

# ESPOSIZIONE ALLA RADIAZIONE UV SOLARE DURANTE L'ATTIVITÀ LAVORATIVA: UNA INDAGINE SINTETICA DALLA LETTERATURA.

## A SHORT REVIEW OF THE RECENT LITERATURE ON THE EXPOSURE OF OUTDOOR WORKERS TO SOLAR ULTRAVIOLET RADIATION.

Casale GR<sup>1</sup>, Siani AM<sup>1</sup>, Colosimo A<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Fisica, "Sapienza" Università di Roma


<sup>2</sup>Dipartimento di Scienze Anatomiche, Istologiche, Medico Legali e dell'Apparato Locomotore, "Sapienza" Università di Roma

 <sup>1</sup> Department of Physics, "Sapienza" University of Rome, Italy

<sup>2</sup> Department of Anatomical Sciences, "Sapienza" University of Rome, Italy

**Citation:** Casale GR, Siani AM, Colosimo A. Esposizione alla radiazione UV solare durante l'attività lavorativa: una indagine sintetica dalla letteratura. Prevent Res 2012; 2 (1): 01-09

**Parole chiave:** radiazione solare UV, esposizione nelle attività lavorative, livelli di rischio

 **Key words:** solar ultraviolet (UV) radiation, occupational exposure, threshold limit values (TLV)

## Abstract

**Obiettivi:** Il presente lavoro è un rapporto sullo stato dell'arte nello studio dell'esposizione alla radiazione solare ultravioletta durante l'attività lavorativa, basato sull'esame della letteratura recente.

**Metodi:** L'indagine è stata effettuata sui seguenti database: Scopus (<http://www.scopus.com>), The Web of Knowledge- ISI (Thomson Reuther, <http://www.isiwebofknowledge.com>) e Google Scholar (<http://scholar.google.it>).

**Risultati:** I risultati mostrano che nell'area mediterranea, nonostante i valori elevati di esposizione, l'attenzione al problema non è pari a quella di altri Paesi (Australia, Paesi Scandinavi).

**Conclusioni:** In Italia non esistono né linee guida né normative appropriate che tengano conto del livello di rischio rispetto a varie patologie della pelle e degli occhi a carico delle categorie più esposte, fra cui i lavoratori agricoli ed edili, i marinai, i bagnini e gli istruttori di sci.

## Abstract

**Objectives:** This paper provides a concise summary of the recent literature on the quantification of occupational exposure to solar ultraviolet (UV) radiation.

**Methods:** The searched databases include: Scopus (<http://www.scopus.com>), The Web of Knowledge-ISI (Thomson Reuther, <http://www.isiwebofknowledge.com>) and Google Scholar (<http://scholar.google.it>).

**Results:** The importance of such studies in the mediterranean area, subjected to intense solar UV doses through most of the year, is highlighted.

**Conclusions:** In Italy outdoor workers often receive UV exposures in excess of the threshold limit values (TLV) recommended by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP).

### Introduzione

La frazione ultravioletta (dai 280 ai 400 nm) comprende circa il 5% della radiazione solare complessiva intercettata dal nostro pianeta. Si è soliti suddividerla in UVA (dai 320 ai 400 nm), UVB (dai 280 ai 320 nm) e UVC (dai 100 ai 280 nm). Quest'ultima componente viene completamente assorbita negli strati superiori dell'atmosfera.

La radiazione UV ambientale dipende da un gran numero di fattori: l'angolo solare zenitale (angolo fra la verticale e il sole, che a sua volta dipende dalle coordinate locali, dall'ora del giorno e dal periodo dell'anno), dall'altitudine, dalla presenza di gas (soprattutto ozono) e particolato nell'atmosfera, dalla copertura nuvolosa e dalla riflettività del suolo. Alcuni di questi fattori possono essere difficili da misurare e quantificare.

All'aperto, la pelle umana è quotidianamente esposta alla radiazione solare ultravioletta e l'effetto acuto più comune è la reazione eritemale, soprattutto nei fototipi chiari.

Altri effetti sulla pelle sono di tipo cronico e comprendono il melanoma cutaneo maligno (CMM) e altri tipi di cancro della pelle non melanomi (NMSC), fra cui i carcinomi a cellule squamose (SCC), per circa il 20%, ed il carcinoma a cellule basali (BCC), per il restante 80%.

I CMM sono molto rari durante l'infanzia e la giovinezza, più frequenti fra i 30 e i 60 anni. Nel 2006 il World Health Organization (WHO) ha stimato 56.000 morti all'anno in tutto il mondo da attribuire all'esposizione solare ultravioletta, e una stima globale di nuovi casi si aggira intorno ai 100.000 all'anno.

La stima approssimata per l'Italia è di circa 7000 nuovi casi all'anno. In cinque anni sono stati registrati 4000 morti fra gli uomini (5 per ogni 100.000 abitanti) e 3000 morti fra le donne (6 per 100.000 abitanti), con dei picchi di 10 su 100.000 a Trieste, 6-7 a Genova, nel Veneto ed Emilia-Romagna ([www.epicentro.iss.it](http://www.epicentro.iss.it)).

L'incidenza dei CMM fra il 1980 e il 2000 è aumentata del 4-8% all'anno, e negli ultimi anni sono pure aumentati l'SCC ed il BCC. Il BCC è 50 volte più frequente del CMM e affligge soprattutto la popolazione giovanile tra i 25 e i 30 anni. Evidenze sperimentali ed epidemiologiche mostrano che l'esposizione all'ultravioletto costituisce un fattore di rischio anche per alcuni tipi di patologie oculari (3,4).

Nel 2009 l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha riconfermato la radiazione solare nel gruppo 1, "carcinogeno per l'uomo" (5). Esistono tuttavia effetti benefici della radiazione UV sulla salute, associati alla sintesi della vitamina D (6,7).

La banda UV dello spettro di radiazione solare ha profondamente influenzato l'evoluzione della vita sulla terra. Nell'ultimo secolo, i profondi cambiamenti nello stile di vita ed il massiccio aumento dei flussi migratori hanno prodotto significative variazioni nella esposizione alle radiazioni UV di diversi gruppi umani in confronto al passato.

È stato ad esempio suggerito (8,9) che l'aumento di temperatura dovuto al "global warming" potrebbe indurre le popolazioni che vivono alle medie latitudini a spendere molto più tempo all'aperto.

Tutto ciò giustifica il numero sempre maggiore di studi indirizzati alla quantificazione della esposizione solare UV.

Il presente contributo ha lo scopo di fornire un resoconto degli studi sulla esposizione alla radiazione UV in specifiche condizioni di lavoro.

La maggior parte di tali studi sono stati condotti soprattutto in Australia, dove la comunità scientifica da tempo si interessa degli effetti dannosi della radiazione UV.

Anche In Paesi come l'Italia, tuttavia, l'attenzione all'argomento e' in costante aumento.

### **Indicatori di esposizione**

Poichè non tutta la banda UV è ugualmente efficace nel produrre uno specifico effetto biologico, si tiene conto di ciò per mezzo del cosiddetto "spettro d'azione". Negli studi sulla esposizione umana è stato ampiamente usato lo spettro d'azione dell'eritema umano (10).

La esposizione alla radiazione UV ambientale (AE) viene definita come la esposizione biologicamente efficace su una superficie incidente orizzontale, misurata in J/m<sup>2</sup>, e si puo' ottenere da strumenti posizionati a terra o su satelliti.

Le varie regioni del corpo possono in realtà ricevere livelli di radiazione UV più alti di quelli ricevuti dalle superfici orizzontali, e di conseguenza la AE fornisce solo una indicazione dei livelli di esposizione individuale, attraverso il cosiddetto indice solare UV (11).

Questo indice adimensionale ha il significato di una irradianza pesata biologicamente e si calcola dallo spettro di azione eritemale della CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) integrato fino a 400 nm e diviso per 25 mW/m<sup>2</sup> (11). I valori dell'indice UV vanno da zero durante la notte ad oltre 10 in località tropicali con cielo sereno e ad alte quote.

La esposizione personale (PE) e' usualmente correlata alla quantità totale di radiazioni UV che raggiunge i siti anatomici in posizione non orizzontale. La proporzione di radiazione ambientale ricevuta da un determinato sito anatomico si ottiene dal rapporto di esposizione (ER), parametro adimensionale definito come il rapporto fra la PE di un sito anatomico ben definito e il corrispondente valore di AE.

Il rapporto di esposizione dipende poco dalle condizioni ambientali ma è fortemente correlato alle abitudini ed alla postura degli individui (12, 13, 14) e risulta molto utile per paragonare fra loro condizioni e periodi di esposizione differenti.

È stato dimostrato che in media l'esposizione del corpo alla radiazione UV varia fra il 5 e il 15% della corrispondente AE, con l'eccezione dei lavoratori all'aperto la cui ER può raggiungere il 20-30%.

Le esposizioni personali si possono determinare usando dosimetri fisici, chimici o biologici: quelli più comunemente usati sono quelli al film di polisulfone (PS) che hanno una risposta alla radiazione UV simile a quella della pelle umana (15, 16).

### **Soglia Limite e Livelli di Rischio**

Il limite per la esposizione di lavoratori (TLV) a radiazioni UV fissato dalla ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection), detto ICNIRP TLV, e' pari a 30 J/m<sup>2</sup> (per otto ore di lavoro con pelle non protetta), sulla base dello spettro di azione della American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH), che tiene conto degli effetti sia sulla pelle che sugli occhi (17).

Usando lo spettro di azione eritemale della CIE (10), il valore dell' ICNIRP TLV corrisponde a circa 1.0-1.3 SED (1 SED = 100 J/m<sup>2</sup>), mentre il valore del CIE TLV e' stato definito pari a 10 SED per la pelle adattata al sole dei lavoratori mediterranei. In ogni caso, un valore di esposizione superiore a 10 SED e'da considerarsi ad alto rischio.

### **Analisi della letteratura**

Gli studi sull'argomento presenti in letteratura sono stati identificati per mezzo di una ricerca effettuata presso il Dipartimento di Fisica della Sapienza, Università di Roma, sulle seguenti basi di dati:

- Scopus (<http://www.scopus.com>).
- The Web of Knowledge-ISI (Thomson Reuther, <http://www.isiwebofknowledge.com>).

- Google Scholar (<http://scholar.google.it>).

Come chiave di ricerca e' stata utilizzata l'espressione: "solar ultraviolet occupational ex paure", comunque presente nei testi.

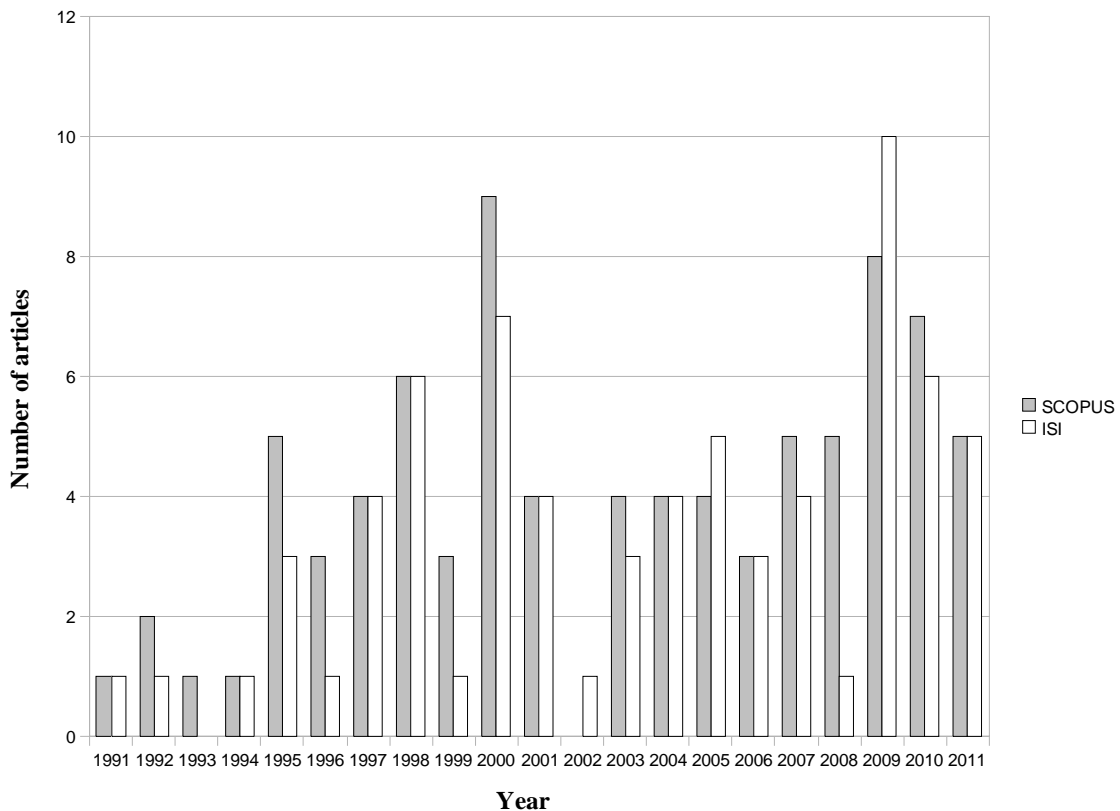
Usando Google , la ricerca ha prodotto un totale di circa 6100 documenti a partire dai primi anni '70. I documenti sono stati raggruppati in 4 decenni successivi, ed il loro numero è stato, nell'ordine, di 173,439, 1220 3550.

Questo risultato probabilmente riflette l'uso crescente di documenti digitali negli ultimi decenni e non fornisce informazioni relativamente al crescere dell'interesse sulla esposizione dei lavoratori all'aperto. In una fase successiva, la ricerca è stata limitata agli articoli soggetti a "peer review", usando SCOPUS e ISI.

I due database hanno fornito distribuzioni simili degli articoli ma non identiche (Figura 1).

**Figura 1.**

Publicazioni scientifiche sulla esposizione di lavoratori alla radiazione solare UV indicizzate su SCOPUS ed ISI.



*Slightly modified from Figure 1 in "Casale G.R. et al, Household and Personal Care Today, 4, 14-17, 2011*

Ciò può essere spiegato dalle diverse modalità di ricerca in uso nelle due basi di dati: SCOPUS ricerca le stringhe nei titoli, abstracts e parole chiave, mentre in ISI e' solo possibile cercare nella voce "topic".

I due picchi nel numero degli articoli pubblicati si trovano il primo alla fine degli anni '90 mentre il secondo e' molto più recente. Molto probabilmente questo riflette i due momenti di maggior attenzione, da parte della comunità scientifica, agli effetti della radiazione solare UV: alla fine degli anni '90, quando ne vennero investigati soprattutto gli effetti dannosi e, circa 10 anni dopo, quando cominciarono a essere riconsiderati anche gli effetti benefici sulla produzione di vitamina D (ancora sotto indagine).

### Dati sulla esposizione durante l'attività lavorativa

I più importanti risultati quantitativi sull'argomento condotti al di fuori dell'area mediterranea sono riassunti nella Tavola 1.

#### Tavola 1.

Sommario dei principali risultati ottenuti dallo studio dell'esposizione solare di lavoratori all'aperto in regioni NON mediterranee. PS = polisulfone, BF = film di biospore, EL = sensori elettronici, ER = rapporto di esposizione.

Anno	Referenza	Paese	Occupazione	Zona irradiata	ER	Metodo
1976	(27)	U.K.	Giardiniere	Torace	10%	PS
1983	(28)	Australia	Muratore	Cranio Spalle Braccio	78% 67% 66%	PS
1983	(28)	Australia	Insegnante	Cranio Spalle Braccio	11% 11% 8%	PS
1983	(28)	Australia	Giardiniere	Cranio Spalle Braccio	69% 70% 59%	PS
1983	(28)	Australia	Insegnante di educazione fisica	Cranio Spalle Braccio	63% 53% 42%	PS
1983	(28)	Australia	Carpentiere	Cranio Spalle Braccio	85% 67% 66%	PS
1994	(19)	Tasmania	Giardiniere	Torace Schiena	11% 24%	PS
1997	(21)	Australia	Contadino	Fronte Naso Gota	21% 34% 25%	PS
2000	(28)	Germania	Bagnino	Spalle	55%	BF
2003	(24)	Australia	Operaio edile	Torace	26%	PS
2005	(29)	Irlanda Danimarca	Giardiniere	Pozzo	4.5% 8.1%	EL
2007	(12)	Svizzera	Operaio edile	Collo	35%	BF
2009	(31)	USA	Bagnino	Polso	20.5%	PS
2009	(26)	Antartide	Esploratore	Torace	10%-20%	PS
2010	(18)	Austria	Contadino	Viso	12%	EL

Nella misura della esposizione personale (ER) sono stati adottati metodi diversi: polisulfone (PS), film di biospore (BP) e sensori elettronici (EL).

Maggiori dettagli su ciascuna tecnica si possono trovare negli articoli citati.

È stato dimostrato (6, 18, 19) che le più alte occorrenze di NMSC sono riscontrabili nei lavoratori soggetti a dosi significative di radiazione solare UV.

Le categorie a rischio maggiore sono risultate, in particolare, i pescatori, i lavoratori agricoli ed edili, ed i bagnini (20). Molti importanti lavori sono stati pubblicati da ricercatori australiani (21- 26, 28) e altri studi di notevole interesse sono stati condotti in Europa Settentrionale (12, 18, 27, 29, 30) mentre relativamente poche informazioni sono disponibili per i lavoratori in USA (31).

### La regione mediterranea e l'Italia

Pochi studi sono stati portati avanti nella regione mediterranea e la informazione quantitativa circa l'esposizione dei lavoratori alla radiazione UV solare è molto scarsa (Tavola 2).

#### Tavola 2.

Sommario dei principali risultati ottenuti dallo studio dell'esposizione solare di lavoratori all'aperto in regioni mediterranee. PS = polisulfone, BF = film di biospore, EL = sensori elettronici, ER = rapporto di esposizione.

Year	Paper*	Country	Occupation	Body site	ER	Method
2008	(32)	Italia	Istruttore di sci	Viso	60%-102%	PS
2009	(34)	Spagna	Bagnino Giardinere	Polso Spalle	27% 9%	BF
2011	(35)	Italia	Vignaiolo	Schiena Braccio	36%-87% 19%-60%	PS

Di rilievo è il fatto che in Italia non esista al momento alcuna legislazione o programma governativo volto a proteggere i lavoratori esposti.

### Conclusioni

Le tavole 1 e 2 mostrano una grande variabilità nella ER fra le varie attività lavorative: da un minimo del 4,5% della esposizione ambientale del polso dei giardinieri (29) al 102% del viso degli istruttori di sci (32).

Questo è dovuto alle differenti posture assunte nel corso della attività lavorativa, alle condizioni ambientali ed all'orientamento rispetto al sole delle differenti regioni del corpo. Le tavole mostrano anche i protocolli (PS, BF ed EL) usati in questi studi per ottimizzare le specifiche situazioni considerate.

Pur sottolineando che una grande eterogeneità è inevitabile in questo tipo di ricerche e che i risultati ottenuti dai diversi protocolli sono difficili da paragonare, è tuttavia possibile trarre alcune considerazioni di carattere generale.

Risulta evidente che le aree somatiche quasi orizzontali (parte superiore del cranio, spalle) sono caratterizzate da valori di ER più elevati rispetto ad aree quasi verticali (petto, viso, fronte, naso, guance), il che non implica necessariamente che le superfici orizzontali ricevano dosi più elevate.

Inoltre, alcune aree anatomiche sono soggette a cambiamenti di postura più frequenti durante l'attività (per esempio il polso), e per esse non è facile definire specifici valori di ER.

L'influenza delle condizioni ambientali è evidente nel caso degli istruttori di sci (32), dal momento che essi ricevono dosi più elevate di radiazione rispetto a quella ambientale (AE) a causa della riflessione del manto nevoso. Abbastanza

curioso e' che una attività svolta al chiuso come l'insegnamento (28) possa mostrare livelli di esposizione paragonabili ad una attività all'aperto, come quella dei giardinieri (33, 34).

Alcuni degli studi presi in considerazione contengono dati non solo sulle ER ma anche sulle dosi ricevute.

Tali dosi sono state paragonate alle soglie di esposizione (18, 26, 35), dimostrando che i lavoratori all'aperto spesso ricevono dosi in eccesso rispetto alla TLV ed ai valori di 10 SED (18, 35).

Questa breve rassegna rappresenta uno sforzo di condensare i risultati ottenuti nello studio dell'esposizione alle radiazioni UV di specifiche categorie di lavoratori.

E' stato messo in evidenza che: 1) la eterogeneità delle attività lavorative rende il paragone fra le varie modalità di esposizione un argomento assai complesso; 2) la quantificazione di tale esposizione necessita di ulteriori indagini soprattutto nella regione mediterranea.

Ne deriva che l'adozione di appropriate linee guida (36) e protocolli standard unificati sarebbe altamente auspicabile sia negli studi dosimetrici che nella normativa vigente.

### Acronimi usati nel testo

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists

AE: Ambient Exposure

BCC: Basal Cell Carcinoma

CIE: Commission Internationale de l'Eclairage

CMM: Cutaneous Malignant Melanoma

ER: Exposure Ratio

IARC: International Agency for Research on Cancer

ICNIRP: International Commission on Non Ionizing Radiation Protection

NMSC: Non Melanoma Skin Cancer

PD: Personal Dose

PE: Personal Exposure

PS: Polysulphone

SCC: Squamous Cell Carcinoma

TLV: Threshold Limit Value

UV: Ultraviolet

UVA: Ultraviolet (320-400 nm)

UVB: Ultraviolet (280-320 nm)

UVC: Ultraviolet (100-280 nm)

WHO: World Health Organization

## Bibliografia

1. McKenzie RL, Liley JB, Bjorn LO. *Photochem. Photobiol.* 2009; 85: 88-98.
2. Lucas R, McMichael T, Smith W, Armstrong B. Solar ultraviolet radiation. Global burden of disease from solar ultraviolet radiation World Health Organization, Environmental Burden of Disease Series 13 (2006).
3. Dolin PJ and Johnson GJ. *Ophthalmic Epidemiol.* 1994; 1(3): 155-164.
4. Young AR. *Prog. Biophys. Mol. Biol.* 2006; 92: 80-85.
5. El Ghisassi F, Baan R, Straif K, et al. *Lancet Oncol.* 2009; 10: 751-752.
6. Springbett P, Buglass S, Young AR. *J. Photoch. Photobio. B.* 2010; 101: 160-168.
7. Grant WB, J. *Photochem. Photobiol. B.* 2010; 101: 130-136.
8. Diffey BL. *Phys. Med. Biol.* 2004; 49: R1-R11.
9. Norval M, Lucas RM, Cullen AP, et al. *Photochem. Photobiol. Sci.* 2011; 10: 199-225.
10. C.I.E. Commission Internationale de l'Eclairage Erythema Reference Action Spectrum and Standard Erythema Dose. CIE S007E-1998 CIE Central Bureau, Vienna, Austria (1998).
11. COST-713 Action UV Index for the Public European Communities, Brussels (2000).
12. Milon A, Sottas PE, Bulliard J, Vernez D. *J. Expo. Sci. Environ. Epid.* 2007; 17(1): 58-68.
13. WHO Solar ultraviolet radiation: Assessing the environmental burden of disease at national and local levels World Health Organization, Environmental Burden of Disease Series 17 (2010).
14. Godar DE. *Photochem. Photobiol.* 2005; 81: 736-749.
15. Diffey BL. Ultraviolet Radiation dosimetry with polysulphone film pp. 135-159 in *Radiation measurement in photobiology* London Academic Press (1989).
16. Kimlin MG. *Proc. SPIE, Ultraviolet Ground and Space based measurements, models and effects III* San Diego-August 2003; 5156: 197-206.
17. ACGIH (American Congress of Governmental and Industrial Hygienists) Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices ACGIH, Cincinnati, OH. (2008).
18. Schmalwieser AW, Cabaj A, Schauburger G, et al. *Photochem. Photobiol.* 2010; 86: 1404-1413.
19. Herlihy E, Gies HP, Roy CR, Jones M. *Photochem. Photobiol.* 1994; 60: 288-294.
20. ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) *Protecting Workers from Ultraviolet Radiation* ICNIRP14/2007 ICNIRP, Oberschleissheim, Germany (2007).
21. Airey DK, Wong JCF, Fleming RA, Meldrum LR. *Health Phys.* 1997; 72(4): 544-549.
22. Kimlin MG, Parisi AV, Wong JCF. *Photodermatol. Photoimmunol. Photomed.* 1998; 14: 7-11.
23. Parisi AV, Meldrum LR, Kimlin MG, et al. *Phys. Med. Biol.* 2000; 45(8): 2253-2263.
24. Gies P, Wright J. *Photochem. Photobiol.* 2003; 78(4): 342-348.
25. Kimlin MG, Martinez N, Green AC, Whiteman DC. *J. Photochem. Photobiol. B* 2006; 85: 23-27.
26. Gies P, Watz R, Javorniczky J, et al. *Photochem. Photobiol.* 2009; 85: 1485-1490.
27. Challoner AV, Corless D, Davis A, et al. *Clin. Expt. Derm.* 1976; 1: 175-179.
28. Holman CDJ, Gibson IM, Stephenson M, Armstrong BK. *Clin. Exp. Dermatol.* 1983; 8: 269-277.
29. Moehrle M, Korn M, Garbe C. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 2000; 73: 575-580.
30. Thieden E, Collins SM, Philipsen PA, et al. *Br. J. Dermatol.* 2005; 153: 795-801.
31. Gies P, Glanz K, O'Riordan D, et al. *Am. J. Ind. Med.* 2009; 52: 645-653.
32. Siani AM, Casale GR, Diemoz H, et al. *Atmos. Chem. Phys.* 2008; 8: 3749-3760.
33. Siani AM, Casale GR, Sisto R, et al. *Photochem. Photobiol.* 2009; 85: 171-177.
34. Serrano MA, Canada J, Moreno JC. *Photochem. Photobiol.* 2009; 85: 1468-1473.
35. Siani AM, Casale GR, Sisto R, et al. *Photochem. Photobiol.* 2011; 87: 925-934.
36. Angioni C, Montanari Vergallo G, Catarinozzi I, et al. Il valore giuridico e medico-legale delle linee guida. *Prevent Res* 2011; 1 (1): 16-21.



**Autore di riferimento:** Alfredo Colosimo

Dipartimento di Scienze Anatomiche, Istologiche, Medico Legali e dell'Apparato Locomotore,  
"Sapienza" Università di Roma

e-mail: [info@preventionandresearch.com](mailto:info@preventionandresearch.com)



**Corresponding Author:** Alfredo Colosimo

Department of Anatomy, Histology, Medical-Legal and Orthopaedics Sciences, "Sapienza" University of Rome, Italy

e-mail: [info@preventionandresearch.com](mailto:info@preventionandresearch.com)