



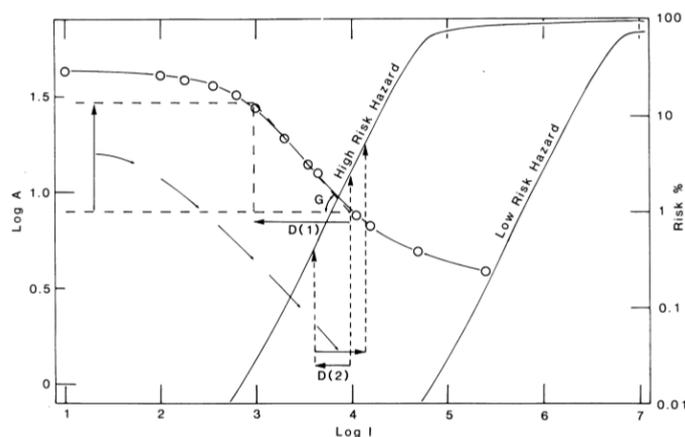
Università degli Studi di Napoli Federico II

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Collegio di Scienze

Dipartimento di Fisica “Ettore Pancini”

Laurea triennale in Ottica e Optometria

Effetti della radiazione UV sull'occhio umano



Relatore:
Prof. Paolo Russo

Candidata:
Teresa Iossa
Matricola M44/194

A.A. 2016/2017

*“Un fratello è una delle cose migliori che ti
possano capitare nella vita.
"Mio fratello": non esiste definizione più bella, più
dolce per descrivere un'altra persona.”
(Marco Ligabue)*

INDICE

Introduzione	3
CAPITOLO I: INTERAZIONE DELLA RADIAZIONE ULTRAVIOLETTA E I MEZZI OCULARI	
1.1 Radiazione Ultravioletta.....	5
1.2 Sorgenti	9
1.3 Effetti sull'occhio umano	11
CAPITOLO II : USO DEGLI OCCHIALI DA SOLE: STANDARD EUROPEI	
2.1 Standard Europei.....	17
2.2 Tipologie di lenti.....	18
2.3 Gli occhiali da sole aiutano i nostri occhi?	20
CAPITOLO III: PROTEZIONE DEI LAVORATORI DALLA RADIAZIONE ULTRAVIOLETTA	
3.1 Linee guida per l'esposizione ai raggi UV	25
3.2 Limiti di esposizione professionale e norme di sicurezza UV.....	29
3.3 Lavoratori ed esposizione ai raggi UV	31
3.4 Gestione dei rischi per i lavoratori	38
CAPITOLO IV: PROTEZIONE IN AMBITO PEDIATRICO	
4.1 I bambini e la luce solare	39
4.2 Danni oculari dovuti alla radiazione UV.....	40
4.3 Fotosensibilità o Fotofobia	41
4.4 Meccanismi di lesione dei mezzi oculari.....	41
4.5 Radiazioni UV conto il cristallino e la retina	42
4.6 Benefici degli occhiali da sole per i bambini	43
Conclusioni	46
Bibliografia	47

Introduzione

Questo elaborato è incentrato sullo studio degli effetti d'interazione della radiazione UV con i tessuti intraoculari. Lo scopo della tesi, a carattere bibliografico, è far comprendere i danni che possono causare le radiazioni ultraviolette al nostro corpo, principalmente ai nostri occhi, e come poter prevenire tale danno.

Il lavoro di tesi si articola in 4 capitoli:

- Il primo capitolo illustra la classificazione della Radiazione Ultravioletta, le fonti di emissione e focalizza l'attenzione sugli effetti derivanti dall'interazione tra raggi UV e tessuti oculari, illustrando le varie patologie che colpiscono principalmente la congiuntiva, il cristallino e infine la retina.
- Dopo aver illustrato ciò, il secondo capitolo centra l'attenzione sulle tipologie di lenti utili a prevenire e/o bloccare gli UV. Inoltre si discute dell'utilità degli occhiali da sole, se indossandoli, aiutano a proteggere realmente i nostri occhi o sono solo per uso estetico.
- Nel terzo capitolo vengono presentate le linee guida che i lavoratori, dovrebbero adottare per proteggere il loro corpo e soprattutto i loro occhi dalle radiazioni UV naturali e artificiali.
- Molto importanti, ma meno noti, sono i rischi oculari associati all'esposizione al sole e alla necessità di proteggere gli occhi fin dall'infanzia. Nel quarto capitolo vengono riportati alcuni studi i quali stabiliscono che molte delle gravi malattie oculari associate all'invecchiamento sono dovute all'esposizione cumulativa al sole, in particolare ai raggi UV.

CAPITOLO 1

INTERAZIONE DELLA RADIAZIONE ULTRAVIOLETTA E I MEZZI OCULARI

L'occhio è un organo sferoidale, incassato all'interno dell'orbita ed è schermato dalle palpebre, dalle sopracciglia e dalle ciglia.

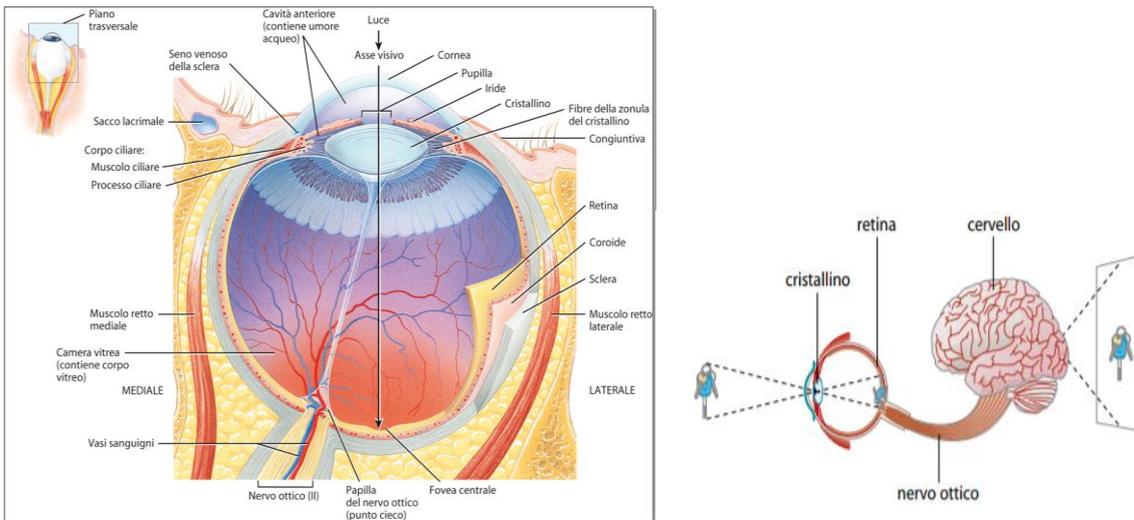


Fig. 1: Anatomia dell'occhio umano. [1]

Esso raccoglie la luce che proviene dall'ambiente circostante, ne regola l'intensità luminosa attraverso un diaframma (l'iride), la focalizza attraverso un sistema regolabile di lenti per formarne un'immagine sulla retina. Le informazioni che la retina riceve giungono al cervello sotto forma di impulsi elettrici che descrivono il contenuto dell'immagine.

1.1 Radiazione Ultravioletta

La radiazione è energia trasportata da un'onda elettromagnetica [2]. Le radiazioni elettromagnetiche sono costituite da campi elettrici e magnetici oscillanti che si propagano nello spazio libero e nella materia.

Complessivamente lo spettro elettromagnetico comprende:

- Radiofrequenza (radio, televisione e trasmissione a microonde)
- Luce Infrarossa
- Visibile
- Radiazione Ultravioletta
- Raggi X
- Raggi Gamma

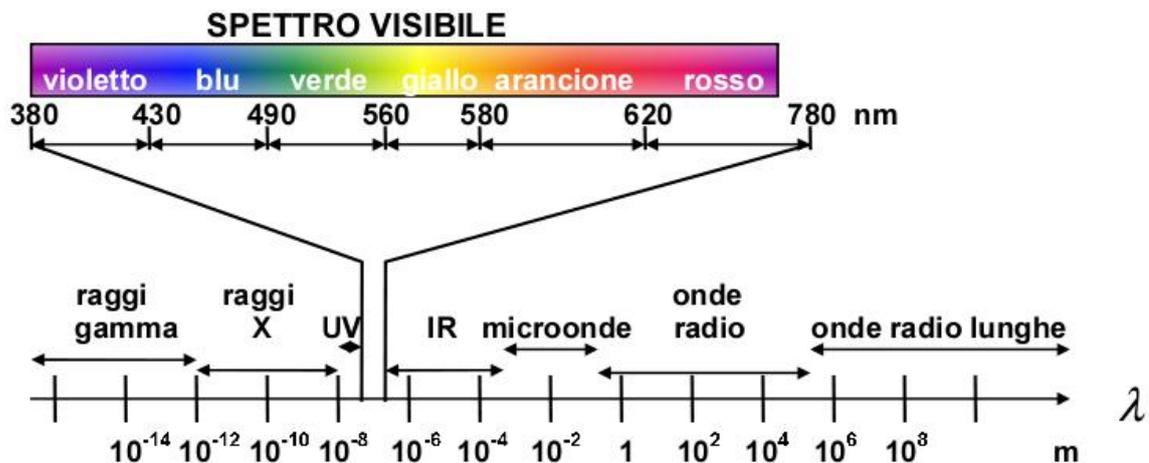


Fig. 2: Spettro elettromagnetico [3]

L'Ultravioletto (UV) fa parte dello spettro delle radiazioni elettromagnetiche con lunghezza d'onda da 100 nm a 400 nm. Le radiazioni elettromagnetiche possono essere classificate in base alle proprietà quali:

- velocità dell'onda
- frequenza
- lunghezza d'onda.

Questi tre parametri di radiazione elettromagnetica sono correlati dalla seguente relazione:

$$c = \lambda \cdot \nu$$

Dove:

- c = velocità della luce nel vuoto, pari a 3×10^8 metri per secondi ($m \cdot s^{-1}$).
- λ = lunghezza d'onda, distanza tra due creste d'onda (espressa in metri, nanometri o micrometri).
- ν = frequenza, numero delle oscillazioni per unità di tempo (espresso come oscillazioni al secondo, in hertz, Hz).

La radiazione ultravioletta è solitamente divisa in diverse gamme, basate su effetti fisiologici:

- UVA 315-400 nm
- UVB 280-315 nm
- UVC 100-280 nm

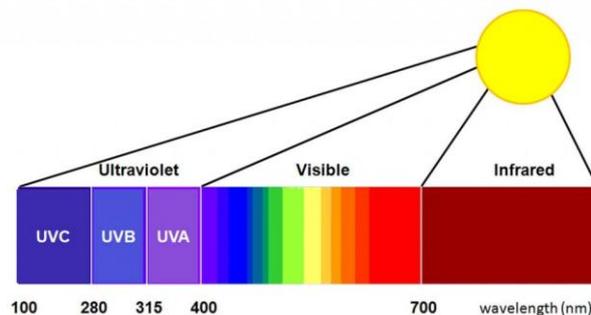


Fig. 3: Spettro ultravioletto e le bande di lunghezza d'onda [4]

Le radiazioni con lunghezza d'onda da 10 nm a 100 nm sono denominate UV da vuoto o UV estremo. Queste radiazioni si propagano solo nel vuoto e quindi gli studi biologici sono di scarso valore.

La radiazione *UVC* è la più pericolosa per la salute umana ma fortunatamente viene filtrata dallo strato d'ozono e non raggiunge la superficie terrestre.

La radiazione *UVB* costituisce circa il 5% della radiazione UV totale, viene assorbita soprattutto dalle cellule dell'epidermide. L'irraggiamento UVB, non è

costante ma dipende da fattori come la latitudine, l'altitudine, l'orario, la stagione nonché fattori ambientali (inquinamento, nuvolosità, ecc). Gli UVB sono i principali responsabili dell'abbronzatura e, in caso di esposizione prolungata, di eritemi, scottature, rossori e persino ustioni.

La radiazione *UVA* rappresenta circa il 95% dei raggi UV ed è presente in egual misura durante tutto l'anno e nel corso della giornata. Contribuisce in maniera minore all'abbronzatura e alla comparsa di eritemi e scottature, tuttavia, accelera il processo di invecchiamento cutaneo, alterando le fibre di sostegno del derma.[5]

La capacità di penetrazione e quindi di pericolosità per l'uomo dei raggi UV aumenta al diminuire delle lunghezze d'onda e all'aumentare della frequenza. L'indice UV, è un' unità adimensionale definita come l' irraggiamento UV ponderato CIE (Wm^{-2}) moltiplicato per il fattore 40 ($W^{-1}m^2$). Ha valori compresi tra 1 e 11 e misura il livello della radiazione UV che raggiunge la superficie terrestre: maggiore è il livello dell'indice, più alto è il potenziale danno (figura 4).



Fig. 4: valori indice UV [6]

Alcuni fattori ambientali possono influenzare il livello di raggi UV. Tra questi i più importanti sono:

- Nuvolosità: la copertura nuvolosa, se spessa, può bloccare la radiazione UV. Una nuvolosità fine o intervallata permette il passaggio quasi totale della radiazione UV. Se la nuvolosità è costituita da nubi isolate tipiche in condizioni di bel tempo, è possibile che la radiazione UV che raggiunge il suolo in un certo punto sia addirittura maggiore che in condizioni di cielo sereno.
- Ozono: l'ozono assorbe la radiazione UV. Maggiori quindi sono le concentrazioni di ozono, minore è la quantità di radiazione che raggiunge il suolo. Esso è presente sia nella troposfera (strato di atmosfera compreso tra il suolo e 10 km di quota) che nella stratosfera (strato di atmosfera compreso tra 10 e 40 km di quota). I livelli di ozono troposferico possono variare a seconda dell'ora del giorno, da giorno a giorno e da stagione a stagione. Diverso è il discorso per l'ozono stratosferico che è caratterizzato da variazioni molto più lente e in parte legate a mutazioni indotte dall'uomo.
- Altitudine: la radiazione UV aumenta di circa il 10-12% ogni 1000 m a causa del minore spessore dell'atmosfera.
- Ora del giorno, latitudine e stagione: l'elevazione del sole è la causa comune dell'influenza dell'ora del giorno, della latitudine e della stagione sulla quantità di radiazione UV che raggiunge il suolo. Come per l'altitudine, il diverso assorbimento della radiazione UV è legato al diverso spessore dello strato di atmosfera che i raggi solari si trovano ad attraversare prima di raggiungere il suolo. I valori massimi di radiazione UV si registrano di conseguenza ai tropici, in estate e verso mezzogiorno.
- Caratteristiche della superficie: per valutare i valori di esposizione dell'uomo alla radiazione UV si deve tener conto, oltre che della

radiazione che arriva direttamente dall'atmosfera, anche di eventuali contributi dovuti a fenomeni di riflessione che dipendono dalle caratteristiche della superficie: i prati, il suolo e l'acqua riflettono meno del 10% della radiazione incidente, la sabbia arriva ad un 25%, mentre la neve può arrivare anche all'80%. [7]

1.2 Sorgenti

Le sorgenti di radiazioni possono essere raggruppate in base al modo in cui la radiazione è originata. Una principale fonte di radiazione UV sulla terra proviene dal sole. I materiali riscaldati all'incandescenza possono emettere radiazioni UV.

Pertanto, le sorgenti fluorescenti e fonti incandescenti possono produrre radiazioni UV con ampie variazioni della lunghezza d'onda.

Sorgenti artificiali che possono produrre UV sono:

-lampade ad incandescenza, ad esempio le alogene, la cui luce è bianca-gialla. Sono installate nelle auto, fari abbaglianti ed anabbaglianti, faretto da interno; queste lampade se hanno involucri di vetro, possono evitare che la radiazione UV costituisca un pericolo;

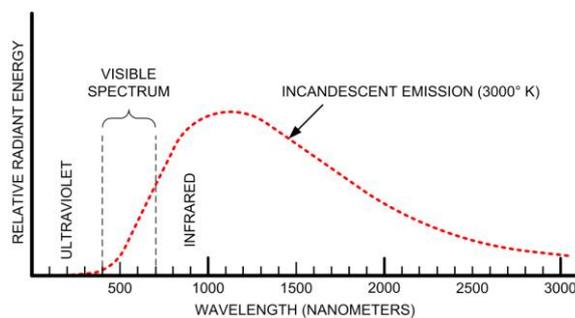


Fig. 5: spettro di emissione lampada ad incandescenza [8]

-lampade fluorescenti, sono dei veri e propri generatori di UV, infatti all'interno del tubo fluorescente detto impropriamente neon, si genera una scarica attraverso due elettrodi portando gli atomi del mercurio, contenuto nella lampada, in stato gas plasma, questo genera una intensa emissione di raggi UV che vengono poi trasformati in raggi visibili di vario colore attraverso la polvere fluorescente che

riveste l'interno del tubo, la polvere rallenta l'onda UV trasformandola in onda luminosa. Solitamente hanno involucri di vetro e possono presentare solo teoricamente un rischio UV in superficie;

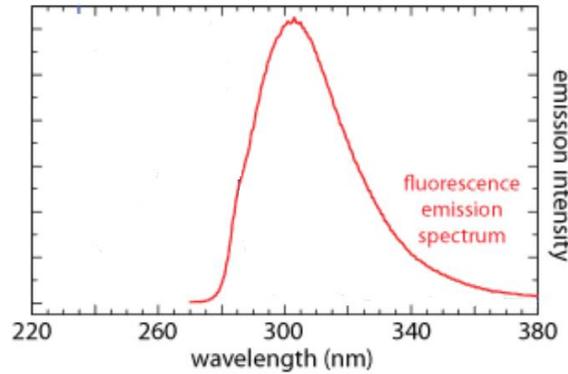


Fig. 6: spettro di emissione lampada fluorescente [9]

-lampade germicide, sono usate per assicurare la sterilità di utensili e ambienti ospedalieri. Esse sono costituite da tubi di vetro al quarzo riempiti con una miscela gassosa di argon e vapori di mercurio a bassa pressione, attraverso i quali viene indotta una scarica elettrica.

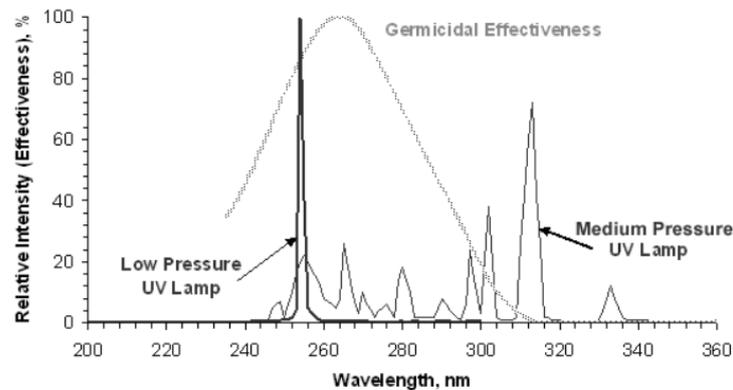


Fig. 7: spettro di emissione lampada germicida [10]

I componenti ottici per UV (lenti, prismi) non possono essere costruiti in vetro poiché questo assorbe le radiazioni con lunghezza d'onda inferiore a 320 nm; si usa quindi il quarzo che permette di lavorare fino a circa 180 nm. Essendo, inoltre, formato quasi esclusivamente da silice, ha un basso indice di dilatazione e quindi sopporta delle temperature molto alte. Ha una trasparenza molto elevata e per

questo è permeabile alle radiazioni ultraviolette, ed è utilizzato nella produzione di lampade UV. [2]

1.3 Effetti sull'occhio umano

L'assorbimento delle radiazioni UV può causare effetti biologici. Gli organi interessati sono gli occhi e la pelle. L'efficacia delle varie lunghezze d'onda della radiazione UV per produrre una risposta biologica è legata al concetto di spettro d'azione, usato per definire l'efficacia relativa spettrale per diverse lunghezze d'onda per un dato effetto. Essa infatti è la capacità di produrre un effetto biologico rispetto alla radiazione UV a 270nm.

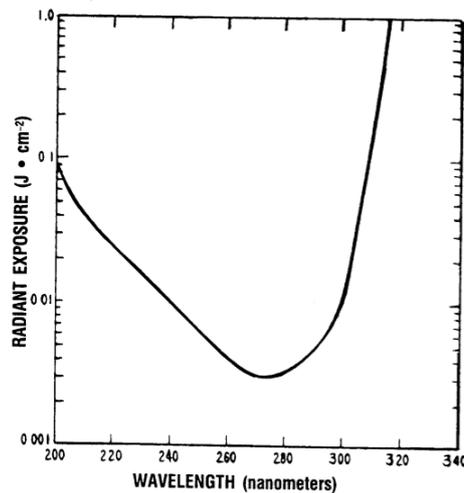


Fig. 8: curva dello spettro d'azione [2]

L'assorbimento di radiazione ultravioletta può causare effetti biologici divisibili in *effetti acuti* e *effetti cronici* e interessano cornea, cristallino e retina.

Gli *effetti acuti* riguardano la congiuntiva e la cornea. Un'eccessiva esposizione ai raggi UV può provocare l'insorgenza di:

-fotocheratite

-fotocongiuntivite.

La **fotocheratite** porta danni agli strati esterni della cornea causando dolore e visione ridotta ed è il risultato dell'esposizione alla luce solare solo in ambienti

altamente riflettenti, come la neve, da qui il termine “cecità da neve”. Appare dopo qualche ora dall’esposizione ed reversibile. I sintomi scompaiono entro un giorno o due.[11]

La **fotocongiuntivite attinica** è un’inflammazione della cornea e della congiuntiva, insorge spesso in ambienti ad alta riflettanza (neve o sabbia) con un periodo di latenza (periodo in cui la patologia non si è ancora manifestata) di qualche ora e dipendente dalla durata dell’esposizione. Il periodo latente è di 4-12 ore dal momento dell’esposizione e i sintomi, come sabbia negli occhi, fotofobia, visione offuscata, lacrimazione e rossore si presentano alcune ore dopo l’esposizione. Questo danno, che implica la distruzione di cellule epiteliali della cornea, è reversibile in uno o due giorni. [2]

Un altro disturbo che si riscontra, è la **fotocongiuntivite secca** o più comunemente conosciuta come “occhio secco”. Essa consiste in una riduzione quantitativa e/o in un’alterazione qualitativa del film lacrimale e può provocare lesioni alle strutture esterne dell’occhio.

Le sorgenti UV industriali (come lampade a saldatura o germicida) possono eludere le difese naturali del corpo e consentire l’esposizione diretta della cornea. Ciò si verifica quando le sorgenti emettono radiazioni UV ad angoli non schermati da sopracciglia o palpebre.

Gli *effetti cronici* sono quelli che coinvolgono il cristallino e la retina, portano allo sviluppo di:

-pterigio

-cataratta

La radiazione UV è stata implicata anche nella degenerazione maculare legata all’età.

È stato dimostrato che le elevate dosi di luce blu sono in grado di danneggiare la retina. L’esposizione prolungata ai raggi UV potrebbe portare alla formazione dello **pterigio**, una crescita vascolare sulla superficie dell’occhio che rappresenta un comune inestetismo cosmetico con tendenza ad infiammarsi. Quando questo si

estende sul centro della cornea, riduce la visione. È consigliato l'intervento chirurgico ma tende a ripetersi.

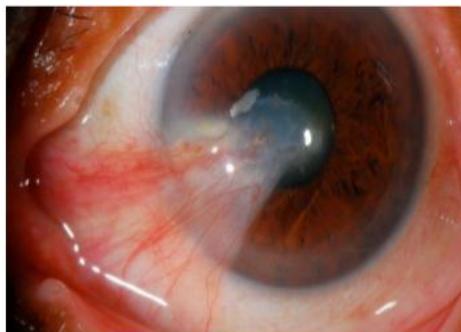


Fig. 9: pterigio [12]

Un'altra causa legata alla prolungata esposizione ai raggi UV è la formazione di **cataratta**, principale causa della cecità nel mondo, dove la perdita di trasparenza del cristallino porta a gravi problemi di vista. Nella terapia chirurgica della cataratta si sostituisce il cristallino con una lente intraoculare (IOL). L'intervento più tecnicamente avanzato è la facoemulsificazione che prevede la frammentazione e la rimozione del cristallino e la sua sostituzione con la IOL. Questa lente artificiale deve, come il cristallino, proteggere la retina dalla radiazione UV; si usano perciò lenti intraoculari con filtro giallo, il quale blocca i raggi della luce blu proteggendo la retina come un cristallino naturale.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) valuta che dei 12-15 milioni di persone che ogni anno rischiano la cecità a causa della cataratta, una percentuale di circa il 20% è provocata o aumentata dall'esposizione solare. Nell'occhio che invecchia si formano per fotodegradazione UV degli aminoacidi delle proteine del cristallino, cromofori gialli che assorbono la radiazione blu e ultravioletta.

I soggetti afachici, che non hanno la lente cristallina, hanno un problema speciale in quanto gli UVA incidono sulla retina e vengono assorbite da essa. Poiché il cristallino normalmente assorbe i raggi UV gli individui che hanno subito un intervento chirurgico di cataratta presentano maggior rischio al tessuto retinico. Quindi questi pazienti devono ricevere lenti intraoculari IOL che bloccano le

radiazioni ultraviolette; laddove gli IOL sono controindicati, la protezione dai raggi UV deve essere prescritta nella correzione di occhiali o LAC.

La maggior parte delle radiazioni UV incidente sugli occhi viene assorbita dalla cornea e dal cristallino. Circa il 4% di essa raggiunge la retina nella prima infanzia e questa percentuale scende con l'aumentare dell'età. Il melanoma oculare è una malattia delle popolazioni di origine europea, la sua incidenza è più elevata nelle persone con la carnagione bianca rispetto che nelle persone con la carnagione nera o negli asiatici. I melanomi oculari si trovano più frequentemente nella coroide centrale e nell'iride inferiore e temporale. Molti studi hanno portato alla dimostrazione che la regione inferiore e temporale dell'iride è priva di protezione dalla luce incidente, ma ci sono poche prove di un'associazione tra esposizione sole e melanoma oculare. [11]

Per quanto riguarda la retina osserviamo la figura 10

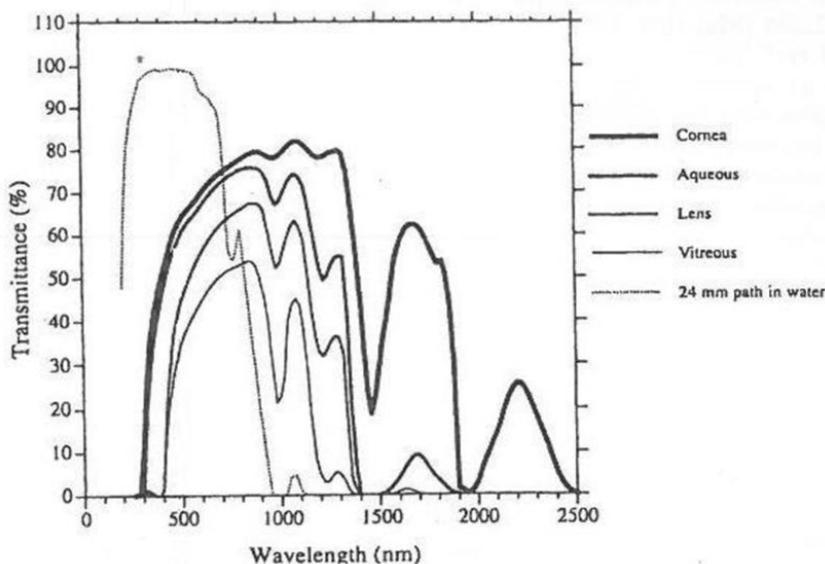


Fig. 10: Trasmittanza spettrale cumulativa dei mezzi intraoculari [13]

Essa mostra la trasmittanza spettrale (quantità di luce trasmessa in funzione della lunghezza d'onda) alla superficie posteriore di ogni componente oculare. Questi dati riguardano la trasmittanza diretta per un bambino/adulto. Si osserva un forte assorbimento a lunghezze d'onda di circa 400 nm. La cornea assorbe tutta la radiazione sotto i 290 nm, mentre il cristallino assorbe fortemente la radiazione tra

300 nm e 400 nm, cosa che non avviene nei soggetti operati di cataratta in quanto una volta impiantata un cristallino artificiale (IOL), secondo studi recenti, sembra che la protezione della retina dalle radiazioni UV sia inferiore a quella di un cristallino naturale di mezza età. A circa 380 nm però la radiazione riesce a raggiungere la retina. Alla luce di quanto detto finora e di ciò che dimostrano i dati riportati in figura 10 , possiamo dire che il rischio di danno fotochimico per la retina riguarda in particolar modo i soggetti afachici perché la mancanza del cristallino permette ad una maggiore quantità di raggi UVB ed UVA di raggiungere la retina.

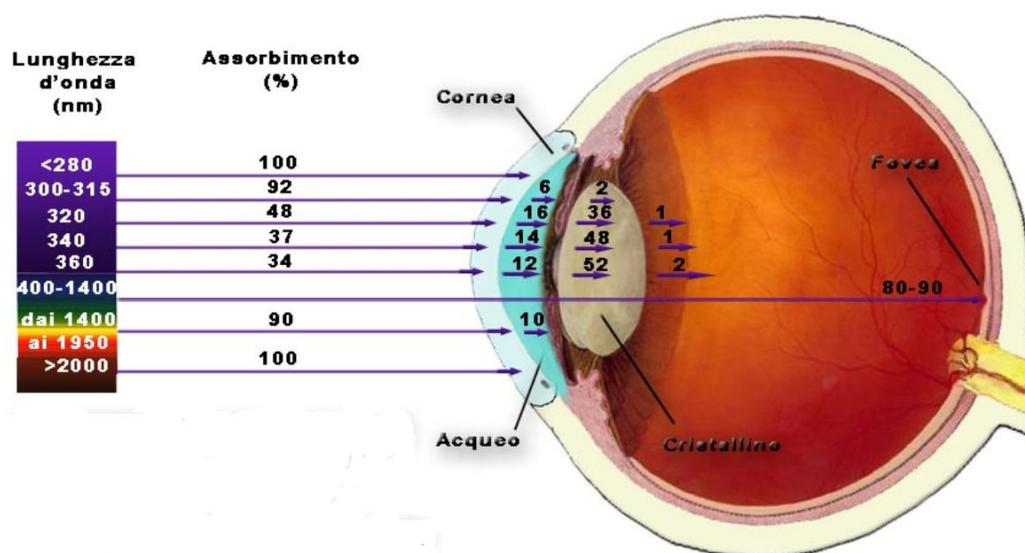


Fig.11: assorbimento delle radiazioni dello spettro solare da parte dell'occhio [14]

L'eccessiva quantità di radiazione che viene assorbita può portare con il tempo ad una degenerazione del tessuto retinico, in particolare nell'area maculare, definita degenerazione maculare o maculopatia senile.

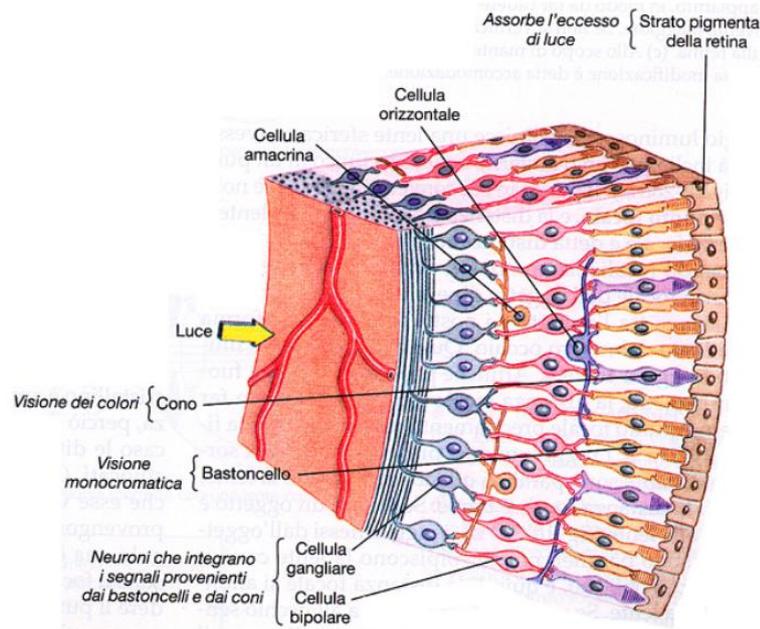


Fig 12: strato retinico [15]

L'epitelio pigmentato retinico ha il compito di eliminare tutte le tossine e ha la funzione di digerire tutte le sostanze di scarto, se è colpito da una radiazione ultravioletta altera la sua fisiologia generando un aumento di scarto in situ rappresentato dalle drusen, formazioni giallastre che rappresenta proprio l'inizio della degenerazione maculare. Abbiamo due tipi di degenerazione maculare: una secca e una atrofica, che nei 90% dei casi, causa l'assottigliamento della retina centrale, poco nutrita dai capillari e di conseguenza si atrofizza (muoiono le cellule) formando una cicatrice sulla macula a carta geografica.



Fig. 13: Degenerazione maculare [16]

CAPITOLO 2

USO DEGLI OCCHIALI DA SOLE: STANDARD EUROPEI

La maggior parte degli esperti della vista concordano sul fatto che uno dei modi più semplici ed efficienti per prevenire, ritardare l'insorgenza o la progressione di varie malattie oculari è l'uso di adeguate lenti protettive a colorazione fissa o fotocromatiche, progettate per impedire che la radiazione UV e la luce visibile ad alta energia raggiungano gli occhi. Secondo alcuni studiosi, l'uso di lenti colorate o occhiali da sole che bloccano le radiazioni UV e attenuano severamente le radiazioni visibili ad alta energia, rallenterà il ritmo di deterioramento oculare e ritarderà l'insorgenza di malattie legate all'età.

2.1 Standard Europei

Gli occhiali da sole sono considerati dispositivi di protezione individuali di prima categoria, in base al decreto legislativo 475/1992 e successive modificazioni. In quanto tali, gli occhiali da sole sono regolamentati dalle normative europee 89/686/CEE, 93/95/CEE e 96/58/CE, recepite in Italia dal suddetto D. Lgs 475/1992 e dal decreto legge 10/1997. La normativa prevede che ad ogni occhiale debbano essere allegare le seguenti informazioni:

- Identificazione del fabbricante o distributori
- Categoria dei filtri impiegati
- Numero e anno della norma
- Avvertenza in forma di simbolo o in testo

La normativa suddivide gli occhiali da sole in 5 categorie, a seconda del livello di riduzione della luminosità (tabella 1). L'argomento "protezione" è molto sottovalutato dagli italiani e i dati di una ricerca, fatta su un campione di soggetti tra i 25-54 anni, sembra confermarlo, dal momento che solo il 60% dei soggetti intervistati ha dichiarato di usare gli occhiali in modo regolare, il 30% non li indossa mai, mentre il restante ne fa un uso sporadico.[17]

CATEGORIA	TIPOLOGIA LENTE	% DI LUCE TRASMESSA	UTILIZZO
0	Lenti minimamente oscurate	80-100%	Luoghi chiusi Cielo coperto
1	Lenti leggermente oscurate	43-79%	Luce solare attenuata
2	Lenti mediamente oscurate	18-42%	Luce solare media
3	Lenti scure Lenti fotocromatiche allo stato più scuro	8-17%	Luce solare intensa
4	Lenti scurissime	3-7 %	Luce solare estremamente intensa

Tabella: 1

2.2 Tipologie di lenti

Esistono varie tipologie di lenti che aiutano a proteggerci dall'esposizione dei raggi UV. Queste si distinguono in:

- Lenti blue control
- Lenti fotocromatiche
- Lenti specchiate
- Lenti colorate

Il blue control è un trattamento che protegge dagli effetti della luce blu emessa da schermi LED e LCD di smartphone, tablet, PC, e TV. Nello specifico, questo effetto dovrebbe ridurre l'affaticamento degli occhi, annullare l'effetto abbagliamento e migliorare il contrasto. Le aziende a proporre questo trattamento, tra quelle più note sono Hoya e Zeiss. [18]

Lenti fotocromatiche sono lenti il cui materiale ottico, esposto a radiazioni UV o luce solare, produce una reazione chimica reversibile che ne determina lo scurimento. Una volta che l'irradiazione di luce o raggi UV diminuisce, ritornano gradualmente allo stato iniziale di trasparenza. Queste lenti proteggono dai raggi UV come gli occhiali da sole, sebbene non possono sostituirli in tutte le situazioni. Le lenti fotocromatiche, introdotte sul mercato negli anni '60 dalla Zeiss e in seguito da Rodenstock, quando non esposte a raggi UV, risultano essere molto chiare sebbene non come le lenti trasparenti classiche. Possono avere vari colori, combinando le varie sostanze che le compongono, dal marrone al grigio al verde ad altri colori. Esistono anche varie tipologie di lenti che abbinano le caratteristiche fotocromatiche ad un filtro solare tradizionale, permettendo di avere lenti da sole capaci di regolarsi su diverse intensità luminose. Il pregio di queste lenti è avere l'occhiale "tuttofare" che all'esterno è sempre colorato, ma mai troppo o troppo poco (l'oscuramento della lente è in proporzione all'intensità luminosa della luce e dei raggi UV). Ad esempio le lenti fotocromatiche generalmente non si scuriscono o si scuriscono troppo poco all'interno dell'automobile, dato che il parabrezza blocca parte dei raggi UV e non permette la giusta stimolazione della lente.[19]

La specchiatura è un trattamento, usato dalla Zeiss, Rodenstock e da aziende minori quali la Lapo SRL e la Zago SRL, che si può applicare sulla superficie esterna di diverse tipologie di lenti e fornisce agli occhiali un effetto a specchio. Spesso questo tipo di trattamento viene fatto, solo per motivi estetici o di moda, ma in alcuni casi fornisce all'occhiale caratteristiche peculiari che ne migliorano la funzionalità. Un esempio sono gli occhiali "da ghiaccio" che solitamente presentano specchiature accentuate nelle aree superiori e inferiori delle lenti, per aumentare la protezione della luce diretta dal cielo e indiretta dal terreno.[20]

Le lenti a tinta fissa sono lenti correttive che possono essere colorate in diverse tonalità e permettono di avere la massima protezione UV, come suggerisce il nome, queste rimangono con la stessa densità e oscurità, indipendentemente dalle condizioni di luce prevalente.

I filtri usati sono svariati, c'è chi li utilizza per fastidi alla luce durante la guida di un veicolo, quindi si orienta in genere su lenti dalla colorazione grigia, gialla, marrone o verde, in quanto evitano o riducono le distorsioni dei colori. Le lenti grigie sono definite come “lenti neutre” perché evitano sia contrasti che distorsioni di colore. Le lenti verdi o marroni provocano distorsioni leggere di colore, hanno il pregio di far risaltare meglio i contrasti cromatici. Lenti gialle o arancioni evidenziano i contrasti, ma causano delle alterazioni cromatiche. Lenti rosse, ottime per le ore in cui la luce è scarsa, hanno lo svantaggio di causare una notevole alterazione dei colori. Lenti viola o blu, non offrono benefici, sono solo per scopi estetici. [21]

2.3 Gli occhiali da sole: aiutano i nostri occhi?

I professionisti del settore hanno espresso preoccupazioni per i danni oculari che possono verificarsi se si utilizzano lenti polarizzate che riducono l'abbagliamento. Secondo uno studio condotto da Anderson e Gebel [22], vengono esaminati dal punto di vista epidemiologico i dispositivi di protezione oculare che possono costituire una minaccia sia per il cristallino che per la retina. Si è concluso che possono accentuare un problema già esistente comportando gravi complicazioni. Il cosiddetto “pericolo blu” ha sollevato un dubbio, la domanda che si pongono è che se portando gli occhiali da sole che proteggono da raggi UV e trasmettono meno luce nel visibile, causano un aumento del diametro pupillare, risultando quindi dannosi perché vi è un aumento di raggi che oltrepassa la pupilla, tra cui gli ultravioletti. Anderson e Gebel si occuparono di questo problema, ma non lo relazionarono ai rischi oculari, in particolare nessuno di questi autori aveva tenuto conto del ruolo della forma del cristallino.

Il risultato di tale ricerca fu una relazione tra l'area pupillare, A, e l'illuminamento, I, che produceva una funzione sigmoidea. Ne consegue che per un intervallo di I e solo uno di questi intervalli, la velocità di scambio tra A con I è massima. Questo resta vero anche se i dati sono tracciati su scale logaritmiche. Una variazione della funzione sigmoidea è tipica delle variazioni dose- risposta. Quando la dose e la risposta sono basse, un aumento del dosaggio non produce un aumento della risposta. Ma agli estremi l' aumento della risposta causata da un determinato aumento del dosaggio raggiungerà evidentemente un picco prima di scendere verso i valori di risposta saturi. Se abbiamo a che fare con una tossina, questo aumento massimo è determinato dalla sensibilità di picco del tessuto esposto alla tossina. Nel nostro caso l'analogo della tossina è la radiazione e la risposta è la miosi. Se l'area pupillare A diminuisce sull'intera gamma di illuminamento I, allora indossare occhiali da sole porterebbe ad una significativa dilatazione pupillare, con potenziali pericoli dovuti ad una maggiore presenza di radiazioni ultraviolette all'interno dell'occhio.

Lasciamo che il tasso massimo di dilatazione pupillare nel “peggiore dei casi” sia indicato da G, perché rappresenta il gradiente massimo nella relazione tra A e I. In altre parole, è definito da:

$$G = \frac{d \log A}{d \log I} \dots\dots\dots (1)$$

Dove

$$A = K \cdot I^{-G} \dots\dots\dots (2)$$

K è una costante di scala. Poiché il riflesso della luce funziona attraverso la retina, l'illuminazione I deve essere ponderata dalla sensibilità spettrale retinica effettiva S, in modo che

$$A=K.[I.S]^{-G} \dots\dots\dots (3)$$

Tuttavia I è variabile a causa dell'assorbimento degli occhiali da sole, se indossati; alla lunghezza d'onda λ (1) trasmettono T(1) % della luce incidente. Pertanto

$$A=K.[I(1).T(1).S(1)]^{-G} \dots\dots\dots (4)$$

In un'altra lunghezza d'onda $\lambda(2)$, l'illuminamento della retina è dato da

$$R(2)=I(2).T(2).A \dots\dots\dots (5)$$

Supponiamo che questa radiazione rappresenti il potenziale pericolo e desideriamo sapere se l'ipotesi peggiore della dipendenza di A da I (1), data l'equazione (3), può portare a un pericolo oculare.

Sostituendo l'equazione 4 nell'equazione 5

$$R(2)=K.I(2).T(2).[I(1).T(1).S(1)]^{-G} \dots\dots\dots (6)$$

Questa relazione sarà più comprensibile nella sua forma logaritmica

$$\log R(2)=\log I(2)-G.\log[I(1).S(1)]+\log K-D(2)+G.D(1) (7)$$

Dove $-\log_{10} T=D$, è la densità fotometrica degli occhiali da sole a qualsiasi lunghezza d'onda. I primi tre termini dell'equazione 7 sono costanti. Perciò l'illuminamento della retina alla lunghezza d'onda potenzialmente pericolosa rimane costante se

$$D(2)/D(1)=G \dots\dots\dots (8)$$

Dove D(1) è la densità degli occhiali da sole scelta per il loro effetto percettibile (antiabbagliante); G può essere uguale a 0.575. Ne consegue che, nella peggiore dell'ipotesi, quella data dall'equazione 3, la densità in un rischio cioè l'ultravioletta, la regione dello spettro non deve essere inferiore al 60% nella parte giallo/verde dello spettro. In questa parte dello spettro che la sensibilità retinica S(1) è massima. Quindi gli occhiali trasmettono il 5% nella parte giallo-verde dello spettro e non dovrebbero trasmettere più del 17% per evitare un maggior rischio di raggi ultravioletti. Se la trasmissione 'giallo verde' è 10%, il limite superiore è 25%. Poiché la maggior parte dei materiali trasmette meno a corto raggio che a lunghezze

d'onda lunghe, a meno che non vengano introdotte tinte speciali, gli occhiali da sole diventano un pericolo in condizioni perverse. Le tinte blu visibilmente inutili ma presumibilmente cosmetiche sono quindi i primi sospetti.

Si può notare che, dal punto di vista del pericolo ultravioletto, l'approccio seguito da Anderson e Gebel comporta una semplificazione che tende a portare una sottovalutazione o sopravvalutazione misurabile del pericolo reale, a seconda se si consideri la retina o il cristallino. La ragione di ciò risiede nella forma del cristallino, unita al fatto che esso assorbe più luce al centro che vicino all'equatore. Consideriamo prima la retina. Man mano che la pupilla aumenta il suo diametro, il flusso che l'attraversa aumenta, ma meno di questo sarà assorbito dalla periferia lenticolare che da un'area uguale ma centrale. Di conseguenza il rischio nominale per la retina aumenta. Consideriamo, invece, il cristallino. Come tutti i tessuti può essere danneggiato solo dalle radiazioni che assorbe. Lo stesso aumento dell'area pupillare determinerà un aumento del numero di raggi potenzialmente dannosi, inferiore rispetto a quello corrispondente ad un uguale superficie in una posizione pupillare centrale. Di conseguenza il rischio complessivo per il cristallino è ridotto. Si può dimostrare che questo effetto può annullare l'aumento del pericolo. Sembrerebbe che la lente possa proteggere la retina a proprie spese. È clinicamente significativo che Van der Hoeve sia stato tra i primi a sottolineare che un occhio con cataratta è improbabile che possa presentare una degenerazione maculare senile e viceversa.

Supponiamo che il cristallino sia facilmente danneggiabile da radiazioni ultraviolette. Dal nostro punto di vista non importa se la protezione della retina sia intrinseca o dovuta da un filtro protettivo. La figura 14 illustra la situazione di rischio dei due tessuti: la curva contrassegnata con "rischio alto" si riferisce al cristallino, mentre l'altra curva alla retina. Se ne deduce che per danneggiare il cristallino è necessaria molta meno radiazione rispetto alla retina. Da un punto di vista epidemiologico ciò significa che, è probabile che ci siano più persone con problemi retinici attribuibili alle radiazioni ultraviolette che persone con problemi lenticolari. Ciò è espresso dalla scala di rischio a destra della figura. Questo aspetto

aiuta a mettere in prospettiva il problema dei presunti rischi associati agli occhiali da sole . L'ipotetica midriasi per la situazione “peggiore dei casi”, aumenta il rischio elevato da circa 0,4% al 5%, cioè da 4 per 1000 persone a 50 persone per 1000. Tuttavia, mentre l'aumento frazionario è analogo sulla curva a basso rischio, il numero di persone colpite passa da circa 1 su 100000 a 12 su 100000, cosicché ci troviamo ancora di fronte ad un numero molto ridotto di persone rispetto all'intera popolazione.

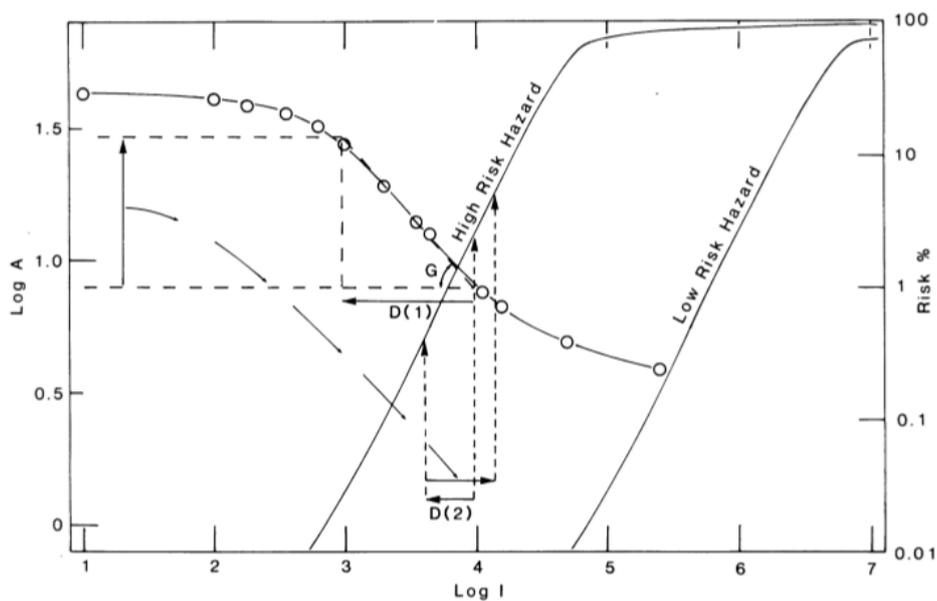


Fig. 14: funzione sigmoidea. Ascissa: illuminamento log retinale. A sinistra: area log pupillare. Destra: rischio in percentuale. Supponiamo che l'occhio sia illuminato con un'intensità $\log I=3.98$. Con questa intensità il rischio è del 2.5% per un pericolo grave, ma non trascurabile per uno a basso rischio. Occhiali da sole sono indossati nello spettro del visibile con una densità $D(J) = 1$. L'area pupillare aumenta al massimo di un fattore 3.6, come indicato dalla freccia a sinistra. Si supponga che la densità dei vetri per la radiazione di raggi ultravioletti dello spettro sia $D(2)$. L'occhio riceve dalle unità di log ultravioletto 3.61, $D(2)$ scegliendo un valore pari a 0.39. Tuttavia, questa riduzione è controbilanciata in questo caso dall'aumento dell'illuminazione retinica (o lenticolare) dovuta alla midriasi, e il rischio sale dal valore originario del 2.5% al 5.4%. Se per qualche ragione la pupilla si era completamente dilatata dopo aver indossato gli occhiali da sole, è facile dimostrare che il rischio sarebbe salito al 10.5%. La situazione può essere grave solo se all'inizio è grave: un quadruplo di aumento sulla curva a basso rischio rimane quello che era originariamente, cioè trascurabile. [22]

CAPITOLO 3

PROTEZIONE DEI LAVORATORI DALLA RADIAZIONE

ULTRAVIOLETTA

Le esposizioni alle radiazioni ultraviolette possono provenire dal sole e da sorgenti artificiali. Sebbene i lavoratori che lavorano all'interno siano normalmente protetti da indumenti e occhiali, lo stesso livello di protezione non è garantito per i lavoratori che lavorano all'esterno. Nella maggior parte dei casi, le sovraesposizioni sono dovute a guasti accidentali delle misure di sicurezza o dei dispositivi di protezione, quindi coloro che lavorano all'aperto ricevono un'esposizione maggiore ai raggi UV e corrono pertanto un maggiore rischio di subire un'eccessiva esposizione ai raggi ultravioletti. L'entità del rischio per la pelle dipende in larga misura dai fattori climatologici e dalla sensibilità personale alla radiazione ultravioletta; tuttavia, questa vasta gamma di sensibilità individuale non esiste per l'occhio, infatti, tutte le persone, sono sensibili sia alla cataratta che ad altre malattie degli occhi legate all'esposizione dei raggi UV.

3.1 Linee guida per l'esposizione ai raggi UV

Le linee guida [23] per l'esposizione ai raggi UV sono state adottate dalla Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP) sulla base di precedenti raccomandazioni dell'International Radiation Protection Association (Associazione internazionale per la protezione dalle radiazioni) e dell'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Queste linee guida sono applicate all'esposizione interna dovuta a sorgenti artificiali, come archi di saldatura e lampade specializzate. Sebbene queste linee guida per la protezione si applichino all'esposizione ai raggi UV solari e alle sorgenti artificiali, la sfida di rispettare le linee guida è di gran lunga maggiore per coloro che lavorano all'esterno a causa della mancanza di controllo sulla sorgente. L'Unione Europea (Commissione europea 2006) ha pubblicato un documento sulla protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute derivanti dai raggi ultravioletti.

La posizione del sole e l'angolo di elevazione determinano l'irradianza sugli occhi e sulla pelle. Un elemento chiave per raggiungere l'obiettivo di riduzione dell'esposizione ai raggi UV è la formazione e la sensibilizzazione dei lavoratori. A qualsiasi latitudine, le esposizioni possono essere classificate in due grandi gruppi: esposizioni ad alto e basso livello. I lavoratori dell'industria edile, i lavoratori del settore ricreativo (ad esempio, guide e bagnini), i lavoratori agricoli e i pescatori appartengono in genere al gruppo di alto livello, mentre i lavoratori che si trovano principalmente all'interno o solo a volte all'esterno, compresi insegnanti, agenti di polizia, personale addetto al parto e militari, sono generalmente esposti a bassi livelli di UV, anche se ciò può variare a causa di attività ricreative. Nel caso dei lavoratori che svolgono il loro lavoro all'esterno, dovrebbero essere forniti articoli di protezione personale, come cappelli con larga visiera, occhiali da sole, indumenti protettivi e schermi solari. Come già spiegato nel primo capitolo, lo spettro UV è diviso in tre bande spettrali fotobiologiche (CIE 1987) (fig 3). La 'Commission International de L' Eclairage' (CIE) ha designato le bande spettrali UV: UVC (100-280 nm), UVB(280-315nm) e UVA(315-400nm). Solo le sorgenti luminose artificiali emettono energia radiante all'interno della banda spettrale UVC, mentre le radiazioni che potrebbero causare problemi all'occhio umano sono UVA e UVB. Le sorgenti UVA sono le più tipiche. Tuttavia, in applicazioni speciali, le sorgenti possono emettere anche UVB e UVC. Pertanto, le esposizioni pericolose si verificano quando si rimuove il malfunzionamento degli interblocchi (interlock) o la custodia di protezione. In condizioni d'uso normali, i deflettori proteggono gli occhi dall'esposizione diretta e non presentano alcun rischio UV professionale per gli occhi o la pelle. Lampade UVA si trovano anche in discoteche, teatri, bar e altre strutture di intrattenimento per indurre fluorescenza visibile in abbigliamento, manifesti e altri materiali fluorescenti. Le lampade fluorescenti utilizzate per l'illuminazione generale in uffici, case e fabbriche emettono piccole quantità di luce UVA e UVB. L'emissione UVB dipende dalle impurità presenti nell'involucro di vetro. Tuttavia, gli standard di sicurezza fotobiologica per le lampade e gli apparecchi di illuminazione richiedono che le lampade esenti abbiano irradianza

inferiore a $0,1 \mu\text{W cm}^{-2}$ (1 mW cm^{-2}) a una distanza in cui l'illuminamento è pari a 500 lux e che le guarnizioni di isolamento UV impediscono l'emissione pericolosa di UV dalle lampade ad alogeni al tungsteno. La dosimetria dell'esposizione ai raggi UV degli occhi e della pelle richiede l'uso di diverse grandezze e unità radiometriche. L'*irradianza* (W m^{-2}) è la dose di esposizione di superficie in watt per metro quadrato e l'esposizione *radiante* (J m^{-2}) è l'energia radiante accumulata per unità di superficie in joule per metro quadrato. La *potenza radiante* (W) è la quantità di energia emessa al secondo da una sorgente ottica ($\text{W} = \text{Js}^{-1}$). La relativa quantità fotometrica del *flusso luminoso* (lm) descrive la quantità di energia emessa da una determinata sorgente nell'unità di tempo. Per una sorgente di luce pulsata come una lampada flash, l'energia radiante in joule (J) descrive l'energia emessa in un impulso. Gli effetti biologici indotti dagli UV sulla pelle e sugli occhi possono verificarsi nell'ambiente di lavoro senza essere riconosciuti. L'irradianza biologicamente efficace, E_{eff} (W m^{-2}), è calcolata pesando spettralmente l'irradianza con lo spettro d'azione della risposta biologica. Matematicamente, ciò si ottiene moltiplicando l'irradianza spettrale per ogni intervallo di lunghezze d'onda, $E_{(\lambda)}$ ($\text{W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$), con la risposta biologica relativa alla stessa banda d'onda, $S(\lambda)$, sullo spettro in questione e quindi sommando tutte le componenti dell'irradianza per le diverse componenti spettrali. L'esposizione radiante efficace, H_{eff} (J m^{-2}) è l'irradianza biologicamente efficace moltiplicata per il tempo di esposizione. La molecola bersaglio per un dato effetto è chiamata cromoforo, e mentre ci sono molti cromofori fotochimicamente attivi nella pelle e nell'occhio, un cromoforo chiave per gli effetti ritardati è il DNA. L'esposizione dell'occhio ai raggi UV è associata ad una varietà di disturbi, compresi i danni alle palpebre, alla cornea, al cristallino e forse alla retina. L'esposizione oculare ai raggi UV è molto influenzata dall'angolo di elevazione del sole rispetto all'esposizione cutanea. Durante la strizzatura o la chiusura dell'occhio, le palpebre superiori e inferiori proteggono una porzione o l'intero occhio dall'esposizione ai raggi UV, trasmettendo e rifrangendo parzialmente tali raggi. La radiazione UV che raggiunge le strutture interne dell'occhio viene attenuata in base alla lunghezza d'onda della

radiazione incidente. Le lunghezze d' onda inferiori a 290 nm sono quasi interamente attenuate dalla cornea. Inoltre, la radiazione nell' intervallo 300-370 nm è quasi completamente attenuata nel cristallino, c'è infatti, un forte aumento dell'attenuazione UV da parte del cristallino con l'aumentare dell'età. Come già precedentemente discusso, un occhio non protetto esposto a raggi UV dalla luce solare riflessa da sabbia leggera o neve durante un giorno può accumulare una dose sufficiente per causare un effetto avverso nella cornea e congiuntiva dell'occhio noto come fotocheratocongiuntivite. Come nel caso delle scottature solari, i sintomi sono ritardati di diverse ore. Entro sei ore, tale esposizione dà luogo ad una graduale transizione dei sintomi da una sensazione di prurito, "sabbia nell'occhio", e maggiore lacrimazione, al dolore grave e fotofobia, sensibilità alla luce, che è associata con un gonfiore e la perdita delle cellule superficiali nella cornea. Entro 24-48 h, il dolore diminuisce e la sensibilità alla luce scompare a causa della riepitelizzazione della superficie corneale. Questa condizione è comunemente chiamata "cecità da neve" o "flash del saldatore". Oltre alle lesioni corneali, studi di laboratorio hanno dimostrato la formazione di cataratta acuta da UV a lunghezze d' onda inferiori a 310 nm emesse da sorgenti artificiali o laser. Nell' insolita situazione in cui non è presente il cristallino che assorbe UV, è possibile una lesione retinica per lunghezze d' onda superiori a circa 300 nm . Diversi effetti oculari avversi sembrano essere correlati all' esposizione cronica ai raggi UV, ad esempio, il pterigio, una crescita sopra la superficie della cornea di tessuto simile alla congiuntiva, è stato associato all' esposizione cronica ai raggi UV. Man mano che il pterigio progredisce, la crescita può coprire la cornea e nuocere gravemente alla vista. Inoltre, il pingueculum, tumore non maligno del tessuto connettivo della congiuntiva, è stato attribuito all' esposizione permanente ai raggi UV. La cheratopatia gocciolata è una deposizione focale di lipidi nella cornea con un effetto negativo sulla trasparenza ed è stata inoltre epidemiologicamente associata all' esposizione ai raggi UV. Almeno un tipo di cataratta, vale a dire la cataratta corticale, è associata all' esposizione UVB, ma gli esperti non concordano sul grado di importanza dell' esposizione ai raggi ultravioletti solari.

3.2 Limiti di esposizione professionale e norme di sicurezza UV

Linee guida, regolamenti e standard in materia di salute e sicurezza sul lavoro sono stati sviluppati in diversi paesi e da organizzazioni internazionali per proteggere i lavoratori da un'esposizione potenzialmente pericolosa ai raggi UV. Le differenze filosofiche nel livello di protezione hanno causato alcune difficoltà nello sviluppo di un consenso sui limiti di esposizione. Vi è qualche controversia sull'equilibrio tra i benefici per la salute derivanti dall'esposizione ai raggi UV e i rischi associati al cancro della pelle. Le due linee guida più diffuse sono praticamente identiche. Sia l'ICNIRP (ICNIRP 2004) che le linee guida della Conferenza Americana degli Igienisti Industriali Governativi (ACGIH 2009) per l'esposizione umana si basano su uno spettro d'azione totale che considera sia gli effetti oculari che cutanei. Sebbene queste linee guida si basassero inizialmente sulla prevenzione di eventuali cambiamenti acuti e rilevabili nelle cellule corneali ed epiteliali (effetti acuti), esse sono state anche analizzate per dimostrare che il rischio è estremamente basso, L'irradianza efficace, E_{eff} (μWcm^{-2} o Wm^{-2}) si ottiene ponderando l'irradianza spettrale, E_{λ} ($\mu\text{Wcm}^{-2} \text{nm}^{-1}$ o $\text{Wm}^{-2} \text{nm}^{-1}$) con lo spettro d'azione UV S_{λ} (rel.), per ciascuna gamma di lunghezze d'onda $\Delta \lambda$ (nm); all'interno della gamma di lunghezze d'onda da 180 nm a 400 nm (eqn 1):

$$E_{\text{eff}} = \sum E_{\lambda} S(\lambda) \Delta \lambda. \quad (1)$$

linea guida ICNIRP per la massima esposizione radiante umana biologicamente efficace degli occhi e della pelle ai raggi UV entro un periodo di 8 h è 30 J m^{-2} efficace. Se l'irradianza è costante, la durata di esposizione ammissibile, t_{max} (s) è il limite di esposizione di 30 Jm^{-2} diviso per l'irradianza effettiva (eqn 2):

$$t_{\text{max}} (\text{s}) = \frac{30 \text{ J m}^{-2}}{E_{\text{eff}} (\text{W m}^{-2})} \text{ or } t_{\text{max}} (\text{s}) = \frac{3 \text{ mJ cm}^{-2}}{E_{\text{eff}} (\text{mW cm}^{-2})}. \quad (2)$$

Qualsiasi esposizione che abbia un contributo dominante dell' UVA deve essere valutata sia rispetto ai limiti dell' UVA che all' UV ponderato spettralmente. A seconda della distribuzione spettrale uno dei due limiti di esposizione è quello più restrittivo. L' irradianza UVA, E_{uva} ($W m^{-2}$), nella regione spettrale UVA è l' irradianza spettrale ad ogni intervallo di lunghezze d' onda sommata da 315 nm a 400 nm (eqn 3):

$$E_{uva} = \sum E_{\lambda} \times \Delta\lambda. \quad (3)$$

Per irradianza costante, la durata massima di esposizione relativa al limite UVA può essere stimata come il rapporto tra la linea guida UVA non ponderata e l' irraggiamento UVA (eqn 4):

$$t_{max} (s) = \frac{10 \text{ kJ m}^{-2}}{E_{uva} \text{ W m}^{-2}} \text{ or } t_{max} (s) = \frac{1 \text{ J cm}^{-2}}{E_{uva} \text{ W cm}^{-2}}. \quad (4)$$

ACGIH applica il limite UVA espresso come esposizione radiante totale solo fino a 1.000 s e limita l' irraggiamento totale a 10 W m^{-2} per periodi superiori a 1.000 s. Ne consegue che per un' esposizione continuativa di 8 ore, il limite di esposizione radiante di 10.000 J m^{-2} è equivalente a 10 W m^{-2} secondo le linee guida ACGIH e a $0,33 \text{ W m}^{-2}$ ($33 \mu\text{Wm}^{-2}$). Elevati livelli di raggi UV della luce solare sono associati ad ambienti molto luminosi che portano a restringimenti pupillari che riducono l' esposizione oculare, ma le sorgenti luminose (ad esempio, lampade germicida a bassa pressione al mercurio) possono avere livelli relativamente bassi di luce visibile che permetterebbero l' osservazione diretta per lunghi periodi. Questi fattori devono essere presi in considerazione nella valutazione dei rischi di esposizione ai raggi UV per gli occhi negli ambienti interni. L' American National Standards Institute (ANSI) ha prodotto una norma tecnica per lampade e sistemi di lampade al fine di indicare il potenziale rischio fotobiologico. Questo standard è stata adottato

anche dalla Commissione elettrotecnica internazionale (IEC) come norma IEC62471:2006, identica alla CIE S009 (CIE 2006a), ed è stata sviluppata come norma del fabbricante per specificare i gruppi di rischio che devono essere assegnati alla lampada dal fabbricante. I gruppi di rischio di lampade sono basati non solo sul limite UV, ma su tutti i limiti di esposizione rilevanti. Quindi, lo standard di sicurezza delle lampade CIE è legato all' emissione della sorgente luminosa piuttosto che alla caratterizzazione dell'esposizione di una persona, che dipende dalla distanza effettiva e dalla durata dell'esposizione. Due diverse distanze di misurazione sono definite nella norma per la classificazione dei gruppi di rischio a seconda dell'uso previsto: la distanza in cui il livello di illuminamento è pari a 500 lux per le lampade per l' illuminazione generale e a 20 cm per le lampade per l' illuminazione non generale. La maggior parte delle lampade che emettono una quantità rilevante di raggi UV sono sorgenti luminose non generiche. La classificazione dei gruppi di rischio secondo la norma CIE fornisce informazioni utili per facilitare l'analisi dei pericoli di una determinata lampada. Per le luci appartenenti al gruppo esente non è necessaria un' ulteriore analisi dei rischi, tranne nei casi estremi di brevi distanze e di esposizione a lungo termine alle lampade UVA. Va tuttavia osservato che la determinazione del gruppo di rischio si basa su misurazioni a 20 cm, il che non è realistico per molte applicazioni pratiche. Per distanze maggiori, il rischio viene ridotto nel senso che la durata dell' esposizione consentita aumenta proporzionalmente all'aumentare della distanza.

3.3 Lavoratori ed esposizione ai raggi UV

La componente ultravioletta dello spettro solare terrestre rappresenta solo il 5% circa dell' energia radiante, ma questa componente è in gran parte responsabile degli effetti deleteri dell' esposizione solare (Fig. 10). Si noti che i raggi UV di lunghezze d' onda inferiori a 290 nm non penetrano sotto lo strato di ozono dell'atmosfera terrestre. Sia la qualità (spettro) che la quantità (irradianza) dell' UV terrestre variano in funzione dell' angolo di elevazione del sole sopra l'orizzonte, complementare all'angolo di zenit solare o all'angolo sotto zenit. Questi angoli solari

dipendono dall'ora del giorno, dal giorno dell'anno e dalla latitudine geografica. La qualità e la quantità di UV solare sono notevolmente modificate dal percorso atmosferico. Le nuvole ridistribuiscono e generalmente riducono l'UV raggiungendo la superficie terrestre. Il vapore acqueo presente nelle nuvole assorbe fortemente la radiazione solare infrarossa (IRR) molto più delle lunghezze d'onda ultraviolette. Solo le forti nuvole di tempesta possono eliminare virtualmente l'UV terrestre. Anche se una minore attenuazione degli UV può verificarsi ad alta quota, l'inquinamento atmosferico e la concentrazione di ozono possono mascherare questo cambiamento netto dovuto alla sola altitudine.

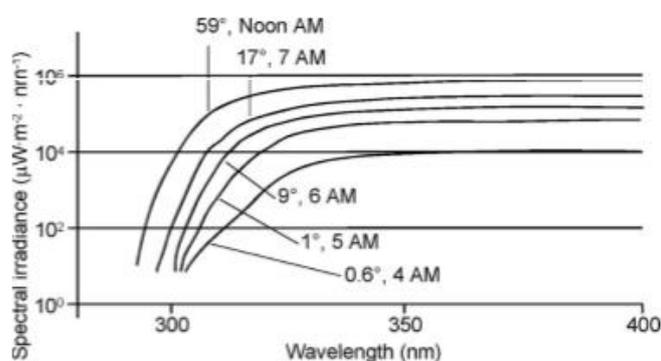


Fig. 15: Irradianza UV per angolo di elevazione solare [23]

La riflessione dell'UV solare da terra e da superfici di lavoro come neve, sabbia e alcuni tipi di coperture in calcestruzzo e rame svolge un ruolo importante che si aggiunge all'esposizione diretta. La maggior parte delle superfici del terreno urbano riflette il 10%, l'erba l'1% e neve fresca quasi il 90%. L'acqua riflette sia i raggi UV diretti provenienti dal sole che la componente diffusa da tutto il cielo. Quindi, per una persona che lavora in mare aperto, la frazione riflessa può variare da circa il 5% se gran parte del cielo è coperto a circa il 20% se l'intero cielo è visibile dalla superficie dell'acqua. Gli esseri umani si sono evoluti alla luce del sole, adattandosi in vari modi alle condizioni naturali di esposizione solare. Al contrario, l'esposizione da molti tipi di sorgenti artificiali come gli archi di saldatura può aggirare questi adattamenti. I fattori anatomici e comportamentali tendono a ridurre

la gravità dell'esposizione alla luce solare. L' esposizione ai raggi UV di un individuo dipende da quattro fattori primari:

- l'ambiente,
- la percentuale dell'esposizione ambientale percepita in diversi siti anatomici,
- il comportamento dell'individuo,
- la durata della permanenza all' aperto.

In questo modo, la valutazione dei pericoli per determinati ambienti di lavoro all' aperto può essere solo semi quantitativa. Uno studio del luogo di lavoro e dei compiti può fornire un'indicazione dell'esposizione individuale dei singoli lavoratori.

L' esposizione ai raggi UV degli occhi e della pelle può essere modificata mediante l'uso di dispositivi di protezione individuale come occhiali da sole, cappelli, abbigliamento e schermi solari. Per gli studi di ricerca sono stati utilizzati dosimetri sensibili ai raggi UV, ad esempio badge per pellicole. Molti studi dimostrano che i lavoratori che lavorano all'interno, come la maggior parte della popolazione, possono in genere sperimentare circa 300 unità SED all' anno a causa dell' esposizione solare (soprattutto nei fine settimana e nei giorni festivi). I lavoratori che lavorano all' aperto alle stesse latitudini ricevono circa 3-5 volte queste dosi di esposizione, certamente superiori a 1.000 unità SED all' anno. In un giorno nuvoloso, le palpebre sono più aperte e l' irradianza UVB è ridotta dal cielo nuvoloso. Le sorgenti artificiali di UV sono utilizzate in molte applicazioni diverse nell' ambiente di lavoro. In alcuni casi, la sorgente UV è ben contenuta all' interno di uno stabulario e, in circostanze normali, non presenta alcun rischio di esposizione per il personale. Tuttavia, l' esposizione accidentale può risultare dal guasto di un involucro protettivo. A differenza della luce solare, la maggior parte delle sorgenti artificiali non ha un grande cambiamento nello spettro o irraggiamento efficace durante una giornata lavorativa. Tuttavia, molte fonti vengono utilizzate solo a

intermittenza e la posizione del lavoratore rispetto alla sorgente UV può variare notevolmente. Tre fattori principali influenzano il rischio potenziale per la salute:

- lo spettro della fonte e le emissioni di raggi UV biologicamente efficaci;
- la distanza e la posizione del lavoratore dalla fonte;
- la durata dell'esposizione del lavoratore, per la pelle, e anche il tipo di pelle.

Contrariamente al sole, una sorgente UV artificiale è spesso presente nel normale campo visivo diretto del lavoratore, permettendo così l'esposizione diretta dell'occhio. Sebbene la cornea sia più sensibile all'esposizione ai raggi UV rispetto alla pelle, la lesione corneale acuta non è spesso avvertita a causa della protezione della palpebra superiore, della sopracciglia e della prevenzione comportamentale dell'esposizione diretta alla luce solare dell'occhio. Gli individui non guardano direttamente in alto quando il sole è molto intenso da vedere, mentre la maggior parte delle persone riescono a fissare il tramonto quando il sole è meno intenso, ossia vicino all'orizzonte. La radiazione UV che raggiunge l'occhio dal sole è quasi interamente limitata alla radiazione UV indiretta che è stata dispersa dall'atmosfera e riflessa dal suolo. La geometria delle esposizioni da sorgenti artificiali come lampade, archi di saldatura o laser può quindi essere molto diversa dall'esposizione al sole. Al tramonto, il filtraggio dei raggi UV e della luce blu dell'atmosfera consente una visione diretta del sole. Quando l'angolo di elevazione solare supera di 10° l'orizzonte, si osserva una schiacciamento che protegge efficacemente la cornea e la retina dall'esposizione diretta. Poiché l'esposizione dell'occhio e della pelle dipende dalla postura, dalla durata dell'esposizione, dall'ambiente, dal giorno e dalla stagione, le attività di lavoro possono avere un impatto notevole sulla dose UV. Poiché l'esposizione ai raggi UV ambientali è maggiore durante le ore di mezzogiorno, la durata dei compiti e la durata delle pause pranzo possono influenzare l'esposizione giornaliera. Ad esempio, alcuni pescatori possono svolgere importanti compiti all'aperto solo all'inizio o in tarda giornata, mentre altri compiti di pesca possono essere svolti durante le ore di

mezzogiorno. La pesca artica su ghiaccio può portare a fattori di riflessione di superficie insolitamente elevati. Alcuni turni di lavoro potrebbero anche non coprire le ore di mezzogiorno. Se l'adattamento non è ottenuto da un regolare lavoro all'aperto, il rischio di gravi scottature solari, ed eventualmente melanoma, può essere un fattore importante a causa dell'intermittente esposizione all'esterno. Il lavoro di ricerca che ha sviluppato le soglie per la fotocheratocongiuntivite ha dimostrato che gli esami corneali degli esseri umani esposti in un ambiente desertico per gran parte della giornata stavano appena iniziando a mostrare i segni di fotocheratite soglia. Ciò significa che solo in condizioni ambientali insolite e difficili, in cui la riflettanza del terreno è elevata, si supererebbe effettivamente il limite di esposizione della cornea. Per l'esposizione cutanea, nelle stesse condizioni e utilizzando la funzione di efficacia spettrale eritemica CIE, il tempo necessario per ottenere una unità SED (dose standard di eritema, è equivalente ad un'esposizione radiante efficace di 100 J m^{-2}) è di circa 5 min. Le linee guida ICNIRP (2004) e ACGIH (2009) raccomandano pertanto che i limiti UV siano considerati come "valori limite" per l'occhio. Nell'attuale valutazione pratica dei pericoli e della valutazione dei rischi, è diventata consuetudine di molti che applicano il valore limite ACGIH TLV (valore limite), riconoscere che si tratta di un limite direttamente applicabile all'esposizione della cornea nelle peggiori condizioni di incidenza normale. Abbigliamento e copricapo variano notevolmente a seconda dell'occupazione, temperatura ambientale, cultura e requisiti di sicurezza. La maggior parte degli indumenti estivi fornisce fattori di attenuazione (fattori di protezione) superiori a 10. Gli abiti da lavoro pesanti, come le tute in denim, hanno un fattore di attenuazione UV superiore a 10.000 unità. La maggior parte dei tessuti assorbe più o meno uniformemente lo spettro UV solare. In altre parole, come per altre forme di ombra come alberi e ombrelloni, la maggior parte dei capi di abbigliamento fornisce principalmente una riduzione quantitativa, piuttosto che qualitativa (spettrale), dell'esposizione ai raggi UV cutanei. Anche se fattori quali peso, allungamento e umidità - e anche il colore in alcuni casi - influiscono sul fattore di attenuazione, il fattore primario è la copertura della fibra. Il "Fattore di

protezione ultravioletta (UPF)"[conosciuto anche come il "Fattore di protezione dell' abbigliamento (CPF)" in alcuni paesi] è un' unità utilizzata per un determinato tessuto. Questo fattore è definito come il rapporto analogo al fattore di protezione solare (SPF) indicato per i filtri solari. I filtri solari possono in alcune circostanze produrre reazioni cutanee avverse, ad esempio fotoallergia. Una volta applicato, il livello di protezione diminuisce nel tempo in modo imprevedibile, a seconda di come si lega alla pelle, sudorazione, abrasione o immersione in acqua. La protezione degli occhi e del viso si ottiene al meglio con cappelli a visiera larga che offrono ombra al viso e al collo e con protezione degli occhi con design avvolgente o occhiali da sole con pannelli laterali. Occhiali o occhiali "Wrap-around" che si adattano vicino agli occhi offrono una protezione migliore e quando si indossano occhiali da sole, la pupilla e le palpebre si aprono proporzionalmente al colore scuro del occhiali da sole e l' esposizione periferica agli occhi in assenza di protezioni laterali può essere sostanziale. Le esposizioni oculari sono maggiori quando la riflettanza UV è elevata, come in presenza di neve, acqua o anche sabbia. Gli occhiali di protezione UV sono efficaci per ridurre l' esposizione degli occhi ai raggi UV oculari da riflessi della neve. Durante la saldatura ad arco elettrico nell' ambiente esterno, sarà necessaria una maggiore protezione sotto forma di schermi facciali e protezione della pelle. La presenza di edifici, alberi, montagne e altre strutture ombreggianti può ridurre significativamente l' esposizione totale ai raggi UV della pelle e degli occhi. Certamente, quando la vista diretta del cielo dell' orizzonte è bloccata, l' esposizione oculare ai raggi UV è notevolmente ridotta. Nelle occupazioni all' aperto in cui il dipendente si trova in una posizione relativamente fissa, come ad esempio una sentinella di sicurezza, è possibile utilizzare strutture di ombreggiamento per ridurre notevolmente l' esposizione diretta al sole. Il vetro negli edifici e dei veicoli blocca spettralmente la maggior parte dei raggi UVB, ma può comunque trasmettere livelli sostanziali di raggi UVA. Infatti, i materiali visibilmente chiari assorbono in varia misura i raggi UV. Ad esempio, il vetro per finestre trasmette alcune radiazioni fino a 310 nm, mentre la maggior parte delle materie plastiche come il polimetil-metacralato, ad esempio

Perspex o Lucite, e il policarbonato normalmente non trasmettono al di sotto di 370 nm. In generale, i parabrezza delle automobili bloccano sia UVA che UVB. Un' adeguata formazione stagionale è essenziale per tutti i lavoratori che lavorano all' aperto. Le pratiche di lavoro dovrebbero sottolineare l' importanza di evitare l' esposizione alla luce solare diretta durante il periodo intorno a mezzogiorno in primavera e in estate, di cercare l' ombra durante le pause pranzo e dove le pratiche di lavoro lo consentono. I lavoratori dovrebbero essere informati in merito agli indumenti e agli occhiali adatti a fornire un livello adeguato di protezione dai raggi UV. Quando queste misure vengono utilizzate correttamente e in combinazione, è possibile ridurre l' esposizione ai raggi UV solari entro livelli accettabili senza limitare seriamente la gamma di attività all' aperto che possono essere perseguite in sicurezza. Le misure di protezione devono essere adeguate, coerenti con il tipo di lavoro in corso e non devono compromettere l' efficienza del lavoro o causare ulteriori pericoli. I supervisori e il personale addetto alla sicurezza dovrebbero fornire camicie e cappellini adeguati. Una semplice regola empirica che si è dimostrata efficace per molti lavoratori che svolgono il loro lavoro all' esterno è la regola dell' ombra. Questa regola indica semplicemente a una persona che se la sua ombra è più corta della loro altezza, le precauzioni di protezione UV sono particolarmente importanti. L' Indice UV formulato dall' Organizzazione meteorologica mondiale (OMM), dall' Organizzazione mondiale della sanità (OMS) e dall' ICNIRP per comunicare un messaggio uniforme sulle condizioni di esposizione UV del giorno, indica il livello generale di rischio, mentre la regola dell' ombra fornisce un metodo semplificato per determinare quando l' indice UV supera 4, a condizione che esistano ombre.

3.4 Gestione dei rischi per i lavoratori

A seconda del clima e delle politiche governative, l' approccio alla gestione dei rischi sarà diverso. Il ruolo delle autorità competenti varia a seconda delle legislazioni e dei regolamenti nazionali. Tuttavia, ci sono diversi concetti di base che normalmente vengono trattati in qualsiasi programma di gestione del rischio.

Ad esempio:

- Riconoscimento del fatto che l' UV solare è un pericolo professionale per tutti i dipendenti che lavorano all'esterno;
- I lavoratori all' aperto possono ricevere una dose maggiore di UV rispetto ai lavoratori che lavorano all'interno, a parità di tempo di esposizione;
- I datori di lavoro devono educare il lavoratore sull'importanza della prevenzione, perché di fondamentale importanza.

Diversi punti che si sono dimostrati efficaci sono i seguenti:

1. Fornire adeguate informazioni,
2. Utilizzare manifesti semplici con cartelloni animati,
3. Usare slogan e semplici spiegazioni dell' Indice UV e della regola dell' ombra;

Un' altra questione di politica di protezione riguarda l' uso di occhiali da sole e le suscettibilità oculari. Tutti i lavoratori di diverse etniche sono più o meno uguali nella suscettibilità alla cataratta, pterigio e altre malattie oculari associate ai raggi UV. [23]

CAPITOLO 4

PROTEZIONE IN AMBITO PEDIATRICO

Numerosi studi epidemiologici hanno documentato gli effetti nocivi della luce solare sulla pelle e la necessità di una protezione regolare della pelle dagli ultravioletti (UV), in particolare nei bambini. Non meno importanti, ma meno noti, sono i rischi oculari associati all'esposizione al sole e alla necessità di proteggere gli occhi fin dall'infanzia.

4.1 I bambini e la luce solare

Le indagini condotte negli ultimi trent'anni hanno stabilito che molte delle gravi malattie oculari associate all'invecchiamento sono almeno in parte dovute all'esposizione cumulativa degli occhi al sole per tutta la vita, in particolare ai raggi UV e alla luce visibile di corta lunghezza d'onda. [24] Gli esperti concordano sul fatto che i bambini sono particolarmente vulnerabili ai danni oculari causati dai raggi UV e da tempo raccomandano l'uso di lenti protettive per tutti i bambini quando sono esposti al sole. Alcuni scienziati, suggeriscono che l'uso di lenti fotocromatiche in polycarbonato fornisce una maggiore protezione rispetto alle tradizionali lenti in polycarbonato a tinta fissa contro la luce visibile ad alta energia. Diversi fattori contribuiscono ad aumentare la vulnerabilità oculare dei bambini. In primo luogo, in circostanze normali, i bambini passano più tempo all'aperto rispetto agli adulti, in particolare durante l'estate. Di conseguenza, il bambino medio riceve circa tre volte l'annuale dose di UV dell'adulto medio e fino all'80% di esposizione ai raggi UV durante la vita prima dei 20 anni. In secondo luogo, la lente cristallina dei bambini trasmette alla retina una radiazione UV più intensa rispetto alla lente cristallina degli adulti. Di conseguenza, oltre il 75% delle radiazioni UV viene trasmesso dal cristallino in soggetti al di sotto dei 10 anni di età, contro il 10% in soggetti con più di 25 anni.

4.2 Danni oculari dovuti alle radiazioni UV

Gli effetti pericolosi della luce solare sull'occhio sono strettamente correlati al suo contenuto energetico. I fotoni della radiazione UV hanno più energia della luce visibile o infrarossa e quindi il loro assorbimento presenta un rischio maggiore per un eventuale danno biologico. Le onde UVC sono tossiche per il tessuto umano, ma sono quasi completamente assorbite dallo strato di ozono e non raggiungono la superficie terrestre. Tuttavia, poiché lo strato di ozono protettivo della Terra diminuisce, i rischi per la salute derivanti dall'esposizione alle onde UVC possono diventare preoccupanti. Le radiazioni ultraviolette provengono dalla luce solare diretta (ambientale) o dalla luce riflessa (incidente). La quantità e la qualità della luce ambientale che riceviamo dipende da diversi fattori, tra cui l'ora del giorno, il periodo dell'anno, la posizione geografica e l'effettivo ambiente fisico circostante. La luce solare riflessa sulle superfici ambientali è una fonte di danno agli occhi molto più importante rispetto alla luce solare ambientale. Infatti, il 50% della radiazione UV che la persona media riceve è da radiazione UV riflessa o diffusa. Le superfici ambientali come neve, acqua e sabbia come già precedentemente discusso, sono le principali fonti di luce UV riflessa che possono causare abbagliamento, ossia la perdita di visibilità, fastidio o disagio dovuto ad una luminanza nel campo visivo superiore all'illuminamento a cui gli occhi si adattano. L'abbagliamento di solito non pone un problema nei bambini piccoli, e la maggior parte non hanno difficoltà a contrastare la stanchezza. L'abbagliamento presenta molto più di un problema per i giovani adolescenti quando leggono e per quando iniziano a guidare. Gran parte della radiazione UV che raggiunge l'occhio viene assorbita dalle sue strutture. In generale, la cornea assorbe lunghezze d'onda minori a 300 nm, mentre la lente cristallina assorbe luce fino a 400 nm. È importante notare che, mentre le proprietà di assorbimento della luce della cornea rimangono costanti per tutta la vita, le proprietà del cristallino cambiano significativamente tra l'infanzia e l'età adulta. La lente cristallina naturale di un bambino in tenera età, trasmette la luce a 300 nm, mentre quella di un adulto più anziano inizia ad assorbire a 400 nm e

raggiunge picchi a 575 nm. Quindi, come già osservato in precedenza, sia il cristallino che la retina nei bambini ricevono molte ore di esposizione a grandi quantità di radiazioni di lunghezza d'onda corta e questo implica che sono ad alto rischio di lesioni a lungo termine.

4.3 Fotosensibilità o Fotofobia

La maggior parte dei bambini non soffre di fotofobia o fotosensibilità, anche se può essere un problema occasionale per i bambini dai capelli chiari e dagli occhi azzurri, specialmente durante le prime fasi dell'infanzia, da neonati a bambini piccoli. In generale, a meno che un bambino non necessiti di una correzione con occhiali da vista, l'uso di buone lenti anti UV da banco garantisce una protezione sufficiente. Tuttavia, se un bambino diventa acutamente fotofobico, questo di solito indica una grave condizione di infiammazione all'interno dell'occhio. Quindi, la fotofobia dovrebbe essere considerata un sintomo che richiede una valutazione tempestiva e non mascherata con occhiali scuri o lenti colorate. Per i bambini che necessitano di prescrizione, è necessario prescrivere una lente con blocco al 100% di UVA/UVB. Dovrebbero essere prese in considerazione anche le lenti a tinta variabile o fotocromatiche. Tuttavia, è importante notare che l'uso di lenti fotocromatiche non causa o non contribuisce in alcun modo alla fotofobia. Se si verifica questa condizione in un bambino che indossa occhiali con lenti fotocromatiche, può essere presente una condizione infiammatoria o la prescrizione o l'applicazione di lenti o occhiali è difettosa.

4.4 Meccanismi di lesione dei mezzi oculari

Gli studi sull'esposizione alla luce si sono concentrati su due principali meccanismi di danno oculare: termico e fotochimico. Il danno termico si verifica quando l'energia radiante viene assorbita dalla lente o dalla retina e convertita in calore sufficiente a causare fotocoagulazione. La durata dell'esposizione per il danno termico varia tra 100 millisecondi e 10 secondi. La lesione termica è meno comune di quanto pensato in precedenza. Molte lesioni, come la retinite solare, un tempo

ritenuta il risultato di danni termici, sono ora note per essere di origine fotochimica. Il danno fotochimico si verifica quando il tessuto oculare assorbe la radiazione a livelli ben al di sotto di quelli necessari per produrre danni termici, con durate di esposizione che vanno da >10 secondi a giorni. Le sorgenti luminose con il maggiore danno potenziale causano danni fotochimici e hanno un'alta percentuale di UVA. Una caratteristica principale del danno fotochimico è la reciprocità. Vale a dire che un irraggiamento relativamente basso (tasso di dose) può causare lesioni durante diverse ore di esposizione, mentre irradiazioni molto elevati possono causare lesioni in pochi secondi o minuti. Il danno fotochimico alle strutture oculari, come il cristallino e la retina, è mediato, dagli effetti nocivi delle molecole a vita breve, note come radicali liberi, prodotti dall'assorbimento della luce e la riduzione dell'ossigeno. I radicali liberi hanno elettroni non accoppiati nel loro livello orbitale esterno, rendendoli reattivi con altre molecole e tossici per i tessuti oculari. Lo stato eccitato dell'ossigeno di singoletto, l'idrossile o i radicali superossido possono distruggere componenti essenziali delle membrane biologiche, come gli acidi grassi polinsaturi (concentrati all'interno delle membrane cellulari del fotorecettore) o inattivare importanti enzimi che portano al deterioramento delle cellule. I radicali liberi possono anche depolimerizzare l'acido ialuronico e indurre la degradazione del collagene, come quello trovato nel corpo vitreo dell'occhio umano. La capacità di assorbimento della retina di assorbire la luce, insieme al suo fabbisogno di ossigeno, aumenta la probabilità che subisca danni anche a causa degli effetti fotochimici e dei radicali liberi associati.

4.5 Radiazione UV contro il cristallino e la retina

Forse la patologia oculare più nota associata alla radiazione UV è la cataratta, che rappresenta una ridotta trasparenza della lente cristallina oculare. Anche se molti fattori possono contribuire alla formazione della cataratta nucleare, come età avanzata, ereditarietà, diabete e traumi, numerosi studi epidemiologici sostengono la conclusione che lo sviluppo della cataratta nucleare è correlato positivamente con le ore cumulative di esposizione solare. Come osservato in precedenza,

l' esposizione ai raggi UV durante l' infanzia, quando il cristallino è praticamente trasparente e non offre alcuna protezione, sembra rappresentare gran parte del danno cumulativo. Tuttavia, poiché non conosciamo l' intensità, la durata o il tasso di esposizione ai raggi UV necessari per produrre una cataratta negli esseri umani, la protezione è sempre necessaria, specialmente durante l' infanzia quando il cristallino non fornisce alcuna protezione contro i danni retinici. Il cristallino è esposto alle radiazioni UVA nella regione centrale o nucleare, dove le onde luminose convergono. Le proteine del cristallino, come le particelle di triptofano, assorbono questa intensa radiazione UV e subiscono una serie di cambiamenti foto-ossidativi graduali che fanno sì che la lente diventi più opaca e di colore marrone giallastro. Questo, comunemente, si traduce in una cataratta brunescente. Ironicamente, gli studi suggeriscono che lo scolorimento della lente può aiutare a proteggere le retine adulte da un danno fotochimico cumulativo, dal momento che blocca efficacemente il 90% delle radiazioni UVA che entra nell'occhio. La relazione tra esposizione ai raggi UV e danno retinico è meno chiara. Recenti ricerche suggeriscono che l' esposizione cumulativa alla luce visibile ad alta energia solare può contribuire allo sviluppo della degenerazione maculare legata all' età (AMD), la principale causa di cecità legale negli Stati Uniti nelle persone di età superiore ai 65 anni. In AMD, i vasi sanguigni gradualmente invadono la macula, con conseguente perdita devastante di visione centrale.

4.6 Benefici degli occhiali da sole per i bambini

Oggi, la maggior parte degli esperti di vista è d'accordo sul fatto che uno dei modi più semplici ed efficienti per prevenire o ritardare l' insorgenza o la progressione di varie malattie oculari è l' uso di adeguate lenti protettive a colorazione fissa o fotocromatiche progettate per impedire che la radiazione UV e la luce visibile ad alta energia raggiungano gli occhi, a partire dall' infanzia. Secondo alcuni esperti, l'uso di lenti colorate o occhiali da sole che bloccano le radiazioni UV e attenuano severamente le radiazioni visibili ad alta energia rallenterà il ritmo del deterioramento oculare e ritarderà l'insorgenza di malattie legate all' età. Non tutte

le lenti a colorazione fissa bloccano al 100% la radiazione UV. Ciò può causare una maggiore quantità di raggi UV che penetrano nell' occhio con una lente a tinta fissa che senza di essa. Al contrario, lenti fotocromatiche in policarbonato, ad esempio le Transitions Optical, bloccano la radiazione UV al 100% e riducono la luce blu visibile. Una rassegna della letteratura sugli occhiali da sole e le lenti protettive e il suo impatto sui bambini rivela che negli ultimi trent'anni la qualità degli occhiali da sole da banco varia in modo significativo. I professionisti del settore oculistico continuano a nutrire preoccupazioni circa l'assenza o il mancato rispetto degli standard necessari, in particolare per quanto riguarda le lenti di protezione destinate ai bambini. Diversi studiosi hanno messo in dubbio che l'uso di alcuni occhiali da sole over-the-counter possa essere effettivamente dannoso, sia privando chi lo indossa di teorici "benefici per la salute" di esposizione ai raggi UV (come l' aumento della sintesi di vitamina D, influenzando la percezione del colore) o aumentando la quantità di luce UV che effettivamente entra negli occhi. Alcuni hanno anche espresso preoccupazione per il fatto che i danni oculari possono derivare dall' uso di lenti polarizzate che riducono l' abbagliamento. La preoccupazione più grave è che l'uso di lenti colorate disabilita il riflesso di strabismo naturalmente protettivo e provoca la dilatazione delle pupille, consentendo l'ingresso nell'occhio di quantità maggiori di luce UV rispetto a quando la persona non indossa occhiali da sole. Questo sembra avvenire solo con lenti colorate che non hanno capacità di blocco UV. Per la spiaggia e la nautica sono consigliate diverse tonalità di colore. Le più recenti norme della Sunglass Association of America (SAA) sono meno severe e raccomandano che tutti gli occhiali da sole blocchino almeno il 70% di UVB e almeno il 60% di UVA per essere adeguatamente protettivi. Significativamente, tuttavia, sia gli standard ANSI che SAA sono volontari e non rispettano la raccomandazione dell' American Academy of Ophthalmology secondo cui le lenti protettive dovrebbero bloccare il 99% di tutte le radiazioni UV. Come osserva Sliney "il punto di vista dominante dell' ANSI è stato che gli occhiali da sole sono per la moda e non sono realmente necessari per la protezione degli occhi..." Questa filosofia differisce da quella di

paesi come l' Australia o Israele, dove sono state sviluppate e comunicate al pubblico linee guida formali. Recenti studi dimostrano un significativo miglioramento della qualità delle lenti protettive da banco negli ultimi 20 anni, anche se c'è poca attenzione specifica per le lenti protettive per bambini. Essenzialmente tutte le lenti protettive fisse e a tinta variabile prodotte oggi bloccano almeno il 95% delle radiazioni UVB e tutte quelle con lenti in plastica e la maggior parte con lenti in vetro bloccano almeno il 90% delle UVA. Come osservato in precedenza, alcune lenti fotocromatiche bloccano il 100% delle radiazioni UVA e UVB. Si consiglia ai bambini piccoli di indossare lenti protettive resistenti alla rottura con telai robusti. L'uso di un cappello a larga visiera che protegge efficacemente il viso può offrire un' ulteriore protezione dalle radiazioni UV. Da un punto di vista pratico, occorre anche tenere in considerazione le questioni di convenienza quando si incoraggia l' uso di occhiali protettivi nei bambini. Poiché una protezione adeguata dai raggi UV deve spesso estendersi dalle prime ore del mattino fino al tramonto, sembrerebbe che le lenti fotocromatiche in polycarbonato possano offrire una buona opzione per molti bambini . Per il bambino ametropico che deve indossare occhiali correttivi, ad esempio lenti fotocromatiche in polycarbonato permettono di utilizzare un solo paio di occhiali per molti scopi. Ad esempio non c'è bisogno di cambiare gli occhiali per giocare negli sport all'aria aperta. Come osservato in precedenza, le lenti fotocromatiche applicate correttamente non comportano alcun rischio di fotofobia o fotosensibilità.

Conclusioni

La finalità di questo elaborato è stata quella di studiare gli effetti della radiazione ultravioletta sull'occhio umano. La tesi è stata sviluppata in due diversi modi:

1. Analizzando in modo specifico i tessuti oculari
2. Discutendo della prevenzione e protezione degli occhi ai danni causati dalla radiazione ultravioletta

Pur essendo elevato l'attuale livello di conoscenza degli effetti della radiazione UV sulla pelle, esiste una mancata consapevolezza delle persone, che non associano la radiazione UV allo sviluppo di problemi oculari. L'occhio è esposto sia ai raggi UVA sia ai raggi UVB; benché meno intensi, questi ultimi sono sicuramente più dannosi a causa della loro elevata energia e capacità di influire direttamente sul DNA. Esiste prova epidemiologica e sperimentale circa il ruolo dei raggi ultravioletti in una serie di patologie oculari quali lo pterigio, la fotocheratite e la cataratta. Gli effetti dei raggi UV sono cumulativi nell'arco della nostra vita e gli occhi dei giovani sono particolarmente vulnerabili. Occorre ribadire l'importanza di cominciare ad indossare una protezione oculare contro i raggi UV sin da un'età precoce. L'esposizione massima degli occhi ai raggi UV si ha intorno a mezzogiorno ed è relativamente non soggetta agli influssi delle nubi, rendendo importante indossare una protezione oculare per tutto il periodo dell'anno. Le lenti dotate di filtro UV offrono protezione alla cornea e alle strutture oculari interne nelle situazioni in cui gli occhiali da sole non si rivelano appropriati. Forse il messaggio più completo che si può trasmettere è quello di consigliare alle persone l'uso di una protezione di tipo combinato nelle ore del giorno in cui le radiazioni sono più intense, ossia un cappello dalla tesa larga, occhiali da sole avvolgenti di buona qualità che aderiscono bene e per i soggetti che necessitano di una correzione visiva, lenti dotate di filtro UV. Tra le opzioni più utilizzate vi sono le lenti fotocromatiche che bloccano la radiazione UVA e UVB.

BIBLIOGRAFIA

- [1] http://online.scuola.zanichelli.it/ruffo_fisicafiles/SEZIONE_F/ruffo_fisica_F14_6_scheda.pdf
- [2] Navy Environmental Health Center 2510 Walmer Avenue Norfolk, Virginia 23513-2617. Ultraviolet Radiation Guide. Aprile 1992. Disponibile online sul sito: <http://www.med.navy.mil/sites/nmcphc/Documents/policy-and-instruction/ih-ultraviolet-radiation-technical-guide.pdf>
- [3] <http://www.massimilianomeneghetti.com/index.php/un-po-di-storia/83-lo-spettro-elettromagnetico>
- [4] <https://www.google.it/search?safe=off&tbm=isch&q=Lo+spettro+SOLARE+UVA+UVB+UVC>
- [5] <http://www.antoninodipietro.it/2013/06/differenza-tra-uvb-e-uva/>
- [6] <http://www.ccm-network.it/pagina.jsp?id=node/719>
- [7] https://www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=668&idlivello=804
- [8] <https://www.google.it/search?safe=off&biw=1422&bih=656&tbm=isch&sa=1&ei=MSWcWtKuJMT1kwWmwo1w&q=spettro+emissione+incandescent>
- [9] <https://www.google.it/search?q=fluorescence+emission&safe=off>
- [10] <file:///G:/UV%20Lamps%20And%20Lamp%20Types.html>
- [11] M. Matzeu, Il rischio da esposizione alla radiazione ultravioletta naturale e artificiale, Istituto Superiore di Sanità, pp. 33-38, 1998.
- [12] K. Walsh. La radiazione ultravioletta e l'occhio. Optician n.6204 vol.237,2009.
- [13] D. A. Atchison, G. Smith. Optics of the human eye. 1st Edition, pag 110, 2000.
- [14] <http://www.carlobenedetti.it/occhio-sole/>
- [15] <https://arching.wordpress.com/illuminotecnica/il-sistema-visivo-umano/>
- [16] https://it.wikipedia.org/wiki/Degenerazione_maculare
- [17] https://it.wikipedia.org/wiki/Occhiali_da_sole
- [18] <https://www.tomshw.it/lenti-blue-control-ridurre-affaticamento-schermo-55758>

[19] https://it.wikipedia.org/wiki/Lente_fotocromatica

[20] <https://www.nicora.it/lenti-caratteristiche-e-trattamenti/>

[21] https://www.albanesi.it/benessere/occhiali_sole.htm

[22] R.A. Weale. Sunglasses-an ocular hazard? British journal of Ophthalmology, 1986,70,769-771.

[23] ICNIRP statement on protections on protections of workers against ultraviolet radiation, 2010. Disponibile sul sito:

<http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPUVWorkersHP.pdf>

[28] S.J. Lichtenstein. The Benefits of Early Ocular UV Protection in children: An Overview. Disponibile online sul sito:

<https://global.transitions.com/TransitionsCanadaPro/White%20Papers/The%20Benefits%20of%20Early%20Ocular%20UV%20Protection%20in%20Children%20-%20Dr.%20Lichtenstein.pdf>