

Giovanni Anglesio Farina*
Paola Giacomelli**
Raffaello Cimma**
Eraldo Pomatto***

Università degli Studi di Torino
Specialità in Chirurgia Odontostomatologica
Direttore: Prof. Vittorio Vercellino
Azienda Ospedaliera S. Luigi
Regione Gonzole - Orbassano - Torino
* Professore a contratto in Chirurgia
Endodontica
** Libero Professionista, Torino
*** Dirigente Medico

Corrispondenza:
Dott. Giovanni Anglesio Farina
Via delle Acacie, 8
10090 Bruino (TO)
Tel.: 011 9085979
Fax: 011 9086257
E-mail: g.anglesio@libero.it

Pervenuto in Redazione il 10 maggio 2006
Accettato per la pubblicazione il 4 luglio 2006

Valutazione delle capacità di disinfezione del laser Nd:YAG

Disinfecting capability of laser Nd:YAG in endodontics

RIASSUNTO

Scopo: scopo dello studio è stato di valutare le capacità antibatteriche del laser Nd:Yag e dell'NaOCl rispetto ad *Enterococcus faecalis*. La notevole evoluzione tecnologica dell'endodonzia favorisce una riduzione dei tempi operatori e quindi anche dei tempi di attività degli irriganti. Abbiamo quindi mirato al nostro studio sul fattore tempo, oltre che sull'efficacia delle metodiche analizzate.

Metodologia: trentadue denti monoradicolari sono stati selezionati e preparati con strumenti rotanti in Ni-Ti e infettati con *Enterococcus faecalis*. I campioni ottenuti sono stati divisi in quattro gruppi:

- Gruppo 0, di controllo;
- Gruppo A, trattato con NaOCl a 45°C per 20';
- Gruppo B, trattato con il laser Nd:Yag in soluzione fisiologica;
- Gruppo C, trattato con il laser Nd:Yag e NaOCl a 45°C per 3'.

Prima e dopo i trattamenti, sono stati eseguiti prelievi endocanalari. Con essi si è proceduto alla contaminazione di terreni di coltura selettivi per *Enterococcus faecalis*.

Risultati: dallo studio dei profili batterici emerge che l'NaOCl alla temperatura di 45°C presenta un'ottima azione antibatterica, se utilizzato per un tempo di 20' (A); il laser Nd:Yag da solo non sembra avere un potere antimicrobico soddisfacente (B), mentre mostra un'ottima efficacia in combinazione con l'NaOCl per 3', sovrapponibile a quella

dell'ipoclorito, con un notevole risparmio di tempo (C).

Conclusioni: riteniamo che i risultati ottenuti siano interessanti, alla luce delle esigenze dell'endodonzia moderna, i cui progressi favoriscono una riduzione dei tempi operatori. Possiamo affermare che l'uso combinato dell'ipoclorito di sodio e del laser possa considerarsi, in tal senso, una proposta adeguata.

Parole chiave:

Laser Nd:Yag, ipoclorito di sodio, *Enterococcus faecalis*, endodonzia.

ABSTRACT

Aim: aim of this study was to evaluate the antibacterial capability of Nd:YAG laser and NaOCl evaluation with regards to *Enterococcus faecalis*.

The remarkable endodontic's technological evolution aids a reduction in work time and more over a reduction in irrigants activity.

This study was carried out not only to verify the efficacy of the methodology used, but above all to value the time factor.

Methodology: 32 single-rooted teeth were selected and were prepared with Ni-Ti rotary instruments and then infected with *Enterococcus faecalis*.

The obtained specimens were divided into 4 groups:

- Group 0: control group;
- Group A: was treated with NaOCl at 45°C for 20';
- Group B: was treated with Nd:Yag laser in a physiologic solution;

- Group C: was treated with Nd:Yag laser and NaOCl at 45°C for 3'.

Endodontic microbiological samples were taken before and after these treatments and obtained samples were used to contaminate selected culture plates for *Enterococcus faecalis*.

Results: the bacterial study showed that the NaOCl at a temperature of 45°C has an excellent antibacterial action if used for 20 minuts (A); the Nd:Yag laser doesn't seem to have valid antimicrobial effects when used alone (B) ion the contrary Nd:Yag laser and NaOCl for 3' provided excelled results, similar to those obtained by NaOCl alone, but with a greater time saving.

Conclusions: the obtained results can be useful when related to modern endodontic therapy needs, since more rapid instrumentation techniques ask for a decrease of time spent for irrigation. The association of NaOCl and Nd:Yag laser seems to be an interesting and valid technique to increase antimicrobial effect and save time.

Key words:

Nd:Yag laser, sodium hypochlorite, *Enterococcus faecalis*, endodontics.

INTRODUZIONE

Le componenti fondamentali della preparazione biomeccanica dei canali radicolari sono rappresentate dalla sagomatura e dalla detersione dello spazio endodontico.

È dimostrato come la sola strumentazione meccanica non annulli la carica bat-

terica presente nel sistema canalare (1, 2). Inoltre, l'azione degli strumenti provoca la formazione di un accumulo di detriti prevalentemente calcificati, noto come *smear layer*, aderente alla superficie dentinale ed ai tubuli (3). Attualmente la rimozione dello *smear layer* – fango dentinale – avviene grazie ad un meccanismo di chelazione calcica con l'utilizzo di acidi deboli come l'acido etilendiaminotetracetico (EDTA). Di contro l'ipoclorito di sodio (NaClO), l'irrigante che più spesso viene raccomandato nella pratica clinica per la sua azione antisettica e dissolvente sui tessuti molli, è inefficace sulle strutture mineralizzate. I due irriganti sono spesso utilizzati in sequenza durante la strumentazione al fine d'incrementarne reciprocamente l'azione (1, 4-7).

Goldman et al. (8) hanno verificato che, nei canali preparati senza l'ausilio degli irriganti, la quantità dei residui tissutali era superiore del 70% rispetto ai campioni in cui questi erano stati utilizzati. Del resto, Davis et al. (9) hanno evidenziato la presenza, anche in canali ben preparati, di residui organici ed inorganici, soprattutto in quelle aree che non entrano in contatto con gli strumenti. Infatti è stato dimostrato da Peters et al. (10) che il 35% o più della superficie canalare non viene toccata dalle lime durante l'alesaggio meccanico, indipendentemente dalla tecnica utilizzata.

Come accennato, l'ipoclorito di sodio è, tra i vari antisettici, quello che maggiormente viene adoperato nella pratica clinica. Di tale composto sono note le proprietà antibatteriche (11, 12) e di dissolvimento della componente organica (13). Per la sua bassa tensione superficiale, l'NaClO giunge passivamente nei recessi poco accessibili alla strumentazione.

Tra le varie concentrazioni proposte, quella al 5,25% risulterebbe essere la più efficace. Uno studio di Cunningham (14) evidenzia come l'attività battericida dell'ipoclorito *in vitro* si espliciti in minor tempo a 37° piuttosto che a 22°. Aumentando ulteriormente la temperatura di utilizzo fino a 50° si ottengono risultati ancor più significativi (15). Ne è derivata la consuetudine clinica di preriscaldare l'ipoclorito di sodio.

I primi studi sugli aspetti microbiologici degli insuccessi endodontici risalgono

no all'opera di ricercatori di scuola scandinava negli anni '60 (16, 17).

Se si escludono condizioni cliniche del tutto particolari e relativamente infrequenti come le infezioni extraradicolari (18, 19) e le reazioni da corpo estraneo (20), il fallimento della terapia endodontica si associa alla persistenza di batteri nel canale radicolare (21).

Nel 1998 in un'indagine condotta su 55 casi di insuccesso endodontico sottoposti a ritrattamento, Sundqvist et al. (22) osservarono che nella maggior parte dei casi l'infezione endocanalare, a differenza di quanto si verifica nei canali necrotici, era sostenuta da un'unica specie microbica. Nell'ambito delle specie batteriche isolate, l'*Enterococcus faecalis* rappresentava il microrganismo di più frequente riscontro.

L'E. *Faecalis* è un batterio gram positivo, sferico, altamente resistente, anaerobico facoltativo. Le sue caratteristiche di resistenza sono da attribuirsi alle peculiarità della sua parete cellulare, altamente organizzata, in cui le molecole di mureina, costituente fondamentale della *cell wall*, sono strettamente unite e legate; la componente lipoproteica equivale soltanto al 3% dell'intera struttura (23).

In tempi relativamente recenti è stato introdotto in endodonzia l'uso del laser ed in particolare del laser Nd:YAG.

Si tratta di un laser a stato solido, che ha per mezzo attivo un cristallo di ittrio-alluminio-granato drogato con neodimio.

La sua emissione è nello spettro dell'infrarosso a 1,064 µm. La radiazione viene assorbita prevalentemente dall'emoglobina e dalla melanina e solo parzialmente dall'acqua.

Il neodimio di uso corrente in odontostomatologia ha emissione energetica di tipo pulsato, limitando così la profondità dell'effetto termico a 0,5 – 1 mm (3W) per tessuti molli e a 0,1 mm per tessuti duri (1W) con frequenza variabile tra i 10 e 200 Hz e tempo di durata dell'impulso (ampiezza) tra i 100 – 300 µsec.

Si parla più correttamente di terapia laser-assistita in quanto qualsiasi terapia non congrua non può trovare rimedio in nessun trattamento laser.

Il laser è stato utilizzato in endodonzia con varie finalità. A noi preme valuta-

re questa tecnologia in funzione della sua attività antisettica.

La fibra da utilizzare in endodonzia è preferibilmente quella da 200 micron che ha un diametro corrispondente a quello di uno strumento standardizzato numero 20.

Negli ultimi anni si è assistito ad una notevole evoluzione delle metodiche endodontiche, grazie all'apporto di nuove tecnologie, in primo luogo l'utilizzo di strumenti in Nichel-Titanio.

La riduzione dei tempi operatori, indotta dalla preparazione meccanica, comporta problemi di disinfezione dell'endodonto piuttosto interessanti ed attuali. Infatti, anche riscaldando gli irriganti, i tempi operatorii possono risultare insufficienti rispetto a quanto richiesto dalle attuali metodiche di disinfezione. Abbiamo visto come alcune scuole, soprattutto scandinave, abbiano correttamente posto l'attenzione soprattutto sugli insuccessi della terapia endodontica, focalizzando la ricerca su alcuni aspetti più strettamente eziologici e qualitativi del problema. Ne è derivato un marcato interesse verso alcune specie microbiche ed in particolare l'*Enterococcus faecalis*, per la frequenza con cui lo si riscontra nei casi di insuccesso endodontico.

La necessità di ricorrere a metodiche di disinfezione più efficaci, ci ha portato a valutare in questo senso le possibilità di utilizzo del laser, ed in particolare del laser Nd:YAG.

Ci pare interessante proporre una ricerca che valuti sperimentalmente, *in vitro*, alcuni punti:

- la capacità disinfettante del laser Nd:YAG nei confronti dell'*Enterococcus faecalis*, così frequentemente isolato nei casi di ritrattamenti endodontici e quindi d'insuccesso clinico;
- porre a confronto l'azione del laser con l'utilizzo dell'ipoclorito di sodio, sempre nei confronti dell'*Enterococcus faecalis*;
- valutare l'azione combinata di queste due metodiche;
- utilizzando tempi diversi d'applicazione, valutare la fattibilità di proporre un uso razionale del laser in endodonzia, alla luce delle esigenze delle metodiche di alesatura con strumenti in Nichel-Titanio che ri-

ducono notevolmente i tempi operativi, a scapito di un'appropriata disinfezione dell'endodonto.

MATERIALI E METODI

Preparazione dei campioni. Per la nostra ricerca abbiamo utilizzato 32 denti monoradicoliati, esenti da processi cariosi penetranti, estratti per lo più per gravi patologie parodontali.

Gli elementi considerati sono stati conservati in soluzione salina fisiologica allo 0,9% alla temperatura di 4°C.

In seguito è stata asportata la corona all'altezza della linea amelo-cementizia nel suo punto più apicale a mezzo di una fresa diamantata, sotto irrigazione continua di acqua.

Allo stesso modo è stata eseguita su ciascun campione una sezione apicale, a 2 mm del vertice geometrico della radice, per la necessità di standardizzare quanto più possibile l'anatomia dei campioni, considerandone l'estrema variabilità a livello della zona iuxta-apicale.

I campioni così ottenuti sono stati preparati, secondo la metodica *crown-down* con strumenti rotanti ProSystem GT®, a conicità aumentata .10, .08, .06.

A livello dell'apice, conseguito artificialmente, abbiamo ottenuto, ove possibile (in 26 casi) un diametro apicale di mm. 0,30. Nei restanti casi, per l'ampiezza dello spazio endocanalare preesistente, abbiamo misurato diametri maggiori (da 0,35 a 0,45 mm). Per la detersio-

ne del canale e la lubrificazione degli strumenti abbiamo fatto ricorso all'uso alterno di una soluzione di ipoclorito di sodio al 5,25% e di una di acido etilendiaminotetracetico (EDTA) al 17%.

I forami apicali sono stati sigillati con materiale composito al fine di impedire la fuoriuscita apicale dei liquidi utilizzati in seguito.

Abbiamo quindi imbustato ed autoclavato i campioni utilizzando l'autoclave Vakuclav 24B® per 20'.

A questa fase preparatoria condotta presso la Clinica Odontostomatologica dell'Università di Torino, Polo San Luigi Orbassano, è seguita la parte più prettamente sperimentale della nostra ricerca, attuata nei laboratori dell'Istituto di Microbiologia dello stesso Polo Universitario, medesima struttura, sotto la supervisione del Direttore, Prof.ssa D. Savoia.

Per quanto riguarda il laser utilizzato nel corso dell'esperimento, avevamo a nostra disposizione un modello Deka Smart File® (Figg. 1 e 2).

Nel frattempo era stata allestita una soluzione infettante ottenuta da un terreno selettivo per *Enterococcus faecalis* (Fig. 3).

Suddivisione e trattamento dei campioni. I 32 campioni sono stati così suddivisi e trattati (Fig. 4).

Le varie fasi di contaminazione e di prelievo del contenuto canalare sono avvenuti sotto cappa.

- due campioni di controllo (gruppo 0), contaminati (Tab. 1) e successivamente posti in incubazione per 48

ore (Fig. 5), sui quali non è stato eseguito alcun trattamento, limitandosi alla conta batterica causata dall'inoculazione della soluzione contenente l'*Enterococcus faecalis* secondo le modalità di seguito descritte.

- Gruppo A, costituito da 5 campioni, infettati e posti in incubazione secondo le medesime modalità dei campioni di controllo, nei quali, a contaminazione avvenuta e valutata in termini di colonie formanti unità (CFU), prelevando il contenuto del canale a mezzo di coni di carta sterili, è stato introdotto ipoclorito di sodio alla temperatura di 45°C e mantenuto dentro il canale per 20', tempo considerato clinicamente soddisfacente per un'adeguata azione di detersione e disinfezione. Immediatamente dopo, si procedeva al prelievo endocanalare con coni di carta sterili.
- Gruppo B, costituito da 5 campioni, infettati e posti in incubazione secondo le medesime modalità dei precedenti, nei quali, a contaminazione avvenuta e valutata come sopra, si è proceduto alla disinfezione con il laser. Allo scopo, l'apposita sonda flessibile di 300 micron di diametro viene portata alla lunghezza di lavoro, in questo caso all'apice del campione. Il laser viene usato in modalità pulsata con una frequenza di 15 Hz ed una potenza di 1,5 watt, facendo compiere alla sonda un movimento circolare in risalita per una durata complessiva di 10". Tale procedimento viene ripetuto 4 volte, at-



Fig. 1 - Laser utilizzato.



Fig. 2 - Particolare della macchina: display.

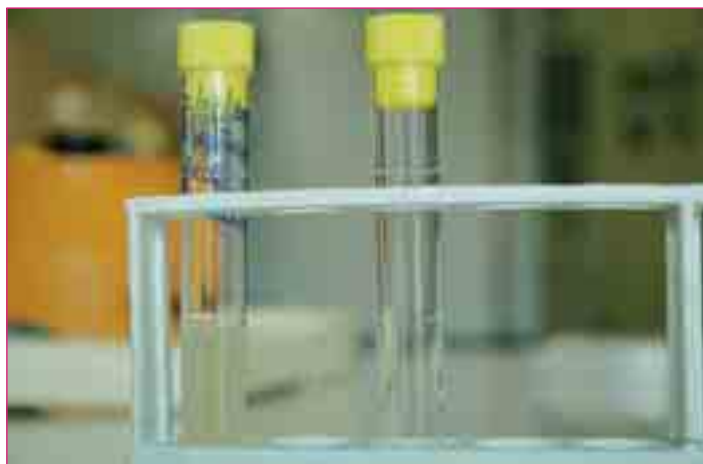


Fig. 3 - Soluzione infettante.



Fig. 4 - Campioni preparati e predisposti per la sperimentazione.



Fig. 5 - Incubazione dei campioni in termostato.



Fig. 6 - Terreno di cultura.

GRUPPO 0	
Campione n.	N. trattamento CFU
1	167
2	800
CFU: colonie formanti unità	

Tab. 1 - Conta CFU da campioni di riferimento.

tendendo 15" tra un ciclo e quello successivo. I canali in esame erano stati precedentemente riempiti esclusivamente con soluzione salina fisiologica allo 0,9%. Si procedeva quindi al prelievo endocanalare.

- Gruppo C, costituito da 5 campioni, infettati e posti in incubazione se-

condo le medesime modalità dei precedenti, nei quali, a contaminazione avvenuta e valutata come sopra, si è utilizzato l'ipoclorito di sodio alla temperatura di 45° per soli 3' e, di seguito, si è proceduto all'applicazione del laser, secondo le medesime modalità del gruppo precedente.

Anche in questo caso si procedeva al prelievo endocanalare.

Valutazione microbiologica. I prelievi, due per ciascun campione, uno eseguito a contaminazione avvenuta prima del trattamento prescelto ed un secondo, successivo al trattamento, venivano valutati microbiologicamente, "strisciandoli" su un apposito terreno di coltura, specifico per l'*Enterococcus faecalis* (Fig. 6). Il terreno in questione prevede azide maltoso agar (KF) – Biolife®. Ad esso si aggiunge per l'isolamento ed il conteggio:

- peptocomplex g. 10
- yeast extract g. 10
- NaCl g. 5
- Na glicerofosfato g. 10
- Maltoso g. 20
- Lattoso g. 1

- Agar bios LL g. 15
- Sodiazide mg. 400
- Bromocresolofosfato g. 15

Queste dosi sono da considerarsi relative a un litro di soluzione a Ph 7.2.

Dopo sterilizzazione si aggiungono 10 ml/litro di soluzione acquosa all'1% di TTC (clorurotrifeniltetrasodio) filtrato. Le capsule di Petri, incubate in termostato a 37°C per 24 ore, venivano successivamente valutate per stabilire quantitativamente la crescita del batterio, in termini di colonie formanti unità (CFU) (Fig. 7).

RISULTATI

L'importanza di un approccio eziopatogenetico all'endodonzia ed in particolare agli insuccessi che ne inficiano la prognosi ci ha indotto ad analizzare la risposta di un determinato microrganismo, l'*Enterococcus faecalis*, ad una metodica di disinfezione quale il laser Nd:YAG rispetto all'ipoclorito di sodio, largamente in uso come irrigante canalare.

L'ipoclorito di sodio è un agente antimicrobico ad ampio spettro di cui è nota l'azione contro i batteri, le spore, i funghi ed i virus (24). Anche se l'effetto antimicrobico delle soluzioni diluite di NaClO è tuttora oggetto di discussione, l'effetto della concentrazione al 5,25% è stato ampiamente comprovato (11, 25-27) e tale diluizione è quella di maggiore riscontro clinico. Adoperato a temperature comprese tra i 40° e i 50°C, la sua azione risulta essere più efficace (15). Tali dati sono talmente comprovati da farci considerare il gruppo A come gruppo di controllo positivo e di riferimento.

Nel gruppo B, l'azione antibatterica del laser è stata valutata utilizzando quale substrato della soluzione fisiologica. Quest'ultima è senza dubbio la soluzione irrigante preferita da un punto di vista biologico (28). Tuttavia è stato dimostrato che essa non ha effetti antimicrobici (11, 27, 29-31). Per questo la presenza di questo irrigante non interferisce di fatto sui risultati ottenuti.

Da quanto emerge dai profili batterici considerati possiamo affermare che:

- i profili batterici riscontrati sul gruppo A (Tab. 2) di campioni conferma-



Fig. 7 - Terreni a contaminazione avvenuta.

GRUPPO A		
Campione	Prima del trattamento CFU	Dopo il trattamento CFU
1	148	0
2	420	0
3	900	178
4	41	0
5	162	0

CFU: colonie formanti unità

Tab. 2 - Conta CFU da campioni trattati con NaClO a 45° per 20'.

GRUPPO B		
Campione	Prima del trattamento CFU	Dopo il trattamento CFU
1	900	900
2	900	800
3	112	36
4	440	195
5	900	800

CFU: colonie formanti unità

Tab. 3 - Conta CFU da campioni trattati con Laser Nd:YAG e soluzione fisiologica.

no che l'ipoclorito di sodio, alla concentrazione del 5,25% si dimostra un ottimo agente antimicrobico, anche nei confronti di un batterio altamente resistente quale l'*Enterococcus faecalis* a patto che l'azione di esso si protragga, come dimostrato ormai universalmente, per un tempo sufficiente, non inferiore a 20'. In particolare è opportuno che l'ipoclorito

venga preventivamente riscaldato;

- i dati offerti dal gruppo B (Tab. 3) mostrano che il laser Nd:YAG da solo o, per meglio dire, in combinazione con la soluzione fisiologica utilizzata, non sembra avere un potere antimicrobico soddisfacente, anche se il risparmio di tempo è evidente, esplicandosi la sua azione in pochi secondi;

GRUPPO C		
Campione	Prima del trattamento CFU	Dopo il trattamento CFU
1	340	108
2	25	0
3	900	0
4	62	0
5	800	0

CFU: colonie formanti unità

Tab. 3 - Conta CFU da campioni trattati con Laser Nd:YAG e NaClO a 45° per 3'.

- i risultati ottenuti sul gruppo C (Tab. 4) evidenziano che l'uso combinato del laser Nd:YAG e dell'ipoclorito di sodio, la cui azione nel tempo è stata limitata a 3', esita in risultati estremamente positivi, comparabili a quanto ottenuto con il solo ausilio dell'ipoclorito per 20'.

DISCUSSIONE

L'azione antimicrobica del laser si esplica in vario modo. Secondo un meccanismo diretto, strettamente legato alla radiazione, che induce uno stress meccanico a livello della parete cellulare, disorganizzandone la struttura. In tal senso la sensibilità di diverse specie batteriche si spiega alla luce delle particolari caratteristiche di superficie.

Vari studi (32-36) evidenziano questo meccanismo che si esplica a livello di membrana inducendo variazioni di permeabilità, connesse al dissolvimento della componente lipidica. Ricordiamo come la frazione lipoproteica in *Enterococcus faecalis* ammonti soltanto al 3% del cell wall, ove prevale la componente glicoproteica. Nel nostro lavoro abbiamo eseguito 4 cicli. In effetti, l'azione antimicrobica del laser è di tipo cumulativo, in accordo con il modello matematico di danno cellulare proposto da Jung (37). Questo tipo di fenomeno, per cui l'effetto letale è legato alla ripetizione dello stress è noto come *Know-on effect*. Aumentando l'energia di emissione ma utilizzando un solo ciclo non si otterrebbero risultati analoghi, ma sol-

tanto un incremento termico non desiderabile.

L'incremento termico indotto dalla radiazione laser è comunque un cofattore dell'azione antimicrobica del laser. Tuttavia tale effetto gioca un ruolo molto rilevante in presenza dell'ipoclorito di sodio, in quanto attivatore delle varie cinetiche di reazione. Questo punto risulta assai evidente dall'esperimento condotto e spiega la notevole differenza tra i risultati ottenuti nel gruppo B e nel gruppo C. Nel primo caso l'incremento termico in presenza di soluzione fisiologica non sortisce apprezzabili risultati antisettici; al contrario di quanto si verifica nel secondo caso (Gruppo C) dove l'ipoclorito di sodio funge da substrato dell'azione del laser Nd:YAG. I dati emersi dal gruppo A mostrano l'ottima azione antimicrobica dell'ipoclorito di sodio, se utilizzato per tempi adeguati.

CONCLUSIONI

Possiamo dunque concludere la nostra esposizione con le seguenti considerazioni:

- L'evoluzione tecnologica verificatasi nella strumentazione del sistema canalare, per quanto estremamente utile al fine di ottenere risultati clinici prevedibili ed adeguati, non deve misconoscere l'importanza degli aspetti microbiologici delle patologie pulpari e periradicolari;
- in questo senso, da un punto di vista pratico, è necessario aggiornare le metodiche in uso di detersione e di

disinfezione del canale al fine di rendere comunque attuali le considerazioni fatte da Herbert Schilder, padre indiscusso dell'endodonzia moderna, più di trenta anni addietro nel suo memorabile *Cleaning and shaping the root canal* (38), in cui detersione e sagomatura dell'endodonto erano due momenti imprescindibili del successo clinico. Da questo punto di vista le moderne tecniche di alesatura, riducendo i tempi operativi, e quindi il tempo di permanenza degli irriganti nel canale, pongono problematiche nuove ed interessanti;

- partendo da queste premesse, abbiamo voluto indirizzare la nostra ricerca su un microrganismo, l'*Enterococcus faecalis*, di difficile eradicazione e presente nella maggior parte degli insuccessi endodontici, per lo più in forma isolata;
- con le stesse motivazioni, abbiamo volto la nostra attenzione su una metodica di disinfezione canalare di recente impiego: il laser Nd:YAG, utilizzato con i tempi ed alla temperatura più idonei, testandone l'efficacia nei confronti dell'ipoclorito di sodio. Altresì, l'azione del laser è stata verificata da sola e in combinazione con l'ipoclorito. In questo caso i tempi di applicazione sono stati assai ridotti, in modo da renderli funzionali e confacenti alle richieste della moderna endodonzia;
- il laser da solo non ci è parsa una risposta soddisfacente in termini di un'adeguata disinfezione del canale;
- al contrario l'uso combinato del laser Nd:YAG e dell'ipoclorito ha sortito risultati molto positivi, non inferiori a quelli ottenuti con il solo ipoclorito con un risparmio di tempo (3' contro 20') molto significativo, anche e soprattutto alla luce dell'esigenze cliniche descritte sopra.

Possiamo, pertanto, ritenere che l'utilizzo del laser Nd:YAG in endodonzia possa rappresentare un argomento interessante e da approfondire ulteriormente. In questo senso la nostra ricerca può e deve essere ulteriormente proseguita, indagando quanto avvenga, ad esempio, all'interno dei tubuli dentinali e a livello delle modificazioni morfologico-strutturali della parete del canale.

BIBLIOGRAFIA

1. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod* 1975; 1: 238-42.
2. Cengiz T, Aktener BO, Pi'kin B. The effect of dentinal tubule orientation on the removal of smear layer by root canal irrigation. A scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 1990; 23: 163-71.
3. Mader C, Baumgartner I, Peters D. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canals walls. *J Endodon* 1984; 10: 477-83.
4. 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.
5. Abbott P, Heijkoop P, Cardaci S, Hume W, Heithersay G. An SEM study of different irrigation sequences and ultrasonics. *Int Endod J* 1991; 24: 308-16.
6. Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Lin PS. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study. Part 2. *J Endod* 1982; 8: 487-92.
7. Abbott P, Heijkoop P, Cardaci S, Hume W, Heithersay G. A SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *Int Endod J* 1991; 24: 308-16.
8. Goldman L, Goldman M, Kronman J, Lin P. The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg, Oral Med Oral Pathol* 1985; 52: 197-204.
9. Davis SR, Brayton SM, Goldman M. The morphology of the prepared root canal: a study utilising infectable silicone. *Oral Surg* 1972; 34: 642-8.
10. Peters OA, Schonenberger K, Lalb A. Effects of four Ni-ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J* 2001; 34: 221-30.
11. Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriological evaluation of the effect of 0,5 % sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surg* 1983; 55: 307-12.
12. Shim M, Marshall FJ, Rosen S. The bactericidal efficiency of sodium hypochlorite as an endodontic irrigant. *Oral Surg* 1970; 29: 613.
13. Hand RE, Smith ML, Harrison JW. Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *J Endod* 1978; 4: 60-4.
14. Cunningham WT, Joseph SW. Effect of temperature on the bactericidal action of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med, Oral Pathol* 50(6): 569-71. 1980.
15. Berutti E, Marini R. A scanning electron microscopic evaluation of the debridement capability of sodium hypochlorite at different temperatures. *J Endod* 1996; 22(9): 467-70.
16. Engstrom B. The significance of enterococci in root canal treatment. *Odontologisk Revy* 1964; 15: 37-106.
17. Moller AJR. Microbial examination of root canals and periapical tissues of human teeth. *Odontologisk Tidskrift* 1966; 74 (special issue): 1-380.
18. Sjogren U, Happonen RP, Kahnberg KE, Sundkvist G. Survival of *Arachnia propionica* in periapical tissue. *Int Endod J* 1988; 21: 277-282.
19. Nair PNR, Schroeder RE. Periapical actinomycosis. *J Endod* 1984; 10: 567-570.
20. Nair PNR, Sjogren U, Krey G, Sundqvist G. Therapy-resistant foreign body giant cell granuloma at the periapex of a root-filled human tooth. *Endod* 1990; 16: 589-595.
21. Nair PNR, Sjogren U, Kahnberg KE, Sundqvist G. Intraradicular bacteria and fungi in root-filled asymptomatic human teeth with therapy-resistant periapical lesions: a long-term light and electron microscopic follow-up study. *J Endod* 1990; 16: 580-88.
22. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjogren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod* 1998; 85: 86-93.
23. Jawetz E, Melnick, Adelbergs. *Medical microbiology*. 21st ed. Chapter 14. Stamford, Connecticut: Appleton & Lange; 1998.
24. Mentz TCF. The use of sodium hypochlorite as a general endodontic medication. *Int Endod J* 1982; 15: 132-6.
25. Harrison JW, Hand RE. The effect of dilution and organic matter on the antibacterial property of 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod* 1981; 7: 128-32.
26. Yesilsoy C, Whitaker E, Cleveland D, Philips E, Trope M. Antimicrobial and toxic effects of established and potential root canal irrigant. *J Endod* 1995; 21: 513-5.
27. Bridson EY. *The Oxoid Manual*. 6th ed. Hampshire: Unipath Ltd. 1990.
28. Wandatya A, Pitt Ford TR, Wilson RF. Efficacy of chlorhexidine in disinfecting dentinal tubules *in vitro*. *Endod Dent Traumatol* 1993; 9: 243-8.
29. Jeanson MJ, White RR. A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *J Endod* 1994; 20: 27.
30. Ohara PK, Torabinejad M, Kettering JD. Antibacterial effects of various endodontic irrigants on selected anaerobic bacteria. *Endod Dent Traumatol* 1993; 9: 95-100.
31. Delany GM, Patterson SS, Miller CH, Newton CW. The effect of chlorhexidine gluconate irrigation on the root canal flora of freshly extracted necrotic teeth. *Oral Surg, Oral Med Oral Pathol* 1982; 5: 518-23.
32. Yem DW, Wu HC. Physiological characterization of an *Escherichia coli* mutant altered in the structure of murein lipoprotein. *J Bacteriol* 1978; 133: 1419-1426.
33. Hirota Y, Suzuki H, Nishimura Y, Yasuda S. On the process of cellular division in *Escherichia coli*: a mutant of *E. coli* lacking a murein lipoprotein. *Proc Natl Acad Sci USA* 1977; 74: 1417-1420.
34. Scheie P, Herenspeck S. Large surface blebs on *Escherichia coli* heated to inactivating temperatures. *J Bacteriol* 1973; 114: 814-818.
35. Hitchener BJ, Egan AF. Outer-membrane damage in sublethally heated *Escherichia coli* K-12. *Can J Microbiol* 1977; 23: 311-318.
36. Katsuij N, Tsuchido T, Hiramatsuij R, Fujikawa S, Takano M, Shibasaki I. Heat-induced blebbing and vesiculation of the outer membrane of *E. coli*. *J Bacteriol* 1982; 151: 1523-1531.
37. Jung H. A generalized concept for cell killing by heat. *Radiat Res* 1986; 106: 56-72.
38. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974; 18: 269-96.