

Barone R.*, Clauser C., Pini R., Salimbeni R.**

* Accademia Toscana di Ricerca Odontostomatologica, Firenze

** Istituto di Elettronica Quantistica del C.N.R., Firenze

Laser ad Eccimeri: applicazioni sperimentali in endodonzia

Riassunto

Un nuovo tipo di laser, il laser ad Eccimeri, che emette nell'ultravioletto, è stato utilizzato sperimentalmente per il trattamento e la diagnosi in endodonzia. La radiazione generata da un laser a Xenon-Cloro (308-nm), trasportata in fibra ottica, asportata i tessuti duri dentali senza danni termici ai tessuti circostanti, per rottura diretta dei legami chimici (fotoablazione). La velocità di fotoablazione della parete canalare sana è nettamente inferiore a quella della parete di denti necrotici. Il sistema si è dimostrato efficace anche nella rimozione dei detriti organici dall'interno di canali di denti necrotici.

La stessa sorgente è stata impiegata anche per analizzare gli spettri di risposta alla fluorescenza indotta da UV, in canali di denti sani, necrotici e trattati. La risposta dei denti sani e di quelli trattati è sovrapponibile e nettamente differenziata da quella dei denti necrotici. Il trattamento di denti necrotici mediante fotoablazione a freddo e il riscontro diagnostico con spettroscopia potrebbero risparmiare quantità apprezzabili di tessuto duro dentale sano.

Parole chiave: Laser, trattamento endodontico, fluorescenza

Introduzione

Alcuni tipi di sorgenti laser, che emettono nello spettro visibile o infrarosso, come i laser a CO₂, ad Argon e a Neodimio, sono già stati sperimentati in campo endodontico (Weichman e Johnson, 1971; Weichman e Coll, 1972; Melcer e Coll, 1982; Miserendino, 1988). Questi laser, comunemente im-

piegati in chirurgia, producono vaporizzazione dei tessuti grazie alle elevate temperature che si sviluppano localmente.

Recentemente è stato proposto l'uso in chirurgia oculistica e in angioplastica di una nuova classe di laser ultravioletti, i laser ad Eccimeri (Trokkel e Coll, 1983; Grundfest, 1985). La principale caratteristica della radiazione dei laser ad Eccimeri, che ne prospetta una vantaggiosa utilizzazione nelle tecniche chirurgiche, è costituita dal particolare tipo di interazione "fredda" con i tessuti biologici. Infatti questa radiazione ultravioletta di alta potenza, opportunamente focalizzata e convogliata, è capace di tagliare e rimuovere i tessuti organici per diretta rottura dei legami molecolari (ablazione fotochimica), senza apprezzabile riscaldamento dell'area irradiata. I laser che emettono nel visibile o nell'infrarosso, invece, producono danni termici ai tessuti circostanti, come ustioni o fratture dei tessuti mineralizzati.

Dal punto di vista tecnico, i laser ad Eccimeri rappresentano le più potenti sorgenti di radiazione coerente nel vicino ultravioletto (UV). Il loro nome deriva dalla contrazione delle parole "eccitato" e "dimero". Infatti il mezzo laser è un gas biatomico (dimero) composto da un atomo di gas nobile e da un alogeno, che formano un legame molecolare solo in particolari condizioni di eccitazione. Data l'instabilità della molecola eccitata, il funzionamento del laser è di tipo impulsato.

Differenti gas Eccimeri emettono radiazioni laser a differenti lunghezze d'onda ultraviolette. Le combinazioni più efficienti come sorgenti laser sono: Ar-

gon-Fluoro (ArF, che emette a 193 nanometri), Krypton-Fluoro (KrF, 249 nm), Xenon-Cloro (XeCl, 308 nm), Xenon-Fluoro (XeF, 351 nm). Le lunghezze d'onda più lunghe (XeCl e XeF) possono essere facilmente trasmesse attraverso fibre ottiche, che possono trasportare la radiazione anche in cavità di piccolo diametro.

In questo articolo viene presentata una ricerca sperimentale finalizzata all'applicazione del laser ad Eccimeri in endodonzia, sia in campo terapeutico che diagnostico.

Velocità di fotoablazione dei tessuti dentali

Nella fase preliminare della sperimentazione è stata verificata l'efficacia della radiazione dei laser ad Eccimeri nella rimozione dei tessuti dentali duri. L'effetto è stato quantificato misurando la velocità di ablazione dei vari tessuti (Cavalieri e Coll, 1988). Alcuni campioni di denti estratti, sia necrotici che sani, sono stati sezionati longitudinalmente. La radiazione laser utilizzata è stata quella dello XeCl (308 nm), che rappresenta un buon compromesso fra un'efficiente ablazione dei tessuti organici, la quale cresce per lunghezze d'onda più corte, ed una soddisfacente trasmissibilità in fibra ottica, che invece migliora col crescere della lunghezza d'onda. In questa fase si sono infatti verificate anche le prestazioni delle fibre ottiche, in vista di un loro utilizzo all'interno del canale radicolare. Una fibra ottica di 600 µm di diametro è stata posizionata perpendicolarmente alla superficie interna

⇒

Barone R.*, Clauser C., Pini R., Salimbeni R.**

* Accademia Toscana di Ricerca Odontostomatologica, Firenze

** Istituto di Elettronica Quantistica del C.N.R., Firenze

Excimer Laser: Experimental applications in endodontics.

Summary

Experimental applications of an Excimer laser in endodontics both for the treatment and the diagnosis are reported.

High energy ultraviolet (UV) radiation emitted by a XeCl excimer laser (308 nm) and delivered through suitable optical fibers has been tested on dental tissues.

The removal of hard tissues by the UV laser beam is not associated with thermal damages to the surrounding area. UV ablation rates of dental tissues have been measured, showing a preferential etching of the dentin in the necrotic teeth, in respect to healthy dentin. The laser-fiberoptic system has been successfully tested for the debridement of the root canals of extracted teeth.

The same UV source has been experimentally used to analyze the spectral response to UV-induced fluorescence from the root canals of healthy, necrotic and treated teeth.

The healthy and treated teeth gave the same spectral response, which is quite different from the spectra from necrotic teeth.

The treatment of necrotic teeth by cold photoablation and the assessment by induced fluorescence could save significant amounts of healthy dental tissue.

Key words: Laser, Endodontic treatment, Fluorescence.

Introduction

Laser sources emitting in the visible or infrared spectrum, as CO₂, Argon and Neodimium lasers have already been tried in endodontics (Weichman et

Johnson, 1971; Weichman et Al, 1972; Melcer et Al 1982; Miserendino, 1988).

Recently, a new class of ultraviolet lasers, *Excimer lasers*, have been proposed for surgical applications in ophthalmology and angioplasty (Trokel et Al, 1983; Grundfest, 1985). The Excimer laser radiation has a peculiar "cold" interaction with biological tissues.

This feature could be a basis for promising applications in surgery.

In fact high power ultraviolet laser radiation can cut and remove organic tissue by direct bond-breaking of organic molecules (photochemical ablation) without appreciable heating of the irradiated area. Differently, visible or infrared lasers produce unavoidable thermal damages as burning or cracking on mineralized tissues.

The Excimer lasers are the most powerful laser source emitting in the near ultraviolet (UV). The name "Excimer" is the shortening of the words "excited" and "dimers".

In fact the laser medium is a diatomic gas (dimer) composed of an atom of rare gas and an atom of halogen, which form a bonded molecule only in an induced "excited" state.

Because of the instability of the excited molecules, the laser operates in a pulsed mode. Different Excimers emit laser radiation at different wavelengths.

The most efficient gas mixtures are: Argon Fluoride (ArF, emitting at 193 nm), Krypton Chloride (KrCl, 222 nm), Krypton Fluoride (KrF, 249 nm), Xenon Chloride (XeCl, 308 nm) e Xenon Fluoride (XeF, 351 nm).

Longer excimer wavelength (XeCl and XeF) can be easily

transmitted through suitable optical fibers. The transmission through fiberoptic systems provides access even to deep narrow cavities.

Considering these features, experimental investigations have been performed in order to test the application of this laser in endodontics both for the treatment and the diagnosis.

Laser ablation rates of dental tissues

A preliminary experiment was performed to evaluate the effectiveness of the Excimer laser in removing hard dental tissues. This effect has been investigated by measuring tissue ablation rates (Cavalieri et Al, 1988). Some specimens of necrotic and healthy extracted teeth were longitudinally fractured.

A XeCl laser (emitting at 308 nm) was used, because it provides both an efficient ablation of organic tissues (which increases toward shorter wavelengths) and a satisfactory fiber transmission (which increases toward longer wavelengths).

During this phase the performances of the optical fibers have been also tested, in view of their utilization in canal roots.

A 600- μ m-core fiber was positioned perpendicular to the surface of the root canal, at a distance of 0.5 mm, and different doses of laser energy were used to produce holes in dental tissue. The depth of each hole was measured with an optical microscope to evaluate laser etching depth as a function of laser pulses and laser energy densities. Table 1 shows etching depths in healthy and necrotic teeth, expressed as

Tabella 1: Profondità di scavo nella dentina, misurata su denti sani e necrotici irradiati con diverse quantità di energia prodotta da laser a d. Eccimeri.

ENERGIA DEPOSITATA (J/CM ²)	PROFONDITÀ DI SCAVO (µm)	
	DENTI SANI	DENTI NECROTICI
0.5	5-15	150-200
1.0	30-60	150-250
1.5	50-100	200-300

del dente sezionato, ad una distanza di 0,5 mm. Differenti dosi di energia laser sono state trasmesse per produrre scavi nei tessuti dentali (Tabella 1). La profondità di ogni scavo è stata misurata con un microscopio ottico per valutare l'azione di fotoablazione in funzione del numero di impulsi e della densità di energia della radiazione. In Tabella 1 sono riportati i valori di ablazione per la dentina di denti sani e necrotici, espressi in µm di tessuto rimosso con 100 impulsi laser. L'ablazione di dentina nel dente necrotico è oltre tre volte maggiore di quella ottenuta nel dente sano a parità di energia. Infatti l'energia del fotone UV è più efficiente nella rottura dei legami delle molecole organiche: la fotoablazione dei tessuti non mineralizzati risulta quindi più rapida di quella dei tessuti mineralizzati. A causa dell'elevato assorbimento della radiazione ultravioletta da parte dei tessuti dentali, la rimozione procede per strati sottili, dell'ordine di qualche micrometro, con un elevato grado di controllo dell'azione di scavo.

Il processo di ablazione fotochimica indotto dal laser a XeCl evita qualsiasi danneggiamento di tipo termico sull'area irradiata e sul tessuto sano circostante. Nessuna traccia di danno termico è stata infatti rilevata per i diversi valori di energia laser (Fig. 1). Per confronto, la Figura 2 mostra uno scavo effettuato nella dentina con un laser a vapori di rame, che emette nello spettro visibile a 510 nm: il riscaldamento prodotto dalla radiazione ha provocato fenomeni di carbonizzazione e frattura.

In questo esperimento, l'energia del laser ad Eccimeri sufficiente a produrre ablazione tissu-

tale è sempre risultata inferiore alla soglia di danneggiamento delle fibre ottiche (Pini e Coll, 1987).

Trattamento endodontico assistito da laser ad Eccimeri

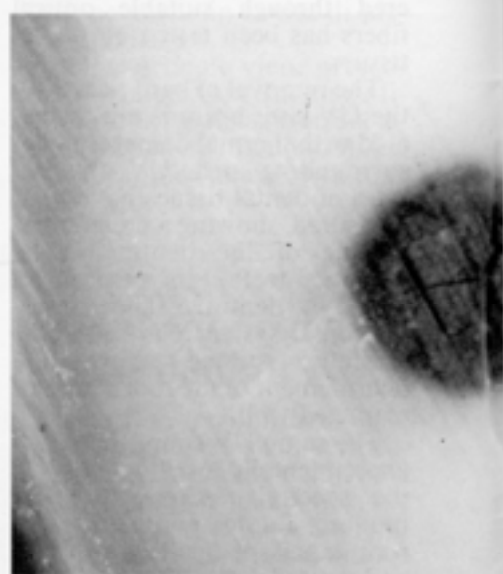
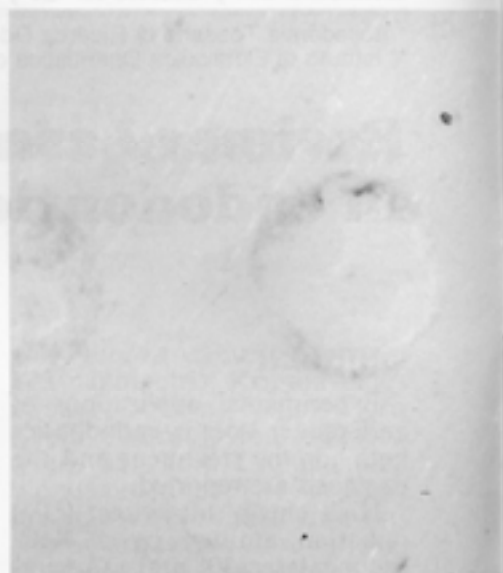
Dall'uso del laser ad Eccimeri nel trattamento canalare ci si possono attendere alcuni vantaggi. La differente velocità di ablazione della dentina nel dente necrotico rispetto a quello sano determina una rimozione selettiva del materiale organico all'interno del canale. Inoltre il canale stesso costituisce una guida per la fibra ottica. Dal momento che il raggio laser asporta selettivamente i materiali organici, i canali necrotici potrebbero essere trattati efficacemente con il laser, senza una perdita apprezzabile di tessuto mineralizzato sano.

Per verificare questa ipotesi si è utilizzato il sistema laser-fibra

Fig. 1: Fori scavati nella dentina sana con differenti dosi di energia prodotta da un laser ad Eccimeri e trasmessa attraverso una fibra ottica del diametro di 600 µm.

Fig. 2: Foro scavato nella dentina con la radiazione di un laser a vapori di rame (spettro visibile: 510 nm), trasmessa attraverso una fibra ottica del diametro di 600 µm. Sono evidenti i danni termici.

Fig. 3: Sezione longitudinale di un canale radicolare trattato con laser ad Eccimeri.



1 Table 1: Etching depth (μm) of dentin from healthy and necrotic teeth irradiated by a XeCl Excimer laser (308 nm) at different laser fluences.

LASER FLUENCE (J/CM ²)	ETCHING DEPTH (μm)	
	HEALTHY TEETH	NECROTIC TEETH
0.5	5-15	150-200
1.0	30-60	150-250
1.5	50-100	200-300

μm of removed tissue by 100 laser pulses. The etching depth in necrotic teeth is more than three times greater than in healthy teeth, at the same energy levels. The UV photon energy is in fact much more effective in producing bond-breaking of organic molecules. Therefore photoablation rate is much lower for mineralized tissues. Because of the high absorption of the UV radiation by dental tissues, the ablation process removes thin layers (μm) per pulse, which results in a high control of the etching depth.

The UV photochemical decomposition induced by XeCl Excimer laser radiation prevents thermal damage (as burning or cracking) to the irradiated area as well as to the surrounding healthy tissues.

No trace of thermal damage was in fact observed at any value of energy delivered to the dental tissues (Fig. 1). As a comparison, Figure 2 shows a hole in dentine produced by a copper vapor laser

(emitting in the visible at 510 nm) in which thermal heating caused cracks on the tissue.

The range of pulse energy which produced an efficient ablation of canal tissues in this experiment was always under the damage threshold of optical fibers (Pini et Al, 1987).

Endodontic treatment by Excimer laser

Some advantages of the excimer laser for the debridement of necrotic root canals can be anticipated. The highly differentiated tissue ablation rates in healthy and necrotic teeth can result in a selective removal of organic materials from the canal. The root canal works as a mechanical guidance for the fiber.

Since the laser beam selectively removes organic materials, the necrotic canals could be debrided effectively by the UV beam without significant loss of healthy hard tissue.

In order to test the feasibility of the laser treatment, the laser-fiber system was subsequently tried in the root canals of some freshly extracted necrotic teeth (Pini et Al, 1989a).

Experiments were performed using a XeCl Excimer laser developed by the C.N.R., with the following standard emission characteristics: 100 mJ per pulse, repetition rate of 25 pulses per second. Laser radiation was transmitted by a set of commercial optical fibers of different core diameter (600, 300 and 200 μm), which were specially designed for UV light propagation.

The pulp cavity of each tooth was opened with a bur to gain

3

Fig. 1: Holes drilled on healthy dentin by different doses of XeCl Excimer laser energy transmitted by a 600 μm core optical fiber.

Fig. 2: Hole in healthy dentin produced by copper vapor laser radiation (510 nm) transmitted by a 600 μm core fiber. Thermal damage of the irradiated area is evident.

Fig. 3: Longitudinal section of a root canal after laser debridement.

ottica nel trattamento canalare di un campione di denti necrotici appena estratti (Pini et Al, 1989). L'esperimento è stato eseguito utilizzando un laser ad Eccimeri XeCl sviluppato presso l'Istituto di Elettronica Quantistica del C.N.R., con le seguenti caratteristiche di emissione: 100 mJ di energia per impulso, frequenza di ripetizione di 25 impulsi al secondo. La radiazione laser è stata trasmessa attraverso una serie di fibre ottiche commerciali progettate specificamente per il trasporto di radiazione UV, con diametri di 600, 300 e 200 μ m.

La cavità pulpare di ciascun dente è stata aperta con una fresa per accedere al canale. Successivamente, nel canale non trattato con strumenti meccanici, sono state introdotte fibre di diametro decrescente, fino a raggiungere il tratto più stretto della porzione apicale. In questa fase del trattamento il canale stesso esercitava un'azione di guida meccanica per le fibre.

Una volta completato il trattamento, i denti sono stati fratturati longitudinalmente per ottenere un accesso visivo diretto al lume canalare. L'osservazione clinica ha fornito i seguenti risultati: la superficie del canale radicolare appariva di colorito bianco-giallastro, liscia, senza solchi visibili, dura (Fig. 3). Anche il passaggio di una sonda odontoiatrica verificava la durezza del tessuto residuo. È in corso un'ulteriore sperimentazione per verificare mediante microscopio elettronico a scansione l'efficacia di questo trattamento.

Tecnica diagnostica mediante fluorescenza indotta da laser ad Eccimeri

Tecniche diagnostiche basate sulla fluorescenza indotta da radiazioni UV sono state recentemente proposte per alcune applicazioni mediche, come l'angioplastica a laser (Clarke et Al, 1988). Queste tecniche sono basate sulla capacità dei tessuti organici di emettere uno spettro ca-

Fig. 4: Apparato sperimentale. laser ad Eccimeri (EL); specchio diroico (DM); lente di quarzo (L_1); fibre ottiche (OF_1 , OF_2); guida protettiva (G); dispositivo di accoppiamento (FC); sistema spettroscopico composto da un monocromatore e da un analizzatore ottico multicanale (OMA).

ratteristico di autofluorescenza in risposta all'eccitazione da radiazione UV. In alcuni casi possono essere utilizzate anche particolari sostanze coloranti per evidenziare in modo selettivo i differenti tessuti.

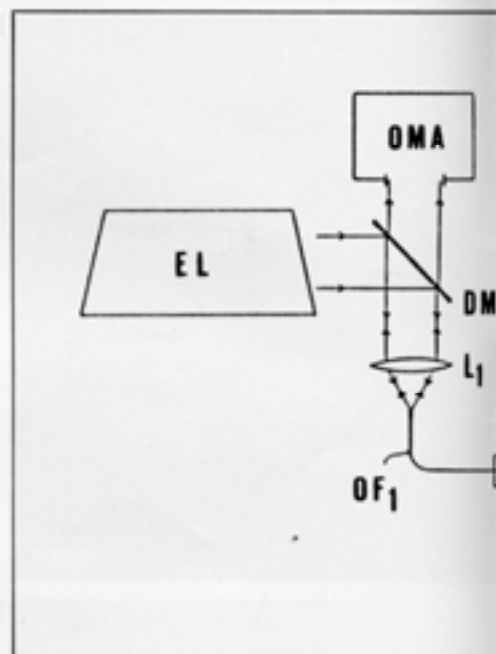
Una tecnica analoga è stata saggiata sperimentalmente anche per l'impiego in endodonzia: la risposta ottica della parete del canale radicolare all'irradiazione UV, dopo marcatura con una soluzione colorante, è stata analizzata in denti sani e in denti necrotici, prima e dopo trattamento endodontico (Pini e Coll, 1989b). L'apparato sperimentale (Fig. 4) è stato progettato per realizzare la trasmissione della radiazione UV di eccitazione e la raccolta della fluorescenza di ritorno usando le stesse componenti ottiche e la stessa fibra.

Il disegno sperimentale prevedeva due fasi successive:

1. Raccolta ed analisi degli spettri di fluorescenza indotta di pareti canalari di denti necrotici e sani divisi longitudinalmente e marcati con una soluzione colorante.
2. Saggio della tecnica diagnostica su denti non fratturati.

Nella prima fase i denti sono stati divisi longitudinalmente e la polpa è stata allontanata. Per la marcatura si è utilizzata una soluzione colorante fluorescente comunemente usata per riconoscere le carie superficiali*. Questa soluzione è stata applicata sulla superficie canalare di denti fratturati, necrotici e sani.

L'eccesso di colorante è stato poi lavato con acqua. Infine la superficie canalare è stata illuminata con radiazione UV per ottenere gli spettri di fluorescenza. La risposta spettrale tipica ottenuta dal canale dei denti necrotici ha mostrato un evidente picco a 530 nm dovuto all'assorbimen-



to della Fluoresceina da parte del tessuto, mentre lo spettro dei denti sani non ha mostrato alcun picco di fluorescenza. Questa differenza nella risposta dipende probabilmente da un diverso assorbimento della fluoresceina, a sua volta legato al diverso contenuto minerale dei canali necrotici e di quelli sani.

Nella seconda fase il sistema diagnostico è stato saggiato solo su denti necrotici non fratturati, per simulare condizioni operative tipiche del trattamento endodontico. Dopo aver aperto la cavità pulpare e averne rimosso il tessuto, sono state eseguite in successione le seguenti operazioni:

- applicazione della soluzione colorante mediante siringa da endodonzia;
- abbondante lavaggio del canale con acqua, senza asciugare;
- introduzione della fibra ottica nel canale, illuminazione con radiazione laser UV e analisi spettroscopica della luce di ritorno;
- trattamento endodontico del canale con strumento meccanico.

Il procedimento di colorazione e lavaggio veniva ripetuto diverse volte durante le fasi di strumentazione meccanica. Fibre di diametro decrescente venivano successivamente introdotte per analizzare la risposta dei diversi tratti del canale. La strumentazione è stata continuata fino ad

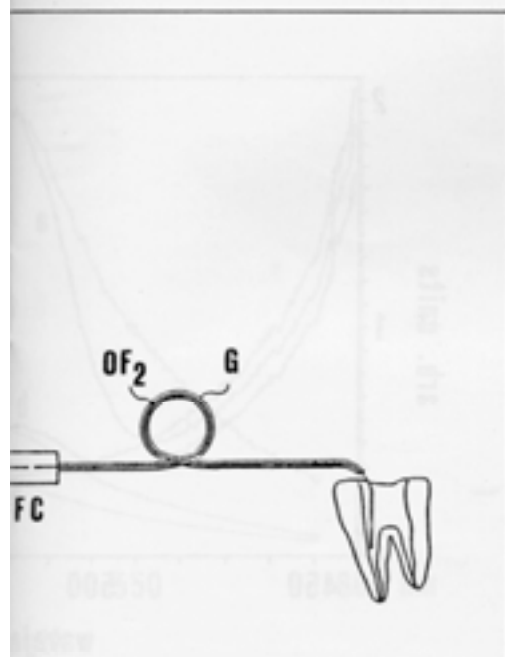


Fig. 4: Experimental set up.
Legend: EL = Excimer laser, DM = dichroic mirror, L1 = quartz lens, OF1, OF2 = optical fibers, G = protecting guide, FC = fiber coupler, OMA = spectroscopy system composed of a monochromator and an optical multichannel analyzer.

access to the root canal, which was not instrumented at all.

Fibers of decreasing core diameter were subsequently inserted into the root canal to reach the narrower tract of the apical portion. In this phase the canal itself provided a guide for the fibers.

After this treatment, the teeth were fractured longitudinally to inspect the root canal. The clinical examination provided the following results: the canal surface appeared white to yellowish in colour, smooth, without appreciable notches, hard (Fig. 3). The hardness of the residual dentin was verified by a dental probe. More accurate investigations of the effectiveness of this treatment, by means of SEM, are in progress.

Fluorescence diagnostic technique in endodontics

Spectroscopic diagnostic techniques, based on UV induced tissue fluorescence, have been recently proposed in some medical applications as laser angioplasty (Clarke et al, 1988). These techniques are based on the ability of organic tissue to emit a characteristic autofluorescence light spectrum when irradiated with ultra-

violet laser radiation. Sometimes dopants or dye solution are also used to label selectively different tissues.

An investigation was performed to evaluate the optical response of the root canal dentinal surface to UV irradiation, in healthy and necrotic teeth, after labelling with a suitable dye solution (Pini et al, 1989b). These responses were compared by means of spectroscopy recognition techniques. The experimental set up (Fig. 4) was designed to permit UV exciting light transmission and fluorescence collection, by using the same optical components and the same fiber.

The experimental design was divided into two different phases:

- 1) collection and analysis of UV induced fluorescence spectra of the canal tissues labelled by a dye solution on necrotic and healthy split teeth;
- 2) diagnostic technique tests on unsplit teeth.

In the first phase the teeth were divided longitudinally and the pulp was removed. A fluorescent dye, commonly used to identify superficial caries, was applied to the split canal surface of both necrotic and healthy teeth. The exceeding solution was washed out with plain water. Then the root canal surface was illuminated by UV radiation to obtain fluorescence spectra. The response obtained from the canal of necrotic teeth showed a clear peak at 530 nm. due to the absorption of Fluorescein by the tissue. The fluorescence spectrum of dentin from the canal of healthy teeth does not present any fluorescence peak. These two reactions probably depend from a different absorption of the Fluorescein solution, because of the different mineral content of

necrotic and healthy canals.

In the second phase, the diagnostic system was tested on some specimens of necrotic unsplit teeth simulating typical operative conditions of an usual endodontic treatment. The pulp cavity was opened and the residual pulp tissue was removed by a file.

Thereafter the following steps were performed:

- applications of the fluorescent solution with an endodontic syringe;
- thoroughly washing of the canal with plain water without drying;
- introduction of the optical fiber into the canal, delivering of the UV laser beam and spectroscopic analysis of the returning light;
- mechanical instrumentation of the root canal.

The coloring and washing procedure was repeated and smaller fibers were subsequently inserted to analyze the response of the different tracts of the root canal after different degrees of instrumentation. The teeth were instrumented until a spectroscopic response similar to that obtained in phase 1 for the health dentin was obtained from all the canal sections.

Fig. 5 shows a comparison of three different spectra, obtained during this second phase. Curve (a) represents the spectral response of a tract of the necrotic root canal after the removal of the pulp tissue only. Curve (b) shows the spectra from the same tract during instrumentation and curve (c) displays the fluorescence response at the end of the canal treatment.

During the instrumentation of different tracts of the root canal, the response spectra progressively shifted towards the typical pattern of healthy canals. Then the teeth were divided longitudinally and the surface of the root canals were directly inspected. The direct visual inspection and probing of the split teeth showed the typical appearance of hard healthy tissue. These preliminary results indicate that the fluorescence response in the unsplit teeth is at least as reliable as the direct clinical examination. Further research is needed to investi-

ottenere, da tutti i tratti di canale, una risposta spettroscopica simile a quella ottenuta dai denti sani nella prima fase.

La Figura 5 mostra a confronto tre spettri diversi ottenuti durante questa seconda fase. La curva (a) rappresenta la risposta spettrale tipica di un tratto del canale necrotico non strumentato. La curva (b) mostra lo spettro ottenuto dallo stesso tratto di canale durante una fase intermedia della strumentazione meccanica e la curva (c) mostra lo spettro di fluorescenza alla fine del trattamento canalare. La successione di queste tre curve mostra che le risposte spettrali variano in funzione della strumentazione fino ad assumere, a trattamento ultimato, l'andamento tipico della dentina sana. Infine i denti utilizzati in questa seconda fase sono stati anch'essi fratturati longitudinalmente per un esame clinico della parete del lume canalare. L'esame visivo diretto e l'applicazione di una sonda odontoiatrica dimostravano l'aspetto tipico del tessuto duro dentale sano.

Questi risultati, peraltro ancora preliminari, indicano che la risposta di fluorescenza nei denti non fratturati è affidabile almeno quanto l'esame clinico diretto dopo divisione del dente. Un'ulteriore estensione della ricerca su base istologica potrebbe meglio chiarire l'esatta corrispondenza tra gli aspetti spettroscopici e lo stato della parete canalare.

Conclusione

Nuove tecniche diagnostiche e terapeutiche basate sull'impiego di laser ad Eccimeri sono state sperimentate in endodonzia.

I risultati delle ricerche conducono alle seguenti conclusioni.

1. Efficacia nell'asportazione anche di tessuti duri dentali.
2. Nessun danno termico alla zona irradiata né ai tessuti circostanti.
3. Controllo accurato della profondità di scavo, grazie all'elevato assorbimento della radiazione UV da parte dei tessuti dentali: ogni impulso asporta per fotoablazione pochi μm di tessuto.
4. Asportazione selettiva del materiale organico grazie alle diver-

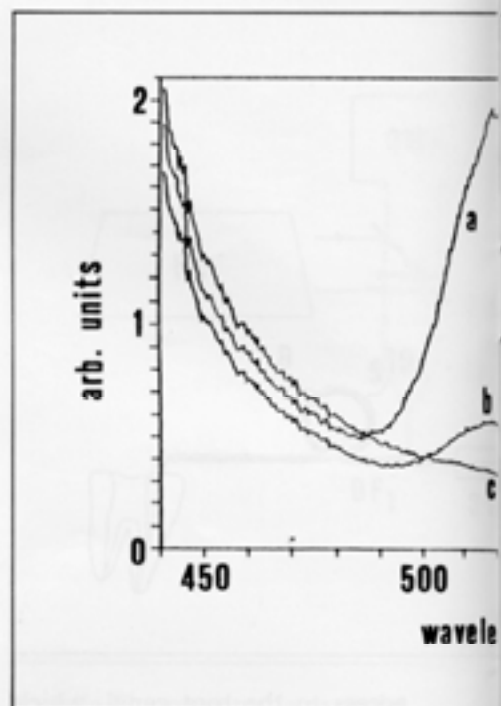
Fig. 5: Raffronto di tre spettri di fluorescenza ottenuti dallo stesso tratto di canale di un dente necrotico diviso longitudinalmente e marcato con fluoresceina. La curva (a) rappresenta lo spettro di risposta dopo la sola asportazione della polpa. La curva (b) rappresenta la risposta durante il trattamento e la curva (c) al termine della strumentazione.

se velocità di fotoablazione fra tessuti mineralizzati e non mineralizzati.

5. Possibilità di guidare la radiazione UV attraverso fibre ottiche.

6. Utilizzazione della radiazione laser UV anche per la diagnostica canalare.

Altri possibili effetti della radiazione emessa da un laser ad Eccimeri devono essere considerati. È noto che i raggi UV possono indurre sulle cellule viventi fenomeni di necrosi e mutazioni geniche. A questo riguardo, l'attività citotossica della radiazione UV può essere vantaggiosamente sfruttata per ottenere la sterilizzazione del canale durante il trattamento. D'altra parte il rischio legato all'attività mutagena risulta estremamente ridotto, dal momento che l'efficacia della radiazione laser è confinata all'interno



della cavità canalare, senza la possibilità di danneggiare cellule circolanti. È in fase di realizzazione un sistema integrato che utilizzi un laser ad Eccimeri per asportare i residui organici dai canali radicolari e al tempo stesso induca la fluorescenza analizzabile dal sistema sopra descritto.

* Soluzione acquosa di fluoresceina....

BIBLIOGRAFIA

1) Cavalieri S., Pini R., Salimbeni R., Vannini M., Barone R., Clauser C.: Excimer Laser as a New Tool for Dentistry in Root Canals Therapy. In: Conference on Lasers and Electro-Optics Technical Digest Series 1988, Vol. 7, Washington, DC: Optical Society of America, p. 310.

2) Clarke R.H., Isner J.M., Gauthier T., Nakagawa K., Cerio F., Hanlon E., Gaffney E., Rouse E., DeJesus S.: Spectroscopic

characterization of cardiovascular tissue. *Laser Surg Med* 1988; 8:45-59.

3) Grundfest W.S.: Pulsed ultraviolet Laser and the potential for safe laser angsty. *Aio-plam J Surg* 1985; 150:220.

4) Melcer J., Melcer F., Hasson R., Merard R., Gautier J.: Apporto du laser à CO₂ dans le traitement des foyers périapicaux. *Revue d'Odonto-Stoma*

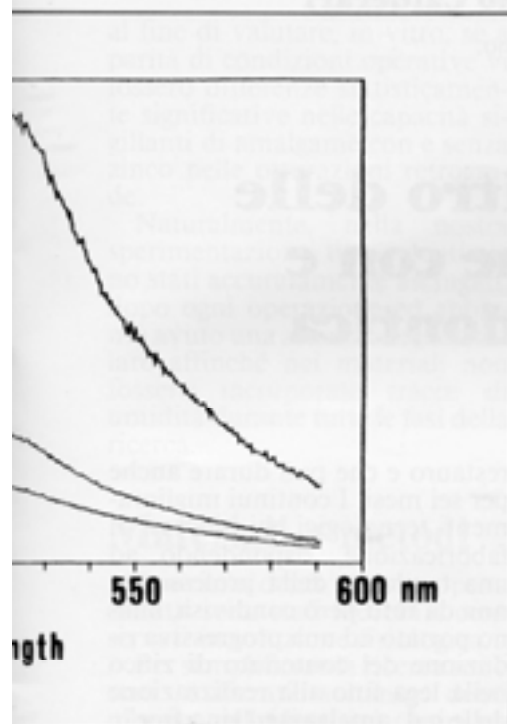


Fig. 5: Comparison of three fluorescence spectra from the same canal tract of an unsplit tooth labelled with Fluorescein. Curve (a) represents the spectrum of necrotic tissue after the removal of the pulp alone. Curves (b) and (c) show the spectral response during instrumentation and after completed canal cleaning, respectively.

gate the relationship between the degree of debridement and the spectroscopic patterns, by means of histologic observation.

Conclusion

A new laser technique has been tested for endodontic proce-

dures.

The evidences from our experiments led to the following conclusions.

1. Effectiveness of the Excimer laser in removing hard dental tissues.
2. No thermal damage to the irradiated area as well as to the surrounding healthy tissues, after the treatment with Excimer laser.
3. High etching depth control because of the high absorption of the UV radiation by dental tissues. The ablation process removes thin layers (μm) per pulse.
4. Selective etching associated with highly differentiated ablation rates in necrotic and healthy teeth.
5. Fiber optic transmission of the UV beam.

In turn, the fiber can be guid-

ed to the target by the canal wall. 6. Excimer laser radiation can be also used to induce tissue fluorescence, which provides canal monitoring.

Other possible effects of the Excimer laser must be kept in mind. UV radiation have a recognized impact on living cells: they can induce genetical mutations or kill the cells.

This last feature can be useful in sterilizing the root canal during the treatment.

The mutagenic risk should be negligible, since the beam is effective shortly out of the fiber, that is inside the canal cavity, where there are no circulating cells.

An integrated system which utilizes an Excimer laser to ablate residual tissues in the root canals and to induce at the same time the tissue fluorescence for the described spectroscopy system is being assembled.

* Fluorescein solution in water, concentration of 10^{-3} mol/l

REFERENCES

tologie 1982; 11:351-355.

5) Miserendino L. J.: The laser apicectomy: endodontic application of the CO₂ laser for periapical surgery Oral Surg 1988; 66: 615-619.

6) Pini R., Salimbeni R., Vannini M., Barone R., Clauser C.: Laser dentistry: a new application of excimer laser in root canal therapy. Lasers Surg Med 1989-a; 9:352-357.

7) Pini R., Salimbeni R., Vannini M., Barone R., Clauser C.: Laser Dentistry: root canal diagnostic technique based on ultraviolet induced fluorescence spectroscopy. Lasers Surg Med 1989b; 9:358-361.

8) Pini R., Salimbeni R., Vannini M.: Optical fiber transmission of high power excimer laser radiation. Appl Opt 1987; 26: 4185-89.

9) Trokel S.L., Srinivasan R., Braren B.: Excimer laser surgery of the cornea. Am J Ophthalmol 1983; 96:710.

10) Weichman J.A., Johnson F.M., Nitta L.K.: Laser use in endodontics. Part II. Oral Surg 1972; 34:828-830.

11) Weichman J.A., Johnson F.M.: Laser use in endodontics. A preliminary investigation. Oral Surg 1971; 31:416-420.