



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

Corso

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

**23-25 Settembre 2002**

Villa Olmo – Como

**Il corso è stato approvato dall'ECM con 18 crediti  
(Ministero della Salute)**

Coordinatori del Corso: **Renato Marchesini, Luigi Spiazzi**

Coordinamento scientifico: **Piero Feroldi , Alberto Torresin**



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

Carissimi,

è con grande piacere che vi inviamo il materiale preparatorio del corso che si terrà nei prossimi giorni.

Ringraziamo i relatori che hanno preparato il prezioso materiale allegato che spero riusciate a leggere prima dell'inizio dei lavori. Ciò ci permetterà di meglio apprezzare le relazioni che verranno presentate.

Nell'ultima parte del documento, Vi allego anche il questionario di valutazione del corso che vi prego di consegnare alla segreteria alla fine delle attività didattiche.

Arrivederci al prossimo **lunedì**

*Scuola Superiore di Fisica in Medicina P. Caldirola*

Il Direttore

***Dr. Alberto Torresin***

*I Coordinatori del Corso*

***Renato Marchesini, Luigi Spiazzi***

19 settembre 2002

## Finalità del corso

Si stanno sempre più diffondendo apparecchiature in campo medico che sfruttano l'interazione delle radiazioni ottiche, generate da sorgenti sia laser che convenzionali, con il tessuto biologico per fini diagnostici e terapeutici. I laser fanno ormai parte delle sale operatorie con impieghi che ricoprono tutte le specialità chirurgiche, l'uso di sostanze fotosensibili si sta affermando per il trattamento locale di patologie, metodiche di fluorescenza, di spettroscopia e di tomografia ottica suggeriscono la possibilità di nuove procedure diagnostiche.

Questo Corso, indirizzato a fisici e medici che operano in ambiente sanitario, si prefigge tre obiettivi: fornire gli elementi di base dell'interazione tra radiazione ottica e tessuto biologico, illustrare lo stato di avanzamento delle nuove procedure diagnostiche e terapeutiche, evidenziare le tematiche relative alla protezione degli operatori e dei pazienti.

## Schede da rispedire compilate a:

Segreteria Organizzativa  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"  
Villa Olmo  
Via Cantoni, 1  
22100 Como  
tel. 031/579813  
fax 031/573395  
e-mail: congressi@centrovolta.it

## Programma

### Lunedì 23 settembre 2002

- 9.30-10.00 Presentazione Corso  
Alberto Torresin, Renato Marchesini
- 10.00-11.00 Interazione delle radiazioni ottiche con il tessuto biologico.  
Riccardo Pratesi (Firenze)
- 11.00-11.30 Coffee break
- 11.30-12.30 Modelli della propagazione delle radiazioni ottiche in mezzi torbidi.  
Giovanni Zaccanti (Firenze)
- 12.30-13.00 L'impiego di UV in diagnosi e cura.  
Cristina Zane (Brescia)
- 13.00 Pranzo
- 14.00-15.00 Strumentazione e metodologie di misura per radiazione ottica.  
Luigi Spiazzi (Brescia)
- 15.00-15.30 Dosimetria UV: aspetti clinici e problematiche.  
Pier Giorgio Calzavara - Pinton (Brescia)
- 15.30-16.00 Coffee break
- 16.00-16.30 Sorgenti laser: strumentazione e metodologie.  
Renato Marchesini (Milano)
- 16.30-18.00 La fluorescenza esogena ed endogena: implicazioni diagnostiche e terapeutiche.  
Giovanni Bottiroli (Pavia)

### Martedì 24 settembre 2002

- 09.00-10.00 L'impiego della fluorescenza risolta in tempo nella diagnosi dei tumori.  
Gianluca Valentini (Milano)
- 10.00-11.00 La tomografia ottica: situazione attuale e prospettive.  
Rinaldo Cubeddu (Milano)

- 11.00-11.30 Coffee break
- 11.30-12.30 La spettroscopia di riflettanza nella diagnosi dei melanomi.  
Stefano Tomatis (Milano)
- 13.00 Pranzo
- 14.00-14.45 Le applicazioni laser in Endoscopia.  
Pasquale Spinelli (Milano)
- 14.45-15.30 Le applicazioni laser in Oculistica.  
Franco Docchio (Brescia)
- 15.30-16.00 Coffee break
- 16.00-16.45 Le applicazioni laser in Ginecologia.  
Gaetano Bandieramonte (Milano)
- 16.45-17.30 Le applicazioni laser in ORL.  
Fausto Chiesa (Milano)
- 17.30-18.15 Le applicazioni laser in Dermatologia.  
Rossana Capezzerà (Brescia)

### Mercoledì 25 settembre 2002

- 09.00-10.00 Linee guida per gli operatori nell'impiego sanitario di UV.  
Renzo Delia (Roma)
- 10.00-11.00 La sicurezza laser: standard e guide di riferimento internazionali ed italiane.  
Alberto Sona (Milano)
- 11.00-11.15 I problemi della sicurezza laser nella pratica clinica.  
Riccardo Di Liberto (Pavia)
- 11.15-11.30 Coffee break
- 11.30-12.30 Linee guida ICNIRP per la radiazione ottica.  
Martino Grandolfo (Roma)
- Test di valutazione del corso e test di uscita (per tutti i corsisti)
- Conclusione del Corso

## Scheda di iscrizione

(da ritornare entro e non oltre il 1 settembre 2002)

### Corso

## Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia

Villa Olmo (Como), 23-25 settembre 2002

Cognome \_\_\_\_\_  
Nome \_\_\_\_\_  
Professione \_\_\_\_\_  
Disciplina \_\_\_\_\_  
Indirizzo \_\_\_\_\_  
CAP e Provincia \_\_\_\_\_  
Codice Fiscale \_\_\_\_\_  
Tel. \_\_\_\_\_  
Fax \_\_\_\_\_  
e-mail \_\_\_\_\_

### Quota di iscrizione

- Soci AIFM: 300 €  
 Non Soci: 350 €  
 Studenti: 60 €  
 Studenti (solo materiale didattico): 20 €

In caso di esenzione da IVA si prega di accludere la relativa dichiarazione di esenzione.

### Modalità di pagamento

- Bonifico bancario su: INTESA BCI Rete CARIPLO-  
sede di Como  
Conto N°: 214071/62  
ABI: 3069.2 - CAB: 10910.8  
Intestatario: Centro Volta
- Assegno bancario o circolare (non trasferibile)  
intestato al Centro "A. Volta"

Desidero ricevere:  ricevuta  fattura

Intestazione fattura: \_\_\_\_\_

Partita IVA \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

La segreteria organizzativa, in conformità alla legge 675/96, La informa che i dati rilasciati sono coperti da riservatezza e finalizzati esclusivamente all'invio di informazioni congressuali.

## Scheda di prenotazione alberghiera

(da ritornare entro e non oltre il 31 luglio 2002)

### Corso

## Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia

Villa Olmo (Como), 23-25 settembre 2002

Cognome \_\_\_\_\_  
Nome \_\_\_\_\_  
Ente \_\_\_\_\_  
Indirizzo \_\_\_\_\_  
Città \_\_\_\_\_  
Tel. \_\_\_\_\_  
e-mail \_\_\_\_\_  
Data arrivo \_\_\_\_\_  
Data partenza \_\_\_\_\_

### Prezzi camere (b&b)

Categoria	Doppia uso singola	Doppia
****	93 - 108 Euro	124 - 134 Euro
***	80 - 85 Euro	105 - 110 Euro

Si prega di riservare: n.  doppia  
n.  doppia uso singola

Categoria scelta:  \*\*\*\*  \*\*\*

**Non saranno garantite richieste di prenotazione pervenute oltre il 31 luglio 2002.**

La prenotazione sarà confermata solo se accompagnata da un numero di carta di credito.

Visa  Mastercard/Eurocard

Numero carta \_\_\_\_\_  
Scadenza \_\_\_\_\_  
Intestatario carta \_\_\_\_\_  
Firma \_\_\_\_\_

**Coordinatori del Corso:** Renato Marchesin  
Luigi Spiazzi  
**Coordinamento scientifico:** Piero Feroldi  
Alberto Torresin

**Renato Marchesin**  
U.O. Fisica Sanitaria  
Istituto Nazionale Tumori  
Via G. Venezian 1  
20133 Milano  
Tel.: 02 23902122  
Fax: 02 23902124  
e-mail: rmarche@istitutotumori.mi.it

**Luigi Spiazzi**  
Servizio di Fisica Sanitaria  
A.O. Spedali Civili di Brescia  
Piazzale Spedali Civili 1  
25123 Brescia  
Tel: 030 3995 358/284  
Fax: 030 3995 075  
e-mail: fisicasan.bs@numerica.it

**Piero Feroldi**  
Servizio di Fisica Sanitaria  
A.O. Spedali Civili di Brescia  
Piazzale Spedali Civili 1  
25123 Brescia  
Tel: 030 3995 359/284  
Fax: 030 3995 075  
e-mail: fisicasan.bs@numerica.it

**Alberto Torresin**  
Servizio di Fisica Sanitaria  
Azienda Ospedale Niguarda  
P.zza Ospedale Maggiore, 3 - 20126 Milano  
Tel. 02, 64443766  
Fax 02, 64442904  
e-mail: alberto.torresin@unimi.it

**Segreteria Organizzativa:**  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"  
Villa Olmo - Via Cantoni, 1  
22100 Como  
Tel. 031.579813  
Fax 031/573395  
e-mail: congressi@centrovolta.it

**Comitato Scientifico della Scuola Superiore  
di Fisica in Medicina P. Caldirola** [www.aifm.it](http://www.aifm.it)  
A. Torresin - Direttore della Scuola  
C. Birattari, M. Brai, P. Feroldi, A. Formiconi,  
C. Marchetti, T. Tirabassi

## Informazioni generali

**Sede**  
Villa Olmo  
Via Cantoni, 1  
22100 Como

**Quota di partecipazione al Corso**

Soci AIFM:	300 €
Non soci :	350 €
Studenti:	60 €
Studenti (solo materiale didattico):	20 €

I metodi di pagamento sono indicati sulla scheda di iscrizione.

### Modalità di iscrizione e di eventuale prenotazione alberghiera

Si prega di compilare e di spedire le schede allegate alla Segreteria Organizzativa del Corso. Le iscrizioni verranno accettate in ordine di arrivo del fax o della prenotazione via mail, fino ad esaurimento dei posti disponibili.

Dato il numero limitato di posti con crediti ECM, verrà data la precedenza agli iscritti AIFM.

### Attestato di partecipazione

Sarà consegnato un attestato di partecipazione al Corso.



Associazione Italiana di Fisica In Medicina

**Scuola Superiore di Fisica in Medicina  
"P. Caldirola"**  
(Direttore: A. Torresin)



**CENTRO DI CULTURA SCIENTIFICA  
"A. VOLTA"**

**C O R S O**

**Le radiazioni ottiche  
in medicina e  
chirurgia per la  
diagnosi e la terapia**

**23-25 Settembre 2002  
Villa Olmo - Como**

Corso accreditato ECM  
per fisici e dermatologi

**23-25 SETTEMBRE 2002  
VILLA OLMO - COMO**



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"

(Direttore: A. Torresin)

### Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia

Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi

## INTERAZIONE DELLE RADIAZIONI OTTICHE CON IL TESSUTO BIOLOGICO

**Riccardo Pratesi**

**Istituto di Elettronica Quantistica**

**Firenze**

Vengono illustrati brevemente, ed in via semplice, i principali processi di interazione della radiazione ottica con la biomateria alla base delle applicazioni chirurgico-terapeutiche e diagnostiche.

L'assorbimento della radiazione ottica da parte della biomateria costituisce il processo più importante per le applicazioni chirurgico-terapeutiche e diagnostiche. Cellule e tessuti di origine animale assorbono in modo particolare nella regione dell'UV, per cui le transizioni elettroniche richiedono l'assorbimento di fotoni di energia relativamente elevata. Solo poche specie molecolari hanno un assorbimento significativo nella regione del vicino UV – visibile. Nella regione dell'infrarosso, l'assorbimento dominante è quello dell'acqua.

La conversione in calore dell'energia assorbita produce *reazioni fototermiche*, a seguito dell'aumento della temperatura locale. L'evoluzione della temperatura nel tempo dipende dalla modalità con cui l'energia laser è depositata nel tessuto, in particolare dalla durata dell'impulso e dalla quantità di energia per impulso. Il riscaldamento progressivo del tessuto produce una sequenza complessa di effetti biologici che a livello macroscopico possono essere classificati secondo differenti processi termodinamici a cui corrispondono le principali modificazioni istologiche.

Un importante tipo di interazione è l'*interazione fotochimica*, attivata quando l'energia assorbita viene utilizzata per riarrangiamenti conformazionali o strutturali della molecola, la formazione di una nuova specie, il trasferimento ad altra molecola, che, a sua volta, reagisce non termicamente con le molecole del mezzo (quale la reazione *fotodinamica*).

All'assorbimento della radiazione ottica e al conseguente riscaldamento del tessuto sono associati processi di generazione di onde meccaniche, utili a volte per la distruzione di certe strutture biologiche (*interazioni fotomeccaniche*). Questi effetti si manifestano in forma acuta con radiazione laser di breve durata temporale ed alta potenza di picco, foceggiata nella zona di interesse, dove dà origine ad un'onda d'urto in grado di rompere meccanicamente la struttura entro cui si propaga. In particolari condizioni si possono verificare processi di ionizzazione del mezzo irradiato, con formazione di *plasma* e di intense onde meccaniche.

Per la valutazione degli effetti biologici della radiazione ottica è necessario conoscere le leggi di propagazione della radiazione elettromagnetica e del calore nei mezzi biologici interessati dalla radiazione. I parametri ottici e termici non sono costanti, ma dipendono dalle condizioni del tessuto, che è funzione, ad esempio, della temperatura, del grado di idratazione, del danno termico, ecc. Data la complessità di questi mezzi è praticamente impossibile sviluppare attualmente una teoria esatta della propagazione della radiazione ottica e del calore nei tes-



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

suti corporei. É necessario, quindi, ricorrere a modelli che necessariamente schematizzano in maniera estremamente drastica la complessa struttura del sistema e dei processi propagativi che ivi hanno luogo. Ciò nondimeno, gli studi di questi ultimi anni hanno mostrato come sia possibile introdurre dei modelli ottici e termici in grado di fornire indicazioni anche quantitative per una sufficientemente corretta descrizione della distribuzione della radiazione ottica nei tessuti e dei conseguenti effetti termici.



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"

(Direttore: A. Torresin)

### Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia

Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi

## MODELLI PER LA PROPAGAZIONE DELLE RADIAZIONI OTTICHE IN MEZZI TORBIDI

**Giovanni Zaccanti**

**Dipartimento di Fisica**

**Università degli Studi di Firenze**

Dal punto di vista ottico il tessuto biologico è un mezzo molto torbido e la propagazione della radiazione è dominata dagli effetti di scattering e di assorbimento. All'interno del tessuto i fotoni si propagano lungo traiettorie a zig-zag molto caotiche determinate dai frequenti eventi di scattering. Se lungo queste traiettorie i fotoni sopravvivono in numero consistente agli effetti di assorbimento, essi possono penetrare anche a notevole profondità (alcune decine di mm) prima di riemergere dal tessuto anche a notevole distanza (decine di mm) dal punto di immissione. Danno quindi luogo a una riflettanza o trasmittanza diffusa analizzando la quale si possono avere utili informazioni anche su tessuti profondi. Perché questo accada il coefficiente di assorbimento del tessuto,  $\mu_a$ , deve essere molto piccolo rispetto al coefficiente di scattering ridotto,  $\mu_s'$  (ricordiamo che  $1/\mu_a$  rappresenta il cammino che in media la radiazione percorre prima di essere assorbita, e che  $1/\mu_s'$  rappresenta la profondità all'interno del tessuto alla quale mediamente la radiazione penetra prima di 'perdere memoria' della direzione di provenienza). Questo si verifica per i tessuti alle lunghezze d'onda nel vicino infrarosso ( $650 \ll 1000 \text{nm}$ ) per le quali tipicamente  $\mu_a = 1 \text{ mm}^{-1}$  (con debole dipendenza da  $\lambda$ ) e  $0.01 \text{ mm}^{-1}$  (fortemente influenzato dalla concentrazione e dal grado di ossigenazione dell'emoglobina e con forte dipendenza da  $\lambda$ ). Le lunghezze d'onda in questa 'finestra' sono quindi adatte per il monitoraggio e per l'imaging di tessuti anche profondi. Per tutte queste applicazioni è di fondamentale importanza disporre di modelli accurati ed efficienti per descrivere la propagazione (problema diretto). Questi modelli sono la base di partenza per lo sviluppo degli algoritmi per l'analisi dai dati sperimentali (problema inverso).

Per descrivere la propagazione presenteremo due approcci: uno numerico, basato su simulazioni di tipo Monte Carlo, e uno analitico, basato sulla equazione della diffusione. Verranno descritte le principali caratteristiche di un tipico programma di simulazione Monte Carlo, e le approssimazioni che portano alla equazione della diffusione. Verranno poi mostrate soluzioni sia per mezzi omogenei che per mezzi contenenti disomogeneità, in geometrie tipiche di interesse per applicazioni nel campo dell'ottica dei tessuti biologici. Le caratteristiche salienti della propagazione verranno illustrate mediante l'analisi di mappe che mostrano 1) la distribuzione della irradianza all'interno del tessuto e 2) la regione del mezzo attraverso la quale i fotoni si propagano nel migrare dalla sorgente ad un generico punto della superficie nel quale è posto lo strumento di misura.

#### Riferimenti bibliografici

- V. V. Tuchin (2000) Tissue Optics: Light scattering methods and instruments for medical diagnosis. (SPIE Press Vol. TT38).



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

- Ishimaru (1978) Wave propagation and scattering in random media (Academic Press)



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

## **L'IMPIEGO DI UV IN DIAGNOSI E CURA**

**Cristina Zane**

**Divisione Dermatologica**

**A.O. Spedali Civili di Brescia**

Le radiazioni elettromagnetiche non-ionizzanti con lunghezza d'onda compresa tra 100 e 400 nm sono definite ultraviolette (RUV). Sulla base della diversa attività fotobiologica, sono state suddivise in tre bande: UV-A (400-320 nm), UV-B (320-280 nm) e UV-C (280-100 nm). Successivamente, sono state ulteriormente suddivise in UVB1(280- 300 nm), UVB2 (300- 315 nm), UVA1 (315- 340 nm) e UVA2 (340- 400 nm), ognuna con peculiari attività sulla cute umana e con precise indicazioni terapeutiche.

Le proprietà terapeutiche della radiazione solare sono note fin dall'antichità ma solo dagli anni '70 la tecnologia ha reso disponibili sorgenti luminose artificiali con emissione confinata nello spettro desiderato, ragionevolmente costante nel tempo ed elevata fluensa su ampi campi di irradiazione. Questo ha permesso i recenti progressi nella conoscenza delle interazioni tra RUV e tessuti e nelle applicazioni in fototerapia e fotodiagnostica.

La fototerapia con UVB a banda larga è diffusamente impiegata nella diagnosi e cura di numerose dermatosi quali psoriasi, vitiligine, micosi fungoide, alopecia areata, lichen e prurito uremico e dermatite atopica e nella profilassi delle fotodermatosi quali eruzione polimorfa solare, orticaria solare e reticuloide attinico. La sua diffusione è tuttavia stata recentemente contrastata dalla disponibilità per uso medico delle lampade UVB a banda stretta con circa l'80% dell'emissione concentrata in un picco a  $312 \pm 2$  nm. Queste nuove sorgenti hanno dimostrato una maggiore efficacia terapeutica e minori effetti collaterali a breve termine quali eritema fototossico, prurito e xerosi cutanea. Recentemente, la fototerapia con lampade alogeno-metalliche con irradianza molto elevata e confinata nella banda UVA1 (340-400 nm), ha dimostrato un'elevata attività immunomodulante ed ha conosciuto un crescente successo ed interesse nel trattamento della dermatite atopica e dei linfomi cutanei a cellule T.

A differenza di quanto avviene nelle fototerapie in cui l'effetto biologico è dato dall'assorbimento di un fotone da parte di cromofori endogeni (peculiari per ogni banda UV), l'attività biologica della fotochemioterapia dipende dall'attivazione di un cromoforo esogeno localizzato nella cute dopo ingestione o applicazione locale. Nella PUVA terapia, le irradiazioni UVA sono precedute dalla somministrazione locale o sistemica di psoraleni quali 8-MOP, 5-MOP o TMP. La successiva irradiazione con UVA, permette la loro attivazione e quindi il loro legame con molecole presenti nella cellula di cui ne modificano profondamente l'attività.



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"

(Direttore: A. Torresin)

### Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia

Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi

## STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA DI MISURA PER RADIAZIONE OTTICA

**Luigi Spiazzi**

Servizio di Fisica Sanitaria  
A. O. Spedali Civili di Brescia

In questa relazione si tratterà brevemente un quadro della problematica dell'effettuazione di misure per valutare l'esposizione di pazienti a campi di radiazione ottica. Verrà quindi esposto un quadro di definizioni delle grandezze di interesse e accennata la loro relazione con gli effetti clinici desiderati ovvero da limitare. Si analizzeranno in qualche dettaglio le componenti di uno strumento di misura:

- Ottica di ingresso: rappresentata dal sistema di raccolta della radiazione ottica che si desidera misurare
- Sistema di selezione di quanto raccolto dall'ottica di ingresso: che può essere costituito da filtri a banda o da sistemi di separazione spettrale (monocromatori o spettrografi)
- Rivelatori: che possono essere di tipo fisico, chimico e biologico

In particolar modo si definiranno i principi di funzionamento dei sistemi di separazione spettrale e i rivelatori di tipo fisico. A tale scopo ci pare utile riportare una breve lista delle caratteristiche da individuare e analizzare per predisporre una corretta metodica di misura:

### Caratteristiche della sorgente di radiazione

- Lunghezza d'onda di emissione o spettro di emissione (**nm**)
- Geometria di emissione
- Profilo temporale di emissione

### Caratteristiche del campo di radiazione

- Intensità radiante: flusso radiante emesso dalla sorgente nell'unità di angolo solido (**W sr<sup>-1</sup>**)
- Radianza: flusso radiante per unità di angolo solido e per unità di superficie emesso da una sorgente estesa (**W sr<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>**)
- Caratteristiche dell'interazione radiazione-superficie di irraggiamento
- Irradianza: flusso radiante incidente su una superficie considerata (**W m<sup>-2</sup>**)
- 
- Esposizione radiante: energia radiante incidente sulla superficie (**J m<sup>-2</sup>**)
- Superficie irraggiata (**cm<sup>2</sup>**)

### Caratteristiche dell'effetto biologico – clinico di interesse

- Curve di peso spettrale per particolare effetto biologico o clinico



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

## **DOSIMETRIA UV: ASPETTI CLINICI E PROBLEMATICHE**

**Piergiacomo Calzavara-Pinton**

**Divisione Dermatologica**

**A.O. Spedali Civili di Brescia**

Una fototerapia ottimale con ultravioletti (UV) richiede uno stretto controllo delle variabili che possono influenzare la riuscita clinica. Una parte del controllo è la misura accurata di queste variabili, in particolare il contenuto spettrale dell' emissione delle sorgenti UV impiegate, l' energia UV applicata alla cute del paziente e il dosaggio di psoralene (quest' ultima variabile presente solo nel caso della PUVA terapia).

La determinazione dello spettro di emissione (cioè la potenza relativa delle diverse lunghezze d' onda emesse) di una lampada, e il controllo di eventuali sue variazioni nel tempo, deve essere effettuato con uno spettroradiometro.

Sulla base dello spettro di emissione della sorgente UV e della conoscenza dei diversi spettri di azione (cioè il diagramma del reciproco del numero fotoni incidenti richiesti per produrre un dato effetto verso la lunghezza d' onda) delle più comuni reazioni biologiche agli UV, quali lo spettro d' azione eritemigena, cancerogena, terapeutica (per la psoriasi) etc. può essere facilmente calcolato il flusso radiante spettrale totale.

Durante la terapia devono essere eseguiti controlli regolari dell' irradianza, cioè della potenza dell' energia emessa per unità di superficie ( $W/m^2$  o  $mW/cm^2$ ). Questi sono eseguiti con uno spettroradiometro o, più agevolmente con un radiometro a banda larga portatile.

Questi devono essere scelti accuratamente sulla base delle loro caratteristiche fotofisiche. In generale i radiometri a banda larga devono avere una risposta spettrale 300-10000 nm con filtri cut-off per lunghezze d' onda oltre UV, un range dinamico ( $0.05- 50 mW/cm^2$ ), una risposta lineare ( $<2\%$ ) e un' adeguata correzione coseno.

Limiti di queste apparecchiature sono che l' utilizzo di un singolo apparecchio è limitato ad un solo tipo di sorgente (non consentono cioè la misura corretta di sorgenti diverse) e che radiometri diversi forniscono risultati diversi per una stessa sorgente.

Devono inoltre essere calibrati almeno una volta all' anno con uno spettroradiometro. La diffusa mancata osservanza di tali indicazioni porta ad una situazione reale, più volte riscontrata e segnalata di grande imprecisione nelle misure, sia in Italia che in altri paesi europei.

Un altro problema è la misura della dose di radiazione che effettivamente raggiunge la superficie cutanea nelle diverse sedi corporee. A scopi terapeutici appare opportuno utilizzare la media delle misurazioni ottenuta a diverse altezze e posizione corporee



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

## **SORGENTI LASER: STRUMENTAZIONE E METODOLOGIE (AI FINI DELLA SICUREZZA IN SALA OPERATORIA)**

**Renato Marchesini**  
**Istituto Nazionale Tumori, Milano**

I laser hanno trovato un ruolo ben definito in tutti i settori chirurgici sfruttando i differenti effetti (termico, fotoacustico, fotoablattivo, fotochimico) che si possono indurre nel tessuto biologico. Come per tutte le attività lavorative, esistono alcuni rischi associati al loro impiego, rischi che possono interessare sia l'operatore sia (soprattutto) il paziente.

Per una corretta valutazione dei rischi è necessario individuare quali sono le problematiche, legate alla sicurezza, connesse all'uso non solo delle sorgenti ma anche dello strumentario (p.e., manipoli, microscopi, fibre ottiche, endoscopi) che, parte integrante dell'applicazione laser, viene utilizzato nei diversi settori chirurgici. Individuate le problematiche è necessario attuare tutte le precauzioni del caso ed attivare un programma di QA, per il quale dovrebbe essere preposto un Addetto alla Sicurezza Laser, della procedura di trattamento.

Anzitutto, si deve assicurare che l'apparecchio laser, prima di essere messo in servizio, sia conforme alle prescrizioni di sicurezza previste dalle norme vigenti e controllare le funzioni relative all'impiego della sorgente (p.e., potenza, energia, trasmissione componenti ottici) ai fini della prova di accettazione. Sarà quindi necessario attuare un programma di assicurazione di qualità per la verifica del corretto funzionamento dell'apparecchio laser e degli accessori utilizzati.

#### Documenti di riferimento

- CEI EN 60825-1 Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 1: Classificazione delle apparecchiature, prescrizioni e guida per l'utilizzatore.
- CEI EN 60601-2-22 Apparecchi elettromedicali. Parte 2: Norme particolari per la sicurezza degli apparecchi laser terapeutici e diagnostici.
- CEI 76-6 Sicurezza degli apparecchi laser. Parte 8: Guida all'uso degli apparecchi laser in medicina.



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

(Direttore: A. Torresin)

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi

## **LA FLUORESCENZA ESOGENA ED ENDOGENA: IMPLICAZIONI DIAGNOSTICHE E TERAPEUTICHE**

**Giovanni Bottioli**

**IGM – Sezione di Istochimica e Citometria  
CNR e Università degli Studi, Pavia**

### **Fotodiagnosi**

La spettroscopia di fluorescenza è attualmente oggetto di notevole interesse per lo sviluppo di tecniche minimamente invasive o non invasive in grado di caratterizzare parametri biologici dei tessuti suscettibili di utilizzo a fini diagnostici. Si possono distinguere due diversi approcci alla caratterizzazione dei tessuti per via fluorimetrica in dipendenza della natura dei fluorofori responsabili dell'emissione. Questi infatti si distinguono in fluorofori endogeni, che sono naturalmente presenti in cellule e tessuti biologici, e fluorofori esogeni, che devono essere somministrati. Nel primo caso si parla di fluorescenza naturale o autofluorescenza, nel secondo caso di fluorescenza indotta.

*Autofluorescenza.* I fluorofori endogeni sono molecole coinvolte sia in processi metabolici e funzionali (coenzimi quali NADH e FAD, flavoproteine, lipopigmenti, porfirine) che negli aspetti organizzativi (proteine costitutive, collagene, elastina) di cellule e tessuti. Poiché fluorescenza di un tessuto è dipendente dalla natura, dalla distribuzione spaziale e dal microambiente dei fluorofori endogeni, è logico attendersi che l'insorgenza di situazioni patologiche, alterando le caratteristiche biochimiche e istologiche del tessuto, determina modificazioni della fluorescenza stessa che sono indicative della condizione biologica del tessuto. Tra i diversi settori di applicazione delle tecniche di autofluorescenza, la diagnosi dei tumori è quello che ha ricevuto maggiore attenzione. Variazioni sia di intensità di fluorescenza che di forma spettrale sono stati riscontrati in tumori di diversi tessuti e organi, quali colon, cervice, bronchi esofago e cervello. Studi di base eseguiti su campioni di tessuto ex vivo hanno consentito di verificare che nel caso di tessuti epiteliali multilayer la disorganizzazione del tessuto provocata dall'invasività del tumore è la causa principale delle modificazioni di autofluorescenza osservate nelle lesioni rispetto al tessuto sano circostante. Nel caso di altri tessuti (es. cervello) le variazioni di autofluorescenza riscontrabili nei tumori sembrano riconducibili maggiormente ad alterazioni delle condizioni metaboliche.

*Fluorescenza Indotta.* I fluorofori esogeni impiegabili nella fotodiagnosi sono sostanze che, in virtù delle loro proprietà fisico-chimiche e farmaco-cinetiche, sono in grado di accumularsi in cellule e tessuti in condizioni patologiche in modo preferenziale rispetto al tessuto sano circostante. Ne consegue che, per esposizione a luce di opportuna lunghezza d'onda, la lesione risulterà evidenziata dalla comparsa di un segnale di fluorescenza significativamente più alto di quello del tessuto che la circonda. La diagnosi basata sulla fluorescenza indotta ha avuto inizio, in oncologia, negli anni 60 con l'introduzione di un derivato porfirinico noto come Hematoporphyrin Derivative (HPD), il quale, per eccitazione nell'UV-blue dà luogo ad emissione nel rosso (630 nm). Attualmente numerose classi di composti sono allo studio con la finalità primaria di migliorare la specificità di localizzazione nella massa tumorale e di favorire una loro rapida eliminazione, così da ridurre gli effetti collaterali da fototossi-



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica “A. Volta”

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina “P. Caldirola”**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

cità sistemica. Risultati particolarmente interessanti sono ottenuti mediante impiego di un precursore della Protoporfirina, l'acido 5-amino levulinico (ALA), il quale sfruttando le alterazioni presenti nei sistemi biosintetici delle cellule tumorali, determina un accumulo altamente specifico di fluoroforo (Protoporfirina) in queste rispetto alle cellule normali.

#### **Fototerapia**

I fluorofori esogeni impiegati nella diagnosi dei tumori presentano di regola proprietà fotosensibilizzatrice. Tale proprietà consiste nel fatto che parte dell'energia luminosa assorbita per illuminazione viene convertita in energia chimica in grado di scatenare una serie di trasformazioni che portano alla comparsa di specie fortemente citotossiche che provocano la morte delle cellule interessate. Tra i diversi meccanismi fotochimici, quello che avviene con maggiore probabilità si basa sul trasferimento di energia dal fotosensibilizzante all'ossigeno normalmente presente nei tessuti, con passaggio di questo dallo stato di tripletto a quello di singoletto, in grado di indurre foto-ossidazione sulle biomolecole del microambiente che lo circonda. Nella pratica, la fototerapia viene realizzata attraverso la somministrazione del fotosensibilizzante seguita da irraggiamento, dopo un intervallo di tempo opportuno per favorire la sua localizzazione selettiva nel tumore. In linea di principio la fototerapia costituisce una modalità di trattamento dei tumore di elevatissima specificità, potendo abbinare la selettività di localizzazione del fotosensibilizzante alla possibilità di confinare l'attivazione del medesimo esclusivamente alla lesione mediante opportuni sistemi ottici.

Storicamente, la fototerapia si è sviluppata parallelamente alla fotodiagnosi per fluorescenza indotta ponendo tuttavia alcuni problemi specifici relativi all'efficacia del trattamento. Oltre all'accumulo selettivo nella lesione – come già visto nel caso della diagnosi – un efficace trattamento fototerapico richiede che l'azione del fotosensibilizzante non sia limitata alla sola superficie illuminata ma coinvolga anche gli strati profondi della lesione. Da qui la necessità di disporre di fotosensibilizzanti in grado di assorbire energia, e quindi fotoattivarsi, a lunghezze d'onda con buona penetrabilità nei tessuti biologici (oltre 650 nm). Tra i fotosensibilizzanti delle generazioni successive all'Hematoporphyrin Derivative, che attualmente riscuotono particolare interesse, si ricordano, oltre al già citato ALA, le ftalo- e naftalo-cianine, le benzoporfirine, le clorine e le etiopurpurine.



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

## **L'IMPIEGO DELLA FLUORESCENZA RISOLTA IN TEMPO NELLA DIAGNOSI DEI TUMORI**

**Gianluca Valentini**  
**Dipartimento di Fisica**  
**Politecnico di Milano**

Per la diagnosi di tumori superficiali, sia sulla cute, che in cavità raggiungibili per via endoscopica sono interessanti le tecniche di fluorescenza, che possono basarsi sia sulla emissione endogena dei tessuti, sia sulla emissione di opportuni agenti marcatori. Tra i possibili marcatori sono particolarmente interessanti i farmaci fotosensibilizzanti usati da alcuni anni in oncologia sperimentale per la terapia fotodinamica dei tumori. Infatti, tali farmaci si localizzano preferenzialmente nei tessuti neoplastici e sono in generale fluorescenti. Il segnale esogeno, associato all'area patologica, può essere discriminato dalla fluorescenza endogena di fondo dei tessuti sulla base di diverse proprietà spettrali o temporali. La discriminazione nel dominio del tempo, richiede in generale attrezzature più complesse, ma presenta vantaggi in termini di selettività e di immunità da artefatti dovuti, ad esempio, alla morfologia del tessuto o alla disuniformità del fascio di eccitazione. Tra i farmaci fotosensibilizzanti si distingue l'acido delta-aminolevulinico (ALA) che viene trasformato dal metabolismo cellulare in protoporfirina IX (PpIX). Poiché questa trasformazione è più efficiente nelle cellule tumorali, nelle neoplasie si genera un eccesso di PpIX, facilmente rilevabile grazie alle proprietà di fluorescenza di questa sostanza. Infatti, quando la PpIX viene eccitata con luce a 400 nm, emette una intensa fluorescenza rossa a vita media relativamente lunga (tempo di vita  $\tau > 15$  ns). L'emissione di fluorescenza della PpIX può essere registrata con una metodica di acquisizione di immagini con ritardo di alcuni nanosecondi rispetto all'eccitazione. Acquisendo più immagini a diversi ritardi è possibile ricostruire la mappa spaziale del tempo di vita della fluorescenza ( $\tau$ ) mediante una elaborazione matematica. Il risultato è una pseudoimmagine di tempo di decadimento che permette di rilevare la neoplasia sulla base delle differenze di  $\tau$ . Si è osservato infatti che il tempo di vita della fluorescenza è maggiore nel tessuto tumorale che nel tessuto sano circostante poiché nelle neoplasie la concentrazione di PpIX è maggiore, mentre il contributo di fluorescenza naturale, a vita media relativamente breve ( $\tau < 5$  ns), è minore.



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

## **LA MAMMOGRAFIA OTTICA: SITUAZIONE ATTUALE E PROSPETTIVE**

**Rinaldo Cubeddu**  
**Dipartimento di Fisica**  
**Politecnico di Milano**

E' stato realizzato un prototipo clinico di un mammografo ottico che è attualmente in uso per una sperimentazione clinica per la diagnosi tumorale. Il sistema opera con sorgenti laser impulsate che emettono simultaneamente a quattro lunghezze d'onda a 671, 795, 912 e 973 nm. La mammella è leggermente compressa tra due piastre di plexiglas e viene effettuata un scansione su tutta l'area nelle direzioni x e y del piano. Durante la scansione ogni millimetro viene acquisita la distribuzione temporale dei fotoni trasmessi. Le forme d'onda ottenute vengono analizzate con il modello teorico della diffusione che consente in ogni punto di valutare il coefficiente di assorbimento e di diffusione medio del tessuto. Mediante questa procedura vengono costruite immagini della mammella sia in assorbimento che in diffusione. Nel protocollo clinico adottato per ogni paziente vengono effettuate per ogni mammella sia la proiezione cranio caudale sia obliqua. Verranno presentati i primi risultati clinici della sperimentazione con immagini di mammografia ottica sia su lesioni benigne che maligne e verranno discusse le prospettive di applicazione della metodica.



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

## **LA SPETTROSCOPIA DI RIFLETTANZA NELLA DIAGNOSI DEI MELANOMI**

**Stefano Tomatis**

**Istituto Nazionale Tumori, Milano**

La possibilità di cura per una patologia aggressiva come il melanoma cutaneo poggia attualmente in maniera prevalente sulla diagnosi precoce della malattia. Poiché il melanoma viene riconosciuto clinicamente osservandone le caratteristiche di colore, il metodo dell'indagine spettroscopica appare adatto per una analisi quantitativa e non soggettiva del colore che consenta di aggiungere informazioni utili nella formulazione della diagnosi finale. La quantità che viene misurata alle diverse lunghezze d'onda è la riflettanza, ossia la frazione di luce diffusa o riflessa da un campione. Storicamente la prima ricerca attestante l'importanza dell'analisi spettroscopica, ed in particolare della radiazione vicino infrarossa, risale al 1976 (1), ma dopo il 1990 questa metodica ha suscitato nuovamente un grande interesse (2-7). Le strumentazioni utilizzate in queste ricerche comprendono spettrofotometri puntuali, per misurare la riflettanza in punti specifici del campione (2, 5), ed apparecchi in grado di acquisire immagini multispettrali (3, 4, 6, 7). L'obiettivo della ricerca è focalizzato maggiormente sul tentativo di automatizzare il processo diagnostico del melanoma per fornire al clinico il supporto di una diagnosi computerizzata. La diagnosi automatizzata si ottiene come risultato finale di un processo che comprende l'acquisizione dei dati spettrofotometrici delle lesioni, l'estrazione di valori numerici che descrivano quantitativamente ed oggettivamente le caratteristiche rilevanti delle lesioni stesse e lo sviluppo di un classificatore in grado di tradurre i dati numerici di ingresso in una diagnosi. Nell'ambito della spettrofotometria di riflettanza, sono stati sviluppati alcuni sistemi costituiti da scanner multispettrali o spettrofotometri puntuali sensibili anche al segnale nel vicino infrarosso, ed aventi diverse caratteristiche, sia in termini delle caratteristiche dei dati acquisiti (per esempio la risoluzione spaziale delle immagini) sia per la modalità di elaborazione dei dati (per esempio l'uso di classificatori basati su analisi discriminante lineare piuttosto che su reti neurali).

Nonostante siano preliminari, i risultati diagnostici forniti da questi sistemi sono paragonabili ai valori tipici di un clinico esperto con valori di sensibilità variabili tra il 95% ed il 78% e di specificità compresi tra l'88.9% ed il 76%. Sebbene tutti questi sforzi abbiano riscosso un buon successo sono necessari ancora studi confermativi su grandi numeri con casistiche rappresentative e consecutive per stabilire la reale portata di queste tecniche nell'individuare in modo sempre più precoce il melanoma (8).

#### Riferimenti bibliografici

- Marshall RJ, infrared and ultraviolet photography in a study of the selective absorption of radiation by pigmented lesions of skin. *Med Biol Illust*, 1976; 26: 839-843.
- Marchesini R, Cascinelli N, Brambilla M, et al. In vivo spectrophotometric evaluation of neoplastic and non neoplastic skin pigmentde lesions - II. Discriminant analysis between nevus and melanoma. *Photochem. Photobiol.* 1992, 55: 515-522.



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

- Marchesini R, Tomatis S, Bartoli C, et al. In vivo spectrophotometric evaluation of neoplastic and non neoplastic skin pigmentde lesions - III. CCD camera-based reflectance imaging. Photochem. Photobiol. 1995, 62: 151-154.
- Farina B, Bartoli C, Bono A, et al. Multispectral imaging approach in the diagnosis of cutaneous melanoma: potentiality and limits. Phys. Med. Biol. 2000, 45: 1243-1254.
- Wallace V P, Bamber J C, Crawford D C, et al. Classification of reflectance spectra from pigmented skin lesions, a comparison of multivariate discriminant analysis and artificial neural networks. Phys. Med. Biol. 2000, 45: 2859-2871.
- Elbaum M, Kopf AW, Rabinovitz HS, et al. Automatic differentiation of melanoma from melanocytic nevi with multispectral digital dermoscopy: a feasibility study. J Am Acad Dermatol 2001, 44: 208-218.
- Moncrieff, M, Cotton S, Claridge E, Hall P. Spectrophotometric intracutaneous analysis: a new technique for imaging pigmented skin leisons. British J Dermatol 2002, 146: 448-457.
- Marchesini R, Bartoli C, Cascinelli N, et al. Diagnosis of melanoma based on optical imaging and computer analysis: questions and answers. Melanoma res. 2002, 12: 279-286.



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

**Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

### **L'IMPIEGO DEL LASER IN ENDOSCOPIA**

**Andrea Mancini, Pasquale Spinelli**  
**Istituto Nazionale Tumori, Milano**

Nel campo delle applicazioni endoscopiche il laser ha un largo spazio, perché ha messo a disposizione dell'endoscopista una grande quantità di energia, utilizzabile in un regime di massima sicurezza per il paziente ed indirizzabile con estrema precisione sul bersaglio designato. Sono stati utilizzati laser ad anidride carbonica, ad argo, a neodimio:YAG e, più recentemente, ad olmio.

La sorgente laser più utilizzata in endoscopia è quella a neodimio:YAG. Tale laser trova tre fondamentali indicazioni: l'ablazione di lesioni sanguinanti (angiomi ed angiodisplasie), il trattamento curativo di lesioni tumorali pre-maligne (adenomi gastroduodenali e coloretali, esofago di Barrett) o maligne in fase iniziale (carcinomi in situ o inizialmente invasivi delle vie respiratorie, digestive ed urinarie), ed il trattamento palliativo di tumori ostruenti. Il fatto che la sua radiazione sia poco assorbita dal tessuto e penetri profondamente in esso comporta, a mano a mano che la radiazione si trasforma in calore, una necrosi coagulativa del tessuto irradiato. L'eliminazione del tessuto necrotico nei giorni successivi al trattamento da luogo alla scomparsa della lesione, qualora il trattamento sia stato effettuato con finalità curative, o alla riduzione di volume della massa neoplastica con conseguente riapertura del viscere ostruito in caso di trattamenti eseguiti con finalità palliative.

L'impiego del laser in oncologia può essere ulteriormente esteso inserendo nel tumore un agente chimico esterno capace di "mediare" l'interazione laser-tessuto. In questo caso sia l'agente chimico sia la radiazione laser sono impiegati con dosaggi abbastanza bassi da non provocare, separatamente, alcun effetto. Tuttavia l'energia luminosa assorbita dall'agente chimico può essere o trasferita, in parte, al tessuto tumorale con conseguente effetto terapeutico, oppure riemessa, in parte, sotto forma di fluorescenza la cui analisi può risultare assai utile a fini diagnostici.



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

## **LE APPLICAZIONI LASER IN OCULISTICA**

**Franco Docchio**

**Laboratorio di Optoelettronica  
Università degli Studi di Brescia**

Si vanno sempre più diffondendo e consolidando, in campo oculistico, procedure sia diagnostiche che terapeutico-chirurgiche che fanno uso di radiazione coerente (laser) e non coerente (lampade, led, ecc.). Fanno parte della prima tipologia le procedure che, sfruttando l'interazione della luce con (i) i tessuti oculari (fluorescenza naturale, diffusione di luce) o (ii) sostanze artificialmente inoculate nell'occhio (fluorescenza secondaria), permettono di eseguire una diagnosi di patologie oculari in modo non- o poco invasivo. Una variante forse ancor più affascinante della prima tipologia di applicazioni della radiazione luminosa con l'occhio consiste nello sfruttamento dell'occhio come vera e propria "finestra sul corpo umano". Si individuano qui procedure atte alla diagnosi e al controllo di patologie non oculari sfruttando il fatto che alcune alterazioni chimico-molecolari legate alla patologia si riflettono nel globo oculare e possono essere misurate.

La seconda tipologia è ovviamente legata alla possibilità della luce (in specie quella laser) di agire selettivamente con tessuti oculari per modificarne lo stato. Si identificano qui tecniche quali quella della capsulotomia posteriore mediante laser ultracorti, della correzione della curvatura della cornea mediante laser a eccimeri, della terapia del distacco della retina mediante laser a coloranti o ad Argon o ancora a diodi, e altre ancora.

In questa presentazione verrà fornita una panoramica su entrambe le tipologie, con particolare riferimento a problemi di efficienza della procedura diagnostica o terapeutico-chirurgica, e di sicurezza nell'uso della luce sia coerente che non coerente per il paziente e per l'operatore.



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

## **APPLICAZIONI LASER IN GINECOLOGIA E NELL'APPARATO GENITALE MASCHILE**

**Gaetano Bandieramonte**  
**Istituto Nazionale Tumori, Milano**

Le applicazioni dei laser in campo ginecologico si suddividono in intra- ed extraddominali o del tratto genitale inferiore. La chirurgia laser per lesioni intraddominali può essere effettuata sia ad addome aperto (laparotomia) sia per via endoscopica (laparoscopia). Nelle lesioni del tratto genitale inferiore sia femminile che maschile viene utilizzata frequentemente la metodica microchirurgica per lesioni vulvari, vaginali, cervicali e del pene.

### **Applicazioni ginecologiche intraddominali in laparotomia**

In questo campo di applicazioni dei laser sono compresi interventi di chirurgia riduttiva per masse tumorali pelviche mediante il laser a CO<sub>2</sub> e Nd:YAG, interventi di asportazione completa per neoformazioni minori e infine interventi di chirurgia ricostruttiva.

Lesioni tumorali benigne, quali miomi uterini, possono essere asportate con il laser a CO<sub>2</sub>. I piccoli miomi possono essere completamente vaporizzati, miomi con diametro maggiore di 1,5-2 cm vengono preferibilmente escissi. Per il trattamento chirurgico dell'utero bicornuto e dell'utero setto sono effettuabili metroplastiche con laser a CO<sub>2</sub>, per l'incisione della parete uterina, indi ricostruendo la cavità endometriale, e suturando le stesse pareti a strati. Nei casi selezionati, il laser a CO<sub>2</sub> può essere utilizzato in associazione al microscopio operatorio per effettuare interventi di lisi delle aderenze pelviche o tubariche, fimbrioplastica e salpingostomia, rianastomosi tubarica, riposizione di fimbria ovarica, rimozione di gravidanza ectopica o di endometriosi tubarica.

### **Applicazioni ginecologiche intraddominali endoscopiche**

Notevole sviluppo delle metodiche endoscopiche laser si è verificato negli ultimi anni soprattutto in centri americani ed israeliani. La visione diretta consentita dallo strumento endoscopico rigido o la visione tramite fibre ottiche della strumentazione flessibile facilitano il raggiungimento della cavità peritoneale o uterina per il trattamento di numerose lesioni. Sulla base della sede dell'intervento e della strumentazione endoscopica usata si distinguono applicazioni di tipo laparoscopico ed isteroscopico.

Le indicazioni all'impiego laparoscopico del laser a CO<sub>2</sub> sono costituite da:

- lisi di aderenze pelviche di limitata estensione
- vaporizzazione di endometriosi
- interventi di chirurgia tubarica quali salpingostomia terminale o salpingotomia lineare per la rimozione di gravidanza tubarica
- vaporizzazione di piccoli fibromi uterini
- rimozione dei legamenti uterosacrali in casi di algie pelviche persistenti.

Per il trattamento distruttivo di localizzazioni endometriose endoaddominali possono essere impiegati laser a CO<sub>2</sub>, o Nd:YAG. La salpingostomia terminale e la salpingotomia vengono eseguite con il laser a CO<sub>2</sub> sulla pa-



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

(Direttore: A. Torresin)

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

rete tubarica usualmente senza notevole sanguinamento

Le applicazioni isteroscopiche del laser sono costituite dall'asportazione endometriale e dalle metroplastiche minori. L'asportazione endometriale, indicata per le metrorragie disfunzionali in alternativa all'isterectomia, può essere eseguita per via isteroscopica, previa dilatazione del canale cervicale. Con irrigazione costante della cavità uterina può essere visualizzato e asportato lo strato di tessuto endometriale tramite irraggiamento con laser Nd:YAG in fibra ottica alla potenza media di 50 w. Le metroplastiche minori effettuabili per via isteroscopica sono costituite dalla rimozione di setti e sinechie endocavitari. Per questo scopo vengono utilizzati i laser a CO<sub>2</sub> e Nd:YAG con l'ausilio di forbici endoscopiche. Il metodo è risultato di particolare sicurezza e semplicità operativa con percentuali di successi comparabili ai metodi tradizionali.

#### **Applicazioni nella patologia del tratto genitale inferiore**

La patologia del tratto genitale inferiore femminile (comprendente la cervice uterina, la vagina e la vulva) e maschile (pene) costituisce un frequente campo di applicazione chirurgica del laser. Ciò a causa sia dell'elevata incidenza di lesioni in questi distretti anatomici sia dei vantaggi pratici derivanti dall'uso chirurgico della strumentazione laser negli stessi distretti. Trattandosi di sedi superficiali (o accessibili in colposcopia) la strumentazione laser più idonea è costituita dal laser a CO<sub>2</sub> in associazione al microscopio operatorio.

Con la metodica microchirurgica sono effettuabili interventi sia di tipo distruttivo (vaporizzazione delle lesioni) che escissionale (ossia resezione dell'area patologica con ottenimento del campione chirurgico per l'esame istologico definitivo).

L'apporto innovativo della chirurgia laser in campo ginecologico e genitale maschile è riconducibile a:

- aumentata scelta di possibilità chirurgiche nell'ambito di indicazioni circoscritte;
- aumento della precisione operativa mediante l'associazione del laser alla strumentazione endoscopica o al microscopio operatorio;
- semplificazione tecnica: nonostante la necessità di protezione e di adattamento alle regole per il controllo dei parametri fisici ed ottici della strumentazione, la tecnica risulta globalmente semplificata per i seguenti motivi
  - lo strumentario tradizionale viene raramente richiesto
  - per ottenere l'emostasi non sono usualmente richieste legature od elettrocoagulazione
  - le suture chirurgiche per la sintesi di piani tissutali non sono necessarie, e la ferita può essere lasciata guarire per seconda intenzione. Nei casi a corretta indicazione, ciò conduce ad una riduzione dei tempi operatori;
- risparmio economico; a parte il costo elevato iniziale delle apparecchiature, un risparmio globale della spesa sanitaria è riferibile a:
  - ridotta necessità di cure postoperatorie (analgesici, medicazioni locali, rimozione di punti di



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

sutura)

- ridotta quota di complicazioni postoperatorie precoci (sanguinamento delle ferite, infezione, deiscenze) e tardive (retrazioni cicatriziali deturpanti, con richiesta di correzione plastica)
- incremento della quota di interventi effettuabili su base ambulatoriale, senza la necessità di ricovero ospedaliero ed anestesia generale, con rapida ripresa dell'attività lavorativa.



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

## **APPLICAZIONI DEL LASER CO<sub>2</sub> NELLA PATOLOGIA ORL**

**Fausto Chiesa**

**Istituto Europeo di Oncologia, Milano**

Fin dalle prime esperienze negli anni 60, il distretto cervico facciale ha rappresentato uno dei campi di maggiore applicazione del Laser CO<sub>2</sub>. In particolare a livello del cavo orale e della laringe il suo utilizzo consente, nella maggior parte dei casi, un trattamento in regime ambulatoriale di diverse entità nosologiche, la ferita viene lasciata guarire per seconda intenzione e non richiede in genere ricostruzioni plastiche. I vantaggi di questo trattamento si possono schematicamente riassumere in: assenza di edema e dolore – minima interferenza nell'attività fisica e sociale del paziente – economicità sociale (assenza di ricovero ospedaliero), rapidità e precisione d'esecuzione. L'utilizzazione di questa metodica comporta tuttavia una specifica conoscenza delle indicazioni oncologiche, dell'attrezzatura e della tecnica al fine di poterne sfruttare al meglio i vantaggi.

### **Laringe**

E' indubbio che la possibilità di conservare la funzione laringea in tutte le sue componenti sia un obiettivo di alto profilo tuttavia la qualità dei risultati sia sul piano funzionale che su quello oncologico richiede padronanza delle tecniche e conoscenza dell'anatomia laringea, ma soprattutto dell'oncologia intesa come modalità di diffusione locale e regionale delle neoplasie di questo distretto.

Si deve utilizzare un laringoscopio col maggior diametro possibile ed il campo operatorio deve essere perfettamente illuminato onde ottenere una perfetta visione del campo operatorio per eseguire una resezione ampia in tessuto sano con margini microscopicamente liberi dalla neoplasia. Le localizzazioni delle corde vocali sono considerate ottimali per la chirurgia endoscopica. La resezione va condotta con i criteri oncologici sopra accennati asportando in modo più o meno esteso la corda vocale (cordectomia). Devono perciò essere lesioni di piccole dimensioni, primitive o recidivate a radioterapia. Esistono tuttavia molte osservazioni sulla possibilità di eseguire interventi con risultati oncologicamente soddisfacenti anche in neoplasie più estese.

L'estensione delle indicazioni può essere giustificata a due condizioni: un'ottima padronanza della tecnica ed un follow up frequente. Una accurata stadiazione pre operatoria è sempre necessaria: pazienti con adenopatie laterocervicali o localizzazioni di malattia a distanza possono meglio giovare di trattamenti alternativi alla chirurgia o di interventi chirurgici più ampi che richiedono una tecnica tradizionale

### **Cavo orale**

Possono essere trattate con successo lesioni flogistiche e benigne (papillomi, angiomi, ulcere croniche aspecifiche refrattarie alle terapie mediche tradizionali, lichen), preneoplastiche e piccole neoplasie. Il campo operatorio, lasciato guarire per seconda intenzione, non presenta a cicatrizzazione avvenuta quelle retrazioni cicatriziali che caratterizzano la chirurgia tradizionale. L'assenza di dolore e di edema fanno di questa modalità un trattamento adeguato anche per i pazienti portatori di lesioni multiple della mucosa. Nel caso di lesioni situate sui tes-



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

suti gengivali propriamente detti, sussiste il pericolo che il raggio laser, diretto o riflesso, colpisca le superfici dentarie con la possibile insorgenza di difetti estetici.

E' importante sottolineare che, sebbene la maggior parte dei chirurghi, si limiti a trattare molte lesioni vaporizzando gli strati epiteliali superficiali, è consigliabile procedere ad una escissione vera e propria in quanto la vaporizzazione comporta la distruzione della lesione stessa e , di fatto, la mancanza di un pezzo operatorio sul quale condurre l'indagine istologica, imperativa nel caso di sospetto neoplastico.



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

## **LE APPLICAZIONI LASER IN DERMATOLOGIA**

**Rossana Capezzer**

**Scuola di Specializzazione in Dermatologia  
Università degli Studi di Brescia**

La ricerca ed i progressi tecnologici e metodologici hanno permesso la realizzazione di una vasta gamma di sistemi laser in grado di trattare efficacemente un numero crescente di lesioni e inestetismi cutanei. Una approfondita conoscenza della tecnologia e delle modificazioni prodotte dalle complesse interazioni laser-tessuto sono requisiti fondamentali per ottenere risultati clinici efficaci e precisi. Le differenti apparecchiature laser si differenziano per la lunghezza d'onda, la potenza massima e la durata dell'emissione e la dimensione ed omogeneità del fascio luminoso.

A scopo didattico possiamo identificare tre principali categorie di sistemi: laser specifici per le strutture vascolari, laser specifici per i bersagli pigmentati ed i laser chirurgici, per quanto alcune apparecchiature possano avere un certo range di sovrapposizione delle indicazioni terapeutiche.

I laser vascolari, la cui lunghezza d'onda è preferenzialmente assorbita dall'emoglobina, agiscono danneggiando i vasi sanguigni dermici. Pertanto, le principali indicazioni cliniche sono rappresentate da angiomi piani, teleangectasie essenziali o secondarie ed emangiomi. A seconda della loro modalità di funzionamento, si distinguono laser continui (argon laser 488-514 nm, flash pumped dye-laser 577 o 585 nm), quasi-continui (Nd:YAG a frequenza raddoppiata 532 nm, laser a vapori di rame 578 nm), e pulsati.

I laser pigmentari hanno come bersaglio la melanina contenuta nei melanosomi dell'epidermide o pigmenti esogeni penetrati nel derma. Sono, oggi, largamente impiegati per l'asportazione di lesioni pigmentarie e la rimozione di tatuaggi. Appartengono a questa categoria i laser Nd:YAG Q-switched 1064 o 532 nm (KTP), laser alessandrite Q-switched 755 nm, laser rubino Q-switched 694 nm, laser a diodi 810 nm. Alcuni di questi sistemi possono danneggiare la melanina del bulbo pilifero portando a una epilazione che può essere permanente.

La luce emessa dai laser chirurgici è assorbita dall'acqua intra ed extracellulare e vaporizza l'epidermide e il derma papillare. Le indicazioni comprendono il trattamento di lesioni intraepiteliali o, comunque nel derma superiore, verruche volgari, condilomi, granulomi piogenici, e la correzione di inestetismi cutanei legati a fenomeni di invecchiamento e fotoinvecchiamento. Il capostipite dei sistemi laser chirurgici è rappresentato dal laser a CO<sub>2</sub> con modelli a emissione continua o pulsata ad alta energia con lunghezza d'onda a 10600 nm. Di realizzazione successiva, sono i laser Er:YAG 2940 nm che hanno uno scarso effetto termico sui tessuti circostanti, rappresentando, quindi, il sistema laser d'elezione per lo skin resurfacing.



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

#### Riferimenti Bibliografici:

- Mazer JM. [Indications for medical lasers in dermatology] Presse Med. 2002 Feb 9;31(5):223-31.
- Wimmershoff MB, Wenig M, Hohenleutner U, Landthaler M. [Treatment of port-wine stains with the flash lamp pumped dye laser. 5 years of clinical experience] Hautarzt. 2001 Nov;52(11):1011-5.
- Alster TS, Lupton JR. Lasers in dermatology. An overview of types and indications. Am J Clin Dermatol. 2001;2(5):291-303.
- Chiarelli TG, Muglia JJ. The age of enlightenment: current uses of lasers in dermatology. Med Health R I. 2001 Sep;84(9):288-91.
- Massey RA, Marrero G, Goel-Bansal M, Gmyrek R, Katz BE. Lasers in dermatology: a review. Cutis. 2001 Jun;67(6):477-84.
- Dermatological lasers: 2000 and beyond. The European Society for Laser Dermatology Fifth Annual Meeting. J Cutan Laser Ther. 2000 Dec;2(4):199-210
- Sheehan-Dare RA. The use of lasers in dermatology. Hosp Med. 2001 Jan;62(1):14-7
- Calzavara PG, Szeimieis M, Ortel B. Photodynamic therapy and fluorescence diagnosis in dermatology. Vol.2; Ch.20. Elsevier 2001



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

**Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

# **LA SICUREZZA LASER: STANDARDS E GUIDE DI RIFERIMENTO INTERNAZIONALI E NAZIONALI**

**Alberto Sona**  
**Milano**

Effetti Biologici della radiazione. Laser sui tessuti; gli organi a rischio: gli occhi e la pelle. Livelli di Esposizione Massima Permessi (EMP). Livelli di Emissione Accessibile (LEA) e classificazione dei laser. Misure dei livelli di radiazione laser per la classificazione. Esempi di classificazione e di etichette per i laser delle varie classi. (EN 60825-1) Procedure di controllo dei rischi per i laser in relazione alla classe di appartenenza: prescrizioni generali di sicurezza per i costruttori e per gli utilizzatori. I rischi associati alla radiazione laser.

Calcolo della Distanza Nominale di Rischio Oculare e della Densità Ottica dei dispositivi di protezione individuali. Caratteristiche e specifiche degli occhiali protettivi (EN 207 ed EN208). Le cause principali di incidenti in generale e nei laboratori di ricerca in particolare. La progettazione delle esperienze. Come predisporre le procedure di sicurezza. Rassegna ed elenco delle normative relative alla sicurezza nell'impiego dei laser: gli enti normatori nazionali ed internazionali. Le direttive Europee ed il marchio CE. Aspetti legali della normativa. Compiti e ruoli del (ASL) addetto alla sicurezza laser.

La legge 626. Le visite mediche preventive. Segnalazione di incidenti.



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

(Direttore: A. Torresin)

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

## **I PROBLEMI DELLA SICUREZZA LASER NELLA PRATICA CLINICA**

**Riccardo Di Liberto**  
**Addetto Sicurezza Laser**  
**Policlinico San Matteo IRCCS, Pavia**

La crescente diffusione di metodiche chirurgiche, terapeutiche e diagnostica con sorgenti laser, pone la necessità di una efficace valutazione dei rischi per gli operatori ed i pazienti nella pratica clinica. La continua evoluzione tecnologica nel settore dei laser medicali e la loro costante diffusione in molte pratiche, non ha sviluppato di pari passo un'attenzione ai problemi di sicurezza che tali sorgenti di rischio generano. Ciò probabilmente è da attribuirsi alla bassa percezione dei rischi stessi da parte degli operatori e dei pazienti ed alla scarsa conoscenza di normative e procedure specifiche.

Del resto anche l'attuale legislatura italiana in materia di sicurezza non esplicitamente si dedica a questi rischi se non nel contesto ampio e sfumato dei cosiddetti *agenti di rischio fisico*. Di contro esistono delle normative tecniche che forniscono precise indicazioni circa la gestione di tali rischi.

L'esperienza del Policlinico San Matteo di Pavia viene presentata come un possibile approccio al problema che, senza avere la presunzione di assurgere a modello, consente una più facile individuazione degli aspetti inerenti la sicurezza nell'uso di sorgenti laser in campo sanitario e fornisce utili indicazioni operative agli addetti ai lavori. Tra gli aspetti importanti, per una corretta gestione della sicurezza nell'uso dei laser, verranno trattati quelli organizzativi e quelli tecnici della



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

## **LINEE GUIDA ICNIRP PER LA RADIAZIONE OTTICA**

**Martino Grandolfo**

**Laboratorio di Fisica**

**Istituto Superiore di Sanità, Roma**

Nel 1974, l'Associazione Internazionale per la Protezione Radiologica (International Radiation Protection Association, IRPA) formò un gruppo di lavoro sulle radiazioni non ionizzanti (Non-Ionizing Radiation, NIR) con il fine di valutare l'allora nascente problematica della protezione dai diversi tipi di NIR. Durante il Congresso IRPA del 1977, a Parigi, questo gruppo di lavoro divenne il Comitato Internazionale per le Radiazioni Non Ionizzanti (International Non-Ionizing Radiation Committee, INIRC).

In collaborazione con la Divisione di salute ambientale dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), l'IRPA/INIRC sviluppò un certo numero di documenti, nell'ambito del Programma per i Criteri di Salute Ambientale (Environmental Health Criteria Programme) patrocinato dal Programma per l'Ambiente delle Nazioni Unite (United Nations Environment Programme, UNEP), riguardanti i criteri sanitari nei confronti delle NIR. Ogni documento comprende una panoramica delle caratteristiche fisiche, dei metodi e strumenti di misura, delle sorgenti e delle applicazioni delle NIR, assieme ad un'approfondita rassegna della letteratura sugli effetti biologici ed una valutazione dei rischi sanitari dell'esposizione alle NIR. Questi documenti hanno poi fornito la banca dati per il successivo sviluppo di limiti di esposizione nei riguardi delle NIR.

Durante l'ottavo Congresso internazionale dell'IRPA (Montreal, 18-22 maggio 1992) fu costituita una nuova commissione scientifica indipendente, nota come Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti (ICNIRP), oggi giunta al suo decimo anno d'attività, che ha raccolto l'eredità culturale dell'IRPA/INIRC. Compito dell'ICNIRP è indagare i rischi sanitari che potrebbero essere associati alle diverse forme di NIR, sviluppare linee guida internazionali per la definizione dei relativi limiti di esposizione e trattare ogni aspetto della protezione da queste radiazioni.

Nell'ambito delle NIR, la radiazione ottica comprende, in ordine crescente di energia del fotone, le regioni spettrali corrispondenti alla radiazione infrarossa (IR), visibile (VIS) ed ultravioletta (UV), cui corrispondono valori di lunghezza d'onda compresi fra 1 mm e 100 nm. In questa gamma di frequenze l'ICNIRP ha prodotto 6 linee guida, relative alla radiazione ottica non coerente (Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3  $\mu\text{m}$ ), Health Physics Vol. 73, No 3, pp 539-554, 1997), alla radiazione ultravioletta (Guidelines on UV Radiation Exposure Limits, Health Physics, Vol. 71, No. 6, pp 978, 1996; Proposed Change to the IRPA 1985 Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation, Health Physics, Vol. 56, No. 6, pp 971-972, 1989, e Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation), Health Physics, Vol. 49, No. 2, pp 331-340, 1985) ed alla radiazione laser (Revision of the Guidelines on Limits of Exposure to Laser radiation of wavelengths between 400 nm and 1.4  $\mu\text{m}$ , Health Physics Vol. 79, No 4, pp 431-440, 2000; Guidelines on Limits



Associazione Italiana di Fisica In Medicina  
Centro di Cultura Scientifica "A. Volta"

## **Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"**

*(Direttore: A. Torresin)*

### **Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

*Coordinatori del Corso: Renato Marchesini, Luigi Spiazzi*

of Exposure to Laser Radiation of Wavelengths between 180 nm and 1 mm, Health Physics Vol. 71, No 5, pp 804-819, 1996).

A corollario delle linee guida, sono stati pubblicati dall'ICNIRP anche 4 *Statements* (Light-Emitting Diodes (LEDS) and Laser Diodes: Implications for Hazard Assessment, Health Physics, Vol. 78, No. 6, pp 744-752, 2000; Laser Pointers, Health Physics, Vol. 77, No. 2, pp 218-220, 1999; Health Issues of Ultraviolet "A" Sunbeds Used for Cosmetic Purposes, Health Physics, Vol. 61, No. 2, pp 285-288, 1991; Fluorescent Lighting and Malignant Melanoma, Health Physics, Vol. 58, No. 1, pp 111-112, 1990), una pubblicazione in collaborazione con l'International Labour Office, ILO (The use of lasers in the workplace; A practical guide, International Labour Office Geneva, 1993, Occupational Safety and Health Series, No. 68) e due documenti in collaborazione con l'OMS (Environmental Health Criteria 160, 1994, Ultraviolet Radiation, WHO, Geneva, Switzerland; Environmental Health Criteria 23, 1982, Lasers and Optical Radiation, WHO, Geneva, Switzerland). Scopo di questa presentazione è l'analisi dei percorsi logici seguiti dall'ICNIRP nella stesura delle proprie raccomandazioni in tema di protezione dalle esposizioni alle varie forme di radiazione ottica.



**AIFM - Associazione Italiana di Fisica in Medicina**

**Corso AIFM: Le radiazioni ottiche in medicina e chirurgia per la diagnosi e la terapia**

**QUESTIONARIO "VALUTAZIONE" DEL CORSO**

Con il presente questionario ti chiediamo di aiutarci a capire:

- quali sono i punti deboli dell'iniziativa
- se e in quale misura essa ha risposto alle Sue esigenze
- quali modifiche o miglioramenti, eventualmente, si sente di suggerire

Le Sue osservazioni saranno di grande utilità per il miglioramento dei successivi interventi formativi.  
La ringraziamo per la collaborazione

**DATI DEL PARTECIPANTE**

Nome

Cognome

**SESSO**

M

F

**ANZIANITÀ lavorativa**

anni

**QUALIFICA PROFESSIONALE**

Fisico	
Ingegnere	
Biologo	
Chimico	
Medico	
Tecnico	

**1 Rispetto agli argomenti trattati nel corso è risultata adeguata la Sua preparazione iniziale?**

NO	1	2	3	4	5	SI
----	---	---	---	---	---	----

**2 Ritiene la sua partecipazione al corso coerente con la Sua attuale posizione organizzativa?**

NO	1	2	3	4	5	SI
----	---	---	---	---	---	----

**3 I contenuti del corso hanno corrisposto alle Sue aspettative?**

NO	1	2	3	4	5	SI
----	---	---	---	---	---	----

**4 Come valuta la scelta dei contenuti del corso?**

Incoerente con gli obiettivi del corso	1	2	3	4	5	Coerente con gli obiettivi del corso
--	---	---	---	---	---	--------------------------------------

**5 Come giudica la durata del corso in relazione ai contenuti/argomenti trattati?**

Insufficiente	1	2	3	4	5	Eccessiva
---------------	---	---	---	---	---	-----------

**6 Che cosa vorrebbe aggiungere/ampliare?**

---

---

---

---

**7 Che cosa vorrebbe ridurre/eliminare?**

---

---

---

---

**8 In quale misura ritiene che i contenuti del corso siano da lei praticamente applicabili nel suo lavoro sul breve/medio termine (utilizzo argomenti, tecniche)?**

Non applicabili	1	2	3	4	5	Applicabili
-----------------	---	---	---	---	---	-------------

**9 Vi sono argomenti che a Suo parere dovevano essere maggiormente approfonditi?**

NO	SI
----	----

**Se si, quali?**

---

---

---

**10 Argomenti a Suo parere troppo o inutilmente approfonditi:**

---

---

**11 A Quale livello di chiarezza/efficacia i relatori hanno trattato gli argomenti del corso?**

**Relatore Pretesi**

Scarso	1	2	3	4	5	Ottimo
--------	---	---	---	---	---	--------

**Relatore Zaccanti**

Scarso	1	2	3	4	5	Ottimo
--------	---	---	---	---	---	--------

**Relatore Zane**

Scarso	1	2	3	4	5	Ottimo
--------	---	---	---	---	---	--------

AIFM  
Scuola Superiore Fisica in Medicina  
"P. Caldirola"

**Relatore Spiazzi**

Scarso	1	2	3	4	5	Ottimo
--------	---	---	---	---	---	--------

**Relatore Calzavara**

Scarso	1	2	3	4	5	Ottimo
--------	---	---	---	---	---	--------

**Relatore Marchesini**

Scarso	1	2	3	4	5	Ottimo
--------	---	---	---	---	---	--------

**Relatore Bottirolì**

Scarso	1	2	3	4	5	Ottimo
--------	---	---	---	---	---	--------

**Relatore Valentini**

Scarso	1	2	3	4	5	Ottimo
--------	---	---	---	---	---	--------

**Relatore Cubeddu**

Scarso	1	2	3	4	5	Ottimo
--------	---	---	---	---	---	--------

**Relatore Tomatis**

Scarso	1	2	3	4	5	Ottimo
--------	---	---	---	---	---	--------

**Relatore Spinelli**

Scarso	1	2	3	4	5	Ottimo
--------	---	---	---	---	---	--------

**Relatore Docchio**

Scarso	1	2	3	4	5	Ottimo
--------	---	---	---	---	---	--------

**Relatore Bandieramonte**

Scarso	1	2	3	4	5	Ottimo
--------	---	---	---	---	---	--------

**Relatore Chiesa**

Scarso	1	2	3	4	5	Ottimo
--------	---	---	---	---	---	--------

**Relatore Capezzera**

Scarso	1	2	3	4	5	Ottimo
--------	---	---	---	---	---	--------

**Relatore Delia**

Scarso	1	2	3	4	5	Ottimo
--------	---	---	---	---	---	--------

**Relatore Sona**

Scarso	1	2	3	4	5	Ottimo
--------	---	---	---	---	---	--------

**Relatore Grandolfo**

AIFM  
Scuola Superiore Fisica in Medicina  
"P. Caldirola"

Scarso	1	2	3	4	5	Ottimo
--------	---	---	---	---	---	--------

**12 A Suo giudizio i principali obiettivi che il corso si riprometteva sono stati raggiunti?**

Del tutto mancati	1	2	3	4	5	Pienamente raggiunti
-------------------	---	---	---	---	---	----------------------

**13 Il corso ha fatto nascere in Lei nuove esigenze?**

NO	SI
----	----

Se si, quali?

---



---

**14 Indicazioni, suggerimenti o richieste che ritiene di formulare, relativamente al corso:**

---



---



---

**15 Come valuta la sistemazione logistica?**

Inadeguata	1	2	3	4	5	Confortevole
------------	---	---	---	---	---	--------------

**16 Come valuta la rilevanza degli argomenti trattati rispetto alla sua necessità di aggiornamento?**

Non rilevante	1	2	3	4	5	Molto rilevante
---------------	---	---	---	---	---	-----------------

**17 Come valuta la qualità educativa/di aggiornamento fornita da questo evento?**

Scarsa	1	2	3	4	5	Ottima
--------	---	---	---	---	---	--------

**18 Come valuta la efficacia dell'evento per la tua formazione continua?**

Inefficace  (non ho imparato nulla per la mia attività sanitaria)	Parzialmente efficace  (mi ha confermato che non ho necessità di modificare la mia attività sanitaria)	Abbastanza efficace  (mi ha stimolato a modificare alcuni aspetti dopo aver acquisito ulteriori informazioni)	Efficace  (mi ha stimolato a cambiare alcuni elementi della mia attività sanitaria)	Molto efficace  (mi ha stimolato a cambiare in modo rilevante alcuni aspetti della mia attività sanitaria)
1	2	3	4	5

**Indicazioni, suggerimenti o richieste che ritiene di formulare, relativamente ad altri corsi che la Scuola Caldirola possa organizzare per il prossimo anno, indicando il tema principale e i contenuti specifici da affrontare. Questa domanda è molto importante per poter formulare nel 19 futuro iniziative che rispondano alle esigenze delle persone**

1 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Firma del Partecipante**