

eHealth

Innovazione e Tecnologia in Ospedale

41 ottobre 2015

corso di
perfezionamento in

HTA



INTERACTIVE NEWS

ISSN 2038 - 4238

Mensile - Anno VII - Poste Italiane S.p.A.

Sped. in Abb. Postale - D.L. 353/2003

(conv. in L. 27/02/2004 n. 46) Art. 1 Comma 1 - DCB Roma
contiene I.R.

la struttura



Alta tecnologia
(e nuove strutture)
per la Fondazione
Poliambulanza

imaging digitale



Il progetto SIRM
sulla dematerializzazione
del consenso informato

FSE



Fascicolo Sanitario
Elettronico: è vera
innovazione digitale
in sanità?

Il protagonista del mese
Davide Minniti, Flavio Boraso

Ospedale di Venaria



Loredana Barresi

S.O.C. Fisica Sanitaria - Centro
di Riferimento Oncologico
di Aviano (PN) - IRCCS

autore

Impiego dei LASER in medicina

2015: INTERNATIONAL YEAR OF LIGHT (IYL)

L’Assemblea Generale delle Nazioni Unite, nel dicembre del 2013, ha proclamato il 2015 Anno Internazionale della Luce. Con questa dichiarazione, l’ONU ha voluto riconoscere l’importanza delle sempre più diffuse tecnologie basate sulla luce e promuoverne il loro utilizzo e sviluppo.

La luce gioca un ruolo fondamentale nella nostra vita quotidiana e lo studio dei fenomeni fisici ad essa correlati ha contrassegnato buona parte degli studi scientifici del XX secolo, continuando tutt’ora ad essere oggetto di studio e di sviluppo di nuove tecnologie.

In particolare ciò che l’ONU si propone è di:

- promuovere le tecnologie basate sulla luce, in vari ambiti (agricoltura, fonti energetiche, comunicazioni, medicina, etc.);
- sensibilizzare le persone a ridurre lo spreco energetico e l’inquinamento luminoso;
- promuovere l’educazione scientifica tra i giovani;
- promuovere lo sviluppo sostenibile;
- promuovere e potenziare il ruolo della donna nella scienza.

I MOLTEPLICI UTILIZZI DELLA LUCE LASER IN MEDICINA

I benefici della luce sulla salute sono noti da molto tempo: già gli antichi egizi, così come i greci, usavano la luce del sole a scopo terapeutico. Nel corso dei secoli, le scoperte scientifiche e tecnologiche relative alla luce ed alle sue proprietà hanno di continuo rivoluzionato l’industria medica: tecniche di imaging, procedure chirurgiche, tera-

In un dettagliato articolo, la dottoressa Loredana Barresi ci conduce nell’affascinante mondo dell’impiego dei LASER in medicina. Dalle caratteristiche principali all’utilizzo oggi più diffuso, la dottoressa toccherà aspetti cruciali legati soprattutto alle questioni di sicurezza, delinendo nel contempo i possibili sviluppi nella sua applicazione per il prossimo futuro



T. H. Maiman (1927-2007) - Realizzazione del primo LASER a rubino, 1960

pie, si basano sull'utilizzo della luce. Fu, tuttavia, solo dopo la realizzazione del primo LASER, nel 1960, ad opera di T. H. Maimann, che il ruolo della luce in medicina divenne cruciale.

Maimann presentò il suo dispositivo come "una soluzione in cerca di problemi": se ne intuivano le potenzialità ma ancora non si sapeva come sfruttarle. Non ci volle comunque molto per capirlo: già l'anno successivo alla sua realizzazione si cominciò ad utilizzare il LASER nei trattamenti di melanomi cutanei metastatici (ad opera del dr. Leon Goldman) e l'anno seguente il LASER trovò la sua prima applicazione pratica in oculistica per le micro-saldature durante gli interventi chirurgici alla retina.

Grandi passi in avanti della tecnologia hanno fatto sì che l'utilizzo dei LASER in medicina divenisse sempre più diffuso: grazie alle loro peculiari caratteristiche le sorgenti LASER, oltre ad avere un largo impiego in dermatologia ed oftalmologia, trovano applicazione anche in molte altre discipline mediche.

In urologia, ad esempio, si trattano con il LASER ostruzioni della vescica, verruche, calcoli.

I neurochirurghi li utilizzano per una chirurgia di precisione.

Altri utilizzi sono anche in ambito denti-

stico e veterinario (procedure endoscopiche, fotocoagulazioni di tumori, terapie fotodinamiche).

Viene altresì fatto largo uso di questa tecnologia in fisiatria, oncologia, otorino, medicina estetica ginecologia, oltre che nel campo della microscopia e della ricerca.

LASER: PRODUZIONE, TRASMISSIONE, CARATTERISTICHE PRINCIPALI

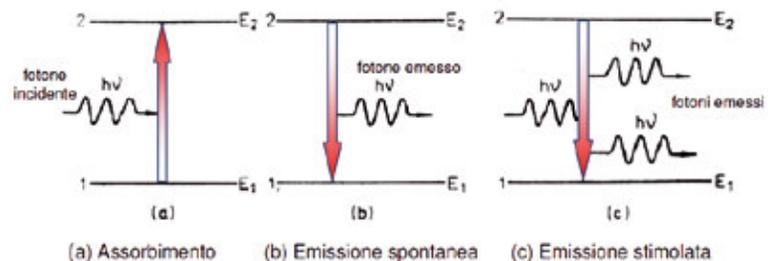
Per radiazioni ottiche si intendono tutte le radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezze d'onda comprese tra 100 nanometri e 1 millimetro: di questa porzione di spettro elettromagnetico fanno parte le radiazioni ultraviolette, la luce visibile e le radiazioni infrarosse. Questa gamma di lunghezze d'onda appartiene alle radiazioni non ionizzanti.

Le sorgenti di radiazioni ottiche vengono suddivise in coerenti (LASER) e non coerenti (luce bianca).

La parola LASER è un acronimo che sta per "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation". I LASER sono sorgenti di luce coerente, che si basano sull'emissione stimolata di radiazioni da parte di un sistema di atomi eccitati all'interno del quale avvengono transizioni da uno stato quantico ad un altro di energia inferiore.

La teoria dell'emissione stimolata di radiazioni fu formulata da A. Einstein, nel 1917, e si basa sul principio che un atomo allo stato eccitato può decadere spontaneamente oppure può essere "stimolato" a farlo da una radiazione incidente della giusta energia. In questo secondo caso, ciò che viene emesso dall'atomo in questione è una coppia di fotoni in fase.

Assorbimento, emissione spontanea, emissione stimolata



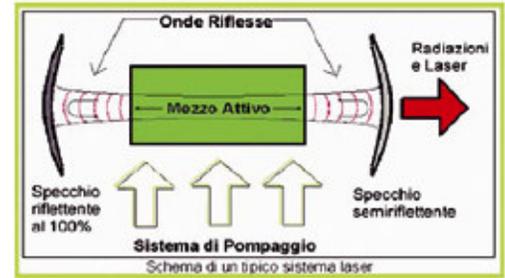
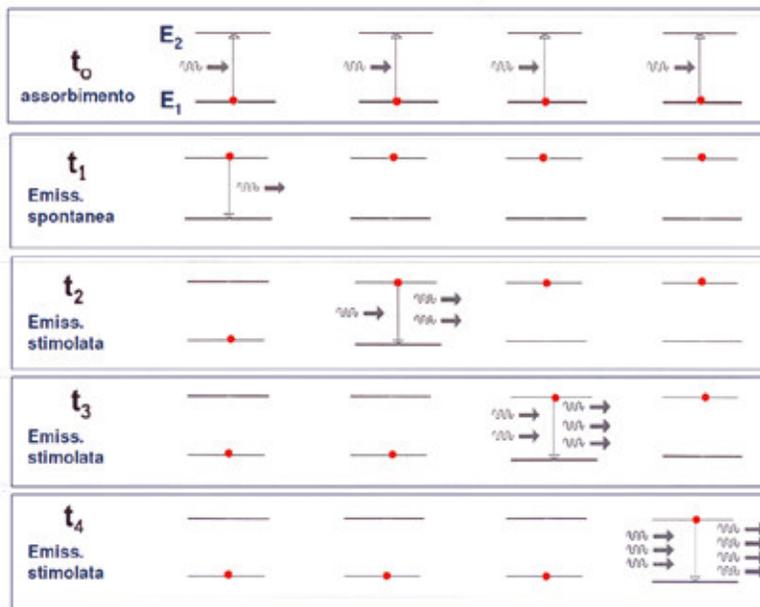
Nella realizzazione di un LASER si sfrutta questo principio facendo in modo che siano gli atomi dello stesso sistema, opportunamente eccitati da un dispositivo di pompaggio, a stimolare l'emissione di radiazione: in questo modo si riesce ad ottenere un pacchetto di fotoni in fase, che possono essere "estratti" dal dispositivo per essere utilizzati. Il sistema di pompaggio serve quindi per popolare il livello atomico corrispondente allo stato eccitato degli atomi del mezzo attivo.

Il mezzo attivo (l'insieme di atomi che emette radiazioni) caratterizza l'emissione LASER definendone la lunghezza d'onda.

I LASER vengono classificati in diverse tipologie, a seconda della natura del mezzo attivo utilizzato.

Vi sono LASER a stato solido (nei quali il materiale attivo è costituito da un cristallo o vetro), a semiconduttore, dove la radiazione è dovuta alla

Schema del meccanismo di amplificazione ottica



stimolazione conseguente alla ricombinazione di elettroni (ad esempio es. LASER a diodi), a colorante (si utilizzano soluzioni di opportuni coloranti in vari solventi), a gas (il mezzo attivo è una miscela gassosa eccitata da una scarica elettrica), a eccimeri (il materiale attivo è costituito da molecole instabili che si formano durante la scarica di eccitazione). L'effetto di amplificazione del fascio LASER viene accresciuto dalla riflessione dei fotoni prodotti tramite superfici riflettenti poste agli estremi della cavità LASER.

Una volta estratto il fascio LASER dal dispositivo, esso deve venire "indirizzato" da un opportuno sistema di trasmissione, che deve essere adeguato alla lunghezza d'onda specifica della sorgente. In particolare si possono distinguere i seguenti sistemi di trasmissione: braccio articolato (consente alla radiazione LASER di attraversare un braccio cavo utilizzando sistemi di specchi riflettenti nei casi in cui le lunghezze d'onda interessate vengono assorbite dalle normali fibre in vetro: è il caso dei LASER a CO_2 , che emettono nell'infrarosso); guida d'onda cava (tubo cavo con un rivestimento riflettente interno attraverso cui il fascio LASER può essere trasmesso); fibra ottica (l'energia del fascio LASER viene focalizzata con una lente ed accoppiata ad una fibra ottica. Il fascio divergerà all'estremità distale in vari modi dipendenti dalla sagoma della punta).

La scelta della sorgente LASER e del sistema di trasmissione correlato dipende dal tipo di utilizzo che se ne deve fare.

Per fare un esempio, molti LASER impiegati nei trattamenti chirurgici di tessuti molli utilizzano LASER a CO_2 , i quali hanno una lunghezza d'onda di 10600 nm, assorbita in gran parte dall'acqua: la radiazione LASER risulta quindi particolarmente efficace per questo tipo di tessuti, composti in gran parte di acqua.

LASER a stato solido, accoppiati ad un sistema di trasmissione a fibra ottica, vengono invece utilizzati in odontoiatria, in chirurgia, in urologia. Tra le caratteristiche più importanti della radiazione LASER ci sono la

coerenza e la monocromaticità. Un fascio di radiazione LASER presenta coerenza spaziale, ovvero le onde hanno la stessa fase in tutti i punti della sezione del fascio, e coerenza temporale (le onde conservano la stessa fase nel tempo).

L'intervallo di lunghezze d'onda emesse da una sorgente LASER è da un milione a un miliardo di volte più stretto rispetto a quello di una sorgente di luce (non coerente) ad emissione spontanea: la radiazione che ne esce può quindi essere considerata monocromatica.

Inoltre, un raggio LASER presenta elevata direzionalità (non si allarga apprezzabilmente anche dopo aver percorso lunghe distanze).

Queste caratteristiche fanno sì che si riescano ad ottenere sorgenti con una elevata irradianza (potenza radiante incidente per unità di superficie, misurata in W/m^2).

Vi sono LASER a stato solido, a semiconduttore, dove la radiazione è dovuta alla stimolazione conseguente alla ricombinazione di elettroni, a colorante, a gas e a eccimeri

Esistono attualmente molti tipi di sorgenti LASER che coprono l'intero intervallo di lunghezze d'onda delle radiazioni ottiche. I LASER possono funzionare in emissione continua o pulsata. Questi ultimi sono in grado di produrre impulsi di grande intensità e breve durata (anche ben al di sotto del picosecondo).

Gli effetti biologici delle radiazioni LASER dipendono dalle caratteristiche di emissione della sorgente. In particolare, la localizzazione dei danni dipende dalla lunghezza d'onda della radiazione incidente: variando la lunghezza d'onda varia la profondità di penetrazione della radiazione. La gravità dei danni dipende dalla potenza emessa dalla sorgente e dal tempo di esposizione ovvero dalla Esposizione Energetica, grandezza fisica utilizzata per stabilire i limiti di esposizione a radiazioni ottiche

INTERAZIONI CON LA MATERIA BIOLOGICA

Gli effetti biologici delle radiazioni LASER dipendono dalle caratteristiche di emissione della sorgente. In particolare, la localizzazione dei danni dipende dalla lunghezza d'onda della radiazione incidente: variando la lunghezza d'onda varia la profondità di penetrazione della radiazione. La gravità dei danni dipende dalla potenza emessa dalla sorgente e dal tempo di esposizione ovvero dalla *Esposizione Energetica*, grandezza fisica utilizzata per stabilire i limiti di esposizione a radiazioni ottiche.

Le interazioni della radiazione ottica con i tessuti possono essere di tipo:

- fotochimico: l'energia assorbita viene utilizzata per modifiche strutturali delle molecole in seguito a reazioni chimiche attivate dalla radiazione ottica;
- fotoablattivo: l'energia erogata dalla radiazione provoca ablazione (rimozione esplosiva di materiale dal tessuto in seguito all'irraggiamento) della zona trattata, senza provocare effetti termici nei tessuti adiacenti;
- fotomeccanico: si verifica quando la radiazione ottica è focalizzata ad alta esposizione energetica (nell'ordine di grandezza di 1000 J/cm²) su un tessuto, usando impulsi brevissimi (nanosecondi o picosecondi). Si manifesta come impulso di pressione che dà origine ad un'onda d'urto che può portare a rottura meccanica localizzata dei tessuti investiti;
- fototermico: l'energia assorbita nel tessuto viene trasformata in energia termica. La generazione di calore nei tessuti è determinata dall'assorbimento locale di radiazione ottica da parte delle molecole presenti nei tessuti.

Il fatto che avvenga una o l'altra di queste interazioni dipende dalla combinazione di irradianza e tempo di interazione: una sorgente ad alta irradianza (capace quindi di concentrare elevate energie in pochi mm² di tessuto) usata per brevi tempi di esposizione interagirà prevalentemente per effetto fotoablattivo o fotomeccanico. Per contro, una sorgente a minore irradianza, ma con tempi di esposizione più lunghi, agirà prevalentemente per effetto fototermico o fotochimico.

Gli effetti biologici (e gli eventuali effetti dannosi alla salute ad essi correlati) dipendono, oltre che dalle caratteristiche fisiche della sorgente, anche da fattori biologici del soggetto esposto, quali età, sesso, stato di salute, ipersensibilità, etc.

Come per le radiazioni ionizzanti, anche nel caso delle radiazioni ottiche gli effetti sulla salute possono essere di tipo deterministico (si manifestano cioè al di sopra di una soglia di esposizione) o stocastico (non esiste una soglia: la probabilità che l'effetto si verifichi aumenta con l'esposizione).

Effetti deterministici sono costituiti da eritemi, bruciate, eczemi, fotodermatosi su base tossica, o allergica, per quanto riguarda la cute. Danni retinici, opacità del cristallino, fotocongiuntiviti e cataratta costituiscono invece possibili danni dovuti a sovraesposizione dell'occhio: a questo proposito, particolare attenzione merita il cosiddetto rischio da "luce blu", danno retinico di natura fotochimica indotto prevalentemente dalla radiazione visibile blu, con massima efficacia tra i 440 e 443 nm.

Il rischio maggiore per quanto riguarda gli effetti stocastici coinvolge prevalentemente l'esposizione a radiazione UV e consiste sostanzialmente nell'insorgenza di tumori cutanei: si stima che negli ultimi quaranta anni ci sia un raddoppio dell'incidenza ad ogni decade.

Per le modalità di esposizione a cui si può essere coinvolti per quanto riguarda le sorgenti LASER, gli effetti biologici che vengono presi in considerazione sono quelli deterministici.

SICUREZZA E QUALITÀ NELL'IMPIEGO DI SORGENTI LASER IN MEDICINA

La continua evoluzione della tecnologia delle sorgenti LASER e della sua applicazione in campo medico ha fatto sì che si rendesse necessaria una sempre crescente attenzione ai problemi di sicurezza che possono verificarsi sia per gli operatori che per i pazienti.

Il Testo Unico sulla sicurezza nei luoghi di lavoro, il D. Lgs. 81/2008, impone l'obbligo al datore di lavoro di valutare i rischi a cui sono esposti i lavoratori che impiegano sorgenti di radiazioni ottiche coerenti (i LASER) anche attraverso misure e calcoli che verifichino il non superamento dei limiti di esposizione previsti dalla normativa stessa.

I principali rischi associati all'utilizzo di apparecchi LASER sono riconducibili ad una esposizione indesiderata di occhi e cute (gli organi a rischio), tale da implicare un livello di energia capace di produrre seri danni biologici. Esiste, inoltre, una serie di danni indiretti che comprendono: pericoli di riflessione (ad esempio su superfici lisce quali strumenti o arredi chirurgici), rischi di incendio e bruciature, fumi, elementi combustibili, vapore, rischi elettrici (spesso i LASER di elevata potenza hanno dei circuiti ad alta tensione nei sistemi di pompaggio), radiazioni collaterali.

Una grandezza importante per definire il rischio da esposizione a un'apparecchiatura LASER è quello di LEA (Accessible Emission Limit), che è definito come il livello di radiazione massimo di una sorgente cui può accedere un operatore. Il LEA determina la pericolosità di un apparato LASER.

Attraverso lo studio della soglia di danneggiamento per l'occhio e la cute in funzione della lunghezza d'onda e della durata dell'esposizione alla radiazione LASER, sono stati dedotti i criteri che, in base alla lunghezza d'onda e al LEA, collocano un LASER in una certa classe di pericolosità (ve ne sono in tutto 7).

Il D. Lgs. 81/08 prevede la figura di un Addetto alla Sicurezza LASER (ASL) laddove vi siano installazioni di sorgenti LASER di classe 3B e 4 (gradi di pericolosità maggiori) che ha la funzione di garantire un impiego si-

**“La soluzione completa
per l'Ingegneria Clinica”**

CLINGO

CLINGO® Clinical Asset Management System

- Applicazione totalmente WEB
- Interamente personalizzabile
- Posta elettronica integrata
- Calendario manutenzioni e verifiche
- Archiviazione elettronica dei documenti
- Calcolo dell'Indice di Priorità di Sostituzione
- Gestione del magazzino ricambi
- Gestione di ordini e preventivi
- Inventario elettronico
- Accessorio su computer palmare con lettore di codici a barre
- Stampe professionali personalizzabili
- Cruscotti statistici programmabili
- Prodotto in Italia



UMS
UNITED MEDICAL SOFTWARE

UMS srl, United Medical Software

www.uniteddms.it - info@uniteddms.it

Tel: 055 0512161

Numero verde 800 999715

curo e di qualità delle apparecchiature sia per i pazienti che per gli operatori. Nello stesso decreto si sottolinea la necessità di avvalersi di persone competenti. Per l'importanza e la specificità del compito da svolgere, tale figura deve possedere un elevato livello di conoscenza dei principi fisici e delle interazioni delle radiazioni LASER con i materiali, della strumentazione e delle metodiche di misura, delle tecniche di valutazione e gestione dei rischi, delle procedure di sicurezza da adottare. Il Fisico Medico, possedendo le conoscenze e le competenze necessarie, spesso si trova a ricoprire l'incarico di ASL. L'AIFM (Associazione Italiana di Fisica Medica) a tal riguardo ha pubblicato un rapporto tecnico con lo scopo di fornire uno strumento informativo e operativo ai Fisici Medici che si trovano a dover trattare questo tipo di problematica all'interno delle strutture sanitarie in cui operano: il documento, basandosi su linee guida e normative nazionali ed internazionali

fornisce indicazioni su apparecchiature LASER e loro utilizzi in ambito medico, controlli di qualità periodici da effettuare su di esse, procedure di sicurezza, strumentazione di misura.

SVILUPPI FUTURI

Molteplici sono le prospettive future nell'impiego dei LASER in medicina. Tra le applicazioni più interessanti in fase di studio c'è la Tomografia Ottica a radiazione Coerente (OTC), che consiste in una tecnica di diagnosi per immagini che utilizza raggi di luce coerente per ottenere delle scansioni tomografiche. Ad oggi l'OTC è ampiamente usata in oculistica, per l'analisi delle strutture oculari, soprattutto retiniche e corneali, mediante sezioni ad alta risoluzione. Ciò che si prevede per il futuro è l'impiego di questa tecnica diagnostica in altri ambiti della medicina: in particolare, James Fujimoto (Massachusetts Institute of Technology), co-inventore di questa tecnica, individua un potenziale impiego dell'OTC nell'imaging delle arterie, mediante l'impiego di fibre ottiche. Altre linee di ricerca riguardano la spettroscopia con LASER a infrarosso (l'interesse nasce dal fatto che tessuti cancerogeni e tessuti sani presentano diversi fattori di trasmissione nel range dell'infrarosso. Grazie a questa differenza, una promettente applicazione di questa tecnica potrebbe essere la diagnosi precoce dei melanomi) e la microscopia in vivo che, mediante l'utilizzo di opportune sonde endoscopiche, permette di produrre immagini ad altissima risoluzione ed in tempo reale dei distretti anatomici analizzati. ■

Come per le radiazioni ionizzanti, anche nel caso delle radiazioni ottiche gli effetti sulla salute possono essere di tipo deterministico (si manifestano cioè al di sopra di una soglia di esposizione) o stocastico (non esiste una soglia: la probabilità che l'effetto si verifichi aumenta con l'esposizione)

