



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in IGIENE DENTALE

Tesi di Laurea:

**REVISIONE DELLA LETTERATURA
SULL'UTILIZZO
DEL LASER IN TERAPIA PERIMPLANTARE NON
CHIRURGICA**

Relatore:
Chiar.ma Prof.ssa Scilla Sparabombe

Candidato:
Martina Grassetti

Anno Accademico 2020-2021

INDICE

INTRODUZIONE	5
1. IL LASER	7
1.1 Cenni storici sullo sviluppo del Laser.....	7
1.2 Struttura di un Laser.....	9
1.2.1 Fibre ottiche.....	9
1.3 Fisica.....	10
1.3.1 Principio di funzionamento.....	10
1.3.2 Modalità di emissioni.....	11
1.4 Interazione Laser-tessuti.....	12
1.5 Tipi di laser.....	14
1.5.1 Laser a stato solido.....	15
1.5.1.1 Nd:YAG.....	15
1.5.1.2 ErCr:YSGG ed Er:YAG.....	16
1.5.2 Laser a stato gassoso.....	16
1.5.2.1 A gas CO ₂	16
1.5.3 Laser a semiconduttore.....	17
1.5.3.1 Laser a diodi.....	17
2. EFFETTO BATTERICIDA DEL LASER SU IMPIANTI	19
2.1 Attività antimicrobica del laser.....	19
2.2 Il laser su impianti.....	20
2.3 Modalità di utilizzato.....	21
2.3.1 Terapia fotodinamica.....	21
2.3.1.1 Meccanica d'azione.....	21
2.3.2 Low-Level Laser Therapy.....	22
2.3.2.1 Meccanica d'azione.....	22

3. UTILIZZO DEL LASER PER IL TRATTAMENTO DELLE MALATTIE PERIMPLANTARI	24
3.1 L'impianto dentale.....	24
3.1.1 Osteointegrazione.....	24
3.2 Malattie perimplantari.....	26
3.2.1 Mucosite perimplantare.....	27
3.2.2 Perimplantite.....	27
3.3 Trattamento laser su tessuti affetti da malattia perimplantare.....	27
4. TERAPIA NON CHIRURGICA DELLE MALATTIE PERIMPLANTARI	30
4.1 Trattamenti terapeutici.....	30
4.1.1 Ultrasuono.....	30
4.1.2 Curette.....	31
4.1.3 Air-perio flow.....	31
4.1.4 Laser.....	32
4.1.5 Antibiotici.....	33
4.2 Confronto laser e altre metodiche.....	33
4.2.1 Laser e strumentazione manuale.....	33
4.2.2 Laser e air-perio flow.....	34
4.2.3 Laser e antibiotici.....	34
CONCLUSIONI	36
BIBLIOGRAFIA	38

INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni in campo odontoiatrico, specificamente nella riabilitazione orale, sempre più frequentemente si sceglie l'impianto dentale come risolutore di deficit masticatori e/o estetici, in bocche edentule. Tale necessità deriva da una sempre più comune perdita di denti, per carie o per malattia parodontale, dovuta ad una mancanza da parte del paziente di un buon mantenimento dei tessuti duri e molli. L'igiene domiciliare quotidiana e il controllo, a scadenze prestabilite con la figura dell'igienista dentale, attraverso appuntamenti di igiene professionale sono una condizione necessaria per la preservazione dei tessuti perimplantari.

L'introduzione, già dai primi anni '70 dell'impianto, oltre a ridare al paziente una bocca riabilitata, ha portato alla formazione di nuove malattie dovute sempre alla mancata accuratezza nell'igiene da parte del paziente. La presenza dell'impianto implica modificazioni sia a livello strutturale, quindi dei tessuti, sia a livello del rapporto batteri-tessuti. L'impianto va a sostituire la radice ormai persa, ma non ha la capacità di ristabilire le strutture parodontali precedentemente presenti. La sua struttura e la conformazione tissutale attorno ad esso comporta un più facile attacco da parte dei batteri patogeni, i quali se non eliminati possono provocare danni fino ad arrivare a perdita dell'impianto. Le malattie relative alle strutture implantari possono essere articolate in due forme differenti a seconda della presenza o meno di riassorbimento osseo: mucositi perimplantari e perimplantiti.

Conseguentemente alla formazione di tali quadri patologici relativi alla struttura implantare, la ricerca in campo odontoiatrico si è attivata al fine di definire un corretto piano di trattamento per queste condizioni. Nonostante ciò, tutt'oggi non esistono protocolli standardizzati nella risoluzione delle malattie perimplantari ma, dai dati che possiamo trarre dalla letteratura la risoluzione di tali condizioni è più facilmente raggiungibile attraverso la combinazione di più approcci (meccanici e antimicrobici).

A tal proposito l'uso del Laser, strumento ormai affermato in campo odontoiatrico, risulta essere un possibile coadiuvante nella risoluzione delle malattie perimplantari. Le sue capacità antimicrobiche e, per alcune tipologie, ablativo lo rendono uno strumento

efficiente per il controllo dell'infezione. Utilizzato assieme alla terapia meccanica può essere un efficace trattamento nella risoluzione di tali condizioni.

La ricerca è comunque in continuo aggiornamento per fornire delle maggiori informazioni nell'uso di tali strumenti e definire dei corretti protocolli di utilizzo tutt'ora non presenti.

CAPITOLO 1

1. IL LASER

La tecnologia Laser è ormai comunemente utilizzata nei vari settori medici. Anche in campo odontoiatrico, sempre più spesso, risulta essere una valida risorsa al fine di sopperire le varie problematiche ed esigenze che possono affliggere il cavo orale. Tale successo è da attribuire alle sue peculiarità e ai meccanismi d'azione e interazione con i tessuti biologici.

1.1 Cenni storici sullo sviluppo del laser

Il principio di funzionamento del Laser si basa su principi stipulati già nei primi anni del '900 (*Riversa et al., 2020, p.41*). A mettere le fondamenta per quella che sarà la teoria su cui si baserà la realizzazione del primo Laser furono due importanti fisici: da un lato il tedesco Plank (1901), che con i suoi studi sulla teoria quantistica, definì che l'assorbimento e l'emissione di energia avvengono per valori discreti, finiti, indivisibili, detti quanti (*Riversa et al., 2020, p.41*); dall'altro il danese Bohr (1913) il quale descrisse il modello atomico coerente con la teoria quantistica. Il fisico affermò che un atomo risulta costituito da un nucleo attorno al quale ruota un certo numero di elettroni che occupano orbite ben definite in funzione del livello energetico dell'atomo stesso (*Angiero et al., 2010, p.112*). Infine, anche Einstein (1917) nel suo "Zur Quantum Theorie Der Strahlung" diede il suo contributo con la teorizzazione dell'emissione stimolata della luce, cioè un fenomeno quantistico per il quale la radiazione elettromagnetica, oltre che eccitare un sistema, può anche stimolarne la diseccitazione (*Riversa et al., 2020, p.41*).

La creazione del Laser fu preceduta di qualche anno (1954) da quella di un altro strumento, il MASER (*Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*), ad ammoniaca, considerato precursore del Laser in quanto il suo funzionamento si basa sull'emissione di microonde anziché luce, ideato e costruito da Townes *et al.* (*Angiero et al., 2010, p.112*).

È nel 1960, grazie a Maiman che si ebbe la realizzazione del primo prototipo di apparecchiatura Laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) utilizzando come mezzo attivo una barretta di rubino (*Merigo et al., 2016, p.658*).

Da questo momento in poi lo studio sui Laser subì una repentina accelerazione per il forte interesse suscitato in ambito militare e nelle telecomunicazioni. Le prime applicazioni del Laser in ambito odontoiatrico si hanno nei primi anni '60 con l'utilizzo di Laser a rubino che però produceva dannosi effetti termici. A quell'epoca ancora non si avevano valide conoscenze sui target d'azione e sulle curve di assorbimento delle varie lunghezze d'onda. Si è quindi reputato necessario continuare nella ricerca di parametri adatti a far sì che tali strumenti potessero esprimere nel migliore dei modi le loro capacità. Svariati furono gli studi che si susseguirono al fine di soddisfare tali esigenze. In primis si cercò la soluzione nello strumento Laser a CO₂ il quale risultava avere un riscontro positivo nel trattamento delle superfici dentali e nelle procedure di sigillatura. Negli anni '80 si riuscì a certificare l'efficacia emostatica di tale strumento nelle procedure chirurgiche.

Importanti furono anche gli studi di Yamamoto sui primi laser YAG. In modo particolare, tali studi misero in risalto le capacità del Nd:YAG di inibire lo sviluppo della lesione cariosa sia in vitro che in vivo, tanto da divenire il Laser più riconosciuto in campo odontoiatrico.

Per quanto concerne l'introduzione della tecnologia laser in chirurgia orale dei tessuti molli essa si deve alla collaborazione tra chirurghi orali, maxillofacciali e otorinolaringoiatri.

Importante svolta si ebbe nel 1987 quando la FDA (*Food and Drug Administration*) diede per la prima volta l'autorizzazione all'uso di una tecnologia laser in chirurgia orale.

Lo sviluppo dei laser Er:YAG alla fine degli anni '80 portò ad un'importante svolta grazie alla loro affinità elettiva con l'acqua, la quale permetteva un'enorme capacità di utilizzo in ambito odontoiatrico e dermatologico (*Riversa et al., 2020, p.42*).

Negli anni 2000 vi è stato un ampio sviluppo dei Laser a semiconduttori, ora largamente diffusi sul mercato per la loro compattezza, maneggevolezza e versatilità di utilizzo.

Negli ultimi anni si è assistito a una continua evoluzione della tecnologia laser, soprattutto nella gestione mediante software, nella durata degli impulsi e nella forma e lunghezza dell'onda (*Riversa et al., 2020, p.42*).

Nel prossimo futuro si assisterà certamente a un ulteriore sviluppo tecnologico che aprirà le porte a nuove frontiere di utilizzo in ambito multidisciplinare (Riversa et al., 2020, p.42).

1.2 Struttura di un laser

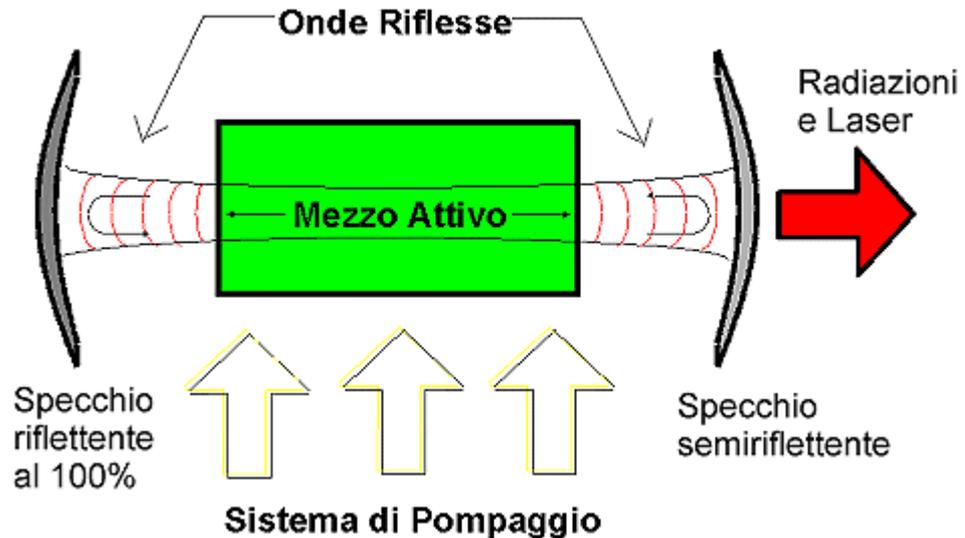


Figura 1: Struttura del laser: mezzo attivo, cavità ottica e sistema di pompaggio.

Una sorgente laser è costituita da tre elementi fondamentali (Fig.1) ovvero un mezzo attivo, una cavità ottica e un sistema di pompaggio (Merigo et al., 2016, p.658).

I. Mezzo attivo

Consiste in una serie di atomi o molecole che, se eccitati, danno luogo al fenomeno dell'inversione di popolazione e quindi a un'emissione stimolata. Il mezzo attivo può essere solido (Er:YAG, ErCr:YSGG, Nd:YAG), liquido, gassoso (CO₂) o semiconduttore (Diodo) ed è l'elemento determinante la lunghezza d'onda del laser (Merigo et al., 2016, p.658).

II. Cavità ottica

Costituito da due specchi parabolici, uno a riflessione totale e uno parziale (95%), disposti in modo tale da riflettere più volte i fotoni emessi per emissione stimolata all'interno del mezzo attivo, in modo che a loro volta

producano nuovi eventi di emissione (*Merigo et al., 2016, p.658*). In tal modo il fascio laser diventa via via più intenso realizzando la cosiddetta amplificazione. Gli specchi formano, quindi, una cavità ottica confinando gran parte del campo elettromagnetico all'interno del dispositivo. Si viene così a realizzare un feedback ottico, ovvero i fotoni che prima costituivano l'output amplificato costituiscono a loro volta l'input per un'ulteriore amplificazione (*Bellini, Manuzio, 2010, p.687*).

III. Sistema di pompaggio

È la sorgente energetica e ha il compito di eccitare gli atomi del mezzo attivo, aumentandone il livello di energia, stimolandoli, fino a creare un sistema metastabile per il verificarsi dell'inversione di popolazione. Distinguiamo tre tipi di sistema di pompaggio: ottico, elettrico o chimico (*Bellini, Manuzio, 2010, p.687*).

1.2.1 Fibre ottiche

Per quanto concerne la struttura esterna del Laser importante è citare il sistema di fibre ottiche, in quanto identifica quella porzione del laser che permette di concentrare il raggio del laser su un preciso bersaglio senza danneggiare i tessuti circostanti. Hanno, quindi, lo scopo di trasportare la radiazione dall'apparecchiatura Laser fino al punto di utilizzo garantendo la minima dissipazione. Esse devono presentarsi con materiali altamente trasparenti alla radiazione come vetri e silice, al fine di evitare modificazioni del fascio laser. Essendo però elementi molto fragili, vengono avvolti in guaine per garantirne la protezione meccanica e rendere, anche, una miglior conducibilità (*Riversa et al., 2020, p.51*).

1.3 Fisica

1.3.1 Principio di funzionamento

Il Laser si basa sulla produzione di un fascio collimato di fotoni, omogeneo in lunghezza d'onda e di potenza perfettamente controllabile, generato come amplificazione di un input di fotoni che ne stimolano l'emissione (*Bellini, Manuzio, 2010, p.687*).

Quando un'onda luminosa colpisce un atomo viene assorbita determinando il passaggio di un fotone ad un livello energetico maggiore (stato eccitato). Tale elettrone eccitato

tende a tornare ad uno stato energetico minore, emettendo energia sotto forma di un fotone, parleremo quindi di emissione.

L'emissione si definisce: spontanea se avviene senza correlazione spazio-temporale tra i fotoni emessi (fascio incoerente); stimolata se un fotone con adeguata lunghezza d'onda colpisce l'elettrone eccitato, ne determina il passaggio ad un livello energetico minore, producendo l'emissione di un fotone di lunghezza d'onda pari a quello incidente (fascio coerente).

Inoltre, l'emissione stimolata descritta da Einstein è caratterizzata dalla produzione di due fotoni identici anziché del solo fotone prodotto con l'emissione spontanea (Fig.2).

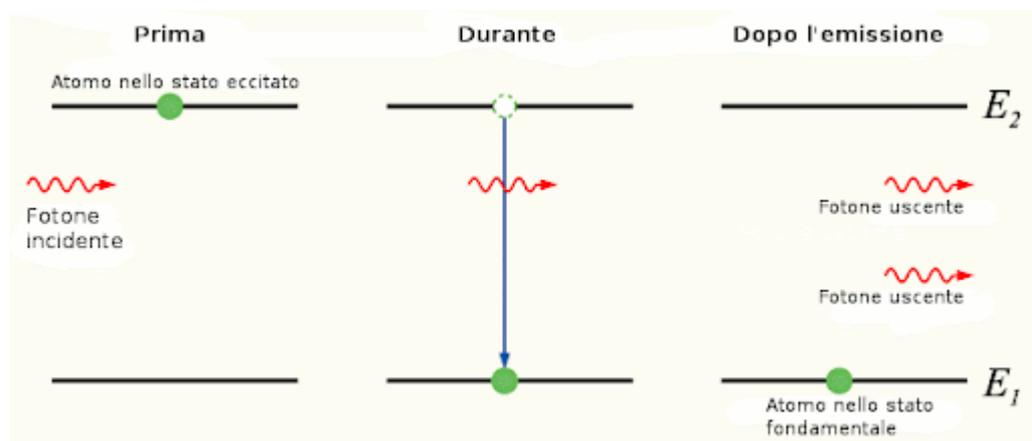


Figura 2 - Schema grafico dell'emissione stimolata. Il fotone incidente, avente energia pari alla differenza tra i due livelli, stimola un atomo di E_2 a lasciare il suo livello per andare in uno più basso emettendo contemporaneamente due fotoni della stessa energia.

Per ottenere una reale amplificazione della luce, il numero di atomi in stato eccitato (N_2) deve essere maggiore del numero di atomi nello stato fondamentale (N_1): solo quando questa *inversione di popolazione* viene realizzata attraverso un sistema di pompaggio, l'emissione stimolata può avvenire con il fenomeno dell'amplificazione (Bellini, Manuzio, 2010, p.687).

1.3.2 Modalità di emissione

La sempre più importante ricerca del trattamento di precisione ha portato ad una progressiva evoluzione del laser con il passaggio da emissioni continue a quelle pulsate, dovuta alla necessità di trasformare i tessuti nella maniera più efficace nel minor tempo

possibile. È perciò preferibile scegliere intervalli di tempo ridotti, con elevate potenze di picco tale da evitarne la compromissione tissutale (o danno termico) (*Riversa et al., 2020, p.45*).

Come accennato, i Laser possono emettere energia in due differenti modalità: continua o pulsata. Nel caso della modalità continua il raggio è emesso senza interruzioni, in modo continuo, mantenendo la potenza a un livello costante cosicché potenza di picco e potenza media coincidano. La modalità pulsata è tale per cui i periodi di emissione della luce Laser sono alternati a periodi di interruzione dell'emissione, cosicché la potenza di picco è sempre maggiore della potenza media e risulta controllabile l'incremento di temperatura del tessuto target. In tale modalità, nel periodo di non emissione, si verifica il cosiddetto fenomeno del rilassamento termico, cioè il tempo che un tessuto impiega a dissipare il 50% del calore assorbito. Il rapporto tra periodo di lavoro e periodo di pausa prende il nome di *duty cycle* (*Merigo et al., 2016, p.661*).

Mentre lunghezze d'onda quali Er:YAG o Nd:YAG possono emettere solamente in modalità pulsata, altre, quali il laser CO₂, possono emettere in entrambe le modalità a discrezione dell'operatore. Erroneamente si utilizza spesso il termine *modalità pulsata* per i laser a diodi: in questo caso la modalità di emissione, più correttamente definita *chopped* o interrotta, è legata all'interruzione di una modalità pulsata tramite appositi dispositivi (dischi o chopper).

Esistono, poi, due ulteriori modalità di emissione: la modalità *Q-switched*, la quale utilizza un dispositivo capace di aprirsi nel momento in cui venga accumulato un altissimo numero di fotoni; e la modalità *locked*, che sfrutta modalità di oscillazioni trasverse nella cavità ottica (*Merigo et al., 2016, p.661*).

1.4 Interazione laser-tessuti

La luce Laser nel momento in cui incontra un oggetto o un tessuto bersaglio va incontro a interazioni di diversa entità:

- I. Riflessione: il raggio viene riflesso dalla superficie raggiunta in modo proporzionale all'angolo di incidenza. L'effetto clinico è spesso irrilevante e in più può rappresentare un pericolo sia per l'operatore che per il paziente. Per questo si necessita di sistemi di protezione visivi, in modo tale da vanificarne la pericolosità (*Claudio et al., 2020, p.11*);

- II. Diffusione: Parte della luce laser assorbita dal tessuto è diffusa in tutte le direzioni, ciò comporta che il passaggio attraverso un tessuto promuove perdita di energia per diffusione di essa stessa. Tale fenomeno svolge un importante ruolo nella distribuzione spaziale dell'energia (*Merigo et al., 2016, p.662*);
- III. Trasmissione: la luce passa attraverso la materia senza interazioni con essa. Ciò potrebbe accadere in quanto il tessuto non contiene il cromoforo adatto. Potrebbe tuttavia essere assorbita dai tessuti sottostanti provocando seri danni (*Claudio et al., 2016, p.11*);
- IV. Assorbimento: È l'effetto predominante. La luce viene catturata dalla materia in modo correlabile alla lunghezza d'onda e al coefficiente di assorbimento del tessuto. Il raggio incidente si propaga attraverso il tessuto e interagisce con atomi e molecole all'interno della sostanza stessa (per assorbimento da parte di cromofori). Determina l'azione di taglio, vaporizzazione o coagulazione a seconda della quantità di energia che colpisce il tessuto (*Merigo et al., 2016, p.662*).

L'interazione delle diverse lunghezze d'onda con i tessuti bersaglio varia dipendentemente dalla natura di questi (mucosa, osso, smalto, dentina), del loro grado di idratazione e di vascolarizzazione, dell'affinità e del coefficiente di assorbimento.

Tra i meccanismi che scaturiscono un'interazione laser-tessuto, di maggiore interesse in ambito odontoiatrico, vi sono gli effetti fototermici e fotochimici:

- I- Effetti fototermici: sono comuni a tutte le lunghezze d'onda, essi si basano sulla conversione della radiazione ottica in energia termica, sono aspecifici e dipendono dall'incremento della temperatura. Hanno la capacità di incidere, vaporizzare, modellare e coagulare, tenendo conto della diffusione che questi effetti hanno nei tessuti in modo dipendente dal tipo di laser e dalle caratteristiche di affinità possedute dalla lunghezza d'onda (*Riversa et al., 2020, p.46*).
- II- Effetti fotochimici: producono fotoattivazione di reazioni biochimiche che hanno luogo nel momento in cui l'energia dei fotoni è superiore all'energia dei legami chimici. Tali effetti consentono applicazioni cliniche quali: la LLLT (Low Level Laser Therapy), in cui l'utilizzo di

Laser a basse potenze è in grado di produrre un'azione biostimolante, antalgica, antinfiammatoria e miorilassante; e la terapia fotodinamica (PDT) per applicazioni antimicrobiche o antitumorali (Merigo et al., 2016, p.662).

1.5 Tipi di laser

I laser in ambito odontoiatrico più utilizzati si trovano nello spettro del visibile e nel medio infrarosso (Fig.3).

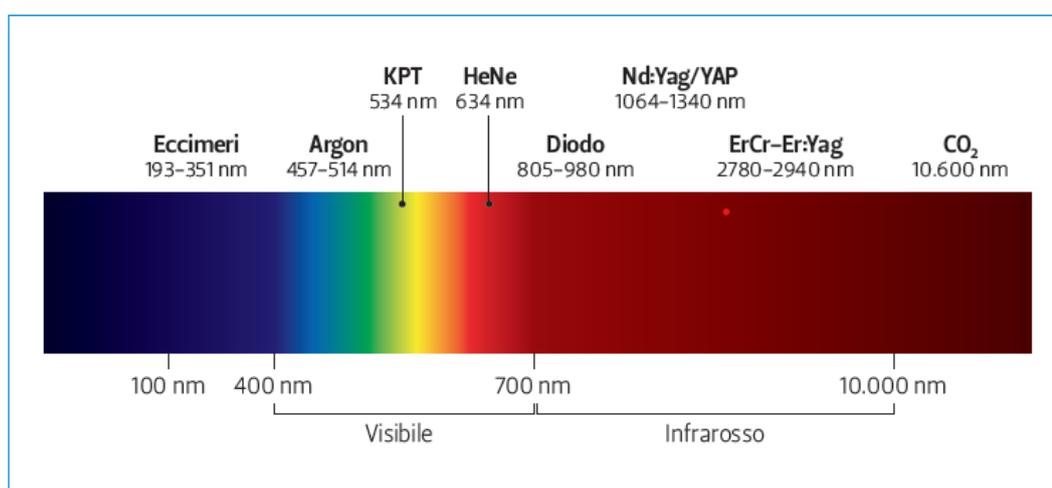


Figura 3 I diversi tipi di laser nello spettro delle radiazioni elettromagnetiche

Lo studio delle curve di assorbimento, in particolar modo i picchi di assorbimento, delle principali lunghezze d'onda laser rispetto ad alcuni componenti organici, permette di comprendere il meccanismo d'azione, la selettività e l'interazione con i diversi tessuti biologici e, di conseguenza, le trasformazioni che questi possono subire (Riversa et al.2020, p.43).

I Laser caratterizzati da una lunghezza d'onda nello spettro del visibile vengono ben assorbiti da cromofori quali emoglobina e melanina, mentre quelli appartenenti alla porzione del medio infrarosso hanno una più spiccata affinità per acqua e idrossiapatite. Per questo i primi vengono prevalentemente usati sui tessuti molli, mentre i secondi trovano impiego sia sui tessuti duri sia sui tessuti molli, si ha però, conseguentemente, un minore effetto emostatico per la mancata affinità all'emoglobina (Merigo et al., 2016, p.662). Esiste però un comun denominatore di tutti i vari tipi di laser, ovvero, la grande

affinità con l'H₂O dovuta all'elevatissimo assorbimento nell'infrarosso, la quale è contenuta in altissime percentuali all'interno dei tessuti umani.

1.5.1 Laser a stato solido

1.5.1.1 Nd:YAG

Si tratta di una tipologia di Laser che sfrutta come mezzo attivo una barretta di granato (silicato) d'ittrio e alluminio drogato al neodimio, con lunghezza d'onda di 1064 nm.

Tale strumento raggiunge il suo massimo risultato se utilizzato in modalità pulsata, con frequenze d'emissione fino a 200 Hz, impiegando per la conduzione fibre ottiche al quarzo di diametri differenti (200-600 μ). È il primo che ha sfruttato le fibre ottiche per veicolare la luce emessa costituendo in tal modo uno strumento chirurgico che svolge contemporaneamente le funzioni di taglio, come il bisturi tradizionale, di controllo dell'emostasi e di decontaminazione dell'area trattata, fenomeni tipici dell'elettrobisturi (*Angiero et al., 2010, p.113*).

È il tipo di Laser più diffuso in campo odontoiatrico e viene adottato in particolar modo nella piccola chirurgia orale, specificatamente usato nella cura delle malattie parodontali, nella terapia endodontica, soprattutto nella desensibilizzazione dei monconi e delle radici esposte.

Il laser quando entra in contatto con il tessuto bersaglio ha una profondità d'azione importante, di circa 4 mm. Di fatti nel suo utilizzo viene richiesta una certa cautela in quanto, se posto in mani inesperte, la sua potenziale pericolosità può vanificarne i grandi benefici. È importante sottolineare però il vantaggio che si può ottenere se si sfrutta la sua capacità di emettere luce laser pulsata in periodi di tempo brevissimi, che vanno dal sub al nano secondo: ciò consente il suo utilizzo senza anestesia locale perché il compimento dell'azione avviene in tempi inferiori a quelli necessari per la trasmissione dello stimolo nervoso. Di conseguenza può essere impiegato con successo in bambini e soggetti odontofobici. In generale, viene consigliato nella quasi totalità degli interventi della chirurgia orale.

1.5.1.2 ErCr:YSGG ed Er:YAG

La famiglia del Laser all'erbio comprende sia l'Er:YAG, con lunghezza d'onda 2940 nm, sia l'ErCr:YSGG con lunghezza d'onda variabile da 2690/2780 nm, sviluppati per le applicazioni su smalto e dentina (*Angiero et al., 2010, p.113*).

Viene utilizzato in emissione pulsata (frequenze 4-60 Hz), con durate dell'impulso variabili dai ms ai ns.

Il sistema che porta il fascio laser ad incidere sul tessuto bersaglio è costituito da una fibra cava delle dimensioni di una fibra ottica media.

Ha un'alta affinità con l'acqua, il collagene e per l'idrossiapatite, consentendogli di possedere una particolare efficacia nella vaporizzazione, o ablazione, dei tessuti duri, mediante effetto termomeccanico. L'effetto prodotto dal Laser è fortemente influenzato dal contenuto in acqua del tessuto bersaglio. Infatti, l'acqua, investita dal raggio laser, assorbe in brevissimo tempo l'energia, trasformandola in calore, provocandone la rapidissima vaporizzazione, con conseguente microesplosione e quindi distruzione del tessuto irradiato, senza indurre la carbonizzazione (effetto meccanico). La sua capacità d'assorbimento in acqua è superiore di 3 volte a quella del laser a gas CO₂. Il tessuto carioso avendo un alto contenuto d'acqua (circa il 25%), è rapidamente asportato con estrema facilità (effetto termico), mentre l'ablazione della sostanza dentinale sana e dello smalto risulta molto più lenta, avendo un contenuto d'acqua molto inferiore, rispettivamente. Questa caratteristica rappresenta un vantaggio che consente di svolgere un'azione selettiva sulla lesione cariosa, preservando il tessuto sano.

L'effetto termico è modesto e la radiazione tende a essere immediatamente dispersa dai tessuti posti sotto il punto d'applicazione, con scarso effetto di danneggiamento dei tessuti siti alla periferia (*Angiero et al., 2010, p.113*).

1.5.2 Laser a stato gassoso

1.5.2.1 A gas CO₂

Il Laser a gas CO₂ è caratterizzato da una lunghezza d'onda tipica di 9600 e 10.600 nm. È stato uno dei primi laser ad avere larga diffusione in odontoiatria (*Riversa et al., 2020, p.48*), in quanto presenta un'affinità moderata con l'idrossiapatite, e alta affinità con l'acqua.

Agisce per vaporizzazione dei liquidi intra ed extracellulari con conseguente distruzione delle cellule e dell'architettura istologica. Viene utilizzato con potenze terapeutiche di 2-3 W, in modalità continua o superpulsata e raggiunge appena 1-1.5 mm di profondità. Solo una piccola frazione dell'energia emessa è ceduta ai tessuti adiacenti, o perduta per riflessione dalla superficie irraggiata. È noto, a tal proposito, che il laser a gas CO₂ nel tessuto direttamente irradiato può raggiungere la temperatura di 1400 °C, ma la temperatura perimetrale non raggiunge valori tali da pregiudicare la vitalità e l'integrità del tessuto stesso. Ha anche buone capacità emostatiche in quanto oblitera i vasi sanguigni e linfatici ai lati della ferita, favorendo il controllo del sanguinamento durante gli interventi in zone riccamente vascolarizzate.

In conclusione, il laser a gas CO₂ è indicato nell'implantologia e negli interventi di chirurgia orale sui tessuti (*Angiero et al., 2010, p.113*).

1.5.3 Laser a semiconduttore

1.5.3.1 Laser a diodi

Il Laser a diodi presenta come mezzo attivo un semiconduttore solido d'arseniuro di gallio e alluminio, che produce una radiazione della lunghezza d'onda da 810 a 980 nm. Può essere impiegato sia nella modalità continua che interrotta (durata dell'impulso da 0.1 ms fino a infinito, con frequenze programmabili fino a 10.000-20.000 Hz), con la conduzione realizzata in fibra ottica (diametri: 200-600 μ).

Può essere impiegato nello sbiancamento dei denti vitali e non vitali (*Angiero et al., 2010, p.113*), viene usato efficacemente anche per la decontaminazione del canale radicolare in modalità pulsata ed è in grado di sterilizzare il delta apicale e i tubuli dentinali fino alla profondità di 1 mm, raggiungendo un grado di sterilità clinica pari alla riduzione di germi di 0.01 CFU per mm (*Angiero et al., 2010, p.113*).

Il vantaggio che presenta nei confronti degli altri tipi di Laser a fibra ottica è costituito dalla compattezza delle dimensioni, che lo rendono un sistema facilmente trasportabile. Risulta avere ottimi risultati anche nell'impiego in campo endodontico e parodontale come strumento di ausilio nel trattamento delle gengiviti e delle tasche gengivali per courettage a cielo chiuso o la rimozione del tessuto di granulazione nel caso di lembi parodontali, nella chirurgia e in vari quadri di patologia orale.

Ulteriore vantaggio è quello di poter essere utilizzato con successo in pazienti portatori di Pacemaker e in pazienti affetti da coagulopatie o in terapia con antiaggreganti e/o anticoagulanti (*Angiero et al., 2010, p.113*).

Solo negli ultimi anni si è iniziato impiegare tale strumento per la cura di alcune forme di patologie orali (quali afte, herpes), per la cura di lesioni vascolari e per la desensibilizzazione dentinale.

Risulta tutt'oggi essere il laser più utilizzato nella pratica odontoiatrica (*Angiero et al., 2010, p.113*).

CAPITOLO 2

2. Effetto battericida del laser su impianti

Nel campo del trattamento non chirurgico il laser può essere utilizzato al fine di disinfettare i tessuti parodontali o perimplantari con l'obiettivo di abbattere l'elevata carica batterica che causa la malattia. Il trattamento laser in campo odontoiatrico rappresenta un'evoluzione delle tradizionali tecniche chirurgiche e non chirurgiche. Il laser, se ben utilizzato, porta innumerevoli vantaggi nella pratica odontoiatrica quotidiana.

2.1 Attività antimicrobica del laser

L'infezione ha come fattore scatenante un eccessivo accumulo di biofilm batterico, il quale può causare uno stato di disbiosi, ovvero perdita di equilibrio tra i batteri commensali, patogeni e opportunisti. Tale situazione provoca a sua volta l'instaurarsi di condizioni infiammatorie che possono essere più o meno gravi, e che hanno come unica risoluzione quella dell'eliminazione dei fattori scatenanti, ovvero i batteri. A tal fine diverse sono le modalità di trattamento che possiamo attivare oggi giorno, prima tra tutti l'avvio di un piano terapeutico basato sulla terapia causale, in cui si va alla ricerca del motivo scatenante la situazione patologica, combinata con una terapia meccanica, ovvero il debridement. Nel corso degli anni sono state studiate innumerevoli tecnologie rivolte al ripristino della salute dei tessuti dentali, come ad esempio il trattamento Laser.

Sembra infatti che questo strumento sia efficace nella disinfezione dei tessuti parodontali grazie al suo effetto battericida nei confronti dei patogeni parodontali quali *aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *porphyromonas gingivalis*, *prevotella intermedia*.

Nello studio clinico di Gojkov-Vukelic et al. è stata utilizzata la tecnologia del Laser a diodi come ausiliario nel trattamento della parodontite con l'obiettivo di eliminare i patogeni che causano la malattia, al fine di ridurre le tasche parodontali. Dall'analisi biologico-molecolare dei patogeni parodontali, quali *aggregatibacter actinomycetemcomitans* e *porphyromonas gingivalis*, risulta una diminuzione

statisticamente significativa dei valori dei batteri testati subito dopo il trattamento e all'esame di controllo, rispetto al basale. Si è concluso, quindi, che l'irradiazione laser a diodi riduce il numero di patogeni parodontali attivi.

I risultati di questo studio dimostrano reali benefici del trattamento non chirurgico con laser a diodi a bassa potenza nella parodontite cronica, che conduce a una riduzione dei patogeni parodontali testati, non solo immediatamente dopo il trattamento, ma anche all'esame di controllo tre mesi dopo (*Gojkov-Vukelic et al., 2013*).

Anche in campo implantologico possono essere necessari interventi di decontaminazione, al fine di promuovere il ritorno della salute implantare.

Il trattamento laser, dello spazio perimplantare carico di batteri, è un'opzione per favorire la sterilizzazione, il recupero osseo e spesso la guarigione senza l'inevitabile perdita dell'impianto.

Nello studio di Cai et al. è stata analizzata l'efficacia della disinfezione degli impianti, presentanti *Staphylococcus aureus*, con l'applicazione combinata di antisettici e terapia fotodinamica (PDT). È stato concluso che la PDT ha ottenuto risultati migliori rispetto al solo utilizzo di antisettici, ma che l'uso combinato risulta essere il metodo più efficace (*Cai et al., 2019*).

2.2 Il laser su impianti

I laser che possono essere utilizzati per la decontaminazione della superficie dell'impianto sono svariati, ma bisogna tenere in considerazione alcuni aspetti importanti relativi all'impianto. Il titanio assorbe l'irradiazione prodotta dalle lunghezze d'onda del laser infrarosso e medio infrarosso come diodi, Nd: YAG e la famiglia dell'erbio. L'assorbimento provoca la produzione di calore, un effetto indesiderato, in quanto può indurre alterazioni superficiali e danneggiare i tessuti circostanti. A causa della loro elevata potenza di picco, i laser Nd:YAG non sono raccomandati per la decontaminazione delle superfici degli impianti indipendentemente dalla potenza erogata.

Il laser a diodi non danneggia la superficie del titanio ed è in grado di decontaminare le superfici ruvide dell'impianto, si ha comunque il rischio di generare calore nel tessuto osseo se utilizzato con tecniche non idonee. Il laser Er:YAG se utilizzato con irrigazione costante dell'acqua e irradiazione appropriata, non causano cambiamenti visibili sulle superfici in titanio con un'elevazione minima della temperatura.

Da ciò possiamo dedurre come i laser più indicati per il trattamento delle perimplantiti siano i laser a diodo e a erbio, in quanto non surriscaldano il metallo e non provocano una sua deformazione, con conseguente rilascio di sostanze (Chala et al., 2020).

2.3 Modalità di utilizzo

Utilizzando una gamma di frequenze differenti, il laser può essere utilizzato in vari tipi di trattamento. Oltre alla lunghezza d'onda, a poter variare sono anche le potenze di utilizzo e i meccanismi con cui vengono impiegati tali strumenti, tra i quali troviamo la terapia fotodinamica e la *Low-Level Laser Therapy*.

2.3.1 Terapia fotodinamica

Un approccio innovativo per ottenere la decontaminazione della superficie infette in ambito odontoiatrico consiste nella terapia fotodinamica (PDT). Essa si basa sull'utilizzo di Laser a diodi utilizzati in combinazione con composti fotosensibilizzanti che in presenza di ossigeno sono in grado di realizzare il fenomeno della *fotostimolazione* (Sabatini et al., 2018.)

2.3.1.1 Meccanica d'azione

Tre sono i componenti fondamentali al fine di realizzare una fotostimolazione da PDT: luce laser, composto fotosensibilizzante e presenza di O₂ nell'ambiente.

Il composto fotosensibilizzante, più comunemente il blu di metilene (ma anche il blu di toluidina e la curcumina), tende a legarsi alle cellule bersaglio del tessuto d'interesse, il quale una volta irradiato con la luce Laser a adeguate lunghezze d'onda, in presenza di ossigeno, tende a subire una transizione da uno stato fondamentale di bassa energia a uno stato eccitato di singoletto. Viene così rilasciato O₂ singoletto, citotossico per i microrganismi (Gram+, Gram-), e altri agenti molto reattivi tra i quali i radicali liberi dell'ossigeno (ROS), tossici per le cellule batteriche bersaglio. I radicali liberi prodotti attraverso tale protocollo producono effetti tossici sui batteri e non contro le cellule ospiti. La terapia fotodinamica (PDT) ha ricevuto, negli ultimi anni, una crescente attenzione in ambito odontoiatrico. È stato dimostrato che l'applicazione di coloranti fotosensibili all'interno delle tasche perimplantari e la loro attivazione con la luce laser è in grado di favorire l'eliminazione dei patogeni parodontali (Sabatini et al., 2018).

Lo studio clinico di Almohareb et al., eseguito su pazienti affetti da perimplantite grave, ha evidenziato come la PDT in aggiunta al debridement abbia dato risultati migliori rispetto al solo trattamento meccanica (*Almohareb et al., 2020*).

Altre ricerche hanno mostrato come, mediante la PDT, sia possibile raggiungere la distruzione dei batteri senza alcun danno alle superfici di titanio durante il trattamento (*Poli et al., 2017*). In accordo con gli studi precedenti, anche l'analisi sperimentale di Sabatini et al. ha come obiettivo quello di dimostrare l'efficacia della terapia fotodinamica antimicrobica in combinazione con i metodi tradizionali di scaling e root planing nel trattamento della perimplantite. Il gruppo sperimentale ha mostrato un miglior valore medio di tasche parodontali di 2mm, rispetto al gruppo controllo di 3mm.

Da questi studi emerge come la terapia fotodinamica debba essere considerata una terapia di supporto e non come unico trattamento per la risoluzione di infezioni perimplantari (*Sabatini et al., 2018*).

2.3.2 Low-Level Laser Therapy

Il trattamento parodontale che ha alla base l'utilizzo di tecnologie Laser secondo la *Low-Level Laser Therapy* presenta come principi fondamentali quelli dell'atraumaticità, riduzione del dolore ed è caratterizzata dall'assenza di effetti collaterali. La nascita di tale tecnica viene riconosciuta al medico ungherese Endre Mester, il quale, nel 1967, realizzò studi sull'effetto della Laser terapia nei processi di guarigione, di riparazione tissutale sia in vivo che in vitro (*Merigo et al., 2015*). Tale metodologia, basata sull'utilizzo del laser a bassa densità, dà vita al fenomeno della *fotobiostimolazione*.

2.3.2.1 Meccanica d'azione

La LLLT è basata sull'utilizzo di comuni Laser con settaggio a bassa potenza e a raggio defocalizzato diffuso, il quale non produce effetti termici sui tessuti. Tale strumentazione produce la stimolazione e/o soppressione dei processi biologici permettendo ai tessuti di generare una risposta biologica intracellulare. L'energia del raggio laser viene assorbita dai cromofori cellulari, provocando un aumento del metabolismo cellulare e della circolazione sanguigna dei tessuti. I mitocondri assorbono i fotoni incidenti e si ha produzione di ATP. Tale processo causa nelle cellule una forte accelerazione della

guarigione, riduzione e/o risoluzione della infiammazione e del gonfiore dei tessuti, diminuzione significativa del dolore (*Passeretti, 2013*).

Per quanto concerne l'utilizzo di tale terapia nei confronti di infezioni parodontali, tutt'oggi non si evidenziano benefici nel medio termine (3-6 mesi). Come si evince, anche, nello studio di Ren et al. la LLLT mostra benefici aggiuntivi evidenziabili solo nel breve termine, rispetto al solo scaling e root planing (*Ren et al., 2017*).

Con il fine di confrontare le due tipologie di trattamento, è possibile prendere in analisi lo studio di Engel Naves Freire et al. nel quale si valutano gli effetti clinici di PDT e LLLT dopo il protocollo di disinfezione dell'intera bocca. In entrambi i trattamenti è stata evidenziata una riduzione della profondità di tasca, del numero delle stesse, diminuzione di sanguinamento al sondaggio e aumento del livello di attacco clinico. Non ci sono state però differenze significative tra i due gruppi trattati con le due diverse terapie (*Engel Naves Freire et al. 2020*)

CAPITOLO 3

3. Utilizzo del laser per il trattamento delle malattie perimplantari

Le malattie perimplantari fanno parte di quelle condizioni che affliggono il tessuto parodontale circostante l'impianto. Oggi giorno sempre più comunemente vengono scelti gli impianti per la riabilitazione di bocche, che hanno perso le loro normali funzioni masticatorie e/o estetiche. L'impianto dentale sembra essere la miglior modalità per ristabilire l'equilibrio andato perso. Allo stesso tempo, con l'aumento dell'utilizzo di tali strumenti riabilitativi, sempre più comunemente è possibile trovare pazienti che presentano condizioni patologiche che possono compromettere l'impianto stesso. Una mancata igiene delle strutture implantari può comportare lo sviluppo di infiammazione perimplantare e conseguentemente riassorbimento osseo, che può condurre alla perdita dell'impianto. È essenziale, perciò, un buon mantenimento di queste attraverso l'igiene domiciliare e professionale.

A seguito dell'insorgenza di infezioni che possono più o meno compromettere il tessuto perimplantare, una valida soluzione è il trattamento non chirurgico finalizzato a ristabilire l'equilibrio andato perso. A tal proposito, l'uso del laser, come laser a diodi, in combinazione al debridement meccanico può dare risultati promettenti, attraverso la tua attività antimicrobica e detossificante. In più alcuni tipi di laser come il Er:YAG sono anche in grado di promuovere effetti ablativi eliminando placca e tartaro.

3.1 L'impianto dentale

Si deve a Branemark (1969) e alla scuola svedese l'evoluzione della moderna implantologia, la quale aveva come fine ultimo un aumento del comfort e delle prestazioni masticatorie ed estetiche per la riabilitazione di bocche edentule (*Gherlone, 2010, p.121*). Gli impiantati sono dei dispositivi osteo-integrati costruiti in titanio di diversa natura e tipologia (il più comune è quello di tipo III), essi sono, nel concetto protesico in toto, la porzione della protesi dentale che viene ancorata nell'osso mascellare e/o mandibolare, in sostituzione della mancata radice dentale andata persa. (Fig. 4)



Figura 4 Impianto dentale a vite osteointegrato

Gli impianti si presentano con varie caratteristiche e morfologie, i più utilizzati per le loro alte performance sono quelli a vite, i quali presentano delle caratteristiche invaginazioni che prendono il nome di *wound chambers*. Queste particolari strutture rendono possibile un aumento delle superfici adesive e conseguentemente permettono un miglior ancoraggio attraverso il loro riempimento con nuovo osso durante tutto il processo di osteointegrazione (Araujo, Lindhe, 2018).

3.1.1 Osteointegrazione

A seguito dell'inserimento dell'impianto nell'osso, si dà inizio ad un lungo processo, con variabilità temporale dai tre ai sei mesi, di osteointegrazione, ovvero, quel processo biologico che porta al contatto diretto tra il tessuto osseo con le pareti dell'impianto.

Tale processo ha inizio con la formazione di un coagulo di fibrina sia attorno a tutta la struttura implantare che all'interno delle *wound chambers*. Trascorsi alcuni giorni da tale evento, il coagulo viene sostituito da un tessuto di granulazione ricco di vasi neoformati, che rivascolarizzano il tessuto perimplantare, cellule infiammatorie e mesenchimali, tra le quali troviamo le cellule osteoblastiche deputate al riposizionamento di nuovo osso. Dopo una settimana, si sarà formato il tessuto osseo, non ancora mineralizzato, attorno all'impianto e solo dopo quattro settimane circa, avremo tale tessuto anche all'interno delle *wound chambers*. Solo dopo il diretto contatto dell'impianto con il tessuto osseo esso andrà incontro a mineralizzazione, dando così termine al processo di osteointegrazione.

Al termine dell'operazione d'inserimento dell'impianto, l'osso alveolare neoformato, nel corso dell'anno successivo, va incontro a rimodellamento, durante il quale l'altezza della cresta ossea si può abbassare (la perdita non deve essere superiore al 1mm, sennò si tratterebbe di malattia perimplantare).

Alla fine del processo osteointegrativo circa il 75% degli impianti non subiscono nessuna perdita ossea aggiuntiva (Gherlone, 2010, p. 123; Araujo, Lindhe. 2018.).

3.2 Malattie perimplantari

Con il termine malattia perimplantare si intendono tutte quelle condizioni patologiche che affliggono i tessuti intorno all'impianto (Fig.5). Circa il 20% dei pazienti che hanno ricevuto un impianto dentale soffrono di malattia perimplantare e circa l'3-4 % va incontro a perdita dell'impianto stesso. Ciò è dovuto o ad un mancato adeguato mantenimento dell'impianto o a seguito di particolari condizioni sistemiche che possono comprometterne il mantenimento a lungo termine. Possiamo distinguere due diversi quadri patologici: mucositi perimplantari e perimplantiti.



Figura 5 Rappresentazione di un'infezione perimplantare.

3.2.1 Mucosite perimplantare

La mucosite perimplantare è una *lesione infiammatoria attorno all'impianto senza perdita di osso alveolare perimplantare* (Heitz-Mayfield, Salvi. 2018). È dovuta ad un accumulo reiterato nel tempo di biofilm batterico che conduce conseguentemente a sviluppo di infiammazione, riscontrabile principalmente attraverso il sanguinamento al sondaggio. È una condizione patologica reversibile, con totale *restitutio ad integrum*, attraverso la rimozione del fattore eziologico placca.

La mucosite perimplantare può essere, se non trattata, precursore dell'evoluzione della perimplantite. È noto, però, che la mucosite può rimanere tale anche per lunghi periodi senza progredire in perimplantite, si può affermare, quindi, che la mucosite sia un fattore di rischio per la perimplantite e non una conseguenza obbligata.

3.2.2 Perimplantite

La perimplantite è una *condizione che affligge i tessuti circostanti l'impianto, caratterizzata da infiammazione della mucosa e progressiva perdita di osso di supporto* (Schwarz et al.,2018). È un'evoluzione, in negativo, della mucosite perimplantare ma a differenza di quest'ultima è una condizione patologica irreversibile in quando l'osso è perso. La progressiva perdita di osso è riscontrabile attraverso le immagini radiografiche, ed è una conseguenza o di una pregressa storia di parodontite, o di malattie sistemiche (diabete) che possono interferire con il mantenimento dell'impianto, o di abitudini viziate come il fumo, il quale alza di gran lunga la percentuale d'incidenza di impianti persi. Fattore comune a tutte le condizioni rimane sempre il mancato controllo del biofilm batterico.

3.3 Trattamento laser su tessuti affetti da malattia perimplantare

Il trattamento delle malattie perimplantari ha come obiettivo quello di eliminare il biofilm batterico, che spesso è alla base dell'insorgenza di tali condizioni patologiche. Al fine di promuovere un ritorno allo stato di salute perimplantare gli approcci possibili si basano o sulla terapia chirurgica o su quella non chirurgica. Se non si ha una compromissione importante delle strutture circostanti l'impianto (ovvero un riassorbimento osseo maggiore ai 2mm) la scelta del trattamento non chirurgico è quella consigliata.

Esso si basa sul controllo dell'infezione tramite debridement della superficie implantare, con il fine ultimo di eliminare il biofilm e conseguentemente ridurre la carica batterica. Molti sono gli agenti decontaminanti e altrettanti gli strumenti meccanici proposti per la risoluzione di tali quadri patologici. È noto, però, come tutt'oggi non ci siano dati rilevanti in letteratura, che possano chiaramente guidare il clinico nella scelta del corretto approccio terapeutico in campo implantologico. La gran parte delle terapie proposte hanno mostrato una buona capacità di migliorare i parametri clinici, ma non sempre portano ad una risoluzione completa della problematica perimplantare.

Tra i diversi trattamenti monoterapici il debridement meccanico risulta essere il più utilizzato ed efficace, ma la combinazione di approcci meccanici e antimicrobici mostra risultati migliori. Il laser a tal proposito può essere utilizzato per le sue capacità antimicrobiche di disinfezione in aggiunta al debridement.

Alte sono le aspettative riguardo l'utilizzo di tale strumento, e per fare sì che venga sfruttato il suo potenziale, da decenni si studia per capirne l'effettiva efficacia e per trovarne il migliore protocollo di utilizzo.

Tra i vari studi troviamo quello di Roncati et al. in cui viene combinato l'utilizzo della terapia non chirurgica meccanica con il laser a diodi 810 nm al fine di trattare un caso di perimplantite. Conseguentemente al trattamento sono stati rilevati dei miglioramenti dei parametri clinici parodontali. È stata poi attivata una terapia parodontale di supporto, fatta ogni 3 mesi, affiancata dall'uso del Laser ogni 6 mesi per 3 anni. La profondità di tasca è stata ridotta da 7 a 3 mm senza sanguinamento al sondaggio. A 5 anni dal trattamento si evidenzia anche un miglioramento del livello osseo. Con tale studio si può affermare come i protocolli tradizionali di terapia parodontale non chirurgica, in combinazione con l'uso di un laser a diodi da 810 nm, possano essere un'efficace modalità di trattamento alternativo per la perimplantite (Roncati et al., 2013).

In gran parte degli studi si sottolinea come l'uso aggiuntivo del Laser porti ad effettivi miglioramenti nel breve periodo a differenza della sola terapia meccanica. Tuttavia, nella maggior parte di queste ricerche, il vantaggio nell'uso di tale strumento risulta essere vano nel medio e lungo periodo, dando risultati eguagliabili al trattamento monoterapico. Questa tesi è avvalorata anche dagli studi effettuati da Sánchez-Martos et al. e da Abduljabbar. Nel primo si è concluso che l'uso aggiuntivo di un laser diodi 810 nm per il trattamento della mucosite perimplantare era più efficace nel ridurre il sanguinamento al

sondaggio (BOP) a tre mesi rispetto alla sola terapia meccanica (*Sánchez-Martos et al. 2020*).

Nel secondo è stato riportato che l'indice di placca, il sanguinamento al sondaggio e la profondità delle tasche avevano punteggi ridotti nel gruppo trattato con laser a tre mesi dal trattamento. A distanza di sei mesi i valori erano nuovamente comparabili al gruppo non trattato con laser (*Abduljabbar, 2017*).

Mailoa et al. hanno confrontato i risultati clinici di diversi studi sul laser Er:YAG con altri metodi di disintossicazione comunemente applicati per il trattamento della perimplantite. Dalla letteratura analizzata in questa revisione risulta che il reale miglioramento dei parametri clinici, grazie all'utilizzo del Laser, non siano rilevanti rispetto ai metodi più comunemente usati (*Mailoa et al, 2014*).

Dalla letteratura citata si evince come l'uso del Laser, nel trattamento non chirurgico delle malattie perimplantari, presenti notevoli potenzialità al fine di aumentare le prestazioni, nella risoluzione dell'infezione, rispetto alla sola terapia meccanica. È evidente, però, come in tutti gli studi analizzati non si abbia omogeneità nel trattamento, tanto meno omogeneità nel tipo di laser da utilizzare.

I risultati descrivono un miglioramento nel breve periodo, per questo è necessario capire se attraverso interventi effettuati con maggior frequenza si possa riuscire ad ottenere ugualmente ottimi risultati a lungo termine.

Ciò comporta la necessità di ulteriori ricerche e studi rivolti a capire le modalità e i protocolli di utilizzo di questi strumenti, in modo tale da poterne sfruttare, nel migliore dei modi, tutte le sue potenzialità.

CAPITOLO 4

4. Terapia non chirurgica delle malattie perimplantari

La terapia non chirurgica delle malattie perimplantari si basa sul controllo dell'infezione tramite debridement della superficie dell'impianto, con il fine ultimo di eliminare il biofilm, riportando la carica batterica al di sotto della soglia per cui la malattia si manifesta.

La presenza dell'impianto dentale determina caratteristiche specifiche, delle strutture perimplantari, che devono essere considerate nel trattamento: non si ha più legamento parodontale e conseguentemente la disposizione delle fibre connettivali è differente ad un parodonto sano, ciò comporta un più facile attacco dei batteri patogeni. Da valutare è anche la variabilità della superficie implantare, che può essere più o meno rugosa. Questi fattori possono mettere a repentaglio l'igiene domiciliare del paziente, in quanto queste caratteristiche facilitano la formazione del biofilm, e possono comportare delle difficoltà anche nella terapia professionale.

Al fin di superare queste condizioni avverse, esistono diversi protocolli che possono essere utilizzati (*Figuero et al., 2014*).

4.1 Trattamenti terapeutici

Lo scopo dei vari trattamenti che possono essere attivati è quello di eliminare la placca batterica e conseguentemente abbassare la carica dei patogeni all'interno delle tasche perimplantari dovute alla malattia. Obiettivo ultimo, quindi, è quello di ristabilire una condizione di salute orale. Tra i vari trattamenti troviamo l'uso di ultrasuoni e curette, utili nella rimozione di placca e tartaro, air-perio flow, laser e antibiotici che, oltre ad avere (alcuni di loro) capacità ablative, hanno un effetto battericida sui batteri che causano la malattia.

4.1.1 Ultrasuono

L'utilizzo di un ultrasuono con put a standard può risultare pericoloso, in quanto l'impianto potrebbe essere soggetto a rigature che consentirebbero un punto di adesione

per i batteri. Per questo sono state proposte diverse punte modificate, costruite in fibra di carbonio, silicone o plastica al fine di minimizzare l'eventuale alterazione della superficie implantare. (Fig.6)



Figura 6 Punta ad ultrasuoni per trattamento perimplantare

4.1.2 Curette

Anche le curette come gli ultrasuoni sono state progettate con materiali specifici al fine di essere utilizzati sugli impianti senza recare danni a tali superfici. Questi tipi di curette sono quelle in fibra di carbonio, in ceramica, teflon o in titanio. (Fig.7)



Figura 7 Curette in teflon per trattamento implantare

4.1.3 Air-perio flow

I sistemi di air flow si basano sul metodo aria-polvere, in cui si ha lo spruzzo di polvere da uno specifico ugello creato appositamente per penetrare nelle tasche perimplantari. La polvere utilizzata è quella di glicina o eritritolo a bassa abrasività. È stato dimostrato essere un metodo efficace per rimuovere il biofilm dalla superficie ed è stato

raccomandato per il trattamento delle superfici degli impianti, in quanto non danneggia i tessuti duri e molli. (Fig.8)



Figura 8 Air-perio flow con punta perimplantare

4.1.4 Laser

L'uso del laser è stato proposto per il trattamento delle perimplantiti grazie alle sue proprietà antinfettive, fisiche e di ablazione. I laser a Er:YAG e a diodi risultano essere quelli che hanno mostrato il miglior potenziale di utilizzo nel trattamento delle perimplantiti. Grazie all'abilità di rimuovere la placca sottogengivale e promuovere un effetto battericida senza provocare significative alterazioni della superficie implantare risulta essere un ottimo coadiuvante alla sola terapia meccanica (*Takasaki et al., 2007*). (Fig.9)



Figura 9 Punta laser a diodi

4.1.5 Antibiotici

Gli antibiotici possono essere utilizzati al fine di trattare le fasi acute delle infezioni perimplantari. Utilizzati sia sottoforma di antibiotici sistemici o locali, hanno come riscontro negativo quello di influire sulla formazione di un antibiotico resistenza (Hallström et al., 2012).

Tutti i trattamenti descritti sopra sono efficaci al fine di migliorare o risolvere le condizioni orali. Nonostante ciò, non esistono dei protocolli standardizzati nella risoluzione delle malattie perimplantari e dai dati desumibili dalla letteratura la combinazione di più approcci (meccanica ed antimicrobica) risulta essere la scelta migliore.

4.2 Confronto laser e altre metodiche

Come già tratto precedentemente, l'uso del Laser è una tra le tante metodiche di trattamento che possiamo attivare, al fine di riportare ad uno stato di salute i tessuti perimplantari, e conseguentemente salvare l'impianto da un eventuale compromissione. Si è constatato come l'utilizzo del laser, per un eventuale monoterapia, sia insufficiente al fine di ripristinare le condizioni di salute. Perciò, la combinazione con una strumentazione meccanica basata o sull'utilizzo di ultrasuoni o curette è l'opzione preminente.

L'uso del laser risulta avere risultati simili o migliori rispetto ad altri trattamenti. In particolar modo nella riduzione del sanguinamento e nell'abbassamento della carica batterica gioca un ruolo fondamentale. Perciò, nella scelta del trattamento da eseguire può essere considerato al pari degli altri.

4.2.1 Laser e strumentazione manuale

L'uso del laser Er:YAG è stato confrontato con il debridement convenzionale, eseguito con curette di plastica, in diversi studi di Schwarz et al. Essi hanno evidenziato come a sei mesi di follow-up, il laser Er:YAG abbia ottenuto una maggiore riduzione della profondità di sondaggio e del sanguinamento rispetto al debridement convenzionale, ma

dopo 12 mesi entrambi i gruppi hanno riportato una ricaduta. Il risultato è stato che il laser ha migliorato i risultati clinici, ma non abbastanza da controllarne l'infezione perimplantare 1 anno dopo la terapia (*Schwarz et al., 2005; Schwarz et al., 2006*).

Grazie allo studio di H. Al-Sowygh et al. si è evidenziato, invece, come sia l'unione di queste due terapie, terapia fotodinamica con laser e curettage, ad essere maggiormente efficace nel ridurre l'infiammazione perimplantare rispetto alla sola terapia meccanica (*H. Al-Sowygh et al., 2017*).

4.2.2 Laser e air-perio flow

Sia nello studio di Renvert et al. che in quello di Rutger et al. sono stati analizzati gli effetti clinici e microbiologici del laser Er:YAG confrontandoli con gli effetti dell'airflow con polvere di glicina. Dopo un periodo di sei mesi, è stata evidenziata una riduzione significativa della profondità di sondaggio, senza alcuna differenza tra i gruppi di trattamento.

In più, dati relativi al sanguinamento al sondaggio hanno mostrato un risultato migliore nei gruppi di trattamento con laser (31%) rispetto a quelli del gruppo air flow (25%) (*Renvert et al., 2011*). Per quanto riguarda i risultati microbiologici, è stato riscontrato una non significativa riduzione della conta batterica in entrambi i gruppi. I risultati sono simili e limitati in entrambi i gruppi di trattamento (*Rutger et al., 2011*).

4.2.3 Laser e antibiotici

Volendo confrontare le due terapie, laser e antibiotico, in combinazione al debridement meccanico, entrambe presentano gli stessi risultati nella riduzione dei parametri clinici e microbiologici.

Abdullah et al. hanno confrontato la fotochemioterapia con laser a diodi con la terapia antibiotica locale. Nei tre, sei, dodici mesi di follow-up i punteggi di placca, profondità di tasca e livello di attacco clinico erano i medesimi in entrambi i gruppi. Nel gruppo trattato con laser si ha anche una ulteriore diminuzione del sanguinamento al sondaggio (*Abdullah et al., 2020*). Questa similitudine nei risultati è riscontrabile anche in ulteriori studi come quelli condotti da Al Deeba et al. e Schar et al. (*Schar et al., 2013; Deeba et al., 2020*).

Il vantaggio nell'utilizzo del laser rispetto alla terapia antibiotica si riflette principalmente sull'antibiotico resistenza, che risulta essere oggi giorno una problematica di spiccata rilevanza. Nonostante l'uso di strumenti laser comporti costi elevati, da questo è possibile trarre un importante beneficio, ovvero quello di limitare la conseguente capacità dei batteri di resistere all'azione di uno o più farmaci antibiotici e conseguentemente di sopravvivere e moltiplicarsi anche in loro presenza.

CONCLUSIONI

Il laser è uno strumento terapeutico che viene studiato da anni per le sue capacità antimicrobiche, antinfiammatorie e ablativo al fine di riportare uno stato di salute orale andato perso. In particolare, il suo uso può essere sfruttato anche nell'ambito implantologico.

Sappiamo infatti che, oggi giorno, sempre più comunemente ci si interfaccia con condizioni infettive che interessano i tessuti perimplantari. La mucosite perimplantare o le perimplantiti sono due malattie scaturite, principalmente, da fattori batterici dovuti alla parziale o totale mancanza di cura e mantenimento dell'impianto dentale e dei tessuti a lui circostanti. È, perciò, sempre più necessario attivare interventi mirati all'eliminazione dei biofilm, riportando la carica batterica al di sotto della soglia per cui la malattia si manifesta. Tale necessità comporta la ricerca di protocolli terapeutici in grado di far fronte a tali problematiche e conseguentemente restituire lo stato di salute.

Molti sono gli articoli scientifici e le ricerche sviluppate sul l'utilizzo del laser.

Sembra essere uno strumento fortemente all'avanguardia a cui però mancano solide basi su cui costruire protocolli teorici e pratici per sfruttarne al pieno le potenzialità.

In particolar modo in campo implantologico vi è la mancanza di un iter terapeutico chiaro e definito, in cui l'uso di questo strumento vada ad eccellere rispetto ad altri.

È stato descritto come, l'uso del laser in odontoiatria, singolarmente non sia sempre capace di andare a eliminare l'infezione. Nella maggior parte dei casi studiati la scelta di una monoterapia basata sull'uso del laser non sembra essere la scelta prediletta.

L'unione di più approcci, meccanici e antimicrobici, sembrano essere la miglior soluzione al fine di sopperire a problematiche tissutali che possono insorgere. Nonostante i buoni risultati riscontrati, nella maggior parte dei casi trattati, i benefici dovuti all'utilizzo di tale strumento sembrano essere limitati nel tempo. Ben pochi sono gli studi che hanno constatato un mantenimento nel tempo dei miglioramenti dovuti al suo utilizzo.

Per questo si reputa necessario e indispensabile lo sviluppo di ulteriori studi clinici con periodi di follow-up a lungo termine per confermarne l'efficacia. In più, la necessità di tali studi deve essere rivolto anche alla ricerca di un adeguato protocollo terapeutico, basato su dati statistici rilevanti.

L'evoluzione nella ricerca, dell'utilizzo del laser nella risoluzione delle malattie perimplantari, è necessaria in quanto serve a dare valore terapeutico a tale strumento e giustificare l'esigenza di personale specializzato nel suo utilizzo, capace di trattare i tessuti senza danneggiarli, e dell'elevato costo di acquisto.

Attualmente, non esistono prove sostanzialmente sufficienti per supportare l'uso del laser rispetto ad altre terapie aggiuntive in campo implantologico, ma non esiste neanche alcuna controindicazione al suo utilizzo.

BIBLIOGRAFIA

Abduljabbar T. Effect of mechanical debridement with adjunct antimicrobial photodynamic therapy in the treatment of peri-implant diseases in type-2 diabetic smokers and non-smokers. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2017 Mar;17:111-114. doi: 10.1016/j.pdpdt.2016.11.005. Epub 2016 Nov 21. PMID: 27884740.

Almohareb T, Alhamoudi N, Al Deeb M, Bin-Shuwaish MS, Mokeem SA, Saad Shafqat S, Vohra F, Abduljabbar T. Clinical efficacy of photodynamic therapy as an adjunct to mechanical debridement in the treatment of per-implantitis with abscess. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2020 Jun;30:101750. doi: 10.1016/j.pdpdt.2020.101750. Epub 2020 Apr 25. PMID: 32545150.

Al-Sowygh ZH. Efficacy of periimplant mechanical curettage with and without adjunct antimicrobial photodynamic therapy in smokeless-tobacco product users. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2017 Jun;18:260-263. doi: 10.1016/j.pdpdt.2017.03.011. Epub 2017 Mar 24. PMID: 28347865.

Al-Khureif AA, Mohamed BA, Siddiqui AZ, Hashem M, Khan AA, Divakar DD. Clinical, host-derived immune biomarkers and microbiological outcomes with adjunctive photochemotherapy compared with local antimicrobial therapy in the treatment of peri-implantitis in cigarette smokers. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2020 Jun;30:101684. doi: 10.1016/j.pdpdt.2020.101684. Epub 2020 Feb 9. PMID: 32050105.

Angiero, Seramondi, Magistro, Crippa 2010; “Il laser in parodontologia orale: peculiarità e differenti modalità d’impiego”; *Dentista Moderno*; p. 112-113.

Araujo MG, Lindhe J. Peri-implant health. *J Periodontol.* 2018 Jun;89 Suppl 1:S249-S256. doi: 10.1002/JPER.16-0424. PMID: 29926949.

Bellini, Manuzio 2010; “La fisica per le scienze della vita”; *PICCIN*; p. 686-689.

Cai Z, Li Y, Wang Y, Chen S, Jiang S, Ge H, Lei L, Huang X. Antimicrobial effects of photodynamic therapy with antiseptics on *Staphylococcus aureus* biofilm on titanium

surface. Photodiagnosis Photodyn Ther. 2019 Mar;25:382-388. doi: 10.1016/j.pdpdt.2019.01.024. Epub 2019 Jan 23. PMID: 30684671.

Claudio, Boldi, Condomitti 2020; “Luce laser sui tessuti umani”; GSK lab; p. 11.

Chala M, Anagnostaki E, Mylona V, Chalas A, Parker S, Lynch E. Adjunctive Use of Lasers in Peri-Implant Mucositis and Peri-Implantitis Treatment: A Systematic Review. Dent J (Basel). 2020 Jul 3;8(3):68. doi: 10.3390/dj8030068. PMID: 32635258; PMCID: PMC7560070.

Deeb MA, Alsahhaf A, Mubarak SA, Alhamoudi N, Al-Aali KA, Abduljabbar T. Clinical and microbiological outcomes of photodynamic and systemic antimicrobial therapy in smokers with peri-implant inflammation. Photodiagnosis Photodyn Ther. 2020 Mar;29:101587. doi: 10.1016/j.pdpdt.2019.101587. Epub 2019 Nov 2. PMID: 31689510.

Engel Naves Freire A, Macedo Iunes Carrera T, de Oliveira GJPL, Pigossi SC, Vital Ribeiro Júnior N. Comparison between Antimicrobial Photodynamic Therapy and Low-level laser therapy on non-surgical periodontal treatment: A Clinical Study. Photodiagnosis Photodyn Ther. 2020 Sep;31:101756. doi: 10.1016/j.pdpdt.2020.101756. Epub 2020 Apr 15. PMID: 32302705.

Figuro E, Graziani F, Sanz I, Herrera D, Sanz Mariano. Management of peri-implant mucositis and peri-implantitis. Periodontology 2000, Vol. 66, 2014, 255–273 © 2014 John Wiley & Sons A/S. Published by John Wiley & Sons Ltd Printed in Singapore. All rights reserved.

Gherlone E. 2010. Capitolo 9: *Protesi su impianti*. Testo: *Odontoiatria protesica Elementi fondamentali*. Edi.Ermes. p. 120-125

Hallström H, Persson GR, Lindgren S, Olofsson M, Renvert S. Systemic antibiotics and debridement of peri-implant mucositis. A randomized clinical trial. J Clin Periodontol. 2012 Jun;39(6):574-81. doi: 10.1111/j.1600-051X.2012.01884.x. PMID: 22571225.

Heitz-Mayfield LJA, Salvi GE. Peri-implant mucositis. J Periodontol. 2018 Jun;89 Suppl 1:S257-S266. doi: 10.1002/JPER.16-0488. PMID: 29926954.

Merigo, Oppici, Fornaini, Kornblit 2016; “La fisica e l’interazione dei laser con i tessuti biologici”; Dental Cadmos; p. 658-662.

Merigo E., Fornaini C., Meleti M., Manfredi M., Vescovi P. Low-Level Laser Therapy in odontostomatologia: istruzioni per l’uso. DENTAL CADMOS. 2015 July. P. 457-462.

Mailoa J, Lin GH, Chan HL, MacEachern M, Wang HL. Clinical outcomes of using lasers for peri-implantitis surface detoxification: a systematic review and meta-analysis. J Periodontol. 2014 Sep;85(9):1194-202. doi: 10.1902/jop.2014.130620. Epub 2014 Jan 30. PMID: 24476547.

Mirfasihi A, Malek Afzali B, Ebrahimi Zadeh H, Sanjari K, Mir M. Effect of a Combination of Photodynamic Therapy and Chitosan on Streptococcus mutans (An In Vitro Study). J Lasers Med Sci. 2020 Fall;11(4):405-410. doi: 10.34172/jlms.2020.64. Epub 2020 Oct 3. PMID: 33425290; PMCID: PMC7736932.

Passeretti. *Fotobiostimolazione in odontoiatria – LLT (low level laser therapy)*. 2013.

Persson GR, Roos-Jansåker AM, Lindahl C, Renvert S. Microbiologic results after non-surgical erbium-doped:yttrium, aluminum, and garnet laser or air-abrasive treatment of peri-implantitis: a randomized clinical trial. J Periodontol. 2011 Sep;82(9):1267-78. doi: 10.1902/jop.2011.100660. Epub 2011 Mar 21. PMID: 21417591.

Poli PP, Cicciu M, Beretta M, Maiorana C. Peri-implant mucositis and peri-implantitis: a current understanding of their diagnosis, clinical implications, and a report of treatment using a combined therapy approach. J Oral Implantol 2017 Feb;43(1):45-50.

Riversa, Garrone, Trevisiol, Partipilo, Maggioni, ruga 2020; Capitolo 4 *Cenni di storia del Laser e introduzione alle attuali applicazioni in odontoiatria*; testo “Manuale di utilizzo del laser a diodo in odontostomatologia”; Edra-Masson; p. 41-51

Ren C, McGrath C, Jin L, Zhang C, Yang Y. The effectiveness of low-level laser therapy as an adjunct to non-surgical periodontal treatment: a meta-analysis. J Periodontal Res. 2017 Feb;52(1):8-20. doi: 10.1111/jre.12361. Epub 2016 Mar 2. PMID: 26932392; PMCID: PMC5297978.

Renvert S, Lindahl C, Roos Jansåker AM, Persson GR. Treatment of peri-implantitis using an Er:YAG laser or an air-abrasive device: a randomized clinical trial. *J Clin Periodontol*. 2011 Jan;38(1):65-73. doi: 10.1111/j.1600-051X.2010.01646.x. Epub 2010 Nov 22. PMID: 21091527.

Roncati M, Lucchese A, Carinci F. Non-surgical treatment of peri-implantitis with the adjunctive use of an 810-nm diode laser. *J Indian Soc Periodontol*. 2013 Nov;17(6):812-5. doi: 10.4103/0972-124X.124531. PMID: 24554897; PMCID: PMC3917217.

Sabatini S., Apponi R., Grassi R., Nardi G. La terapia fotodinamica antimicrobica nel trattamento della perimplantite. *Il dentista moderno*. 2018 Feb. P. 3-12.

Sánchez-Martos R, Samman A, Bouazza-Juanes K, Díaz-Fernández JM, Arias-Herrera S. Clinical effect of diode laser on peri-implant tissues during non-surgical peri-implant mucositis therapy: Randomized controlled clinical study. *J Clin Exp Dent*. 2020 Jan 1;12(1):e13-e21. doi: 10.4317/medoral.56424. PMID: 31976039; PMCID: PMC6969958.

Schär D, Ramseier CA, Eick S, Arweiler NB, Sculean A, Salvi GE. Anti-infective therapy of peri-implantitis with adjunctive local drug delivery or photodynamic therapy: six-month outcomes of a prospective randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res*. 2013 Jan;24(1):104-10. doi: 10.1111/j.1600-0501.2012.02494.x. Epub 2012 May 9. PMID: 22568744.

Schwarz F, Derks J, Monje A, Wang HL. Peri-implantitis. *J Clin Periodontol*. 2018 Jun;45 Suppl 20:S246-S266. doi: 10.1111/jcpe.12954. PMID: 29926484.

Schwarz F, Jepsen S, Herten M, Sager M, Rothamel D, Becker J. Influence of different treatment approaches on non-submerged and submerged healing of ligature induced peri-implantitis lesions: an experimental study in dogs. *J Clin Periodontol*. 2006 Aug;33(8):584-95. doi: 10.1111/j.1600-051X.2006.00956.x. PMID: 16899102.

Takasaki AA, Aoki A, Mizutani K, Kikuchi S, Oda S, Ishikawa I. Er:YAG laser therapy for peri-implant infection: a histological study. *Lasers Med Sci*. 2007 Sep;22(3):143-57. doi: 10.1007/s10103-006-0430-x. Epub 2007 Jan 12. PMID: 17219255.