume with several irrigating solutions. *J Endodon* 1983; 9: 137-42
31. Baumgartner JC, Brown CM, Mader CL, Peters DD, Shulman JD. A scanning electron microscopic evaluation of root canal debridement using saline, sodium hypochlorite, and citric acid. *J Endodon* 1984; 10: 525-31
32. Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endodon* 1987; 13: 147-57
33. Garberoglio R, Becce C. Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994; 78: 359-67
34. Liolios E, Economides N, Parissis-Messimeris S, Boutsioukis A. The effectiveness of three irrigating solutions on root canal cleaning after hand and mechanical preparation. *Int Endod J* 1997; 30: 51-57
35. Berutti E, Marini R. The right use of endodontic instruments and irrigants in *in vitro* and *in vivo* study. Third Endodontic World Congress, Rome 1995, 28 June, 1 July
36. Berutti E, Marini R, Angeretti A. Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules. *J Endodon* 1997; 23: 725-7
37. Bystrom A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J* 1985; 18: 35-40
38. Berutti E, Marini R. A scanning electron microscopic evaluation of the debridement capability of sodium hypochlorite at different temperatures. *J Endodon* 1996; 22: 467-740
39. Nakamura H, Asai K, Fujita H, Nakazato H, Nishimura Y, Furuse Y, Sahashi E. The solvent action of sodium hypochlorite on bovine tendon collagen, bovine pulp and bovine gingiva. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1985; 60: 322-6
40. Andersen M, Lund A, Andreassen Jo, Andreassen FM. *In vitro* solubility of human pulp tissue in calcium hydroxide an sodium hypochlorite. *Endod Dent Traumatol* 1992; 8: 104-8
41. Gordon TM, Damato D, Christner P. Solvent effect of various dilution of sodium hypochlorite on vital and necrotic tissue. *J Endodon* 1981; 7: 466-9
42. Abou-Rass M, Oglesby SW. The effects of temperature concentration and tissue type on the solvent ability of sodium hypochlorite. *J Endodon* 1981; 7: 376-377
43. Yang SF, Rivera EM, Walton RE, Baumgardner KR. Canal debridement: effectiveness of sodium hypochlorite and calcium hydroxide as medicaments. *J Endodon* 1996; 22: 521-525