

Laser: complemento o strumento d'elezione?

Realizzato in collaborazione con l'Accademia internazionale di odontostomatologia laser assistita, AIOLA.



Ercole Romagnoli

Laureato in Odontoiatria e Protesi Dentaria a Milano.

Consigliere e Vicepresidente della Associazione Italiana Odontoiatri (AIO) dall'85 al '90. Socio A, dai primi anni '90, Socio AIO, Socio fondatore dell'Associazione «Dentisti Milanoesica e professi» Presidente della Accademia Internazionale di odontostomatologia laser assistita (AIOLA), per la quale si occupa prevalentemente di didattica, e diffusione attraverso stampa e Web.

Perfezionato sull'utilizzo della tecnologia laser in odontoiatria presso l'Università di Firenze e dell'ozonoterapia in odontoiatria presso l'Università di Firenze.

Docente coordinatore al Corso di perfezionamento sull'utilizzo del Laser in odontoiatria presso l'Università di Firenze negli anni accademici 2003-2004/2004-2005/2005-2006/2006-2007/2007-2008.

Professore a contratto presso l'Università di Firenze a.a. 2006-2007-2007/2008.

Membro della commissione odontoiatri presso l'Ordine dei medici e odontoiatri di Milano.

Relatore a Corsi e Congressi nazionali e internazionali.

- Paolo Pecoraino
- Gian Franco Franchi¹
- Maurizio Maggioni²
- Tommaso Attanasio
- Marina C. Vitale³
- Francesco Scarpelli⁴
- Pietro Cremona⁵
- Adriana Cafaro

¹ Professore a contratto presso l'Università di Firenze

² Professore a contratto presso l'Università di Firenze

³ Università degli Studi di Pavia, Facoltà di Medicina e Chirurgia, Corso di Laurea Specialistica in Odontoiatria e Protesi Dentale, Insegnamento di Pedodonzia, Titolare: prof. G. Resta

⁴ Professore a contratto presso l'Università di Firenze

⁵ Professore a contratto presso l'Università di Firenze

La tecnologia laser applicata alla medicina è ormai una realtà consolidata, che ha trovato applicazioni spesso determinanti per il progresso di branche quali, per esempio, l'oculistica e la dermatologia. Il percorso è stato più difficile, lento e contrastato in odontoiatria, sia per fattori culturali sia per la minore evidenza di reali benefici nei confronti delle tecniche tradizionali.

L'impasse è stato ormai superato e le possibilità del laser di essere utilizzato come strumento d'elezione o come assistenza alle pratiche convenzionali sono supportate da una letteratura convincente, lasciando aperte le possibilità per ulteriori progressi e sviluppi. L'approccio al suo utilizzo impone un radicale cambiamento della manualità e

della percezione degli effetti: si lavora, infatti, con un raggio di luce e le sensazioni tattili sono assenti, così come è possibile che lo siano quelle visive, amplificando le differenze con gli strumenti che, di routine, vengono utilizzati nella pratica quotidiana, come bisturi, manipoli e turbine.

Si rende, pertanto, necessaria una conoscenza approfondita dei meccanismi fisici e degli effetti biologici della luce laser, per sfruttarne appieno le possibilità, per individuarne le indicazioni, per evitare danni, per essere in grado di modulare i parametri di applicazione in base al paziente, ai tessuti che si stanno trattando e alle loro condizioni locali, così come in effetti ci si comporta ogni qualvolta si utilizzano altri strumenti o farmaci. L'acronimo

laser, tradotto in «amplificazione della luce tramite emissione stimolata di radiazioni» condensa in poche parole un percorso lungo, complesso e affascinante, che ha comportato una vera rivoluzione nella fisica classica, un percorso che parte da molto lontano.

Luce

La luce è la fonte di energia che consente la vita sul nostro pianeta e che ne ha permesso la nascita, catalizzandone le prime reazioni biochimiche. La luce è una radiazione elettromagnetica in grado di trasportare energia, convertita, per esempio, in energia chimica nella fotosintesi clorofilliana, in energia termica riscaldando il pianeta, in energia elettrica a livello dei recettori retinici.

Riassunto

Lo scopo del lavoro è stato quello di valutare se l'utilizzo del laser in odontoiatria è complementare alle tecniche convenzionali oppure può essere considerato soluzione elettiva. I laser sono stati utilizzati con successo in branche della medicina come l'oculistica e la chirurgia dermatologica e, negli ultimi tempi, vengono utilizzati anche in odontostomatologia. Gli autori, dopo dei brevi richiami di fisica, evidenziano i vantaggi della tecnica laser nelle diverse procedure odontoiatriche: aspetti decontaminanti in conservativa, parodontologia, endodonzia e chirurgia orale, possibilità di diagnosi e micro-invasività in conservativa e pedodonzia, minore necessità di anestesia, guarigione più rapida, minori disturbi peri e post-operatori, assenza di effetti collaterali, minore sanguinamento, minore insuccesso implantare in chirurgia; effetto bio-stimolante in ogni settore e, infine, agopuntura senza aghi e risultati più rapidi nello sbiancamento. Tutti questi vantaggi permettono di considerare il laser in odontoiatria non solo come un complemento alla terapia tradizionale, ma come uno strumento di elezione, soprattutto nei casi di pazienti deboli (bambini, anziani, disabili) in cui è richiesta una minore invasività.

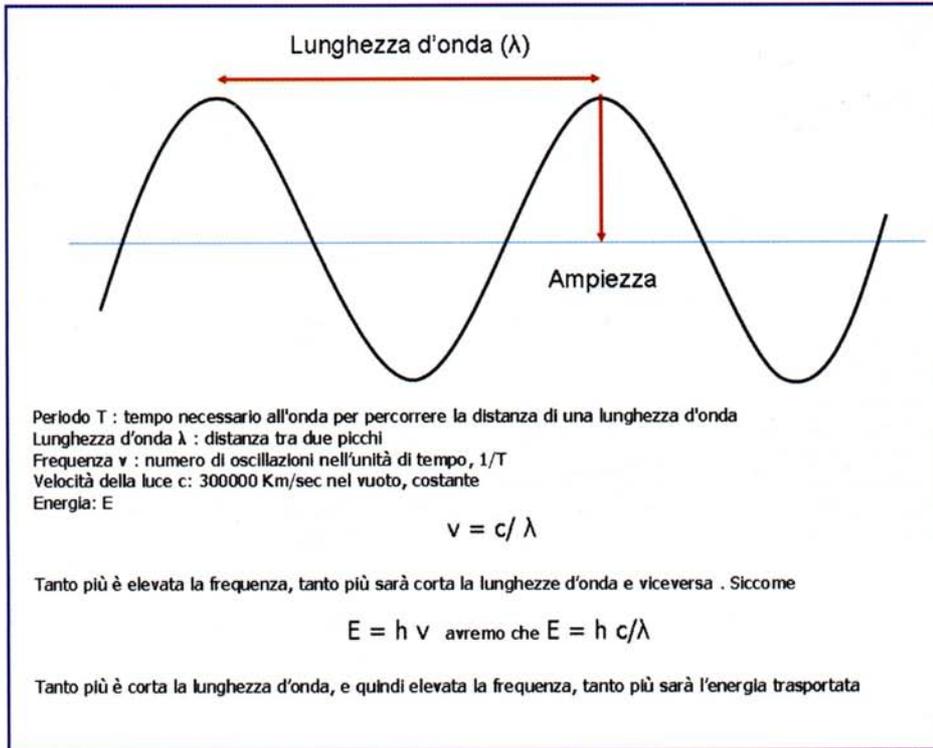
● **PAROLE CHIAVE:** laser, micro-invasività, bio-stimolazione, agopuntura senz'ago, sbiancamento

Summary

Laser: complement or elective instrument?

Aim of this work was to evaluate if the use of laser in dentistry is complementary to the conventional techniques or it can be considered elective solution. Laser has been successfully used in sectors of medicine like eye and dermatological surgery and, recently, in dental applications too. The authors, after a short introduction about physics, put in evidence the advantage of this technique in several dental procedures: decontamination in conservative dentistry in periodontics, endodontics and oral surgery, diagnostic and micro-invasive operating techniques in conservative and pedodontics, less need of anaesthetic, quicker healing, less peri and post operation discomfort, lack of collateral effects, less bleeding, less implant failure in oral surgery, bio-stimulating effects in every field and, at last, needle-free acupuncture and faster result in bleaching. All these benefits lead to consider the laser in dentistry not only a complementary equipment of the traditional therapy, but often a elective solution in many dental procedures, mainly in weak people (children, old-age, handicapped) improving the patient comfort.

● **KEY WORDS:** laser, micro-invasive operating techniques, bio-stimulation, needle-free acupuncture, bleaching



1. Grandezze fondamentali e rappresentazione grafica di un'onda elettromagnetica.

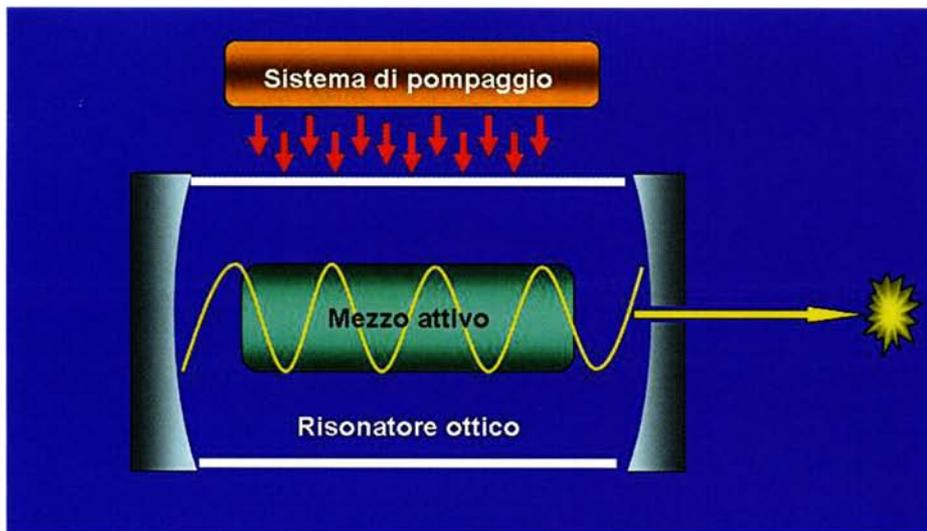
Dal punto di vista ottico, la luce viene descritta come un'onda, o meglio come una sinusoide, caratterizzata da lunghezza (distanza tra due picchi), frequenza (numero di oscillazioni nell'unità di tempo, Hertz) e ampiezza (altezza del picco rispetto al valore medio) (figura 1). La luce si propaga nel vuoto a circa 300.000 km/s in linea retta: e questo consente un paradosso spazio-temporale difficilmente razionalizzabile: basti pensare che le stelle, così come le vediamo oggi, sono in realtà l'impressione a livello retinico di radiazioni luminose partite miliardi di anni fa dal luogo d'origine.

La storia dell'elettromagnetismo ha avuto in Maxwell, tra gli altri, chi ne ha definito le leggi, con Hertz ne ha avuto la conferma sperimentale, mentre Planck ed Einstein, studiando le incongruenze della Fisica classica, o fenomeni come l'effetto fotoelettrico, hanno posto le basi della fisica quantistica. Aggiungendo a questo l'individuazione di un modello atomico in grado di sostenere le evidenze sperimentali si è giunti a codificare l'interazione energia-materia e, di conseguenza, la interazione luce-materia, mediata dai «fotoni», costituiti da unità fondamentale di energia indivisibili, detti

«quanti». In equilibrio termodinamico, atomi e molecole tendono ad assumere lo stato di minore energia possibile, definito «fondamentale». Qualunque perturbazione energetica proveniente dall'esterno può alterare questo stato. Con un incremento di energia è possibile assistere a un aumento vibrazionale e, quindi, a un incremento di temperatura, oppure, se l'incremento di energia è sufficiente, all'assorbimento del fotone incidente, che sposterà, nel caso dell'atomo, un elettrone da un livello energetico basso a uno più elevato, acquistando un quanto di energia peculiare per l'elemento e il livello energetico considerato. L'atomo o la molecola vengono considerati «eccitati» e tenderanno, in un tempo più o meno breve, a cedere all'ambiente l'eccesso di energia: è l'emissione spontanea. Un fascio di fotoni che investe il sistema ne uscirà sostanzialmente attenuato per il diverso differimento temporale dell'emissione. Se si interviene dall'esterno, prima che avvenga l'emissione spontanea, somministrando un ulteriore fotone avente energia pari a quella acquisita con l'assorbimento, l'elettrone che si trova al livello energetico più elevato verrà «stimolato» a decadere al livello fondamentale, cedendo il fotone acquisto. Avremo quindi due fotoni in uscita, di pari energia: quello incidente e quello ottenuto dal decadimento dell'elettrone. Un fascio di fotoni che investe il sistema ne uscirà, in questo caso, amplificato. Ecco il perché dell'acronimo «laser»: amplificazione della luce attraverso l'emissione stimolata di radiazioni (figura 2).



2. Meccanismo dell'emissione stimolata.



3. Costituenti di un laser.

I costituenti di un laser

Senza volere entrare in dettagli fisici complessi, un laser è essenzialmente costituito da un «mezzo attivo», ossia l'elemento o la sostanza che fornisce gli atomi che, investiti da energia emessa da una fonte esterna (sistema di pompaggio) assorbiranno fotoni che trasferiranno elettroni da un dato livello energetico a uno più elevato in misura sufficiente (inversione di popolazione).

Il mezzo attivo è confinato in una struttura, detta «cavità ottica o risonatore ottico» che consentirà ai fotoni emessi spontaneamente di innescare il meccanismo della stimolazione e di generare, superata una determinata soglia, il fascio laser (figura 3). Ogni elemento sarà caratterizzato da livelli energetici specifici e i fotoni emessi saranno, di conseguenza, caratterizzati da specifica energia, frequenza e lunghezza d'onda. La cavità ottica è in grado, date le sue caratteristiche costruttive, di selezionare la lunghezza d'onda desiderata, tra le varie possibili, in relazione all'elemento considerato. Il fascio laser sarà monocromatico (quindi di una sola lunghezza d'onda), coerente (i fotoni emessi saranno in fase tra loro, spazialmente e temporalmente: semplificando si può dire

che «sono tutti nello stesso punto nello stesso momento») e collimato, caratterizzato cioè da un'elevata direzionalità, come dimostra l'esempio classico del puntatore laser.

È possibile avere laser che utilizzano mezzi attivi allo stato solido, liquido o gassoso, mentre i laser a diodi utilizzano la tecnologia dei semiconduttori (figura 4). L'energia prodotta sarà consegnata al tessuto bersaglio attraverso sistemi di

conduzione quali le fibre ottiche, le fibre cave o bracci articolati, e gestita localmente con manipoli e tips.

L'emissione potrà essere continua (diodi CO₂) oppure interrotta o frequenziata (diodi KT), oppure impulsati (Erbio, Erblio-Cromo, Neodimio).

Nei laser impulsati, l'emissione energetica in tempi brevissimi porterà ad avere picchi elevati di potenza, che possono giungere a mega e terawatt per impulsi della durata di pico e femtosecondi.

L'interazione laser-tessuti

Se l'assorbimento è il *primum movens* di una sorgente laser, è l'assorbimento della sua energia da parte dei tessuti che determina gli effetti biologici.

Affinché questo avvenga è necessario che le costituenti tissutali siano «in sintonia» con la lunghezza d'onda incidente, che vi sia coincidenza della frequenza di oscillazione. Il fenomeno della visione, con la percezione dei colori costituisce un esempio.

I recettori retinici assorbono la luce e trasducono a livello centrale

Mezzo attivo solido	λ (nm)	Mezzo attivo liquido	λ (nm)	Mezzo attivo gassoso	λ (nm)	Semiconduttore (diode)	λ (nm)
RUBINO	694,3	DYE LASER RODAMINA	540/640	He-Ne (Elio neon)	633	GaAs/GaAlAs	810/980
ALESSANDRITE	700/800	DYE LASER CUMARINA	400/500	ANIDRIDE CARBONICA	10600		
Er : YAG (Erbio)	2940	DYE LASER XANTENE	500/700	ARGON	488/514		
Er,Cr : YSGG (Erbio cromo)	2790			ECCIMERI	193/308		
Nd : YAG (Neodimio)	1064						
KTP	532						

4. Classificazione e lunghezza d'onda di alcuni laser, i più usati in odontoiatria sono riquadrati in rosso

un'informazione che viene interpretata come colore ben specifico in base alla lunghezza d'onda della luce stessa.

Una delle caratteristiche fondamentali della luce laser, ossia la sua selettività, trova la sua spiegazione nella capacità di alcuni costituenti tissutali, i cosiddetti «cromofori» di assorbire in modo specifico alcune lunghezze d'onda, e quindi alcuni «colori», anche se non visibili all'occhio umano, potendo ricadere nello spettro dell'ultravioletto o dell'infrarosso.

Rimanendo nel campo del visibile la teoria dei colori (metodo RGB) ne individua tre primari (rosso, verde, blu).

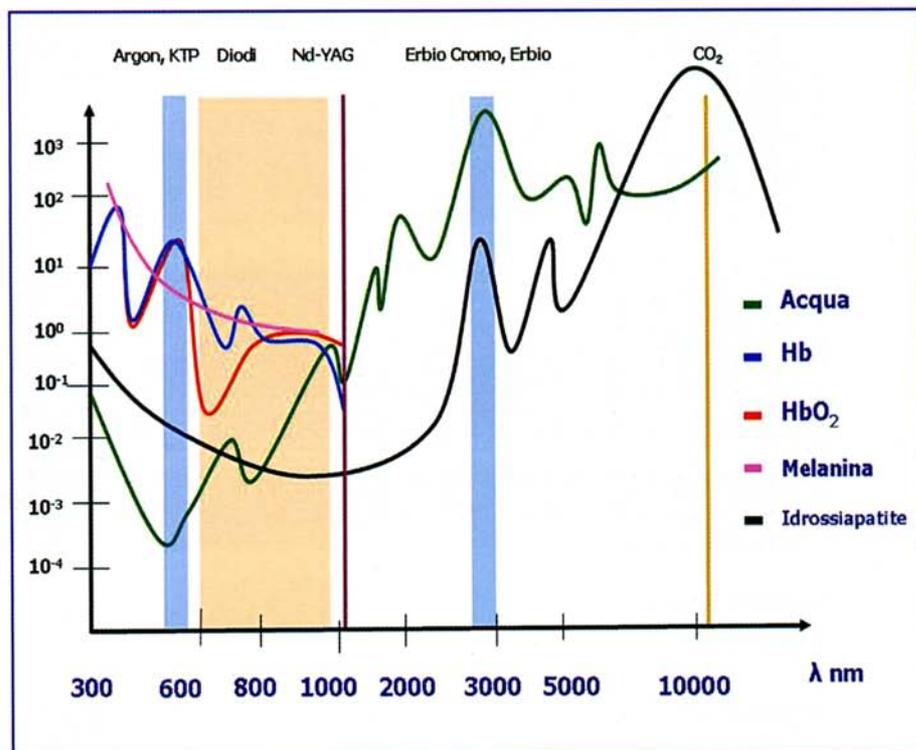
Mischiando radiazioni luminose dei tre colori primari si ottengono i colori secondari, che saranno in grado di assorbire selettivamente un primario e riflettere gli altri due (figura 5).

Ecco spiegato, quindi, come un laser che emette nel rosso, o nel vicino infrarosso, avrà più affinità per il ciano e i colori scuri in genere, mentre un laser che emette nel verde, come il KTP, avrà più affinità per il magenta e colori vicini.

Una prima implicazione clinica potrà essere la scelta del colore di un gel per sbiancamento, o del laser più idoneo per lesioni vascolari superficiali rosse,



5. Colori primari e colori complementari.



6. Spettro di assorbimento dei principali cromofori biologici (schematico).

o del colorante da utilizzare in terapia fotodinamica per concentrare l'energia nel punto voluto.

I cromofori biologici essenziali sono l'acqua, l'emoglobina e l'ossiemoglobina, la melanina, e numerose altre costituenti (flavine, citocromi, coenzimi) che ne giustificano l'azione a livello biochimico.

La capacità di un laser di interagire con un determinato tessuto dipenderà quindi innanzitutto dalle caratteristiche ottiche di quest'ultimo, in buona sostanza dalla presenza e concentrazione di cromofori e dal loro spettro di assorbimento, e dalle modalità di consegna dell'energia (figura 6). Diventa facilmente intuibile come, per esempio, un tessuto fibroso, bianco esangue risulterà pressoché trasparente alla lunghezza d'onda di un diodo che emette a 810 nm, così come un laser a erbio (2.940 nm) o a CO₂ (10.600 nm) troverà nei tessuti idratati il bersaglio ideale. È anche intuibile che, non conoscendo

questo comportamento, esiste il rischio di depositare l'energia emessa dove non si vorrebbe o non usare la lunghezza d'onda selettivamente indicata per il trattamento previsto.

Modalità di consegna dell'energia

Un ruolo primario è legato anche alle modalità di consegna dell'energia, finemente modulabile secondo parametri che nascono dal rapporto spazio-tempo e gestibili attraverso la tecnologia delle attrezzature e la manualità dell'operatore (figura 7).

Effetti biologici

Gli effetti biologici della luce laser sono grossolanamente distinguibili in fotochimici, fototermici e fotomeccanici.

La disomogeneità e l'anisotropia dei tessuti impediscono generalmente di riconoscere in assoluto un unico effetto,

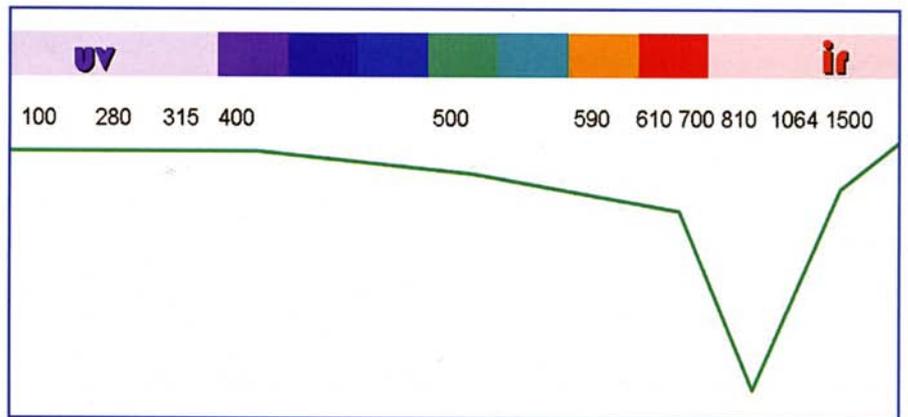


7. Parametri di gestione della emissione laser.

che coesisterà con gli altri in misura diversa. In odontoiatria, attualmente, si utilizzano laser che portano alla prevalenza di effetti fotochimici e fototermici (figura 8).

Effetti fotochimici

Gli effetti fotochimici, alla base della bio-stimolazione (bio-modulazione, fotobiomodulazione) si ottengono con distribuzioni energetiche (fluenza) comprese entro un determinato range (legge di Arnoldt Schultz), e comunque al di sotto della soglia capace di ottenere effetti termici, e utilizzando laser che emettono radiazioni di lunghezza d'onda compresa tra 6.000 e



1.000 nm circa, nell'ambito della cosiddetta «finestra ottica», dove il minor assorbimento da parte dei cromofori principali (acqua-emoglobina) determina un aumento

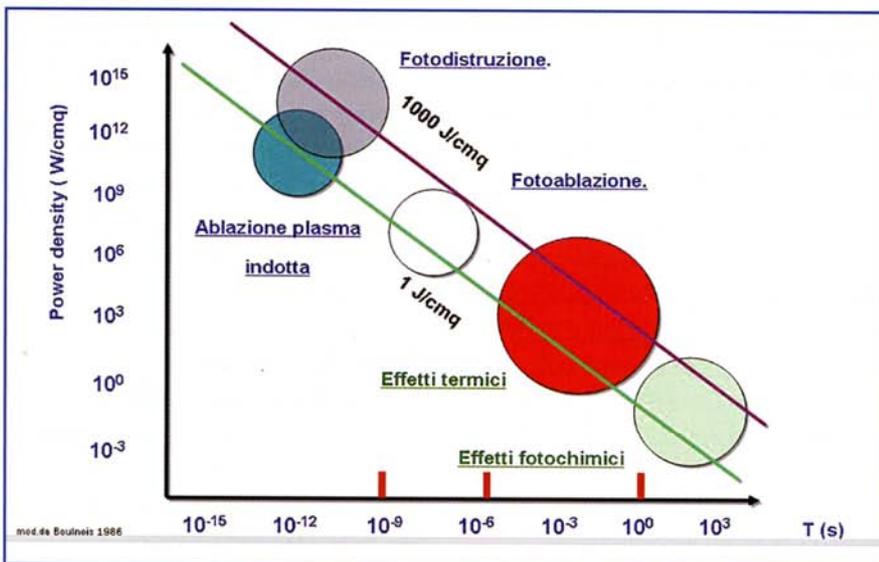
9. Finestra ottica.

della profondità di penetrazione (figura 9).

Effetti fototermici

Gli effetti fototermici si determinano a partire da una temperatura di circa 45 °C per arrivare sino a 1.000 °C. L'ablazione dei tessuti avviene sostanzialmente a partire dai 100 °C, con la trasformazione in vapore dell'acqua in essi contenuta, il conseguente aumento di volume e di pressione, la formazione di vacuoli confluenti e la loro rottura esplosiva (figura 10).

Ogni componente tissutale è caratterizzato dal «tempo di rilassamento termico» (TRT), comunemente descritto come il tempo necessario affinché venga disperso il 50% del calore accumulato. Un impulso di durata inferiore al tempo di rilassamento termico farà sì che l'energia venga confinata al bersaglio,



8. Mappa delle interazioni laser-tessuti.

45°	Ipertermia	cambiamenti nella conformazione molecolare, rottura di legami, alterazioni della membrana
50°	Riduzione attività enzimatica	Ridotti trasferimenti energetici, immobilità cellulare, inibizione fenomeni riparativi
60°	Denaturazione proteine e collagene	Coagulazione e necrosi cellulare (LITT)
80°	Permeabilizzazione membrane	Alterazioni biochimiche irreversibili
100°	Vaporizzazione	Formazione di vacuoli di vapore, decomposizione termica, Raffreddamento, disidratazione
>100°	Carbonizzazione	Segue alla completa disidratazione
>300°	Fusione	Dipende dal tessuto

un impulso più lungo consentirà la diffusione del calore alle aree circostanti, oltre l'area di irradiazione. Regolando la durata dell'impulso, la frequenza di ripetizione e l'energia sarà possibile intervenire selettivamente su un bersaglio senza danni collaterali, come per esempio avviene nella depilazione (fototermolisi selettiva).

Effetti fotomeccanici

Impulsi al di sotto del tempo di rilassamento termico dell'acqua, principale cromoforo e conduttore del calore, faranno sì che, utilizzando adeguate frequenze, non sia riscontrabile, in assoluto, un danno termico collaterale. L'elevatissima concentrazione energetica in tempi dell'ordine dei nano, pico e femtosecondi porterà ad avere prevalenti effetti fotomeccanici, con ablazione tissutale per picchi di pressione, vaporizzazione esplosiva o onde d'urto dovute alla formazione di plasma.

Criteri di eleggibilità

La scelta della corretta lunghezza d'onda, in base al trattamento previsto, la modulazione dei parametri e, di conseguenza, degli effetti, consentono di apprezzare i possibili vantaggi dell'applicazione del laser. Va premesso che il concetto di strumento di «elezione» può essere relativo e dipendere da numerose situazioni. Un esempio per tutti: la possibilità di tagliare coagulando diventa criterio di scelta nel caso di pazienti con turbe di coagulazione, anche laddove una lama fredda costituisce tecnicamente lo strumento più idoneo.

Capacità decontaminanti

Le capacità decontaminanti del laser costituiscono sicuramente un vantaggio, sia nelle applicazioni ove queste non sono l'obiettivo principale, come in chirurgia e conservativa, sia nelle applicazioni ove si affianca alle terapie convenzionali, integrandole, come endodonzia e parodontologia. È possibile distinguere, a

10. Effetti biologici in relazione all'aumento di temperatura.

seconda del tipo di laser, a bassa o ad alta potenza, tale azione battericida in due gruppi:

- *Low Power Laser* (diodo 635 nm, He-Ne ecc). Il principio di azione si basa su una sinergia tra radiazione e una sostanza fotosensibilizzante, la reazione fotochimica che scaturisce produce delle citotossine che inattivano i batteri distruggendone la membrana.
- *High Power Laser* (diodo 810-900 nm, Nd:YAG, Er:YAG, CO₂ ecc.). Tali laser agiscono direttamente sui tessuti batterici secondo i meccanismi di assorbimento delle loro specifiche lunghezze d'onda.

Decontaminazione in terapia conservativa

In tutte le teorie cariogenetiche è riconosciuto il ruolo fondamentale dell'attività batterica della placca. Delle oltre 300 specie presenti nella cavità orale, quelle maggiormente indiziate per essere coinvolte nel processo

cariogenetico sono le seguenti:

- *Streptococcus Mutans-salivarius*;
- *Streptococcus Sanguinis*;
- *Lactobacillus Casei*;
- *Lactobacillus Acydophilus*;
- *Actinomyces Naeslundii*.

La persistenza di questi germi, nelle pareti e sul pavimento della cavità cariosa, nel momento in cui si realizza l'otturazione, comporta la loro sopravvivenza, proliferazione e formazione di carie secondaria.

Il meccanismo della disinfezione via laser avviene attraverso la distruzione dei germi mediante la vaporizzazione dell'acqua in essi contenuta, contestualmente all'effetto ablativo o con una irradiazione defocalizzata. L'effetto battericida è cumulativo, più cicli si applicano, migliore è il risultato.

Decontaminazione in endodonzia

In endodonzia, le problematiche sono tradizionalmente rappresentate dalla configurazione del sistema dei canali radicolari, dai canali laterali difficilmente accessibili e dai tubuli dentinali che formano un sistema tridimensionale e rappresentano il 45% della superficie canalare e che risultano essere un habitat favorevole per la crescita dei batteri.

Sono state individuate circa 12 specie di microrganismi responsabili delle infezioni endodontiche, tra le quali:

- *Streptococcus Sanguis*;
- *Streptococcus Mutans*;
- *Streptococcus Viridans*;
- *Staphylococcus Aureus*;
- *Micrococcus Albus*;
- *Micrococcus Luteus*;
- *Lactobacilli*;
- *Actinomiceti*;
- *Escherichia Coli*;
- *Enterococcus Faecalis*.

Le colonie batteriche aumentano durante le infezioni ed è possibile assistere a un cambiamento qualitativo della flora batterica

che può presentarsi a predominanza di batteri anaerobi; l'agente patogeno più problematico è *Enterococcus faecalis*, un gram+ altamente resistente agli antibiotici, al perossido di idrogeno, all'idrossido di calcio, anche perché a causa dell'alta tensione superficiale delle soluzioni liquide (ipoclorito di sodio, perossido di idrogeno, EDTA, clorexidina, cetrimide) e del piccolo diametro dei tubuli dentinali, gli irriganti canalari non riescono a penetrare in profondità all'interno degli stessi, mentre le colonie batteriche riescono a spingersi fino a 1.100 µm dal lume canalare e quindi non risultano aggredibili dai disinfettanti chimici. Una corretta preparazione chimico-meccanica non porta necessariamente alla completa rimozione delle sostanze organiche e dello smear layer che risulta costituito da residui organici (tessuto pulpare, processi odontoblastici, microrganismi e cellule del sangue) e da detriti inorganici (frammenti e particelle calcificati provenienti dalle pareti di dentina e dall'idrossiapatite che, durante la strumentazione meccanica, cede fosfato e calcio).

L'eliminazione di questi detriti aumenta la permeabilità dei canali, aiuta la loro disinfezione, promuove l'adesione dei materiali da otturazione alla struttura del dente e, in generale, migliora la qualità dell'otturazione canalare eliminando una possibile causa d'infiltrazione tra pareti canalari e materiale da otturazione.

È in questa fase del trattamento endodontico che il laser fa la differenza e può essere un'arma in più per tutti gli operatori.

Non tutti i laser lavorano allo stesso modo e i risultati migliori in endodonzia si hanno con i laser a erbio, l'Nd:YAG, il laser a diodi e il KTP, (di quest'ultimo cominciano a uscire i primi lavori), soprattutto per quanto riguarda la sterilizzazione dei canali radicolari e per la rimozione dello smear layer. Il principio d'azione è differente per il differente assorbimento da parte dei tessuti dentali delle lunghezze d'onda utilizzate. Il laser a

erbio aprirà i tubuli dentinali ed eliminerà più efficacemente lo smear layer, favorendo l'azione degli irriganti, il laser Nd:YAG sfrutterà la diffusione (*scattering*) dovuta allo scarso assorbimento penetrando con capacità battericide sino a 1 mm nei canalicoli laterali. Una volta preparato correttamente il canale, sarà necessario portare la fibra ottica del laser a 1-2 mm dall'apice, a seconda della lunghezza d'onda utilizzata e dei parametri impiegati, affinché l'irraggiamento non vada a estendersi oltre apice, con possibili effetti secondari indesiderati.

Se questa procedura risulta piuttosto semplice in canali con andamento rettilineo, può essere più complesso inserire la fibra ottica alla lunghezza desiderata in canali curvi. La fibra, infatti, è un cilindro e l'estremità può impegnarsi con le pareti del canale. I protocolli di irradiazione possono essere vari, e dipendono dalla lunghezza d'onda e dalla attrezzatura utilizzata. La scuola di Genova, con il prof. Stefano Benedicenti, ha recentemente ed efficacemente dimostrato come l'utilizzo alternato di irriganti chelanti, disinfettanti e laser porti a un abbattimento totale della carica batterica infettante (*Enterococcus Faecalis*).

Decontaminazione in parodontologia

In parodontologia, la presenza della placca batterica e l'elevato numero di batteri che essa contiene unitamente alla presenza e virulenza di alcuni ceppi batterici, concomitanti della risposta immunitaria dell'individuo, provocano la parodontite. I più comuni sono:

- *Porphyromonas Gingivalis* (Pg);
- *Prevotella Intermedia* (Pi);
- *Actinobacillus Actinomycetemcomitans* (Aa);
- *Bacteroides Forsytus* (Bf);
- *Peptostreptococcus Minus* (Pm);
- *Fusobacterium Nucleatum* (Fn).

Essendo la presenza di alcune specie microbiche la causa della malattia parodontale, il momento fondamentale della

terapia è rappresentato dalla rimozione dei microrganismi stessi.

L'uso del laser nella terapia parodontale è basata sull'effetto decontaminante sia nella tasca chiusa sia nell'ambito della chirurgia del lembo, contribuendo, in associazione alle classiche tecniche di scaling e root planing, all'abbattimento della carica batterica.

Evidenza ed efficacia

In chirurgia e conservativa appare ovvio come l'utilizzo di uno strumento decontaminante consenta di operare in modo assolutamente diverso da quello convenzionale, dove nella migliore delle ipotesi lo strumento è sterile solo sino al primo contatto con i tessuti. Endodonzia e parodontologia, così come il trattamento delle peri-implantiti, hanno raggiunto standard elevati, con protocolli consolidati e uno stato dell'arte d'eccellenza. Vi sono oggettive difficoltà nell'affermare l'evidenza di un reale vantaggio nell'utilizzo del laser, per la necessità di uniformare i parametri, per le differenti lunghezze d'onda e attrezzature, per la necessità di studi clinici, in vitro e in vivo, con criteri universalmente riconosciuti.

La letteratura non è dirimente, anche se sostanzialmente si concorda su un vantaggio, per quanto non sempre significativo a livello statistico. Vale però la pena di sottolineare come, anche nel caso di terapie non laser assistite, i criteri di inclusione in un protocollo di ricerca o clinico ai fini di stabilire un'evidenza prevedano operatori esperti, ambienti protetti e l'esclusione dei casi limite o comunque non ben controllabili. Diventa però importante trasferire il protocollo nella pratica clinica quotidiana, dove i criteri di inclusione o di esclusione non possono essere rispettati, così come non sono valutabili le capacità dell'operatore. Ecco che l'utilizzo corretto di uno strumento dalle dichiarate capacità decontaminanti può in ogni caso costituire un miglioramento dal punto di vista della ricaduta sulla comunità nel suo complesso.

Una differenza non significativa per l'endodontista o il parodontologo di vertice può essere invece determinante per chi, ed è la maggioranza, non lo è, contribuendo al successo della terapia, oppure nei casi ove il trattamento d'elezione non può essere eseguito per una innumerevole serie di motivi (condizioni cliniche generali, trattamenti farmacologici, situazioni socio-economiche).

Si rientra, anche in questo caso, nel concetto di micro-invasività che oggi guida clinica e ricerca; micro-invasività può anche significare diagnosi precoce, al fine di consentire un più ridotto intervento.

L'utilizzo corretto di uno strumento dalle dichiarate capacità decontaminanti può in ogni caso costituire un miglioramento dal punto di vista della ricaduta sulla comunità nel suo complesso.

Il laser come strumento diagnostico

Negli ultimi anni, gli sviluppi tecnologici hanno largamente migliorato la qualità della diagnosi e della terapia. La prevenzione, promossa dalla sensibilizzazione dei mass-media, dalla fluoro-profilassi, dall'applicazione di sigillanti, dalle periodiche visite di controllo, ha ridotto in modo sensibile l'incidenza della carie dentale.

Attualmente, la maggior parte dei dentisti non considera più un appuntito explorer come il solo e più appropriato mezzo per diagnosticare un processo carioso, in quanto potrebbe provocare un'estensione

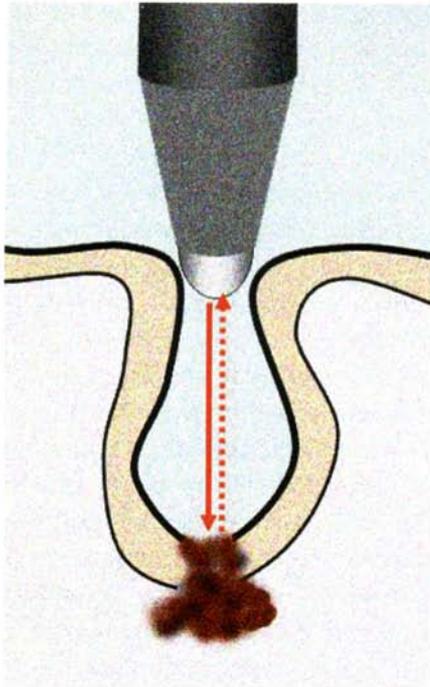
della carie stessa o fungere da veicolo di diffusione di germi cariogeni. In un sistema diagnostico integrato sono molti gli strumenti utilizzati per consentire una precoce individuazione della carie, come radiografie tradizionali, digitali, o coloranti vitali; consentendo un intervento capace di realizzare una preparazione cavitaria più conservativa con una miglior compliance del paziente.

Tra i sistemi più innovativi possiamo annoverare quelli che si avvalgono della fluorescenza laser indotta. Una conseguenza dell'assorbimento della luce dovuto all'interazione delle radiazioni elettromagnetiche con le molecole delle sostanze dure del dente è, a parte l'emissione di calore, la fluorescenza. Esistono due differenti sistemi basati sulla laser fluorescenza:

- Quantitative Laser Fluorescence (QLF) in cui la sorgente laser è rappresentata da un argon laser che emette con una lunghezza d'onda λ di 488 nm;
- Diagnodent® in cui la sorgente laser è rappresentata da un laser a diodi che emette con una lunghezza d'onda λ di 655 nm.

Mentre il primo è un metodo quantitativo che fornisce anche delle immagini con la capacità di individuare lesioni cariose fino a una profondità di 500 μ m, il secondo dà una risposta numerica con un segnale acustico e la possibilità di individuare processi cariosi fino a 2 mm di profondità e, con un nuovo puntale di recente introduzione, non solo carie occlusali ma anche carie interprossimali. È stato dimostrato che gli spettri di emissione di smalto dentina e tessuti cariati sono simili quando vengono irradiati con luce rossa, però l'aumento della fluorescenza è direttamente proporzionale all'avanzamento del processo distruttivo carioso.

Le sostanze alterate del dente e i batteri diventano fluorescenti quando vengono sollecitati da una determinata lunghezza



11. Diagnodent.

d'onda. A una lunghezza d'onda di 550-670 nm si genera una fluorescenza facilmente identificabile tra i 650 e gli 800 nm (figure 11-13).

L'irradiazione avviene mediante un diodo attraverso un fotoconduttore e una sonda. La sostanza cariosa, così sollecitata, diventa fluorescente. La natura della fluorescenza emessa è correlata sia con il grado di demineralizzazione della struttura sia con la presenza di batteri. La radiazione fluorescente viene riconvogliata nel fotoconduttore ed elaborata da una fotocellula che emette un risultato numerico e acustico.

Non è possibile eseguire misurazioni al di sotto di otturazioni o onlays, l'amalgama e le leghe metalliche presentano minima o nulla fluorescenza, mentre compositi ceramiche e cementi emettono fluorescenze variabili a seconda della loro composizione.

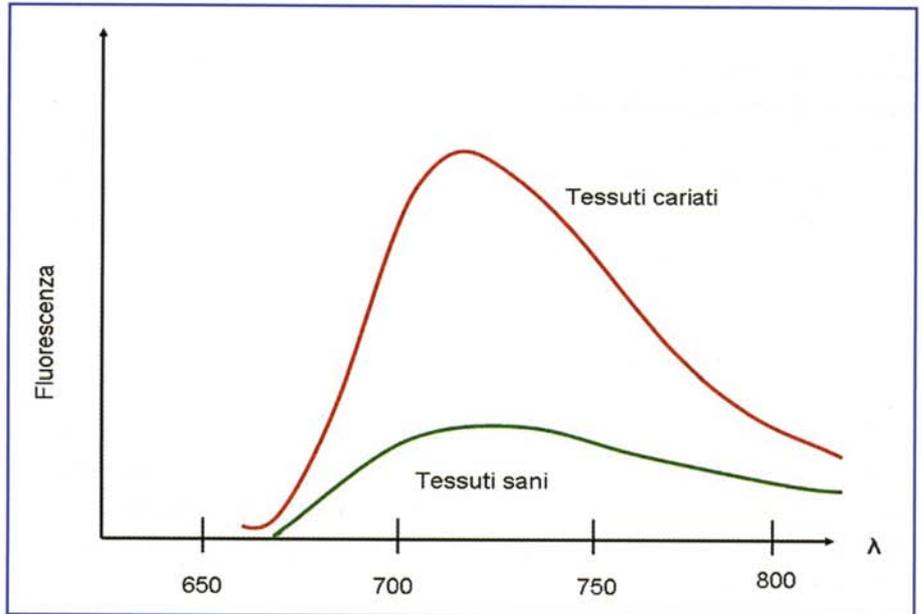
Anche placca e tartaro danno alti valori di lettura, a volte un dato molto elevato può derivare da una non corretta detersione del dente o da residui di pasta di pulizia non rimossa, in questi casi si suggerisce

di pulire bene e di ripetere la lettura. Falsi positivi possono essere determinati anche dalla fluorescenza naturale dello smalto, da pigmentazioni o da residui di cibo.

L'uso del laser nella ricerca delle carie secondarie dà risultati controversi per l'interferenza provocata dal materiale da otturazione o da pigmentazioni circostanti, d'altra parte non se ne consiglia l'uso per valutare i risultati ottenuti dopo la

preparazione di una cavità in conservativa prima di eseguire l'otturazione, sia perché la sonda non riesce a raggiungere tutti i recessi della preparazione sia perché in caso di cavità profonde la presenza della polpa a breve distanza potrebbe dare un falso positivo legato alla sua fluorescenza

La lettura della fluorescenza laser risponde soprattutto all'intensità del danno in superficie piuttosto che in profondità; pertanto, i risultati



12. Fluorescenza dei tessuti sani e cariati.



13. Sondaggio laser.

vanno sempre valutati con attenzione e mai presi alla lettera, perché un'accurata diagnosi della carie deve avvalersi di tutte le metodiche, tradizionali e tecnologiche. Questi due sistemi permettono all'operatore di diagnosticare precocemente un processo carioso non ancora visibile radiograficamente, di controllare la progressione di una sospetta lesione, con l'ulteriore vantaggio di essere ripetibile nel tempo e di essere un metodo non invasivo.

Il laser in terapia conservativa e pedodonzia

Micro-invasività significa anche poter sfruttare queste possibilità diagnostiche e i progressi dell'odontoiatria adesiva e dedicare più attenzione alle «micropreparazioni», anche queste ottenibili con l'ausilio del laser.

Le lunghezze d'onda utilizzate e capaci di agire sui tessuti duri (Er:YAG, Er,Cr:ISSG) consentono l'asportazione di piccolissimi strati di tessuto dentale per ablazione (figura 14). Le tecniche convenzionali, anche quelle indicate come mini-invasive, che utilizzano strumenti rotanti di piccolissime dimensioni,

ultrasuoni o polveri (air abrasion) consentono l'asportazione di quantità minime di tessuto, ma non eliminano gli inconvenienti della metodologia classica, avremo quindi possibilità di cracking, incremento della temperatura e scarso controllo del tessuto asportato. Al contrario, con il laser si ottiene un controllo assoluto della quantità di tessuto trattato, si evitano surriscaldamenti della polpa (a 10 μm la temperatura si incrementa di soli 2,2 °C) e si ottiene, cosa impossibile con i metodi convenzionali, un altissimo grado di disinfezione della cavità. Il termine di odontoiatria microinvasiva trae giustificazione da questi elementi, ma nell'ambito di tale metodica di intervento è possibile distinguere due comportamenti che, seppure identici come metodiche di lavoro, sono diversi come scopi perseguiti. L'odontoiatria microinvasiva può essere considerata, nei casi in cui ci si trova di fronte a lesioni di I e II grado, un'alternativa alle tecniche convenzionali messa in atto dall'odontoiatra che mira al massimo risparmio del tessuto dentale associato al rispetto totale di quello residuo. Quando, invece, la lesione da trattare è

di II grado avanzato o quasi di III grado, l'odontoiatria microinvasiva laser assistita diviene un obbligo terapeutico più che una scelta operativa. Nei casi in cui la quantità di tessuto residuo a protezione pulpare è quasi inesistente o, addirittura, la polpa è già esposta, ma asintomatica, ogni intervento meccanico comporterebbe rischi da invasione dello spazio pulpare, rischi di danno pulpare da ipertermia e contaminazione batterica da trasporto. In questi casi l'uso del laser permette il mantenimento e il rispetto della dentina residua consentendo, per asportazione di strati sottilissimi, l'eliminazione della sola massa rammollita; consente il rispetto termico della polpa in cui un incremento di soli 5 °C comporta denaturazione e determina la disinfezione delle aree trattate. Nei casi di esposizione pulpare, inoltre, è possibile effettuare una micro pulpectomia con asportazione di piccole quantità di tessuto esposto e infetto e disinfezione del tessuto residuo. Nell'area trattata si assisterà alla formazione di tessuto connettivo amorfo in sostituzione della polpa asportata. La differenza tra l'uso della metodica laser assistita e quella convenzionale fa, in questi casi, la differenza tra la possibilità di riabilitare con tecniche conservative l'elemento interessato o il doverlo trattare endodonticamente, e proprio sotto questa luce il laser in conservativa può essere considerato, almeno in questi casi, uno strumento di elezione. In definitiva i vantaggi dell'uso del laser in odontoiatria conservativa possono essere:

- la possibilità di usare una modalità di emissione pulsata o superpulsata permette di ridurre la necessità di anestesia locale;
- la realizzazione di cavità più conservative rispettando l'anatomia dentale;
- la riduzione della produzione di smear layer;
- la riduzione della colonizzazione batterica, con conseguente decontaminazione della superficie;



14. Aspetto tipico dei tessuti duri trattati con laser ad erbio.

■ le superfici cavitarie laser trattate presentano una migliore adesione con le resine composite e un minor microleakage rispetto alle cavità preparate con i metodi convenzionali;

■ la trasformazione della superficie dentale mineralizzata laser trattata in una struttura maggiormente resistente all'attacco acido prodotto dai batteri.

Nella clinica pedodontica, il laser rappresenta un utile strumento per migliorare la collaborazione del piccolo paziente nella realizzazione della preparazione cavitaria. Dal momento che molti bambini possono essere sottoposti al trattamento laser come loro prima esperienza odontoiatrica, è anche possibile pensare che una nuova generazione di pazienti crescerà con un'atteggiamento differente verso i dentisti. Infatti, il laser non producendo vibrazioni e sostituendo, pressoché totalmente, il temuto «trapano», salvo che nella fase di rifinitura, riduce la sensazione di stress e migliora la *compliance* del bambino.

Il laser in chirurgia e implantologia

Le stesse caratteristiche di rispetto dei tessuti duri dentali valgono anche per il tessuto osseo, consentendo, anche in questo caso, un'ablazione altamente selettiva in un ambiente altamente decontaminato. Lo spettro d'azione è vastissimo, combinando l'azione sui tessuti molli, il laser può essere validamente utilizzato in chirurgia parodontale resettiva o rigenerativa, nella chirurgia estrattiva, nella chirurgia radicolare, nella chirurgia implantare o nel trattamento delle peri-implantiti, creando le condizioni più idonee per l'impianto di biomateriali, eventualmente in associazione a derivati plasmatici quali PRP e PRF. La moderna implantologia si orienta sempre più verso metodiche mini invasive con lo scopo, non solo di risparmiare tessuto biologico, ma soprattutto al fine di ottenere



15. Piccolo paziente.

guarigioni più rapide, caratterizzate da decorsi post-operatori privi di sequele tissutali che potrebbero compromettere la guarigione ottimale e la conseguente perfetta osteointegrazione. In quest'ottica si colloca l'impiego del laser in questa disciplina, che può accompagnare diverse fasi del trattamento. Le fasi pre-chirurgiche in implantologia sono

rappresentate da quelle situazioni nelle quali il sito impiantare necessita di un trattamento atto a renderlo compatibile con l'introduzione dell'impianto e con la successiva fase dell'osteointegrazione. Un esempio classico ed esemplificativo di questa azione è rappresentato dal trattamento degli alveoli post-estrattivi. Indipendentemente dal fatto che si voglia procedere a un intervento di inserzione immediata o differita dell'impianto, il trattamento dell'alveolo consente di ottenere un letto impiantare più idoneo rispetto ad analoghi siti non trattati. I vantaggi sono rappresentati dalla possibilità di avere una completa disinfezione del sito che, tranne nei casi di frattura dentale, è sempre sede di infezioni estese, tanto da richiedere l'avulsione dell'elemento dentale. L'azione del laser permetterà poi di ottenere l'allontanamento pressoché totale dei tessuti infiammatori presenti nell'alveolo e, contemporaneamente, consentirà il totale rispetto della componente ossea. Oltre alla disinfezione e alla toilette chirurgica, con il laser si potranno mettere



16. Anchiloglossia.



17. Frenulectomia con laser a diodo 810 nm.

in atto quei meccanismi di biostimolazione che sono alla base della veloce guarigione del sito in esame. Anche le azioni di rimodellamento dei tessuti molli che possono essere rappresentate dalla necessità di effettuare delle frenulotomie o dei riposizionamenti si avvantaggiano delle metodologie laser (figure 15-17). Ovviamente le azioni descritte sono legate alle lunghezze d'onda adoperate in quanto ogni singola lunghezza d'onda avrà un proprio fotoaccettore in grado di determinare le azioni specifiche sul tessuto trattato.

Le lunghezze d'onda di 2.940 – 2.790 nm corrispondenti alle emissioni dei laser a erbio ed erbio-cromo sono assorbite dall'acqua presente nei tessuti con l'assenza di incremento termico in un sito in cui il trattamento, per essere esaustivo, deve essere prolungato per ottenere la completa asportazione del tessuto infiammatorio presente insieme alla completa disinfezione, considerando che spesso la sede è colonizzata da diverse specie batteriche tutte altamente virulente.

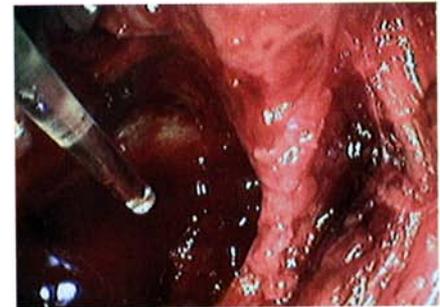
L'aver a disposizione un laser che permetta di lavorare senza provocare pericolosi rialzi termici a carico dell'osso, che notoriamente non tollera incrementi di oltre 6-7 °C rende le fonti sopracitate le più adatte tale scopo, impiegando potenze relativamente basse (figure 18-21).

Nell'impiego del laser per le procedure chirurgiche di rimodellamento dei tessuti si può invece ricorrere a lunghezze d'onda posizionate nel più vicino infrarosso come i 1.064 nm del laser ND:YAG o gli 810-980 nm dei laser a diodi, i 532 nm del laser KTP. Con queste lunghezze d'onda si otterranno dei campi operatori privi di sanguinamento e si potranno portare a termine gli interventi in tempi più brevi.

L'azione biostimolante della luce coerente è propria di tutte le lunghezze d'onda dei laser, ma la maggior parte dei processi biochimici che stanno alla base della riparazione tissutale rispondono a lunghezze d'onda comprese tra 660 e 904 nm e proprio in questo range si collocano le macchine più adatte a questo scopo. L'utilizzo di queste fonti con fluenze



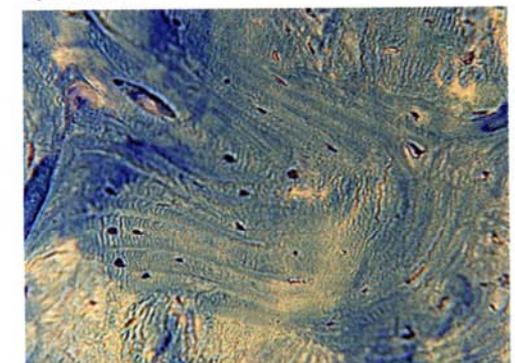
18. Situazione pre-operatoria.



19. Decontaminazione con laser a erbio e inserimento di biomateriali.



20. Riapertura, inserimento dei nuovi impianti e prelievo.



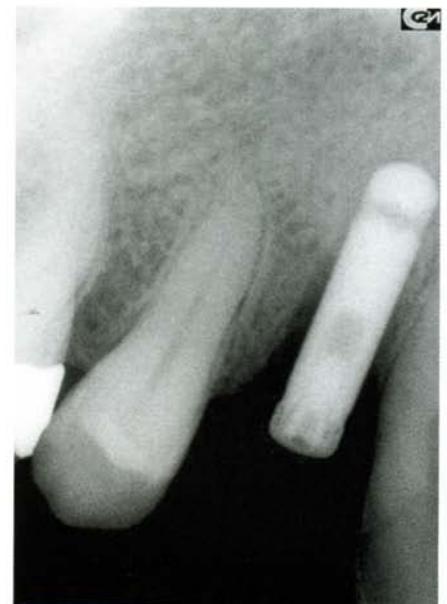
21. Istologia.

adeguate renderanno molto più veloci le guarigioni tissutali abbreviando i tempi clinici di attesa.

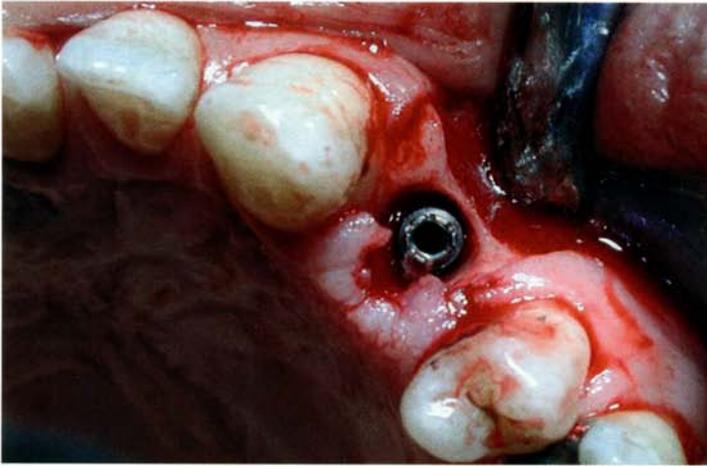
Come già accennato, la chirurgia implantare è sempre più spinta verso metodiche meno invasive e anche al di fuori dell'argomento trattato, ci si rende conto di questo processo quando notiamo lo sforzo fatto per ottenere, per esempio attraverso l'uso di macchine a ultrasuoni, mezzi chirurgici sempre più delicati. Il fondamento di tale ricerca sta nel fatto che più delicata è la chirurgia più garanzie di successo si avranno oltre, ovviamente, alla migliore qualità percepita dal paziente. L'apertura del lembo può essere effettuata con l'assistenza laser e in questo caso l'uso di laser collocati nel vicino infrarosso permette una chirurgia che lascia «pulito» il campo operatorio. Per questo intervento, però l'orientamento comune è quello di adoperare una lama a freddo. La preparazione dell'alveolo chirurgico, sebbene sia stata proposta da alcuni autori, ancora non può considerarsi come una metodica da utilizzare correntemente. Concettualmente essa è possibile adoperando, per esempio, un laser a erbio e, anzi, con tale mezzo si otterrebbero delle osteotomie delicate senza alcuna compromissione dell'osso circostante non sottoposto al trauma degli strumenti rotanti. Ciò che impedisce la diffusione di tale tecnica è oggi rappresentato dalla mancanza di inserti «calibrati» per osteotomie di precisione. La chirurgia post-implantare è rappresentata dalla seconda fase chirurgica degli impianti bifasici. In questo campo l'uso del laser ha in parte soppiantato l'uso delle metodiche convenzionali. La scopertura dell'impianto con l'assistenza laser permette, ove non siano necessarie procedure di trasporto o incremento, di ottenere il rispetto totale dei tessuti e, di conseguenza e nella maggior parte dei casi, consente una presa d'impronta immediata sia per la costruzione di protesi provvisorie necessarie per la modellazione

dei tessuti molli, sia, quando tale fase non è necessaria, per la realizzazione delle protesi definitive. Una volta individuata la posizione dell'impianto da scappucciare, tramite l'uso di una mascherina guida o con metodi diversi, si inizia il trattamento di scopertura partendo dal centro della vite tappo ed estendendosi verso la periferia con movimenti concentrici e centrifughi. La realizzazione di tale intervento richiede pochi minuti e può essere fatta in assenza di copertura anestetica o con una notevole riduzione delle dosi del farmaco. Le lunghezze d'onda in teoria preferibili sono quelle localizzate nel vicino infrarosso dei laser a diodi di 810 nm, ma l'uso dei laser a erbio ed erbio-cromo non è da sottovalutare in quanto la lunghezza d'onda di 2.940 nm permette di ottenere un intervento privo di rialzi termici tissutali e con poco sanguinamento tarando in modo opportuno le macchine. La fase di mantenimento dura per tutta la vita clinica del complesso protesi-impianto, essa si avvale delle comuni tecniche di igiene professionale che possono essere integrate da sedute di disinfezione dello pseudo solco perimplantare. Lunghezza d'onda ideale per tale attività è quella dei laser a diodi che lavorano tra 800 e 900 nm con l'obiettivo di scongiurare, per quanto possibile, l'instaurarsi di patologie dei tessuti molli o duri perimplantari. Nel caso in cui, invece, insorgano mucositi o perimplantite il laser diventa lo strumento di prima scelta nel trattamento di queste patologie. Le mucositi (infiammazione su base infettiva) dei tessuti molli perimplantari rispondono velocemente al trattamento laser con una *restituito a integrum* pressoché totale dei tessuti interessati alla patologia. I laser utilizzabili sono sia quelli localizzati nel vicino infrarosso (laser a diodi) sia il laser a erbio ed erbio-cromo utilizzati sotto spray di acqua. Queste lunghezze d'onda hanno una spiccata azione antibatterica che si manifesta intervenendo ciclicamente in più sedute. La perimplantite è una

condizione molto più grave in cui è compromessa l'interfaccia osso-impianto e, di conseguenza, l'osteointegrazione stessa. La lesione, progredita in profondità, necessita di un trattamento molto più attento e delicato volto a risolvere la causa della malattia (infettiva) e a proteggere l'attacco osso-impianto ancora esistente. Le lunghezze d'onda specifiche per effettuare tale trattamento sono senz'altro quelle di 2.940-2.790 nm dei laser a erbio ed erbio-cromo e questo per molteplici motivi. Innanzi tutto, la completa assenza di incremento termico dell'area trattata. Come già accennato il tessuto osseo mal sopporta aumenti di temperatura oltre i 6-7 °C, l'uso di laser il cui fotoaccettore è rappresentato dalle molecole di acqua, permette una limitata azione in profondità, in quanto l'energia emessa viene a essere completamente assorbita dagli strati cellulari su cui per primi impatta il raggio laser. Limitandosi, in tal modo, il fenomeno della trasmissione non si arrecano danni da ipertermia ai tessuti profondi. Un laser la cui azione comporti un incremento termico finirebbe con il danneggiare le aree di contatto osso-impianto ancora integre e localizzate nelle immediate vicinanze del



22. Radiografia di un caso di peri-implantite.



23. Aspetto intra-operatorio.

punto di applicazione. Occorre poi tenere presente la possibilità che l'impianto stesso possa comportarsi da conduttore termico, vista la sua struttura metallica, diffondendo l'incremento termico in profondità. L'uso di un laser a neodimio nei trattamenti delle perimplantiti potrebbe provocare, qualora il fascio venisse indirizzato verso la superficie implantare, danni alla stessa, in quanto tale lunghezza d'onda ha la capacità, al contrario dei 2.940 nm del laser a erbio, di interagire con il titanio del corpo implantare. L'uso, anche diretto, del laser a erbio sulla superficie dell'impianto e anche con potenze ben più elevate rispetto a quelle utilizzate nella decontaminazione della perimplantite, non arreca alcuna alterazione alla superficie dell'impianto (figure 22-24). Il processo di osteo-integrazione può essere considerato come un complesso processo di guarigione dei tessuti sia duri sia molli posti a contatto con l'impianto. L'azione dei laser nei processi di guarigione dei tessuti è ampiamente studiata e applicata nella clinica. Opportuni dosaggi consentono nella fase di osteointegrazione di ottenere un'accelerazione di quei processi di neoformazione ossea che sono alla base del successo della terapia implantare. Come accennato, laser inadatti a trattare i tessuti duri, come Nd:YAG, diodi, KTP e CO₂ sono invece d'elezione per il trattamento dei



24. Radiografia di controllo a 6 mesi.

tessuti molli, fondamentale per le loro capacità emostatiche, prevalenti nei primi, e di ablazione o taglio. La combinazione di queste due caratteristiche consente di effettuare trattamenti quali frenulectomie, asportazione di neoformazioni o lesioni della mucosa, con minime quantità di anestetico, evitando nella quasi totalità dei casi il ricorso alla sutura, con riduzione dell'edema e un decorso post-operatorio estremamente favorevole (figure 25-27). Un esempio eclatante di microinvasività collegata alla selettività di determinate lunghezze d'onda è costituito

dal trattamento delle lesioni vascolari del cavo orale. Una volta effettuata una corretta diagnosi, essenzialmente clinica (aspetto, forma, dimensioni, vitropressione, transilluminazione) saranno sufficienti pochi secondi di irraggiamento a distanza con un laser che agisce selettivamente sull'emoglobina (per esempio, con un diodo 810 nm) per ottenere la fotocoagulazione della lesione, che imploderà assumendo un aspetto superficiale bianco grigiastro indice di avvenuta coagulazione. La lesione si riassorbirà in poche settimane senza alcun reliquato.



25. Un caso di fibroma su base traumatica.

Biostimolazione

Sempre alla microinvasività è legato l'ampio e affascinante aspetto della biostimolazione, intendendo con questo termine un effetto che la luce polarizzata è in grado di determinare, attraverso il realizzarsi di eventi complessi a livello biomolecolare, sia sulle culture cellulari sia sui tessuti.

I meccanismi biomolecolari che possiamo chiamare fin da ora «meccanismi primari» possono essere attivati dalla luce polarizzata, non necessariamente dalla luce coerente: la differenza tra luce polarizzata non coerente (vedi led) e luce coerente (laser) sta nel fatto che la luce polarizzata non coerente è certamente efficace su culture cellulari sottili, mentre a livello clinico la sua efficacia biostimolativa è tutt'ora discussa; la luce laser, invece, ha certamente un'efficacia a livello tissutale con una conseguente valenza clinica.

Alla base di tutto comunque rimangono i meccanismi primari, che si determinano per l'interazione tra luce polarizzata (fotoni) e tessuto (cromofori): si avvia così una cascata di eventi metabolici cellulari che sono poi alla base dello scatenarsi dei meccanismi secondari: quelli che rendono possibile il



27. Aspetto a un mese dalla terapia.

realizzarsi dell'effetto biostimolativo stesso. I «cromofori», ossia le strutture molecolari che si comportano come accettori specifici per determinate lunghezze d'onda si identificano con enzimi in uno stato intermedio di ossido-riduzione. Le reazioni biochimiche tra fotoni e fotoaccettori specifici (cromofori) determinano l'insorgenza dei meccanismi primari.

I meccanismi primari sono rappresentati da:

- cambiamento dello stato redox cellulare, con accelerazione del processo di trasferimento degli elettroni;
- formazione di ossigeno per auto-ossidazione;
- azione fotodinamica con formazione di ossigeno singoletto;
- mutamenti nell'attività biochimica dovuti al riscaldamento determinato dall'assorbimento dei fotoni da parte dei cromofori.

Tutto ciò comporta l'aumento di attività di ossidoriduzione e di trasferimento elettronico nella catena respiratoria a livello dei mitocondri, con conseguente e considerevole aumento della produzione di ATP a livello cellulare, mettendo questa riserva di energia a disposizione dei bisogni riparativi tissutali. Si tratta quindi della trasformazione di energia fisica (fotoni) in energia chimica (ATP). Questo è certamente il meccanismo principale e più conosciuto, ma non è il solo: infatti se tutto si spiegasse semplicemente con l'aumento di produzione dell'ATP a livello mitocondriale, come potremmo spiegare altri fenomeni, come l'efficacia della biostimolazione laser sugli eritrociti, che sono privi di mitocondri, o come la stimolazione della luce coerente in un determinato punto



26. Aspetto post-operatorio.

cospicio dell'agopuntura possa dimostrarsi efficace a distanza e su altri organi e/o tessuti: dunque certamente esistono altri meccanismi per i quali sono necessari elevati picchi di energia in determinati siti, che amplificano enormemente l'effetto biostimolativo per fenomeni di interferenza luminosa.

In conseguenza dei meccanismi primari vengono così ad avviarsi quelli secondari che, una volta iniziati, possono poi a loro volta svilupparsi autonomamente e indipendentemente dal perdurare o meno dello stimolo primario.

I meccanismi secondari sono rappresentati da:

- aumento della sintesi del DNA nucleare e del RNA citoplasmatico, con conseguente aumento della sintesi proteica;
- aumento dell'attività metabolica;
- aumento della velocità di duplicazione cellulare e della maturazione delle cellule stesse;
- aumento della produzione di collagene da parte dei fibroblasti e più rapida maturazione del collagene;
- più rapida trasformazione dei fibroblasti in miofibroblasti;
- aumento del potenziale d'azione nelle cellule nervose;
- stimolazione dell'attività immunitaria e leucocitaria;
- aumento del microcircolo e del drenaggio a livello linfatico.

Tutto ciò si traduce quindi in un'azione antiflogistica, biostimolativa, analgica e antibatterica.

L'azione biostimolativa si evidenzierà a livello della rigenerazione ossea, dei tessuti nervosi, del tessuto epiteliale e del connettivo.

Sarà necessario utilizzare lunghezze d'onda diverse a seconda dei diversi tessuti da trattare: in generale si tratteranno le lesioni superficiali, come un'aftha per esempio, con luce coerente nello spettro del rosso (630-700 nm); mentre per le lesioni profonde, come la biostimolazione di un impianto, si opererà per lunghezze d'onda dell'infrarosso

(810-904 nm) che sono capaci di arrivare più profondamente nei tessuti.

Occorre tenere presente che l'efficacia della terapia laser a bassa intensità (LLLT) è dipendente dallo stato del tessuto irradiato (rispondono meglio i tessuti danneggiati, in stato di ipossia cellulare) e dal tipo di parametri utilizzati (lunghezza d'onda, modalità continua o pulsata, duty cycle, dose).

Dosi troppo deboli sono inefficaci, ma dosi troppo alte possono determinare paradossalmente un effetto biosoppressivo. Una lesione acuta richiede dosi basse e basse frequenze. Man mano che la lesione diviene subacuta o addirittura cronica, dovranno crescere sia le dosi sia le frequenze. Le applicazioni cliniche quindi interessano tutti i campi dell'odontoiatria, dalla conservativa alla stomatologia (herpes, afte, mucositi), alla parodontologia (azione antibatterica, terapia di supporto nel controllo dell'infezione) alla chirurgia (guarigione delle ferite), all'implantologia (stimolazione all'osteointegrazione), all'ortodonzia (velocizzazione del movimento ortodontico e riduzione del dolore post-attivazione), alla terapia dell'artropatia dell'ATM (azione analgica e decontratturante, rigenerativa a livello cartilagineo e delle strutture ossee e fibrose) fino all'azione rigenerativa su nervi lesi. Un gold standard è sicuramente rappresentato dalla cura delle mucositi, soprattutto in pazienti chemio e radiotrattati, dove l'azione del laser, preventiva e/o curativa ha un effetto drammaticamente positivo sulla qualità di vita dei pazienti (figure 28-29).

Laser agopuntura

La luce emessa da un laser può essere utilizzata per la stimolazione dei punti di agopuntura, sfruttando le caratteristiche di lunghezze d'onda comprese tra 630 e 1.000 nm (visibile e vicino infrarosso). La lunghezza d'onda di 532 nm, corrispondente al verde dello spettro del visibile, viene utilizzata per la stimolazione dei punti situati nell'orecchio



28. Un caso di mucosite chemioindotta.



29. Aspetto a 48 ore dalla applicazione di 4 J/cm² di laser rosso (635 nm).

(auricoloterapia) sfruttando la minor penetrazione. Il laser utilizzato (He-Ne e a diodo) vengono tarati su potenza d'uscita da 4 a 10 mW per il rosso e da 6 a 35 mW per l'infrarosso, generalmente in modalità a contatto e con una incidenza del raggio perpendicolare all'area bersaglio. La fluenza si colloca in un ambito che varia da pochi mJ per unità di superficie sino fino a 4 J/cm², associando in quest'ultimo caso un effetto biostimolante, con tempi di applicazione a partire dai 10 secondi. La modalità di emissione in continuo o pulsata determina effetti diversi: nel primo caso si verifica un'iperpolarizzazione delle fibre nervose (tonificazione); mentre nel secondo caso, con una frequenza variabile da 40 a 100 Hz, si determina una depolarizzazione (dispersione).

I termini «tonificazione» e «dispersione» sono correlati alla situazione energetica del meridiano coinvolto, ossia alla mancanza o all'eccesso di energia che va integrata o dispersa per ripristinare un equilibrio energetico globale di tutto l'organismo. Come nell'agopuntura classica,



30. Stimolazione con laser agopuntura associando un cerca punti abbinato a un laser a diodo che emette a 635 nm (rosso).

vengono selezionati punti locali, adiacenti e a distanza. I primi si trovano nella zona del focolaio, i secondi nel tronco, gli ultimi sono situati sugli avambracci, mani, gambe e piedi. La stimolazione con laser agopuntura avviene intervenendo su un punto per volta, a differenza dell'agopuntura classica. Esistono apparecchiature in grado di stimolare più punti contemporaneamente e con le tre lunghezze d'onda inserite nella stessa apparecchiatura. Le

sedute di terapia laser variano da applicazioni quotidiane per le forme acute, fino a una volta a settimana per le forme croniche o sub croniche. Le intensità (power density) normalmente usate per la biostimolazione evitano possibili effetti dannosi su cute e mucose esposte alla radiazione laser, adottando ovviamente tutte le misure di protezione necessarie (per esempio, occhiali protettivi). Le indicazioni elettive per la laser agopuntura si ritrovano per

esempio nel trattamento dei bambini, o nei soggetti agorafobici, non dimenticando l'assoluta sicurezza del metodo relativamente al rischio di trasmissione di infezioni crociate (figura 30).

Sbiancamento dentale laser assistito

Tra i trattamenti cosmetici più richiesti, vi è sicuramente lo sbiancamento dentale. Ancora oggi il perossido di idrogeno al 35% rappresenta la sostanza maggiormente utilizzata nelle procedure di sbiancamento professionale. Il meccanismo d'azione comprende la scissione della molecola di H₂O₂ con produzione di ioni O⁻, se tale reazione avviene con aggiunta di calore che fa da catalizzatore e in ambiente basico la reazione diviene (H₂O₂+calore → H⁺ +HO₂⁻): si ha, cioè, la produzione di idrossilioni molto più attivi nello svolgere la funzione di decolorazione. Gli idrossilioni, una volta giunti a contatto con le sostanze cromogene la cui caratteristica è quella di possedere dei doppi legami o delle catene aromatiche che rendono tali molecole «otticamente attive» e conferiscono loro la capacità di provocare la discromia, causano la rottura delle catene aromatiche e dei doppi legami rendendo tali sostanze cromogene «otticamente inattive», tale cambiamento determina la scomparsa dell'effetto che provocava il cambiamento



31. Visione intraorale prima del trattamento.



32. Visione intraorale dopo il trattamento.

di colore del dente. Da tale principio si comprende come lo scopo della procedura di sbiancamento dentale sia quella di riportare il dente al colore naturale (in quanto vengono otticamente inattivati i cromogeni) e non quello di variare il colore del dente. L'uso del laser, quale fonte di attivazione attraverso la cessione di calore, risulta essere quella meglio controllabile. Le caratteristiche fisiche del fascio laser fanno sì che esso si mantenga stabile nel tempo e misurabile con estrema precisione, evitando, attraverso un'indispensabile e corretta applicazione dei protocolli clinici la possibilità di determinare patologie pulpari da ipertermia e questo indipendentemente dalla lunghezza d'onda adoperata. Fondamentale risulta, poi, la giusta scelta del cromoforo aggiunto al sistema di sbiancamento. Il perossido di idrogeno, per poter essere manipolato e posizionato in bocca, viene addizionato a un materiale inerte – di solito polvere di silice – al quale può essere aggiunta una sostanza, il cromoforo appunto, che dà al composto un colore. La presenza di una sostanza colorata rende il comportamento del fascio laser diverso a seconda del cromoforo utilizzato: come regola generale va ricordato che colori complementari tendono ad assorbire le lunghezze d'onda, mentre colori uguali

tendono a farsi «attraversare» (favoriscono la trasmissione) dal fascio. Per quanto riguarda le lunghezze d'onda adoperabili per le procedure di sbiancamento laser-assistite, oggi quelle che danno i migliori risultati sono rappresentate dagli 810 nm dei laser a diodi e dai 532 nm dei laser KTP. Ovviamente, essendo due lunghezze d'onda localizzate in aree differenti dello spettro delle onde elettromagnetiche sarà necessario adoperare cromofori diversi, si adopererà un cromoforo azzurro/blu per il laser a diodi localizzato nel vicino infrarosso e un cromoforo rosso per il KTP localizzato nel visibile verde. Lo scopo di utilizzare un cromoforo di colore complementare sta nella necessità di avere una massa contenete il perossido che sia capace di «trattenere» la maggior parte dell'energia di attivazione fornita, il colore complementare permetterà, in definitiva, l'assorbimento del fascio laser riducendo i fenomeni di trasmissione e riducendo, di conseguenza, la percentuale di energia che potrebbe essere trasmessa fino alla polpa (figure 31-32).

Conclusioni

Dalla panoramica illustrata ognuno può trarre le convinzioni necessarie a stabilire in che misura il laser può essere considerato semplice complemento o strumento

d'elezione. Espandendo il concetto, il solo fatto che consenta in molte situazioni un minor supporto farmacologico pre e post intervento, una minore invasività, una migliore risposta dei tessuti, una bio-modulazione unitamente alla valutazione di quanto questo possa incidere sulla qualità di vita dei soggetti definiti «deboli» (bambini, malati, anziani, diversamente abili) dovrebbe essere più che sufficiente a compensare gli innegabili svantaggi: costo, curva di apprendimento, tempi di intervento, difficoltà di introduzione nella pratica quotidiana. Se così non fosse, lungimiranza vuole che ci si appropri comunque di una tecnologia che presto o tardi, è nostra convinzione, entrerà a far parte della dotazione strumentale di base di uno studio odontoiatrico, come sta avvenendo o è avvenuto in altri Paesi d'Europa e del Mondo. AIOLA, così come le altre associazioni del settore, è fortemente impegnata nella divulgazione ed è aperta, come in questa occasione, a ogni iniziativa che contribuisca alla diffusione di una corretta informazione (www.aiola.it).

Si ringrazia il Dott. Paolo Calvani, Firenze, per la documentazione iconografica concessa (foto 18-21)

Corrispondenza
Dr. Ercole Romagnoli
Via Pacini, 62 - 20131 Milano
romagnoli@aiola.it

bibliografia

1. Almeida-Lopes L, Rigau J, Zangaro RA et al. Comparison of the low level laser therapy effects on cultured human gingival fibroblasts proliferation using different irradiance and same fluence. *Lasers Surg Med* 2001;29(2):179-84.
2. Ando M, et al. In vitro comparison of three caries diagnosis techniques. 46th ORCA Congress 1999;Abst. 51:298.
3. Ando Y. Bacterial effect of Erbium YAG laser on periodontopathic bacteria. *Laser Surg Med* 1996;19:190-200.
4. Aoki A, Ishikawa A, Yamada I, Otsuki M, et al. Comparison between Er:YAG laser and conventional technique for root caries treatment in vitro. *J Dent Res* 1998;77:1404-1414.
5. Ask C. Is the KaVo DIAGNOdent a reliable way to show the presence of occlusal caries, and should I buy it? *Dental Economics* 2001;9:52.
6. Asmussen E. Adhesion of restorative resins to dentin: chemical and physico-chemical aspects. *Operat Dent* 1992;Suppl.5:68-74.
7. Attanasio T. Odontoiatria estetica: una ricostruzione personalizzata. *Pratica odontoiatrica* 1993;3:20-6.
8. Attanasio T. Restauri estetici e stress occlusale. *Dental Cadmos* 1991;9:62-7.
9. Attanasio T. Odontoiatria adesiva laser-assistita: casi clinici. *Dental Cadmos* 2006;6:25-33.
10. Attanasio T, Maggioni M, Scarpelli F, Grandini S. Odontoiatria conservatrice microinvasiva laser-assistita: soluzioni cliniche per casi complessi. *Doctor Os* 2006;5:467-73.
11. Attanasio T, Maggioni M, Scarpelli F, Grandini S, Lombroni L. Utilizzo del laser a bassa intensità «Flash Lase III» in odontoiatria. *Doctor Laser* 2007;2:17-23.
12. Attrill DC, Ashley PF. Occlusal caries detection in primary teeth: a comparison of DIAGNOdent with conventional methods. *Brit Dent J* 2001(190);8:440-443.
13. Bach G, Neckel C. A 5-year comparative study on conventional and laser assisted therapy pre-implantitis and periodontitis. *Proc SPIE* 2000;3910:12-17.
14. Barr M. Technology: to buy or not to buy? *DentalTown Magazine* 2001;2:26.
15. Beck JD. Methods of assessing risk for periodontitis and developing multifactorial models. *J Periodontol* 1994;65(5 suppl.):468-78.
16. Benedicenti A. Atlante di Laserterapia, lo stato dell'arte. Villa Carcina (BS): Teamwork Media, 2005.
17. Bergström J, Preber H. Tobacco use as risk factor. *J Periodontol* 1994;65:545-50.
18. Bingol U, Altan L, Yurtkuran M. Low-power treatment for shoulder pain. *Photomed Laser Surg* 2005 Ott;23(5):459-63.

19. Bjordal JM, Couppe C, Chow RT, Ljunggren EA. A systematic review of LLLT with location-specific doses for pain from joint disorders. *Aust Physiother* 2003;49(2):107-16.
20. Blay A, Blay CC, Groth EB et al. Effects of visible NIR low intensity laser on implant osseointegration in vivo. *Laser Med Surg* 2002;11(Abtract issue).
21. Cadenaro M, Di Lemada R. Sbiancamento vitale combinato: effetti sullo smalto. *Dent Mod* 1998;3:41-9.
22. Ciais G, Namer M, Schneider M, Demard F, Pourreau-Schneider N, Martin PM et al. La laserthérapie dans la prévention et le traitement des mucites liées à la chimiothérapie anticancéreuse. *Bull Cancer* 1992;79:183-91.
23. Conrads G et al. Simultaneous detection of *Bacteroides forsythus* and *Prevotella intermedia* by 16S rRNA gene-directed multiplex PCR. *J Clin Microbiol* 1999;37(5):1621-24.
24. Cooper M. Dental detectives. Looking for clues in the constant battle against caries? *RDH Magazine* 2000;11:50-4.
25. Corvino E, et al. I fattori di virulenza dei patogeni parodontali: *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*. *G It Microbiol Med Odont Clin* 2002;6(1):40-9.
26. Croll TP. Enamel microabrasion observation after 10 years. *J Am Dent Ass* 1997;128:45s-50s.
27. Croll TP. Caries detection using laser fluorescence. *Compendium* 2001;22(10):838-44.
28. Dallari A, Rovatti L. *Odontoiatria conservatrice*. Bologna: Martina Editore, 2000.
29. Dickison MR, Charlton A, King TA et al. Studies of Er-YAG laser interactions with soft tissue. *Laser Med Sci* 1991;6:125-131.
30. Dostalova T. Dentin and pulp response to Erbium:YAG laser ablation. *J Clin Laser Med Surg* 1997;15:117-21.
31. Ebersole JL, Taubman MA. Immunology of periodontal diseases. *Periodontology* 2000 1994;5:112-41.
32. Ehmke B et al. Clonal infection with *Actinobacillus actinomycetemcomitans* following periodontal therapy. *J Dent Res* 1999;78(9):1518-24.
33. Francescut P, Lussi A. Performance of conventional and new methods for the detection of occlusal caries on deciduous teeth. 46th ORCA Congress 1999;Abst 49:297.
34. Franchi GF. Biostimolazione dei tessuti del distretto facciale: meccanismi biologici e principi generali con laser a bassa intensità. *Comunicazione orale*. Congresso Internazionale. Patologie orali, biostimolazione e terapie laser-assistite. Bergamo 25-26 novembre 2005.
35. Freitas AC, Pinheiro AL, Miranda P, Thiers FA, Vieira AL. Assessment of anti-inflammatory effect of 830nm laser light using C-reactive protein levels. *Braz Dent J* 2001;12(3):187-90.
36. Frenzen M. *Preparazione dei tessuti dentali con il laser*. Milano: Masson editore, 1994.
37. Friedman RB et al. Periodontal status of HIV-seropositive and AIDS patients. *J Periodontology* 1992;62:623-27.
38. Genco RJ et al. Use and interpretation of microbiological assays in periodontal diseases. *Oral Microbiol Immunol* 1986;1:73-79.
39. Genovese WJ. *Laser de baixa intensidade aplicacoes terapeuticas en odontologia*. Lovise 2000
40. Glockner K. Intrapulpal temperature during preparation with the Er:YAG laser compared to the conventional burr: an in vitro study. *J Clin Laser Med Surg* 1998 Jun;16(3):153-7.
41. Griffen AL et al. *Porphyromonas gingivalis* strain variability and periodontitis. *J Clin Microbiol* 1999;37(12):4028-33.
42. Harper-Owen R et al. Detection of incurable bacteria in periodontal health and disease by PCR. *J Clin Microbiol* 1999;37(5):1469-73.
43. Hartlieb D. *KaVo DIAGNOdent: detect the invisible*. Dental products report. *Technique Supplement* 2000;8:15.
44. Hartlieb D. Confirming presence of decay using the DIAGNOdent chairside laser fluorescence caries-detection aid. *Dental products report* 2000;10:104-5.
45. Haywood VB. Bleaching of vital and non-vital teeth. *Curr Opin Dent* 1992;2:142-9.
46. Haywood VB. Bleaching of vital teeth: current concepts. *Quint Int* 1997;28:424-5.
47. Hedge T. *KaVo DIAGNOdent*. The Richards Report 2000;9:13-16.
48. Hempen H. *Atlante di agopuntura*. Hoepli editore 1997 (ristampa 2006) Milano
49. Hibst R, Paulus R. Caries detection by red excited fluorescence: investigations on fluorophores. *Caries Res* 1999;33:295(Abst. 43).
50. Hibst R, Gall R. Development of a diode laser-based fluorescence detector. *Caries Res* 1998;32:294(Abst. 80).
51. Hoke JA. Erbium:YAG (2.94 mm) laser effects on dental tissues. *J Laser App* 1990 Summer Fall;2(3/4):61-5.
52. Iaria G, Frati A. *Il laser in odontoiatria e chirurgia orale*. Milano: UTET Periodici, 2001.
53. Karu T. *The science of low power laser therapy*. Amsterdam: Gordon & Preach Science Publishers, 1998.
54. Khadra M. The effect of low level laser irradiation on implant-tissue interaction. In vivo and in vitro studies. *Swed Dent J* 2005;172(Suppl.):1-63.
55. Kidd EAM. *Diagnosis of secondary caries*. UM Library.
56. Kidd EAM, Joyston-Beckal S., Beighton D. Marginal ditching and staining as a predictor of secondary caries around amalgam restorations: a clinical and microbiological study. *J Dent Res* 1995;74:1206-11.
57. Kidd EAM, Beighton D. Prediction of secondary caries around tooth-coloured restorations: a clinical and microbiological study. *J Dent Res* 1996;75:1942-6.
58. Klimm W et al. Comparison of three non-invasive methods for early occlusal caries assessment in vitro. 46th ORCA Congress 1999;(Abst. 48):297.
59. Konig K, Fleming G, Hibst R. Laser-induced autofluorescence spectroscopy of dental caries. *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)* 1998 Dec;44(8):1293-300.
60. Kordic A et al. Reliability of non-invasive detection of fissure caries in vitro. *J Dent Res* 2000;79(IADR Abstr. 429):197.
61. Kreisler MB, Christoffers A, Haj HA, Willershausen B, D'Hoedt B. Low-level 809 nm diode laser-induced in vitro stimulation of the proliferation of human gingival fibroblasts. *Lasers Surg Med* 2002(30);5:365-69.
62. Kreisler MB, Haj HA, Noroozi N, Willershausen B. Efficacy of low-level laser therapy in reducing postoperative pain after endodontic surgery. A randomized double blind clinical study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2004 Jan;33(1):38-41.
63. Kucerova H, Dostalova T, Himmlova L, Bartova J, Mazanek J. Low-level laser therapy after molar extraction. *J Clin Laser Med Surg* 2000 Dec;18(6):309-15.
64. Lagan KM, Clements BA, McDonough S, Baxter GD. Low intensity laser therapy (830 nm) in the management of minor post-surgical wounds: a controlled clinical study. *Lasers Surg Med* 2001;28 (1):27-32.
65. Lanza U. *Laser Agopuntura e metodi complementari*. Studio editoriale espansione 1985 Luserna S.G. (Torino)
66. Leung KP, Fukushima H, Nesbitt WE, Clark WB. *Prevotella intermedia* fimbriae mediate hemmagglutination. *Oral Microbiol Immunol* 1996;11(1):42-50.
67. Levato C. The caries detection evolution. *Dental Practice Report* 2000;11:65-7.
68. Gerhard Litscher, Lu Wang, Detlef Schikora, Dagmar Rachbauer, Gerhard Schwarz, Andreas Schr, Stefan Ropele, Evamaria Huber. *Biological Effects Of Painless Laser Needle Acupuncture Med. Acupuncture Jour. Phys. Phys.* 2004; 16, 1: 25-29.
69. Longbottom C, et al. Histological validation of in vivo measurements using the DIAGNOdent device: a three-center study. 46th ORCA Congress 1999;(Abst.58):300.
70. Lussi A et al. Performance and reproducibility of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries in vitro. *Caries Res* 1999;33:261-66.
71. Lussi A et al. Performance of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries. 45th ORCA Congress 1998;(Abst. 87):297.
72. Lussi A et al. Reproducibility of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries. 45th ORCA Congress 1998;(Abst. 88):297.
73. Lussi A et al. Clinical performance of the laser fluorescence system DIAGNOdent for detection of occlusal caries. 46th ORCA Congress 1999;(Abst. 55):299.
74. Lussi A, Hibst R. Methods for occlusal caries detection used in daily practice. *Proceedings of the 4th Annual Indiana Conference* 1999:57-73.
75. Lussi A. Clinical performance of the laser fluorescence system DIAGNOdent for detection of occlusal caries. *Acta Med Dent Helv* 2000;2(5):15-19.
76. Machtei EE, Christerson LA, Grossi SG, et al. Clinical criteria for the definition of establish periodontitis. *J Periodontol* 1992;63:207-15.
77. Manzon L, Rinaldi G, Di Giorgio R, Guerra F. Modificazioni dello smalto indotte da mordenzatura. *Dental Cadmos* 2003;1:43-8.
78. Marshall MV, Cancro LP, Fischmann SL. Hydrogen peroxide a review of its use in dentistry. *J Parodontol* 1995;66:786-96.

79. Martelli F, De Leo A, Zinno S. *Laser in odontostomatologia: applicazioni cliniche*. Milano: Masson editore, 2000.
80. McEvoy SA. Combining chemical agents and techniques to remove intrinsic stains from vital teeth. *Gen Dent* 1998;46:168-72.
81. Mehl A, Folwaczny M, Haffner C, Hickel R. Bactericidal effects of 2,940 nm Er:YAG laser radiation in dental root canals. *A A Endod* 1999 Jul 25(7):490-3.
82. Meiers JC, Wirthlin AR, Shklair IL. A microbiological analysis of human early carious and non carious fissures. *J Dent Res* 1982;61:460-4.
83. Moritz A, Gutknecht N, Doertbudak O et al. Bacterial reduction in periodontal pockets through irradiation with a diode laser. *J Clin Laser Med Surg* 1997;15(1):33-37.
84. Nakagawa I et al. Distribution and molecular characterization of *Porphyromonas gingivalis* from a gene. *J Clin Microbiol* 2000;38(5):1909-14.
85. Nathanson D. Vital tooth bleaching: sensitivity and pulpal considerations. *J Am Dent Ass* 1997;128: Suppl:415-445.
86. Nathoo SA. The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration. *J Am Dent Assoc* 1997;128:6s-10s.
87. Orban B. *Parodontologia*. Bologna: Edizioni Odontostomatologiche Internazionali, 1977.
88. Page R et al. Pre-puberal periodontitis. 1. Definition of a clinical disease entity. *J Periodontol* 1983;54:257-71.
89. Pelagalli J. Investigational study of the use of Er:YAG laser versus dental drill for caries removal and cavity preparation. *J Clin Laser Med Surg* 1997;15:109-15.
90. Pereira AN, Eduardo CP, Matson E, Marques MM. Effect of low-power irradiation on cell growth and procollagen synthesis of cultured fibroblasts. *Lasers Surg Med* 2002;31(4):263-7.
91. Pitts N. Need for early caries detection, caries risk and detection methods. Indiana Conference, 1999.
92. Pratesi R, Pardini C. *Laser di potenza: applicazioni mediche*. Monografie scientifiche serie Matematica-Fisica. Roma: Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1989.
93. Rees TD, Orth CF. Oral ulcerations with use of hydrogen peroxide. *J Parodont* 1986;57:689-92.
94. Reich E et al. Clinical validation of a laser caries diagnosis system. 45th ORCA Congress 1998;(Abst. 89):297.
95. Reich E et al. Clinical caries diagnosis compared to DIAGNOdent evaluation. 46th ORCA Congress 1999;(Abst. 54):299.
96. Rezwani-Kaminski T, Gaengler P, Kamann W. et al. Secondary caries susceptibility of teeth with long term performing composite restorations. *Conseuro* 2000.
97. Rizioiu IM, Eversole LR, Kimmel AL. Effects of an erbium, chromium: yttrium, scandium, gallium, garnet laser on muco-cutaneous soft tissue. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996;82:386-95.
98. Rizioiu IM. Pulpal thermal responses to an erbium, chromium:YSGG pulsed laser hydrokinetic system. *Oral Surg* 1998 Aug;86(2):220-23.
99. Rodenburg JP, van Winkelhoff AJ, Winkel EG et al. Occurrence of *Bacteroides gingivalis*, *Bacteroides intermedius* and *Actinobacillus actinomycetemcomitans* in severe periodontitis in relation to age and treatment history. *J Clin Periodontol* 1990;17(6):392-99.
100. Rosenthaler H, Randel H. Rotary reduction, enamel microabrasion and dental bleaching for tooth colour improvement. *Comp Contin Educ Dent* 1998;19:62-7.
101. Ross G. Caries diagnosis with the DIAGNOdent laser: a user's product evaluation. *Ontario Dent* 1999;3:21-4.
102. Ross G. DIAGNOdent in pit and fissure caries diagnosis: clinical guidelines. *Oral Health* 2000;3:29-30.
103. Savitt ED et al. Comparison of cultural methods and DNA probe analysis of *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *Bacteroides gingivalis* and *Bacteroides intermedius* in subgingival plaque samples. *J Periodontol* 1988;59:431-38.
104. Saxen L. Heredity of juvenile periodontitis. *J Clin Periodontol* 1980;7:277-6-88.
105. Schenkein HA, Van Dyke T. Early onset periodontitis: Systemic aspects of etiology and pathogenesis. *Periodontology* 2000 1994;6:7-25.
106. Sheibenbogen, Manhart, Kunzelmann et al. One year clinical evaluation of composite fillings and inlays in posterior teeth. *Clin Oral Invest* 1997;1(2):65-70.
107. Shi XQ et al. Occlusal caries detection with KaVo DIAGNOdent and radiographic examination: an in vitro comparison. 46th ORCA Congress 1999;(Abst. 50):297-8.
108. Shuman I. Quantifiable caries detection, minimally invasive tooth preparation, and aesthetic restorations. *Contem Aesthet Rest Pract* 2000 Nov-Dec;4:44-48.
109. Siedentopf CM et al. Laser acupuncture induced specific cerebral cortical and subcortical activations in humans. *Laser in medical science* 2005; 20: 68-73.
110. Simonovic Z. et al. Lasers in medicine and dentistry. *European medical laser association* 2000 (Locarno).
111. Slots J. Subgingival microflora and periodontal disease. *J Clin Period* 1979;7:351-82.
112. Slots J et al. The occurrence of *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *Bacteroides gingivalis* and *bacteroides intermedius* in destructive periodontal disease in adults. *J Clin Periodontol* 1986;13:570-7.
113. Slots J, Listgarten MA. *Bacteroides gingivalis*, *Bacteroides intermedius* and *Actinobacillus actinomycetemcomitans* in human periodontal diseases. *J Periodontol* 1988;15:85-93.
114. Socransky SS, Haffajee, AD. *Periodontitis*. St. Louis: CV Mosby, 1988.
115. Socransky SS, Haffajee AD. The bacterial etiology of destructive periodontal disease. *Current Conc J Period* 1992;63:322-31.
116. Sonoda H et al. Accuracy of a laser fluorescence system for dental caries diagnosis. *J Dent Res* 2000;79(IADR Abstr.432):197-***.
117. Sultanov DJ. Diagnosis and treatment of dental caries: a microdentistry approach. *Dentistry Today Magazine* 2001;20(7):66-68.
118. Summit JB et al. Accuracy of various diagnostic methods in detecting fissure caries lesions: a pilot study. *J Dent Res* 2000;79(IADR Abstr. 433):198-***.
119. Suzuki A et al. Study on efficacy of laser caries diagnosis. *J Dent Res* 2000;79(IADR Abstr. 435):198-***.
120. Swick M. How to profit from lasers... all aboard the laser train! *Dent Econom* 2000;7:86-90.
121. Takamatsu N et al. Effect of initial periodontal therapy on the frequency of detecting *Bacteroides forsythus*, *Porphyromonas gingivalis* and *Actinobacillus actinomycetemcomitans*. *J Periodontol* 1999;70(6):688-91.
122. Takamori K et al. Study of laser system for dental caries diagnosis. *J Dent Res* 2000;79(IADR Abstr. 431):197-***.
123. Tanner ACR, Maiden MFJ, Zambon JJ et al. Rapid chair-side DNA probe assay of *Bacteroides forsythus* and *Porphyromonas gingivalis*. *J Period Res* 1998;33:105-17.
124. Tokonabe H. Morphological changes of human teeth with Er:YAG laser irradiation. *J Clin Laser Med Surg* 1999;17:7-12.
125. Tonioli MB et al. Laser fluorescence detection of occlusal caries. *J Dent Res* 2000;79 (IADR Abstr. 3317):558-****.
126. Tonioli MB et al. Laser fluorescence detection of smooth surface lesions in enamel. *J Dent Res* 2000;79 (IADR Abstr. 3318):558-****.
127. Tran SD, Rudney JD. Improved multiplex PCR using conserved and species-specific 16S rRNA gene primers for simultaneous detection of *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *Bacteroides forsythus*, *Porphyromonas gingivalis*. *J Clin Microbiol* 1999;37(11):3504-08.
128. Tunér J., Grängesberg, Sweden, Low level lasers in dentistry. www.laser.nu.
129. Tunér J, Hode L. *Laser therapy. Clinical practice and scientific background*. Grangesberg (Svezia): Prima Books AB, 2002.
130. Vargas JT, Low level laser acupuncture. *Medical Acupuncture Jour. Phys. Phys.* 2005; 16, 2: 38-41.
131. Zappalà C, Caprioglio D. *Discromie dentarie. Sistemi di sbiancamento alla poltrona e domiciliari*. Dental Cadmos 1993;15:13-43.
132. Weber MH. *Basic principles and clinical application of laserneedle acupuncture and intravascular laser blood irradiation* Weber Medical (www.Webermedical.com, www.egla.de).
133. Whittaker P. *Laser acupuncture: past, present and future*. *Laser in medical science* 2004; 19: 69-80

Questionario di valutazione apprendimento ECM

Scegliere una sola risposta esatta per ogni domanda. Per il superamento del test di valutazione apprendimento è necessario rispondere correttamente al 70% delle domande proposte (7 su 10 per gli undici questionari proposti)

- 1** Gli effetti biologici della radiazione laser sono essenzialmente dovuti a fenomeni di:
- a – rifrazione
 - b – trasmissione
 - c – diffusione
 - d – assorbimento
 - e – riflessione
- 2** In endodonzia il laser è utile per:
- a – la sagomatura dei canali
 - b – la decontaminazione
 - c – la sterilizzazione
 - d – la vetrificazione
 - e – il sigillo apicale
- 3** La diagnosi delle carie con luce laser sfrutta il fenomeno della:
- a – fosforescenza
 - b – riflessione
 - c – fluorescenza
 - d – diffusione
 - e – trasmissione
- 4** Il laser più utilizzato in odontoiatria conservatrice è:
- a – erbio
 - b – neodimio
 - c – anidride carbonica
 - d – KTP
 - e – diodo
- 5** Caratteristica comune ai diversi tipi di laser è:
- a – la capacità coagulante
 - b – la possibilità di utilizzo sui tessuti duri
 - c – l'assenza di carbonizzazione
 - d – la capacità decontaminante
 - e – l'assenza di calore
- 6** Nel trattamento delle periimplantiti potremo utilizzare efficacemente un laser:
- a – anidride carbonica
 - b – diodo
 - c – neodimio
 - d – alessandrite
 - e – eccimeri
- 7** Impulsi laser della durata di pico o femtosecondi avranno prevalenti effetti:
- a – termici
 - b – biostimolanti
 - c – fotomeccanici
 - d – coagulanti
 - e – analgesici
- 8** Nella laser agopuntura vengono generalmente utilizzate lunghezze d'onda:
- a – nell'ultravioletto
 - b – da 1000 a 3000nm
 - c – da 3000 nm in su
 - d – da 635 a 1000 nm
 - e – da 400 a 635 nm
- 9** Nello sbiancamento professionale laser-assistito:
- a – è indispensabile utilizzare il perossido addizionato con un cromoforo blu
 - b – possono essere adoperati indifferentemente prodotti sbiancanti addizionati con cromoforo rosso o blu
 - c – se si adoperava un laser a diodi di 810 nm va adoperato un prodotto addizionato di cromoforo blu
 - d – se si adoperava un laser a infrarosso va adoperato un cromoforo rosso
 - e – il cromoforo non è rilevante
- 10** Nella biostimolazione di lesioni superficiali in genere:
- a – è preferibile utilizzare lunghezze d'onda localizzate nell'infrarosso
 - b – si può utilizzare solo la lunghezza d'onda di 904 nm
 - c – le lunghezze d'onda più efficaci sono quelle localizzate nel rosso
 - d – le lesioni superficiali non rispondono alla fotobiomodulazione
 - e – sono necessarie levate potenze di picco