

Università degli Studi di Napoli “Federico II”

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Area Didattica di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali

Dipartimento di Fisica “Ettore Pancini”



Laurea triennale in Ottica e Optometria

LENTI LUTINA E IL LORO EFFETTO SULLA LUCE BLU.

Relatori:

Prof. Antonio Sasso
Prof. Michele Gagliardi

Candidato:

Mariarita Michelle Chianese
Matricola M44000409

A.A. 2016/2017

INTRODUZIONE.....	5
-------------------	---

CAPITOLO I: STUDIO ANATOMICO FUNZIONALE DELL'OCCHIO

1.1 La retina e i suoi recettori	7
1.2 Il cristallino.....	10

CAPITOLO II : LA LUTEINA

2.1 Patologie: degenerazione maculare e cataratta	12
---	----

CAPITOLO III: LO SPETTRO ELETTROMAGNETICO

3.1 Suddivisione dello spettro elettromagnetico in base alle diverse lunghezze d'onda.....	14
3.2 I diversi effetti dei raggi UV sul tessuto oculare.....	15
3.3 Le radiazione UV e il cristallino.....	16
3.4 Fattori che influenzano il rischio nell'esposizione.....	16

CAPITOLO IV: LE LENTI

4.1 Proprietà meccaniche delle lenti.....	18
4.2 Tipologie differenti di lenti oftalmiche.....	18
4.3 Lenti Lutina.....	21
4.4 Luce blu emessa dai dispositivi digitali.....	22

CAPITOLO V: SPERIMENTAZIONI

5.1 Sperimentazione e dati.....	23
Conclusioni.....	29
Bibliografia.....	30

INTRODUZIONE

Il presente lavoro ha come oggetto lo studio delle lenti “Lutina” e il loro effetto sulla luce blu. Il motivo che spinge a trattare questo argomento è la continua esposizione alle radiazioni UV, in particolare alla luce blu. Oggi tutti sono continuamente esposti a queste radiazioni provenienti sia dal mondo naturale (luce solare), che dal mondo artificiale (tablet, pc, smartphone, LED).

Lo scopo della tesi è quello di dimostrare quanto la luce blu sia dannosa per la struttura oculare, per la sua integrità e il suo funzionamento ma anche come è possibile prevenire i danni attraverso l'utilizzo di lenti in grado di assorbire le radiazioni nocive.

Il presente lavoro si articola in 5 paragrafi. Nel primo viene illustrata la struttura oculare, con particolare riferimento alla retina ed al cristallino. Nel secondo è stata trattata la Luteina (carotenoide), pigmento costitutivo che assorbe la luce blu. Nel terzo, proseguendo, lo spettro elettromagnetico distinguendo le diverse lunghezze d'onda, tra cui la luce blu. Nel quinto, infine, viene verificata la veridicità della tesi attraverso la sperimentazione delle lenti “Lutina”.

1. STUDIO ANATOMICO FUNZIONALE DELL' OCCHIO

L'occhio è un organo dalla forma sferoidale, alloggiato nella cavità orbitaria, protetto dalle palpebre e da altri annessi oculari (fig.1).

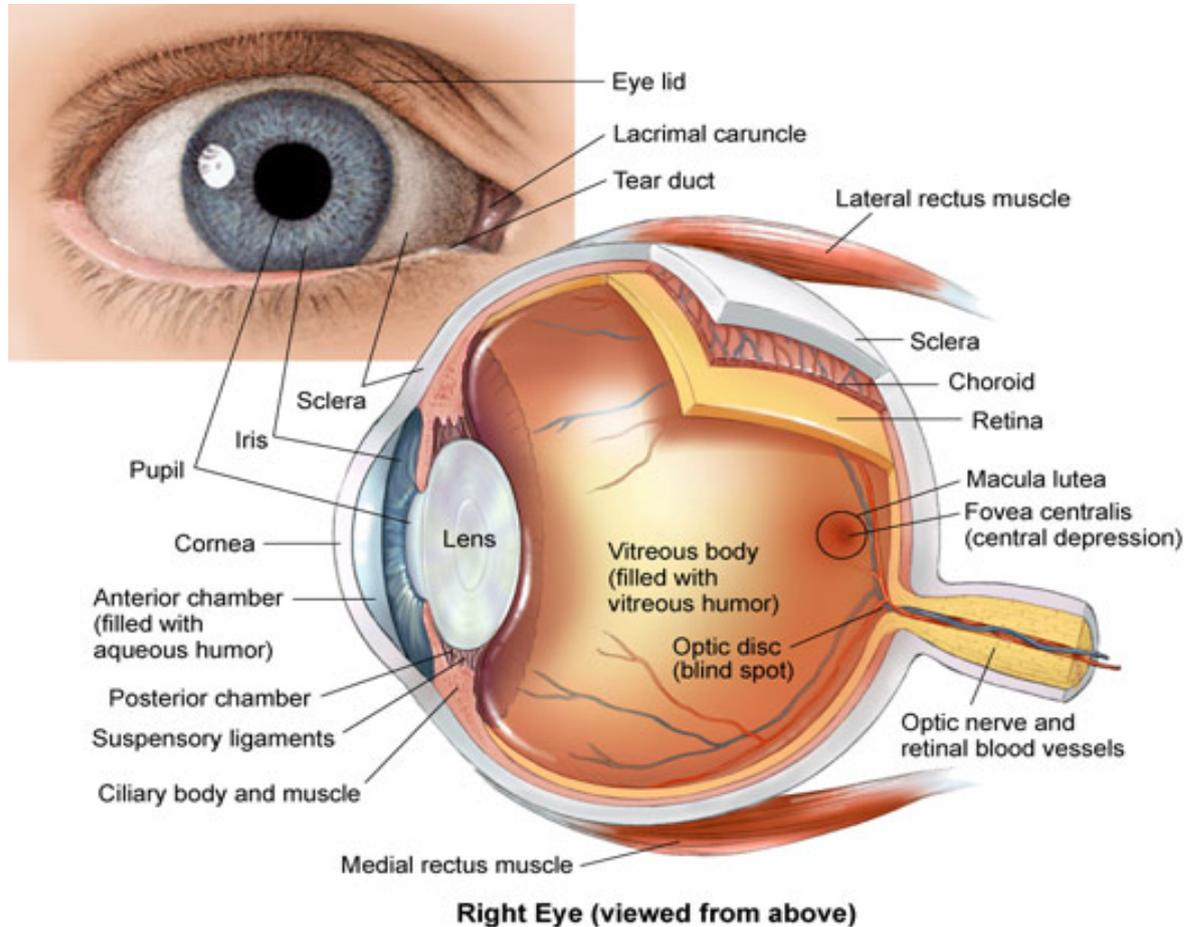


Fig. 1: Visione in sezione della struttura dell' occhio.

È l'organo di senso principale dell'apparato visivo, che ha il compito di ricavare informazioni sull'ambiente circostante attraverso la luce. L'occhio umano raccoglie la luce che gli proviene dall'ambiente, ne regola l'intensità attraverso il diaframma (l'iride), la focalizza attraverso un sistema regolabile di lenti per formarne un'immagine e trasforma questa immagine in una serie di segnali elettrici che attraverso il nervo ottico vengono inviati al cervello per l'elaborazione e l'interpretazione. L'occhio è formato da una successione di tre involucri, simili per forma ma di vario spessore e di natura diversa:

- la tunica fibrosa (cornea, sclera);
- la tunica vascolare e pigmentata (coroide, iride, corpo ciliare);
- la tunica nervosa o neurosensoriale (retina, vie ottiche).

1.1 LA RETINA E I SUOI RECETTORI

La retina riveste la superficie interna del globo oculare. Paragonando l'occhio ad una macchina fotografica, essa rappresenta l'equivalente della pellicola fotografica.

La retina appare come una sottile membrana trasparente suddivisa in due aree: un'area centrale chiamata "macula" che contiene la fovea centrale, ricca di coni; un'area media e periferica, dove prevalgono le cellule dei bastoncelli, che servono a mediare la visione crepuscolare e notturna.

I raggi luminosi, provenienti dal mondo esterno, dopo aver attraversato la cornea, la camera anteriore, la pupilla, il cristallino ed il vitreo, vengono fatti convergere sulla retina ed in particolare in quella piccolissima area chiamata fovea centrale: una struttura altamente specializzata che presiede, in condizioni di alta luminosità, alla massima acuità visiva per lontano e per vicino, alla percezione dei colori ed alla sensibilità al contrasto (fig. 2).

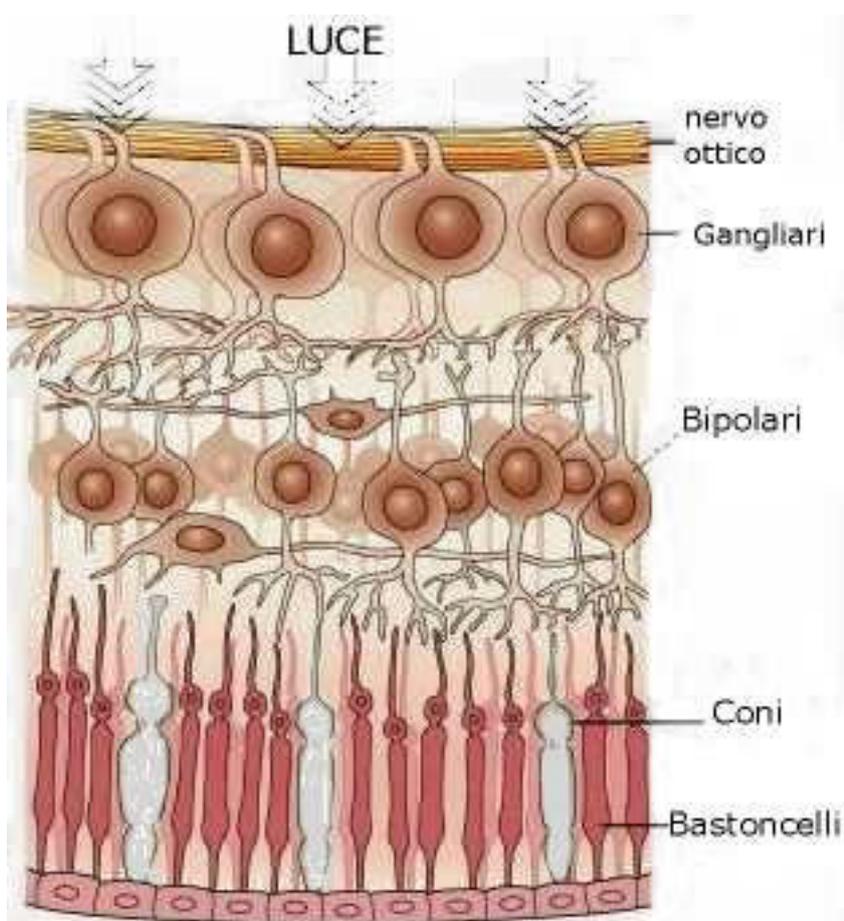


Fig. 2: La luce che attraversa i diversi strati della retina

Nella retina avvengono i meccanismi più complessi della visione. Al suo interno si trovano 5 tipi di cellule: i fotorecettori (coni e bastoncelli, per un totale di circa 125 milioni di fotorecettori), le cellule bipolari, le cellule orizzontali, le cellule amacrine e le cellule gangliari. Nella via diretta di trasmissione dell'informazione, i fotorecettori sono sinapticamente connessi con le cellule bipolari, le quali a loro volta trasmettono l'informazione alle cellule gangliari. Le cellule orizzontali mediano interazioni di inibizione laterale fra fotorecettori e le cellule amacrine modulano la trasmissione del segnale fra cellule bipolari e cellule gangliari. La luce arriva allo strato dei fotorecettori dopo aver attraversato l'intero spessore della retina, con l'eccezione della fovea. Nella fovea le altre cellule retiniche si ritraggono, lasciando esposti soltanto i fotorecettori. Gli assoni delle cellule gangliari convergono in un punto della retina detto papilla e da qui escono dall'occhio, formando il nervo ottico. Quest'ultimo è un prolungamento delle terminazioni nervose dei fotorecettori della retina: tali cellule trasformano le immagini in impulsi elettrici, che vengono trasmessi al cervello tramite i nervi ottici (simili a dei cavetti che trasportano la corrente). È simile a un cavo elettrico costituito da tanti fili al proprio interno, ciascuno dei quali è protetto da una guaina chiamata "mielina". Ogni singola fibra (simile a un filo di rame) corrisponde a una piccola zona della retina, mentre ogni fascio corrisponde a un'area retinica. Le fibre che si trovano al centro del nervo ottico trasportano i segnali bioelettrici provenienti dalla macula, la zona centrale e più sensibile della retina(fig. 3).

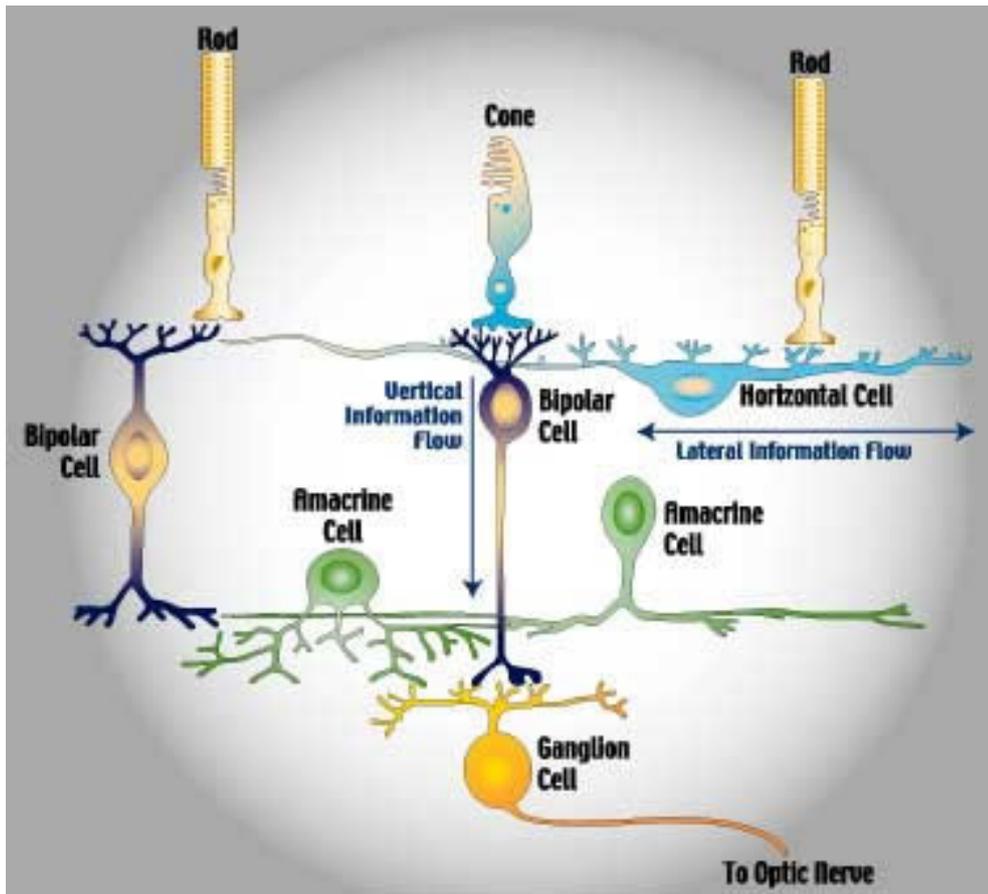


Fig.3: Struttura sinaptica delle cellule nella retina.

I fotorecettori principali sono essenzialmente di due tipi:

I coni, localizzati esclusivamente nella parte centrale della retina (area maculare) e sono specializzati per raccogliere stimoli luminosi di alta intensità e quindi sfruttati nella visione diurna (fotopica). Essi traggono contatti diretti con uno strato di cellule neuronali deputate alla trasmissione dell'impulso visivo. Si viene a creare, quindi, una trasmissione di uno a uno cioè, un cono scarica il suo impulso con una sola cellula nervosa. Tale forma di collegamento è altamente strutturata e fa sì che i coni siano deputati alla visione diurna, a quella dei colori e del contrasto.

I bastoncelli, di forma più allungata, sono molto più numerosi dei coni e risiedono maggiormente nella parte periferica della retina.

Essi sono specializzati per raccogliere stimoli luminosi di bassa intensità e quindi sfruttati nella visione notturna (scotopica). Più bastoncelli traggono contatti, cioè scaricano il proprio impulso, con una sola cellula neuronale sottostante venendo a creare un collegamento di molte cellule con una bipolare e ganglionare. Ne consegue che lo stimolo generato non è così strutturato e preciso come quello dei coni. Infatti l'acutezza visiva cala notevolmente in condizioni di scarsa luminosità .

1.2 IL CRISTALLINO

Il cristallino è un organo dalla forma di una lente biconvessa e con un contorno circolare, che serve per l'accomodazione dell'occhio. Infatti il suo spessore può variare grazie ai muscoli ciliari, in modo che l'immagine si formi sempre sulla retina. Le due facce del cristallino non sono egualmente incurvate: l' anteriore è paragonabile ad un ellissoide, la posteriore ad un paraboloide (fig. 4).

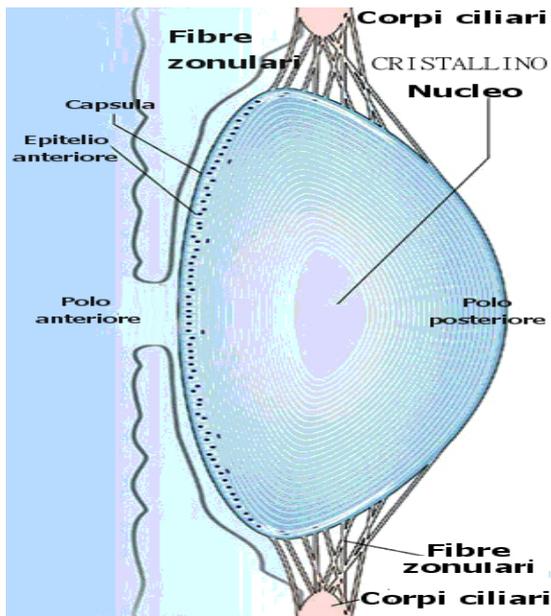


Fig. 4: Il cristallino.

Quando i muscoli sono a riposo il cristallino mette a fuoco sulla retina oggetti molto lontani, per focalizzare oggetti più vicini i muscoli si contraggono aumentando così la curvatura della superficie del cristallino. Grazie a questo potere di accomodazione il cristallino di un occhio normale e senza difetti (emmetrope) riesce a mettere a fuoco distintamente ed immediatamente qualunque oggetto posto tra l'infinito e una distanza di circa 25 cm, detta *distanza della visione distinta*, che è la minima e più favorevole distanza alla quale un oggetto può essere focalizzato sulla retina senza sensibile sforzo di adattamento. L'occhio però può vedere distintamente anche a distanze minori. Le distanze estreme per le quali è ancora possibile una visione distinta sono dette *punto remoto* e *punto prossimo* dell'occhio.

2. LA LUTEINA

La luteina è un carotenoide, pigmento costitutivo della retina, molto importante per la salute ed il corretto funzionamento dell'occhio (fig. 5). Grazie alla sua particolare struttura molecolare, è in grado di legare ed eliminare i radicali liberi a livello delle

membrane e dei sistemi enzimatici e di assorbire la luce blu dannosa per l'occhio. I carotenoidi sono molecole costituite da una lunga catena di doppi (C=C) legami coniugati di atomi di carbonio (generalmente costituita da 35-40 atomi e definita catena polienica), spesso terminante con un anello. Possono essere divisi in due classi: i caroteni costituiti da molecole formate solo da idrogeno e carbonio e le xantofille in cui sono presenti atomi di ossigeno. Appartengono a questa seconda classe pigmenti come la luteina e la zeaxantina.

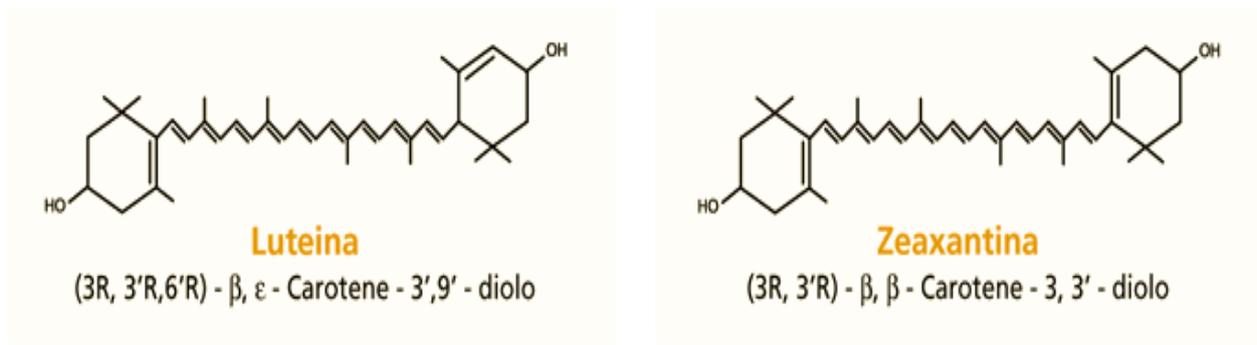


Fig. 5: Formula della struttura della luteina e zeaxantina.

Da analisi istologiche di sezioni retiniche, li troviamo distribuiti nell'EPR (epitelio retinico pigmentato), ma la loro localizzazione principale è negli assoni dei fotorecettori, e per un 25% nei segmenti esterni di questi. Inoltre la zeaxantina è prevalente nella struttura dei coni mentre la luteina in quella dei bastoncelli con conseguente predominanza di quest' ultima dalla zona perifoveale alla periferia oculare. Il colore tipico di questi composti è una diretta conseguenza della struttura molecolare e spazia dal giallo pallido all'arancione fino al rosso acceso. Le catene polimeriche che li compongono sono infatti caratterizzate dalla presenza di doppi e singoli legami che permette maggiore mobilità agli elettroni degli atomi interessati al legame. Il colore della luce diffusa dipende dall'ampiezza delle vibrazioni dei legami intramolecolari e quindi dalla particolare catena di legami carbonio. La luteina, in particolare, non solo serve a proteggere la macula formando una sorta di filtro che la difende dalle radiazioni nocive ma influisce anche sulla qualità della nostra visione (fig. 6). Infatti migliora il contrasto e riduce il fastidio provocato dall'abbagliamento.

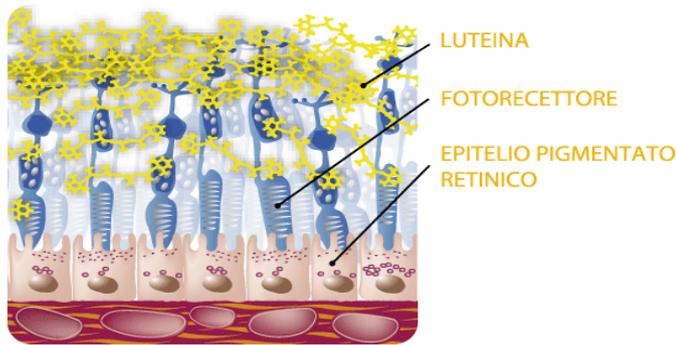


Fig. 6: Disposizione della luteina.

Una carenza di luteina può essere considerata una delle principali cause di patologie come ad es: la degenerazione maculare senile o la cataratta. Ha inoltre un forte ruolo antiossidante per cui è importante conoscere dove possiamo trovare questo pigmento per assumerlo con la nostra alimentazione. La Luteina è concentrata nella macula, l'area centrale della retina, più in dettaglio la maggiore concentrazione di luteina si trova nella fovea. Oltre che nella retina, la luteina è presente, seppure in minore quantità, nel cristallino. All'interno dell'occhio la Luteina svolge due ruoli fondamentali. Da un lato, è considerata come un "occhiale da sole naturale" per la protezione della funzione visiva. Essa è infatti in grado di assorbire alcune radiazioni luminose, la luce blu, che risultano particolarmente dannose per l'occhio. Dall'altro, il suo potere antiossidante serve a neutralizzare l'effetto dei radicali liberi che si formano anche a causa delle radiazioni luminose. La fisiologica presenza di questo pigmento nell'occhio contribuisce pertanto a proteggere le delicate strutture dell'occhio e a conservare la funzione visiva.

2.1 PATOLOGIE : DEGENERAZIONE MACULARE E CATARATTA

- ***La Degenerazione Maculare*** si sviluppa gradualmente nel tempo e solitamente comporta solo un leggero calo della visione. Un segno distintivo di questa patologia è l'accumulo di piccoli depositi di grasso giallognolo, denominati "drusen" nella zona centrale della retina, visibili all'esame del fondo oculare. Questi drusen vanno a posizionarsi a livello dell'epitelio pigmentato della retina, dietro la macula, che perciò si assottiglia e tende a seccarsi. L'entità del calo della vista è correlato alla localizzazione e alla gravità dell'assottigliamento della macula causati dai drusen.
- ***La cataratta*** è una patologia del cristallino dell'occhio che comporta una progressiva opacizzazione, fino ad una perdita totale di trasparenza del

cristallino. Esso contiene seppure in piccola quantità 1 luteina, che filtra le radiazioni pericolose e può svolgere un ruolo preventivo dell'opacizzazione, proteggendo l'occhio dalla cataratta. E' stato effettuato uno studio durato 2 anni, con l'obiettivo di verificare se l'assunzione a lungo termine di un antiossidante, quale la luteina, potesse avere effetti benefici nella cataratta. Nei soggetti che avevano assunto luteina fu osservato un miglioramento delle performance visive - maggiore acutezza e minore sensibilità alla luce - rispetto ai soggetti placebo. Nello studio di prevenzione cardiovascolare Women's Health Study (WHS) condotto su circa 35mila donne sane, operanti nella Sanità (oltre i 45 anni), sono state raccolte informazioni dettagliate sull'assunzione di antiossidanti con l'alimentazione e con integratori, in particolare beta-carotene, vitamina A, C ed E, luteina o zeaxantina. In un periodo d'osservazione di 10 anni si sono manifestati 2031 casi di cataratta. Tenendo conto delle numerose variabili (età, peso, fumo o alcol, attività fisica, diabete o ipertensione o ipercolesterolemia, familiarità per cardiopatie, terapia post-menopausale), è emersa una significativa tendenza inversa tra cataratta e consumo di luteina, zeaxantina o di vitamina E. Confrontando le donne che presentavano un consumo più elevato rispetto a quello più basso, il rischio di cataratta è apparso ridotto del 18% per luteina/zeaxantina e del 14% per la vitamina E, sia di origine alimentare che da supplementi.

3. LO SPETTRO ELETTROMAGNETICO

In fisica lo spettro elettromagnetico indica l'insieme di tutte le possibili frequenze delle radiazioni elettromagnetiche.

Le radiazioni elettromagnetiche, in generale, sono un trasferimento di energia che può essere modellizzato sotto forma di onde elettromagnetiche, caratterizzate a loro volta da una lunghezza d'onda e da una frequenza (fig.7).

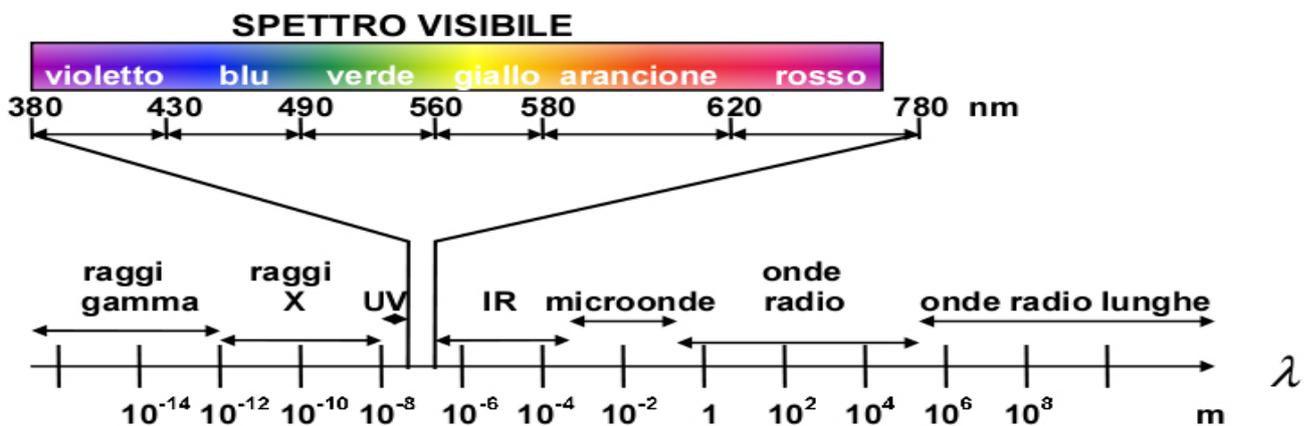


Fig. 7: Spettro elettromagnetico.

Poiché la lunghezza d'onda e la frequenza di una radiazione sono inversamente proporzionali, tanto minore sarà la lunghezza d'onda, tanto maggiore sarà la frequenza e quindi l'energia del fotone (che equivale alla sua frequenza moltiplicata per la costante di Planck). Pur essendo lo spettro continuo, è possibile una suddivisione puramente convenzionale ed indicativa in vari intervalli o *bande di frequenza*, dettata a partire dallo spettro ottico. L'intervallo possibile in frequenza o equivalentemente in lunghezza d'onda va da zero a infinito, mantenendo la relazione di proporzionalità inversa tra le due grandezze. La lunghezza d'onda λ è definita come:

$$\lambda = c/f$$

dove c , al numeratore, è la velocità di propagazione della luce pari a 300.000 km/s ed f al denominatore, la frequenza dell'onda.

3.1 SUDDIVISIONE DELLO SPETTRO ELETTROMAGNETICO IN BASE ALLE DIVERSE LUNGHEZZE D' ONDA

L'intero spettro è suddiviso nella parte di spettro visibile che dà vita alla luce e le parti di spettro non visibile a lunghezza d'onda maggiori e minori dello spettro visibile. Le onde di maggiore lunghezza d'onda dal visibile alle onde radio hanno poca energia e risultano scarsamente dannose, le radiazioni comprese tra l'ultravioletto e i raggi gamma invece hanno più energia, sono ionizzanti e quindi possono danneggiare gli esseri viventi.

I raggi solari emessi dal sole sono un insieme di particelle energetiche, chiamate fotoni, che arrivano sulla Terra sottoforma di radiazioni. A seconda della lunghezza d'onda, sono classificate in radiazioni visibili e radiazioni non visibili, a loro volta in raggi infrarossi (IR) e raggi ultravioletti (UV). I raggi ultravioletti sono i più ricchi di energia e dunque i più pericolosi per l'uomo.

3.2 I DIVERSI EFFETTI DEI RAGGI UV SUL TESSUTO OCULARE

I raggi UVA e UVB esercitano sul tessuto biologico diversi effetti, determinati dalle loro rispettive lunghezze d'onda. Analogamente, si riscontrano differenze anche per quanto concerne le caratteristiche di assorbimento della radiazione ultravioletta da parte del tessuto oculare. La cornea e il cristallino sono i principali tessuti oculari deputati all'assorbimento della radiazione ultravioletta. Al di sotto di 300 nm (UVB), è la cornea ad assorbire la maggior parte della radiazione mentre il cristallino assorbe principalmente i raggi UVA di lunghezza d'onda inferiore a 370 nm. L'esposizione alla radiazione ultravioletta è stata indicata come uno dei fattori di rischio o la causa della patogenesi di un'ampia varietà di condizioni oculari (fig. 8).

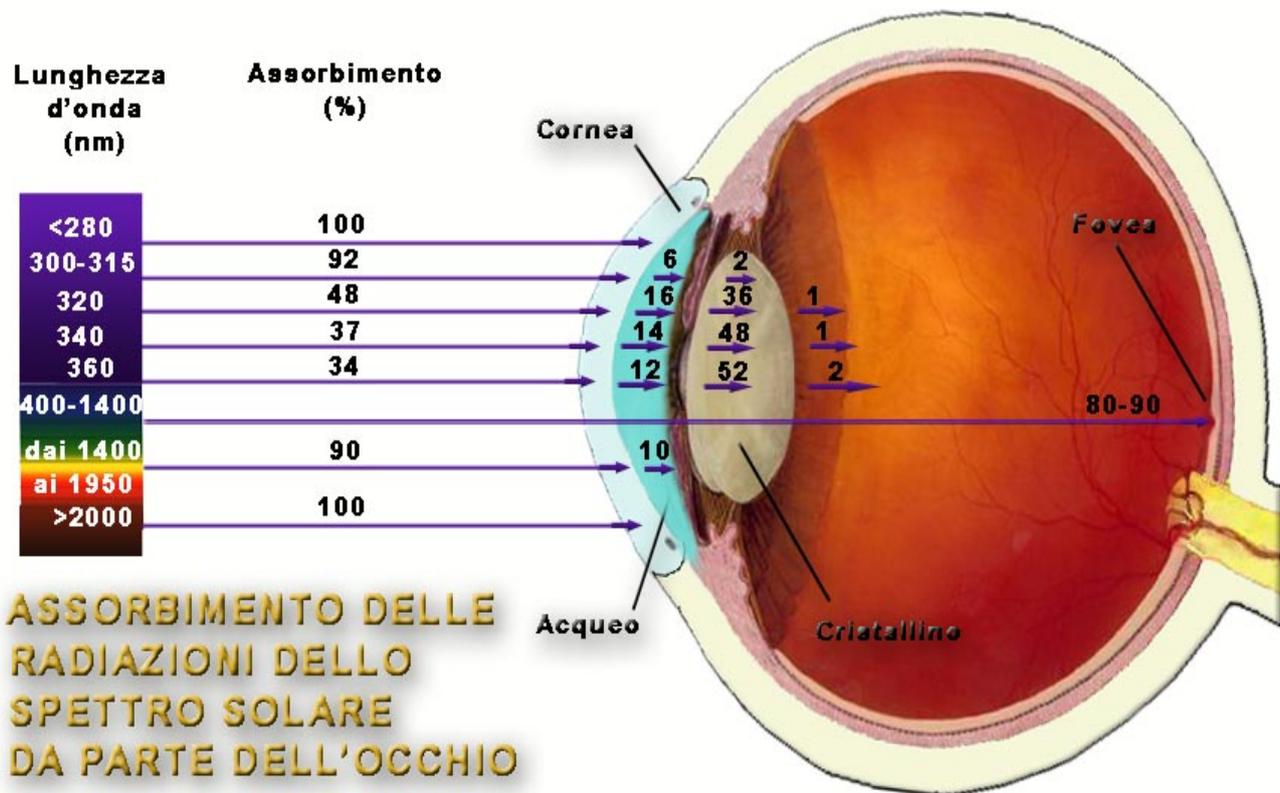


Fig. 8: Capacità filtrante intraoculare della radiazione UV da parte del tessuto oculare.

LUNGHEZZA ONDA	D'	TIPO	OCCHIO
100 – 280 nm		UV C	FOTOCHEMATITE FOTOCONGIUNTIVITE
280 – 315 nm		UV B	
315 – 400 nm		UV A	CATARATTA FOTOCHEMICA
400 – 780 nm		VISIBILE	LESIONE FOTOCHEMICA E TERMICA DELLA RETINA
780 – 1400 nm		IR A	CATARATTA, BRUCIATURA DELLA RETINA
1400 – 3000 nm		IR B	CATARATTA, BRUCIATURA DELLA CORNEA
3000 – 10 ⁶		IR C	BRUCIATURA DELLA CORNEA

RADIAZIONI UV E IL CRISTALLINO

Il cristallino assorbe la maggior parte delle radiazioni dell'ultravioletto al di sotto dei 400 nm e l'esposizione a questa radiazione sembra una delle concause che determinano l'evoluzione dalla sua perfetta trasparenza alla formazione della cataratta con grave riduzione della qualità visiva. Oggi la cataratta si asporta mediante un intervento di pochi minuti con dell'anestetico collirio e si impianta al suo posto un cristallino artificiale (IOL, intra ocular lens) che oltre a correggere il difetto rifrattivo è dotato di totale protezione per la radiazione UV per la protezione della retina.

RADIAZIONI VISIBILI (380 – 780 nm)

- visione dal viola al rosso;
- componente viola-blu , vicino all' ultravioletto, ha energia molto elevata capace di creare danni alla retina in rapporto ad intensità e tempo di esposizione.

3.3 FATTORI CHE INFLUENZANO IL RISCHIO NELL'ESPOSIZIONE

Ci sono vari fattori che influiscono sul rischio potenziale nell'esposizione alla radiazione ottica:

- **fattori fisici:** lunghezza d'onda (energia quantica dei fotoni), durata, intensità ed entità dell' esposizione;
- **fattori biologici:** proprietà ottiche delle strutture esposte.

L'insieme di tutti questi fattori determina: se la radiazione può raggiungere o meno una determinata struttura oculare, come viene riflessa, trasmessa e assorbita.

4. LE LENTI

Il metodo più semplice per correggere un vizio refrattivo, in altri termini di neutralizzare la deficienza visiva prodotta dall' esistenza di un' ametropia, consiste nell' anteporre all' occhio ametropo una lente correttiva inserita in un supporto chiamato montatura.

Le lenti oftalmiche oggi in commercio possono essere fabbricate sia in vetro che in materiali organici.

Per poter giudicare le caratteristiche dei materiali usati occorre conoscere almeno le

seguenti proprietà fondamentali: l'indice di rifrazione, la densità ed il numero di Abbe.

- **Indice di rifrazione:** indica il rapporto fra la velocità della luce nell'aria e la sua velocità in un mezzo trasparente.

$$n=c/v$$

Dall'indice di rifrazione di un mezzo trasparente dipende la sua capacità di modificare la vergenza dei raggi luminosi che lo attraversano. Poiché la luce attraversa più velocemente un mezzo trasparente, l'indice di rifrazione di una lente ne determina lo spessore.

I materiali impiegati nella fabbricazione delle lenti da occhiali possono avere diverso indice di rifrazione, che può andare da 1,499 per una resina organica come il CR39 fino a oltre 1,8 per i vetri costituiti dalle cosiddette terre rare (lantano, tantalio, niobio). I materiali con indice di rifrazione più elevato consentono di ottenere poteri diottrici più elevati con una minore curvatura delle superfici delle lenti.

- **Dispersione:** i raggi di differente lunghezza d'onda subiscono una rifrazione differente entità provocando così la scomposizione della luce bianca nei vari colori dello spettro, questo fenomeno è maggiore quanto più elevato è l'indice di rifrazione dei materiali. Nella pratica la dispersione prodotta da un materiale trasparente viene quantificata con un coefficiente detto *numero di Abbe* (che prende il nome dal fisico, ottico e imprenditore tedesco Ernst Abbe) che costituisce l'inverso del potere dispersivo del materiale: quanto più elevato è il numero di Abbe tanto più bassa è la dispersione cromatica.

MATERIALE	INDICE DI RIFRAZIONE	NUMERO DI ABBE
Vetro al titanio	~ 1,70	~ 40
Vetro crown	~ 1,523	~ 59
Vetro flint	~ 1,70	~ 30
CR-39	~ 1,49	~ 59
Trivex	~ 1,52	~ 43
Polycarbonato	~ 1,586	~ 30

- **La densità:** questa caratteristica esprime il peso in grammi di un centimetro cubo

di materiale e consente di valutare quale sarà il peso degli occhiali.

MATERIALE	DENSITÀ
Vetro	2,41 gr/cm ³
Vetro crown	3,2 gr/cm ³
Vetro flint	4 gr/cm ³
CR39	1,32 gr/cm ³
Trivex	1,1 gr/cm ³
Policarbonato	1,20 gr/cm ³

Occorre quindi ricordare che nella scelta dei materiali si deve cercare un ragionevole compromesso tra esigenze che risultano a volte contrastanti in quanto i materiali con indice di rifrazione elevato consentono di fabbricare lenti più sottili le quali possono risultare però più pesanti e produrre una più fastidiosa dispersione cromatica.

4.1 PROPRIETÀ MECCANICHE DELLE LENTI

La qualità delle lenti dipende anche dalle proprietà meccaniche:

- *resistenza all'urto*: è il problema del vetro che deve essere temperato per poter essere sicuro. I polimeri ottici sono invece resistenti all'urto.
- *resistenza al graffio*: la situazione si inverte. Il vetro presenta una elevata resistenza al graffio mentre i polimeri ottici, ad eccezione del CR39 e dei suoi derivati, necessitano di un trattamento antigraffio per ottenere una resistenza al graffio adeguata.

4.2 TIPOLOGIE DIVERSE DI LENTI OFTALMICHE

Esistono diverse tipologie di lenti oftalmiche in base all'utilizzo. Si distinguono in :

- I. lenti antiriflesso
- II. lenti blue control
- III. lenti colorate
- IV. lenti fotocromatiche
- V. lenti specchiate
- VI. lenti polarizzate
- VII. lenti lutina

- **L' antiriflesso** è un trattamento che viene fatto alle lenti. I benefici principali del trattamento sono dati da una maggiore trasparenza della lente, da una visione nitida e non disturbata, in ogni area di sguardo. Aumenta quindi il valore di trasmittanza della lente.

- **Il blue control** è un trattamento che protegge dai dannosi effetti della luce blu emessa da schermi LED e LCD di smartphone, tablet, PC e televisori. Nello specifico il Blue Control dovrebbe ridurre l'affaticamento degli occhi, annullare l'effetto abbagliamento e migliorare il contrasto. Insomma condizioni migliori soprattutto per chi passa molte ore davanti agli schermi e visione più confortevole, rilassata e una percezione naturale del colore.

- **Le lenti colorate** sono lenti correttive che possono essere colorate in diverse tonalità di colori e permettono di avere la massima protezione UV.

- **Le lenti fotocromatiche** sono lenti che, esposte a radiazioni UV o luce solare in genere, avviano una reazione chimica reversibile e si scuriscono. Una volta che l'irradiazione di luce o raggi UV scompare ritornano gradualmente allo stato iniziale di trasparenza. Queste lenti proteggono dai raggi UV e dal riverbero solare come gli occhiali da sole, sebbene non possano sostituirli in tutte le situazioni. Le lenti fotocromatiche, quando non esposte a raggi UV, risultano essere molto chiare sebbene non come le lenti trasparenti classiche; la differenza tuttavia è minima e poco percettibile con le lenti delle nuove generazioni, che allo stato chiaro hanno una leggera dominante di colore residuo. Le lenti fotocromatiche tecnicamente possono avere vari colori combinando le varie sostanze che le compongono, dallo storico marrone al grigio al verde ad altri colori. Esistono inoltre alcune tipologie di lenti che abbinano le caratteristiche fotocromatiche ad un filtro solare tradizionale, permettendo ad esempio di avere lenti da sole capaci di regolarsi su diverse intensità luminose (da poco scure a più scure), o lenti fotocromatiche e polarizzate. Il pregio di questa tipologia di lenti è il fatto di avere un 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) e poter quindi sostituire l'occhiale da sole; tuttavia queste lenti hanno anche dei limiti che non possono sempre farne un sostituto degli occhiali da sole. Ad esempio le lenti fotocromatiche generalmente non si scuriscono o si scuriscono troppo poco in automobile, in quanto il parabrezza blocca parte dei raggi UV e non permette la giusta stimolazione della lente.

-**La specchiatura** è un trattamento che si può applicare sulla superficie esterna di diverse tipologie di lenti, sia minerali che organiche, e fornisce un effetto "a specchio"

agli occhiali. La specchiatura può avere diversi gradi di intensità, fino a nascondere completamente lo sguardo di chi indossa tali occhiali, addirittura si possono avere specchiature degradanti o presenti solo in alcune aree delle lenti. Spesso questo tipo di trattamento viene fatto solo per motivi estetici o di moda, ma in alcuni particolari prodotti viene utilizzato per fornire all'occhiale caratteristiche peculiari che ne migliorano la funzionalità. Un esempio sono gli occhiali “da ghiacciaio” che solitamente presentano specchiature accentuate nelle aree superiori e inferiori delle lenti, per aumentare la protezione dalla luce diretta del cielo e indiretta dal terreno/neve (fig. 9).



Fig. 9: Specchiatura.

- **La polarizzazione** è un trattamento capace di bloccare i riflessi che provengono da superfici lucide, questi riflessi vengono totalmente eliminati anche in condizioni di luce più intensa. Le lenti polarizzate agiscono sulla luce riducendola ad un'unica direzione ed escludendo quella parte di raggi luminosi che disturbano la visione. Si ottiene così un aumento del contrasto ed una eliminazione dei riflessi; le immagini appaiono più nitide e di conseguenza la percezione visiva migliora.

4.3 LENTI LUTINA

Fino ad ora esistevano delle lenti “trattate” o colorate che tentavano di ridurre il problema, ma in realtà alteravano la percezione dei colori, o riducevano la visione. La novità consiste nella protezione totale, sono lenti Lutina, brevettate da Tokai. Queste lenti hanno la proprietà di bloccare le radiazioni con lunghezza d'onda 400 – 420 nm, ritenute le radiazioni più nocive per la struttura oculare (fig. 10).

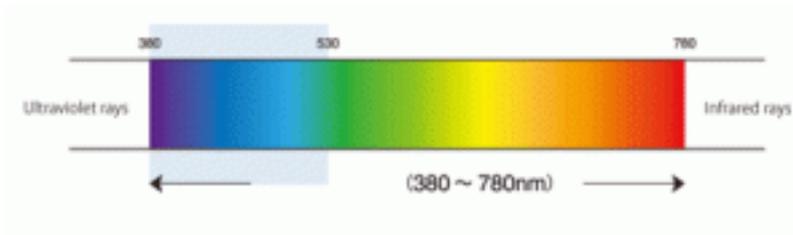


Fig. 10: Spettro elettromagnetico con le relative radiazioni bloccate dalle lenti Lutina.

4.4 LA LUCE BLU EMESSA DAI DISPOSITIVI DIGITALI

La cosiddetta “luce blu” è un tipo di luce con una frequenza molto elevata, più dei raggi ultravioletti e non è visibile al nostro occhio. Proprio perché è caratterizzata da un’intensa luminosità viene utilizzata negli schermi LED ormai presenti su tutti i dispositivi elettronici. Questa fonte artificiale si somma alle emissioni naturali presenti nella luce solare. La luce blu è anche presente nelle lampade a basso consumo energetico. Il problema della luce blu emessa dagli schermi LCD è l’effetto combinato della distanza di utilizzo molto ravvicinata, del tempo di esposizione e della maggiore quantità emessa da questi dispositivi. Molto spesso le persone lamentano fastidi durante l’utilizzo prolungato dei dispositivi digitali: occhi rossi e secchi, mal di testa e visione annebbiata. Per essere precisi, tale luce è anche una specie di temporizzatore biologico essendo in grado di stimolare la produzione di melatonina che regola il ciclo sonno-veglia e agisce in termini positivi anche nella stimolazione dei riflessi. Fortunatamente il nostro organismo ha una protezione di base contro queste lunghezze d’onda così elevate, alcuni pigmenti che si trovano nell’occhio (es. la luteina) creano un vero e proprio filtro naturale che viene rafforzato mangiando alcune verdure. Sfortunatamente, con l’avanzare dell’età, l’assimilazione di questi pigmenti cala e quindi anche il filtro si assottiglia difendendoci di meno. Sostanzialmente le cellule che degenerano assorbono la luce blu - viola creando una reazione chimica che genera elementi tossici per le altre cellule dell’occhio (fig.11a, 11b).

OCCHI SENZA LA “LUTEINA”

OCCHI CON LA “LUTEINA”

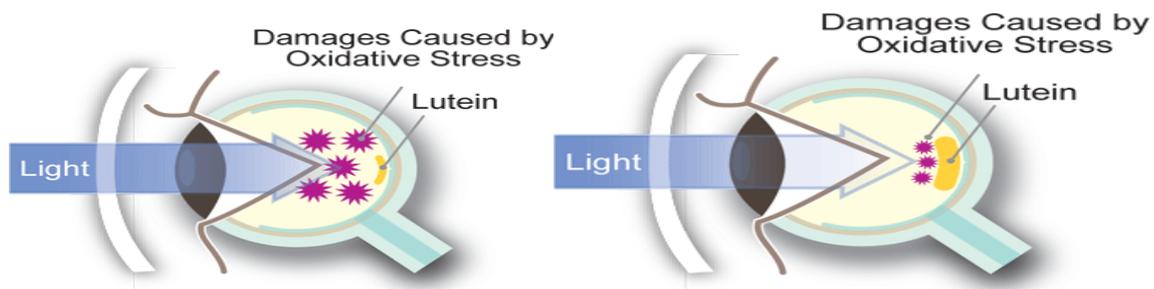


Fig.11a- Bassa quantità di “Luteina”, quindi non in grado di ridurre alla macula.

Fig. 11b- Quantità sufficiente di “Luteina” quindi in grado di ridurre i danni alla macula.

CAPITOLO 5

5.1 SPERIMENTAZIONE E DATI

Per verificare la tesi sono stati analizzati 32 casi, tutti diversi tra loro, di età compresa tra 20 – 55 anni (fig. 12).

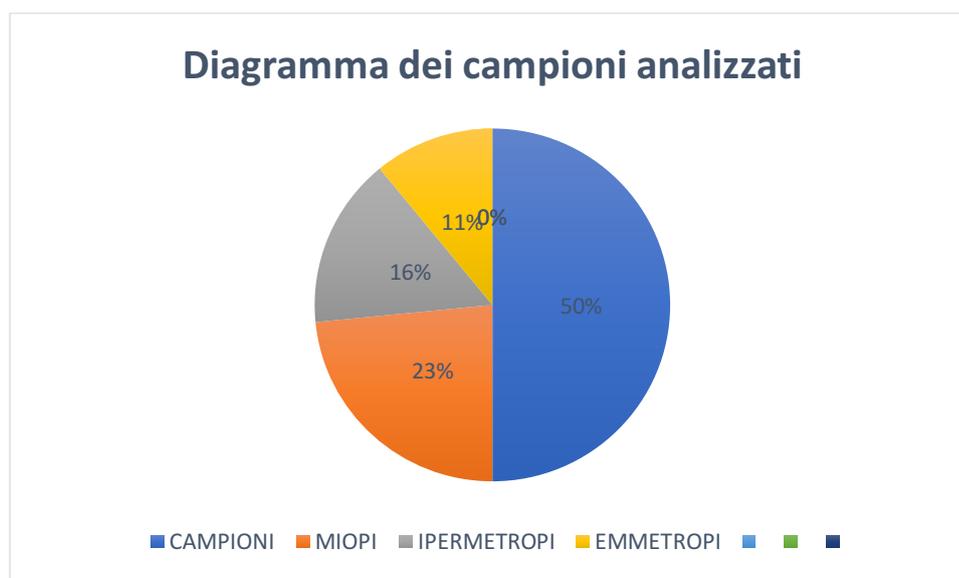


Fig. 12: Percentuale dei campioni studiati.

A ciascuno di essi è stato effettuato un esame refrattivo comprendente come test per verificare la veridicità della tesi: il test della sensibilità al contrasto e il test bicromatico. Quindi si è proceduto partendo anzitutto a controllare l'acuità visiva con la correzione della persona, qualora già in uso, e con la nuova correzione, qualora fosse stata riscontrata. In un secondo momento è stato effettuato il test della sensibilità al contrasto ed il test bicromatico; successivamente sono stati ripetuti i test suddetti con l' utilizzo delle lenti Lutina annotandone i risultati. Questi ultimi hanno evidenziato i seguenti effetti:

- sul 100 % dei campioni i contrasti delle mire sono sensibilmente migliorati;
- il 100 % dei campioni risulta avere una visione delle mire più nitida all' ottotipo;
- il 60 % dei campioni risulta avere un miglioramento dell' acuità visiva.

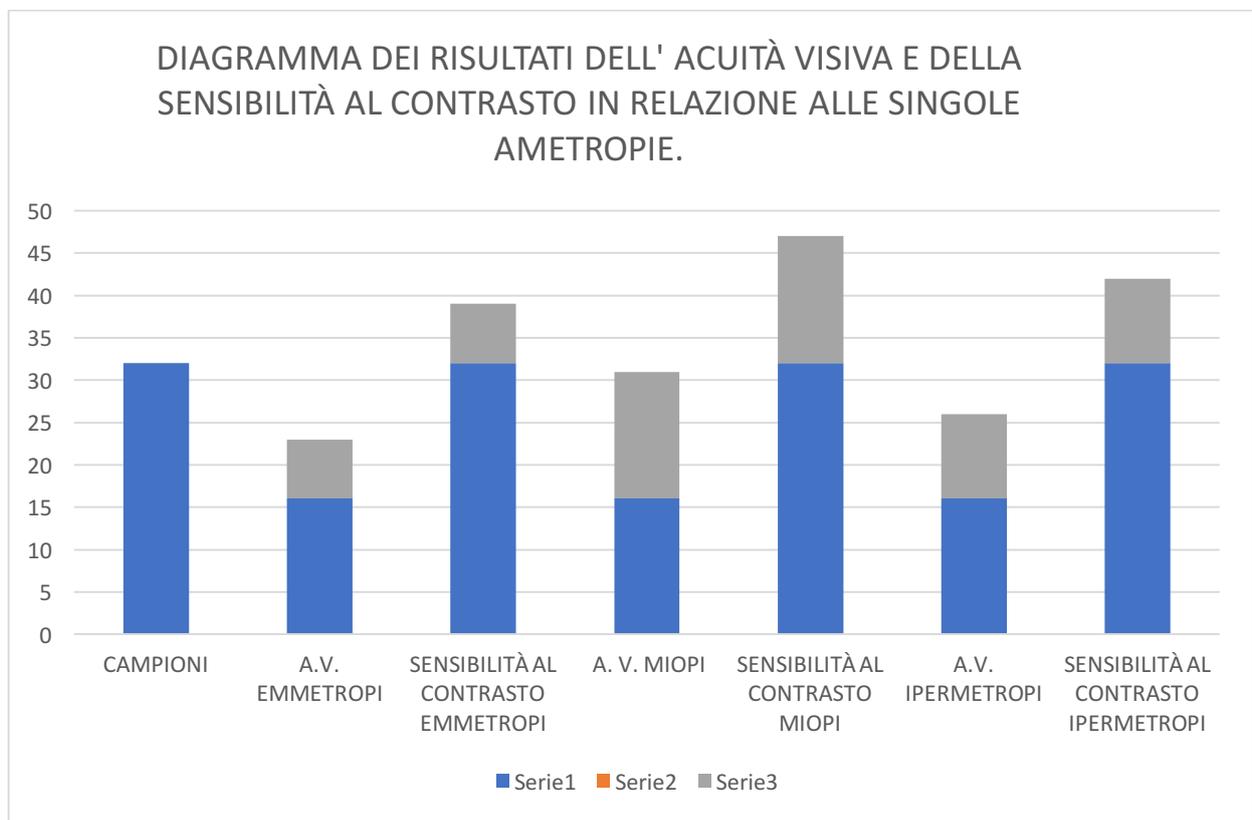
CAMPIONE	ETÀ	CORREZIONE IN USO	APPLICAZIONE FILTRI	VARIAZIONE DI CORREZIONE	RICONTROLLO CON FILTRI
1	23	Sf. 0,00 Cil. +0,25 ax 90 Sf. 0,00 Cil. +0,25 ax 90 VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
2	27	Sf. / Cil. / ax / Sf. / Cil. / ax / VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
3	29	Sf. 0,00 Cil. +0,75 ax 90 Sf. 0,00 Cil. +0,50 ax 90 VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
4	24	Sf. - 1,75 Cil. -1,00 ax 180 Sf. -2,25 Cil. -1,00 ax 180 VISIONE BINOCULARE A.V. 10/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
5	29	Sf. -5,00 Cil. -2,00 ax 180 Sf. -5,00 Cil. -0,75 ax 180 VISIONE BINOCULARE A.V. 09/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 10/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
6	23	Sf. / Cil. / ax / Sf. / Cil. / ax / VISIONE BINOCULARE A.V. 10/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 10/10	Sf. -0,00 Cil. -0,50 ax 150 Sf. 0,00 Cil. -0,25 ax 60	VISIONE BINOCULARE A.V. 11/10

7	25	Sf. -0,50 Cil. 0,00 ax / Sf. -0,75 Cil. 0,00 ax / VISIONE BINOCULARE A.V. 10/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
8	53	Sf. -0,50 Cil.-0,50 ax 150 Sf. -0,50 Cil.-0,50 ax 10 VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 13/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
9	45	Sf. -2,50 Cil. -2,50 ax 100 Sf. -0,50 Cil. +1,75 ax 75 VISIONE BINOCULARE A.V. 08/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 09/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
10	49	Sf. / Cil. / ax / Sf. / Cil. / ax / VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
11	49	Sf. +1,25 Cil./ ax / Sf. +1,00 Cil./ ax / VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	Sf. +1,75 Cil. / ax / Sf. +2,00 Cil. / ax /	VISIONE BINOCULARE A.V. 13/10
12	53	Sf. / Cil. / ax / Sf. / Cil. / ax / VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
13	38	Sf. +1,75 Cil. / ax / Sf. +1,50 Cil. / ax / VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
14	26	Sf. -2,50 Cil. -0,75 ax 180 Sf. -1,75 Cil. -1,00 ax 180 VISIONE BINOCULARE A.V. 11/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
15	21	Sf. -2,00 Cil. -1,00 ax 180 Sf. -2,50 Cil. -1,00 ax 180 VISIONE BINOCULARE A.V. 10/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 11/10	Sf. -2,00 Cil.-1,50 ax 180 Sf. -2,00 Cil.- 1,00 ax 180	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
16	23	Sf. -4,50 Cil. / ax / Sf. -3,75 Cil. / ax / VISIONE BINOCULARE A.V. 10/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
17	22	Sf. / Cil. / ax / Sf. / Cil. / ax / VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
18	33	Sf. -2,50 Cil. -2,75 ax 180 Sf. - 3,00 Cil. -2,00 ax 180 VISIONE BINOCULARE A.V. 11/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	Sf. -3,00 Cil. -2,75 ax 180 Sf. -3,00 Cil. -2,25 ax 180	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10

19	40	Sf. +1,00 Cil. / ax / Sf. +1,25 Cil. / ax / VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	Sf. +1,50 Cil. / ax / Sf. + 1,75 Cil. / ax /	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
20	48	Sf. +1,75 Cil. +1,50 ax 90 Sf. +2,00 Cil. +1,50 ax 90 VISIONE BINOCULARE A.V. 10/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
21	34	Sf. -2,00 Cil. / ax / Sf. -2,50 Cil. / ax / VISIONE BINOCULARE A.V. 10/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	Sf. -2,75 Cil. / ax / Sf. -3,00 Cil. / ax /	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
22	20	Sf. -1,00 Cil. -0,50 ax 180 Sf. - 1,00 Cil. -2,00 ax 180 VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
23	23	Sf. / Cil. +0,50 ax 90 Sf. / Cil. +0,50 ax 90 VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
24	30	Sf. +0,50 Cil. / ax / Sf. +0,75 Cil. / ax / VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	Sf. + 0,75 Cil. / ax / Sf. +1,00 Cil. / ax /	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
25	21	Sf. / Cil. / ax / Sf. / Cil. / ax / VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
26	39	Sf. +1,00 Cil. / ax / Sf. +1,00 Cil. / ax / VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
27	35	Sf. -2,50 Cil. -3,00 ax 180 Sf. -2,00 Cil. -2,50 ax 180 VISIONE BINOCULARE A.V. 08/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 10/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
28	28	Sf. / Cil. / ax / Sf. / Cil. / ax / VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
29	55	Sf. -1,00 Cil. / ax / Sf. -1,00 Cil. / ax / VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	Sf. -0,50 Cil. / ax / Sf. -0,75 Cil. / ax /	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
30	31	Sf. -4,00 Cil. / ax / Sf. -4,50 Cil. / ax / VISIONE BINOCULARE A.V. 08/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 10/10	Sf. -4,50 Cil. / ax / Sf. -4,75 Cil. / ax /	VISIONE BINOCULARE A.V. 11/10

31	24	Sf. -2,75 Cil. -1,00 ax 180 Sf. -3,00 Cil. / ax / VISIONE BINOCULARE A.V. 10/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 11/10	Sf. -2,75 Cil. -1,00 ax 180 Sf. -3,00 Cil. -0,50 ax 180	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10
32	25	Sf. +1,00 Cil. +0,50 ax 90 Sf. +0,75 Cil. +0,50 ax 90 VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10	NESSUNA VARIAZIONE	VISIONE BINOCULARE A.V. 12/10

Nella tabella sono riportati schematicamente i risultati ottenuti effettuando i test sopraelencati, è possibile notare le variazioni dell'acuità visiva con l'utilizzo delle lenti opportunamente anteposte, lenti Lutina, sui campioni sia ametropi che emmetropi.



Nel diagramma sono indicate le risposte relative all'aumento dell'acuità visiva e al miglioramento del contrasto sia per i soggetti miopi, ipermetropi che ametropi. Da questo grafico è possibile notare i vantaggi che provengono dall' utilizzo delle lenti Lutina oltre che le caratteristiche di questo tipo di lente.

Secondo degli studi condotti dall' azienda Tokai, le lenti "Lutina" bloccano le lunghezze d' onda comprese tra 400 – 420 nm. Questo range è dannoso per gli occhi perché è causa di stress per l'occhio e influisce sulla luteina (fig. 13).

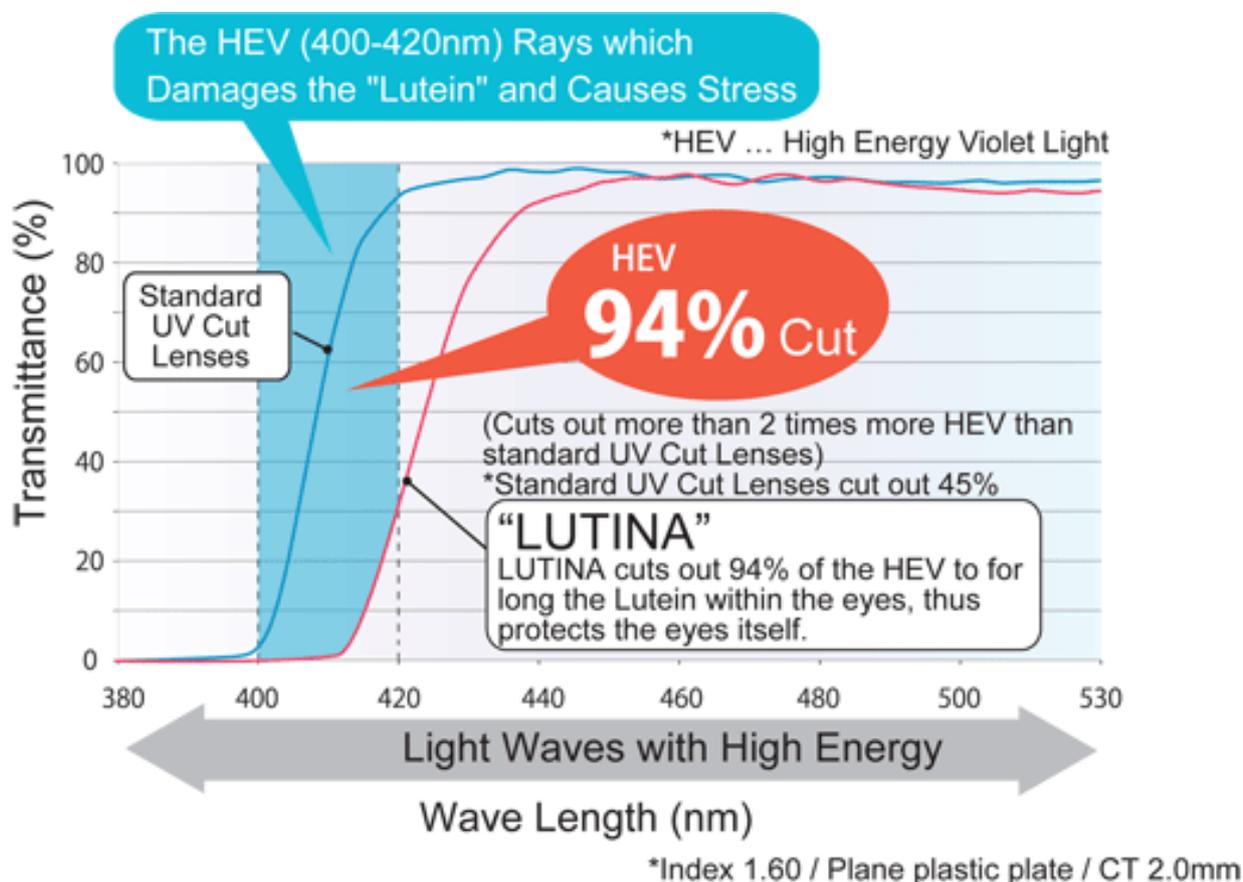


Fig. 13: Grafico della trasmittanza delle lenti Lutina .

Osservando il grafico è possibile notare come questo tipo di lente è in grado di tagliare oltre il 94 % delle radiazioni HEV, in particolare tra i 400 – 420 nm , che sono tra le radiazioni più dannose per i nostri occhi. Diversamente una semplice lente taglia solo le radiazioni UV.

Da uno studio effettuato in laboratorio utilizzando come strumento lo spettrometro e mettendo a paragone due tipologie di lenti, ovvero le lenti Lutina e delle lenti con un semplice trattamento blue control è stato possibile evidenziare le differenze tra questi trattamenti. Si può notare come la lenti Lutina sono in grado di bloccare realmente la luce blu, nel dettaglio le lunghezze d' onda 400 – 420 nm, e trasmettere le radiazioni meno dannose per il nostro occhio (fig. 14). Diversamente si può osservare come delle lenti con un semplice trattamento "blue control" non bloccano tutte le radiazioni nocive per gli occhi (fig. 15).

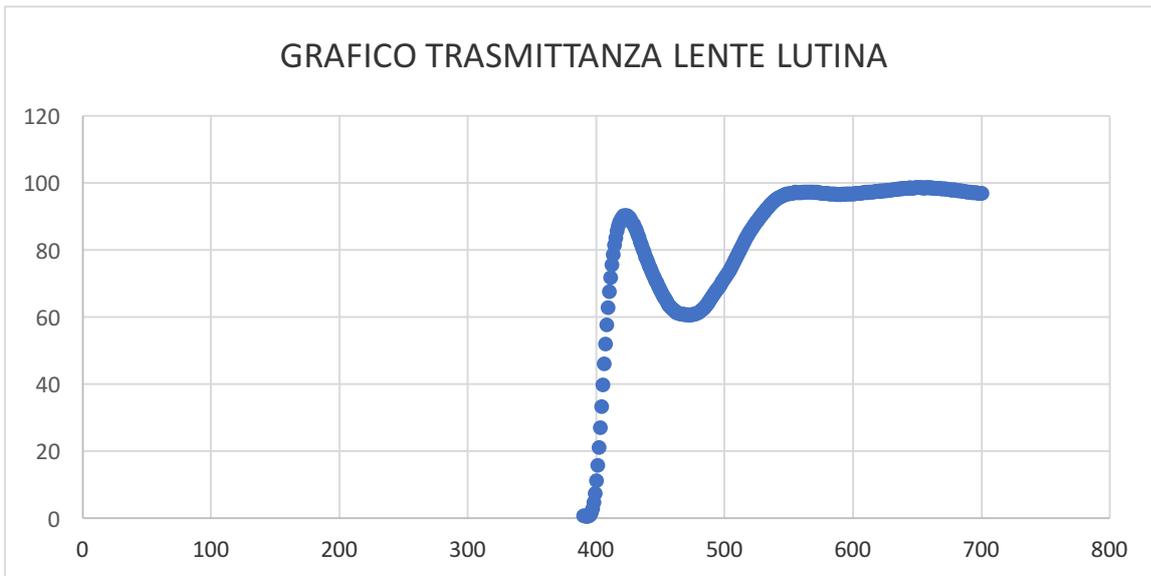


Fig. 14: Trasmittanza delle lenti “Lutina”.

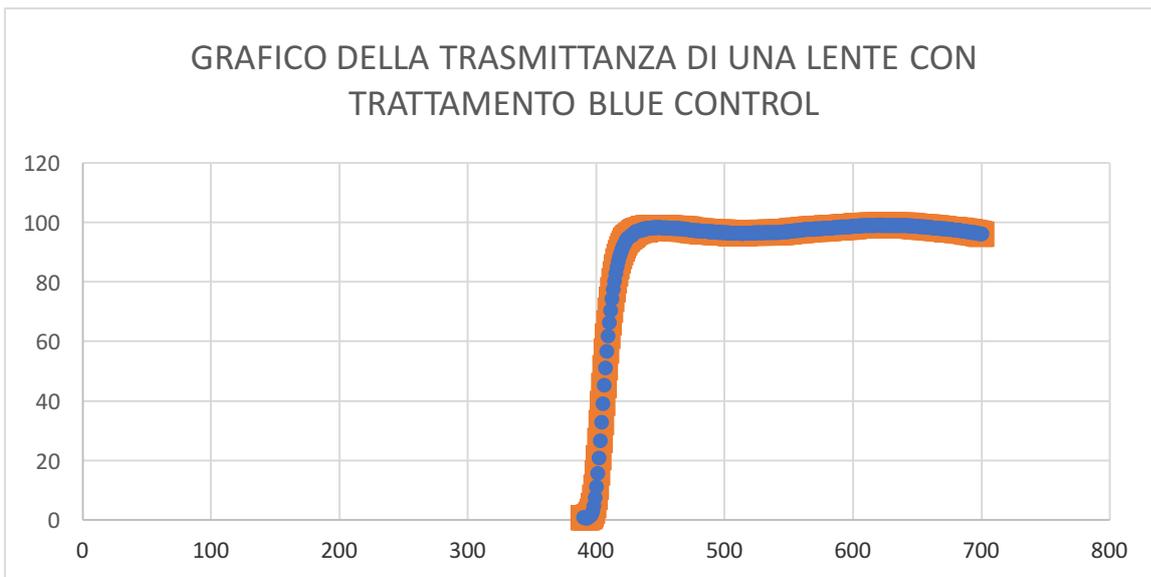


Fig. 15: Trasmittanza delle lenti con trattamento “Blue control”.

CONCLUSIONI

L'obiettivo dello studio è stato quello di valutare l'importanza e i benefici che si traggono dall'utilizzo di filtri protettivi in grado di bloccare lunghezze d'onda dannose per la struttura oculare e trasmettere quelle non dannose. Al giorno d'oggi, essendo sempre a contatto con la luce blu, gli occhi sono costantemente soggetti a stress. Le radiazioni luminose generano delle reazioni chimiche e la loro interazione con la struttura oculare determina delle vere proprie patologie, quali la cataratta e la degenerazione maculare. Per prevenire ciò, o almeno per limitare, l'insorgenza di queste patologie e per ridurre anche lo stress sarebbe opportuno utilizzare dei filtri selettivi, quali le lenti Lutina.

Queste lenti bloccano le radiazioni luminose tra 400- 420 nm, che sono quelle più dannose per gli occhi che colpiscono direttamente la luteina. Questa sostanza è un carotenoide contenuto sia nella macula retinica che nel cristallino e il suo deterioramento comporta una riduzione dell'acuità visiva. Le lenti Lutina non solo proteggono gli occhi dalle radiazioni luminose ma, sperimentandole, si sono evidenziati i seguenti innumerevoli vantaggi. Su un numero consistente di soggetti analizzati, pari a 32 persone di sesso sia maschile che femminile, si è evidenziato:

- un aumento dell'acuità visiva nel 60% dei soggetti;
- un aumento del contrasto delle mire nel 100% dei soggetti;
- una visione più riposata e limpida nel 100% dei soggetti.

In conclusione, l'utilizzo continuo dei dispositivi digitali e l'esposizione alla luce naturale senza alcuna protezione può comportare nel tempo una riduzione dell'acuità visiva, oltre che l'insorgere di patologie oculari. Pertanto, è consigliabile l'utilizzo di filtri selettivi ben precisi al fine di poter prevenire tutti gli effetti negativi provenienti dalla luce blu. Questi suggerimenti non pretendono di dare una soluzione definitiva ai problemi visivi ma una valida alternativa circa la prevenzione degli stessi.

BIBLIOGRAFIA

1. “*Anatomia dell’occhio umano*” , Rizzini Alessandro, 2003
2. “*Lezioni di anatomia e fisiopatologia oculare per studenti di optometria*”, Valerio Lupi, Fabiano, 2004
3. “*I Vizi di refrazione*” IV edizione, Gianpaolo Paliaga, 2008
4. “*Lenti e occhiali*”, Un manuale di ottica Oftalmica, A. Rossetti- Medical books, 2003
5. www.webofscience.com
6. www.scopus.com
7. www.newscientist.com
8. www.mpdi.com/journal/nutrients
9. Tokai Optical
10. “*Luce blu*”, Piccoli, Orsini, Zambelli, ed. Reggiani
11. “*Manuale di Oftalmologia*”, Liuzzi – Bartoli, ed. Minerva medica
12. “*Occhio, cervello e visione*”, D. Hubel, ed. Zanichelli
13. “*Color theory and its application G. S. Agoston*”, ed. D.L. Macadam
14. “*Luce colore visione*”, A. Frova, ed. Riuniti
15. “*The Role of Lutein in Eye Health*”, Samanta Maci, European Opyhalmic Review, 2010