

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

I dispositivi digitali e il loro effetto sulla vista

Relatori:
Prof. Salvatore Abys

Candidato:
Carmen Pascarella
M44000175

A.A. 2016/2017

Indice

INTRODUZIONE	3
CAPITOLO I: La vista	4
1.1 Lo spettro elettromagnetico.....	5
1.2 In che modo le radiazioni dello spettro visibile agiscono sul sistema occhio-cervello.....	7
CAPITOLO II: La luce blu	15
2.1 Aspetti benefici ed effetti nocivi della luce blu	17
2.2 Confronto tra raggi ultravioletti e luce blu	19
2.3 I fastidi più frequenti della luce blu e le loro cause	20
2.4 Come proteggere gli occhi dalla luce blu	22
2.5 Le lenti realizzate dalle varie aziende	24
CAPITOLO III: L'affaticamento degli occhi causato dall'uso dei dispositivi digitali	26
3.1 Relazione tra miopia, attività prossimale e pseudo miopia..	29
3.2 Convergenza e accomodazione	31
CAPITOLO IV: SPERIMENTAZIONE E DATI	33
CONCLUSIONI	38
BIBLIOGRAFIA	39
RINGRAZIAMENTI	40

Introduzione

In questa tesi si analizza come i dispositivi digitali hanno modificato lo spettro luminoso al quale siamo esposti e di come hanno cambiato le abitudini visive. Quest' argomento è stato scelto perché i dispositivi digitali pervadono la nostra esperienza quotidiana. Quando usiamo questi dispositivi come: tablet, computer e smartphone, gli occhi sono un organo fondamentale e i giovani che sono nati in mezzo a una vera rivoluzione tecnologica devono fare molta attenzione a non fare di essi un uso eccessivo, per evitare fastidi e conseguenze. Alcune esperienze vissute durante il mio tirocinio, mi hanno permesso di entrare in contatto con persone che lamentavano gli effetti causati dai dispositivi sui loro occhi. Lo scopo della tesi è quello di far capire i danni, ma soprattutto i fastidi, che i dispositivi possono causare e in che modo l'ottico optometrista può intervenire nel dare consigli e strumenti per ridurre le cattive abitudini e continuare ad avere un comfort visivo nell'era digitale. E' stata condotta un'indagine, prendendo come campioni individui di sesso maschile e femminile, per capire i fastidi principali e come superarli grazie all'impiego delle nuove lenti con trattamenti speciali. Il presente lavoro si articola in 4 capitoli: nel primo capitolo è stato analizzato come le radiazioni elettromagnetiche agiscono sulla vista e il ruolo dei recettori retinici. Il secondo capitolo è dedicato alla luce blu, agli aspetti benefici, agli effetti nocivi e di come è possibile proteggere gli occhi da essa grazie ai particolari trattamenti realizzati dalle varie aziende. Nel terzo capitolo è stato trattato un altro effetto causato dai dispositivi digitali: l'affaticamento visivo. Infine nel quarto capitolo sono stati verificati alcuni punti della tesi analizzando vari casi, ottenendo ottimi risultati.

CAPITOLO 1

La vista

La vista è il nostro principale sistema sensoriale, si calcola che il 70 % delle informazioni che pervengono al nostro cervello, provengono da questo senso e gli organi deputati alla vista sono gli occhi. L'occhio ha una forma ovoidale, pesa 6-8 grammi ed è formato da tre tuniche, dall'esterno verso l'interno troviamo: la sclera, la corioide e la retina. Solitamente la struttura dell'occhio umano è divisa in occhio esterno e occhio interno. L'occhio esterno è la parte del bulbo oculare in contatto con l'ambiente esterno (ne fanno parte la sclera e la cornea), l'occhio interno, invece non entra mai in contatto con l'ambiente esterno.

Schematizzando l'occhio troviamo:

- La pupilla: permette ai raggi di raggiungere la retina, la sua dimensione è controllata da un muscolo l'iride.
- L'iride: regola la quantità di luce che entra nell'occhio, i suoi pigmenti sono il nostro colore degli occhi.
- La cornea: è un tessuto trasparente-avascolare che riveste la superficie anteriore dell'occhio (pupilla e iride) e viene rifornita di fluido dall'umor acqueo internamente ed esternamente dal film lacrimale.
- La retina: una sottile membrana che riveste la superficie interna dell'occhio, è un tessuto nervoso sensibile alla luce, suddivisa in: una zona centrale dove è situata la macula e al suo centro la fovea ricca di coni e un'area periferica dove invece troviamo solo bastoncelli.
- Il cristallino: è la lente naturale del nostro occhio (dietro l'iride).
- Il muscolo ciliare: attaccato al cristallino, ne modifica la forma.
- L'umor vitreo: è una sostanza densa che riempie lo spazio tra cristallino e retina.

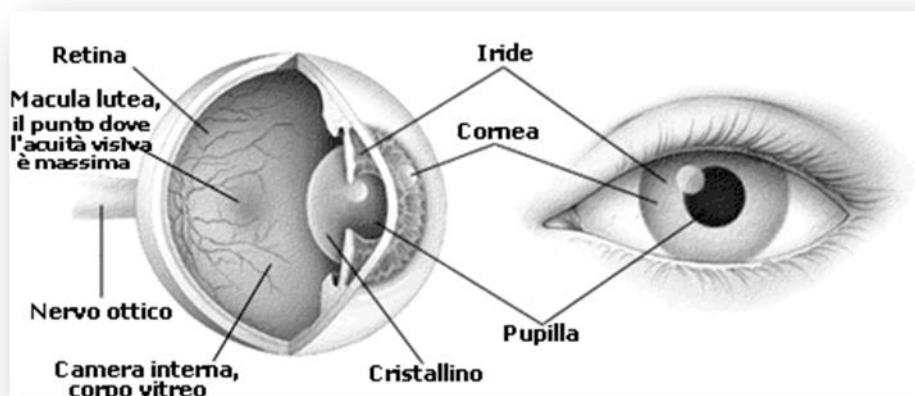


Fig.1 Struttura schematica dell'occhio

La luce, è una forma di energia che ci permette di vedere quello che ci circonda. Quando guardiamo un oggetto, la prima parte dell'occhio chiamata in azione è la cornea. I raggi luminosi incrociano la cornea, essa agisce su di loro, facendoli convergere sulla pupilla (il foro situato nel centro dell'iride) e attraverso questa,

consente loro di entrare nell'occhio. Poi c'è l'iride, la struttura circolare che circonda la pupilla ed è responsabile della variazione delle dimensioni della pupilla stessa, facendola ridurre o ingrandire (miosi e midriasi). In tal modo aiuta a regolare la quantità di luce che raggiunge la retina nella parte posteriore dell'occhio. Quando i raggi della luce attraversano la pupilla, passano anche attraverso la lente dell'occhio: il cristallino.

Il cristallino è in grado di modificare la distanza focale dell'occhio, per osservare oggetti alle diverse distanze e consente di rifrangere la luce. I raggi della luce passano poi attraverso una sostanza chiara, densa, gelatinosa, nota come vitreo. Questa sostanza permette all'occhio di mantenere la sua forma sferica.

Una volta attraversato il vitreo, i raggi arrivano alla retina, che è sensibile alla luce ed è responsabile della conversione dei raggi luminosi in impulsi nervosi e successivamente dopo complessi procedimenti in quelli che noi chiamiamo immagini.

1.1 Lo spettro elettromagnetico.

Lo spettro elettromagnetico comprende l'intera gamma delle lunghezze d'onda esistenti in natura.

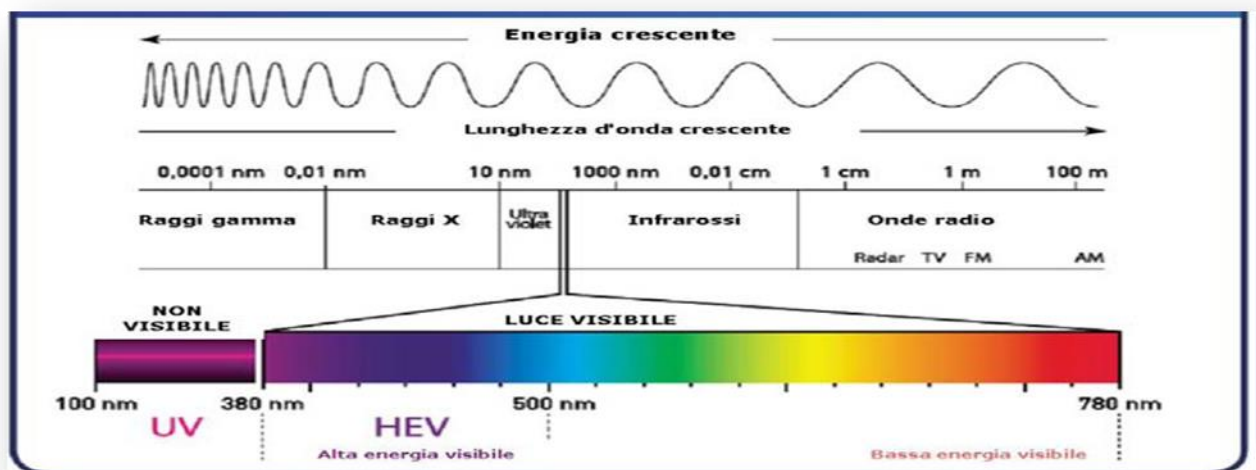


Fig.2 Lo spettro elettromagnetico

Per convenzione è stato suddiviso in diversi settori, denominati bande, secondo la classificazione classica, in cui è stato indicato: la banda, la frequenza e la lunghezza d'onda corrispondente.

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 (energia).

La lunghezza d'onda è definita come:

$$\lambda = c/f$$

Dove c è la propagazione della luce nel vuoto e vale 3×10^8 m/s e f è la frequenza della radiazione. Nello spettro a un'estremità si trovano i raggi più corti a elevata energia; l'esposizione a tali raggi può essere causa di danneggiamento a carico di tessuti negli esseri umani; all'estremo opposto vi sono i raggi più lunghi con frequenze energetiche

più basse che hanno minore nocività. Quasi al centro di questo spettro, tra i raggi ultravioletti e infrarossi, è presente una piccola banda di luce visibile che percepiamo come colore, che spazia da 380 nanometri (nm) ai 780 nm. All'interno della radiazione del visibile, i colori che si avvicinano al blu, dal violetto al turchese, coprono una vasta gamma di radiazioni comprese tra 380 e 500 nm, hanno lunghezze d'onda minori e convogliano maggiore energia della luce verde, rossa e gialla.

La luce blu è identificabile come la frequenza ad alta energia dello spettro della luce visibile (high-energy visible - HEV), comprende sia le radiazioni nocive blu-viola (tra 415 e 455 nm) che i benefici raggi blu-turchese (tra 465 e 495 nm), responsabili del normale metabolismo umano (ritmi circadiani e attività endocrina efficiente).

In funzione della lunghezza d'onda, le radiazioni agiscono in maniera diversa sull'occhio e possono creare danni e fastidi. Il confine tra una condizione percettiva e l'altra è definita soglia, collegata alla sensibilità, infatti maggiore è la soglia, minore è la sensibilità.

I dispositivi digitali hanno il picco di emissione intorno ai 440-450 nm e se ragioniamo in lunghezza d'onda il blu è focalizzato prima della retina.

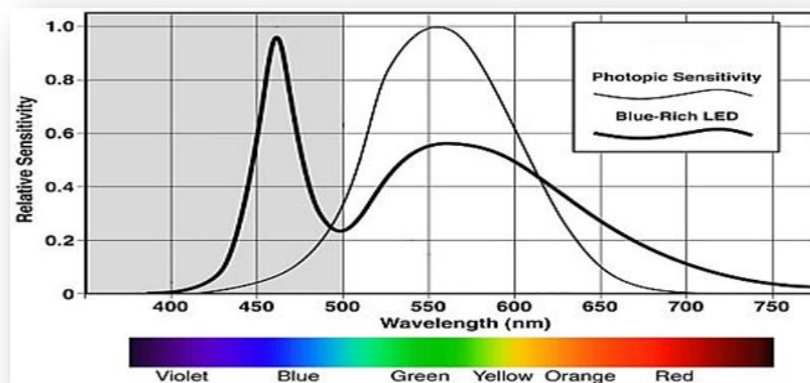


Fig.3 Emissione di sorgente a LED.

Si evidenzia il picco di emissione a circa 460 nm, emissione emessa e non interessano la curva della sensibilità oculare.

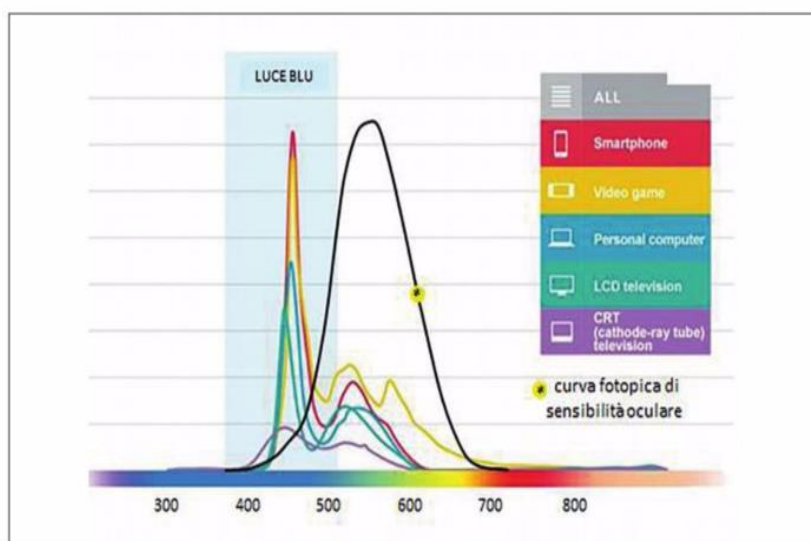


Fig.4 Emissioni di comuni dispositivi digitali.

Si evidenziano i picchi che cadono fuori dalla curva di sensibilità oculare.

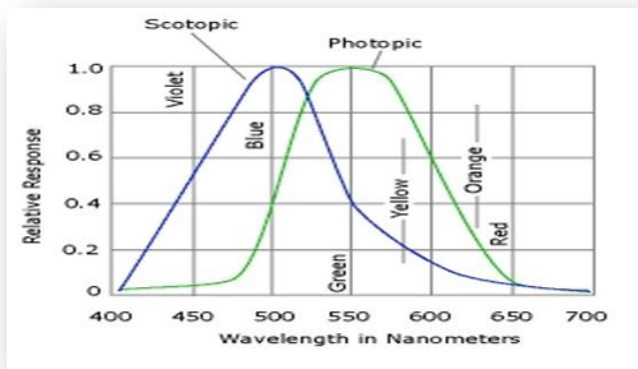


Fig.5 Curva di sensibilità dell'occhio umano diurna e notturna.

Se guardiamo tutto lo spettro della luce blu che ci interessa e se guardiamo come agisce a livello visivo, vediamo che ci sono delle curve di sensibilità che variano secondo l'illuminazione fotopica o scotopica.

Lo spettro del visibile ha un intervallo tra 380 a 780 nm, in visione scotopica la curva di sensibilità spazia dai 400 ai 600 nm con un picco a 507 nm e in visione fotopica abbiamo il massimo della sensibilità a 555 nm. Lo spostamento della sensibilità spettrale verso lunghezze d'onda corte, quando si passa dalla visione scotopica a quella fotopica, si chiama effetto Purkinje.

1.2 In che modo le radiazioni dello spettro visibile agiscono sul sistema occhio-cervello.

Esiste un meccanismo biologico, sensibile alla luce, costituito da fotorecettori deputati alla trasformazione dello stimolo luminoso in stimolo elettrico e alla sua trasmissione fino all'encefalo attraverso il nervo ottico.

Questo sistema di recettori biologici ha sede sulla retina ed è costituito da due tipi di fotorecettori: coni e bastoncelli, che contengono pigmenti che, per effetto della radiazione luminosa, danno l'avvio a una serie di reazioni chimiche e stimolazioni nervose, il cui esito finale è la percezione di luce e colori.

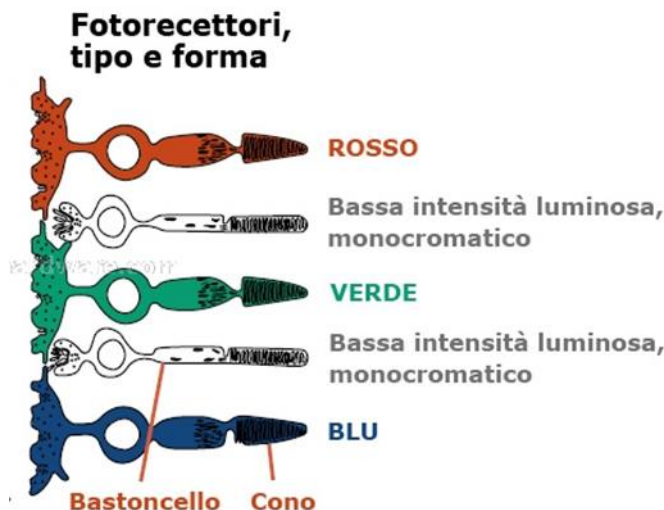


Fig.6 I fotorecettori della retina: coni e bastoncelli

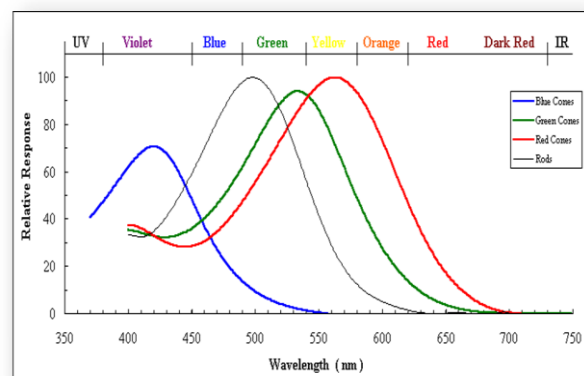


Fig.7 Curva di sensibilità dei coni e dei bastoncelli

Il pigmento dei bastoncelli è la rodopsina, mentre il cono ha diversi tipi di pigmenti visivi che vengono eccitati da luce di differente lunghezza d'onda. In ogni occhio umano vi sono circa 6 milioni di coni e 120 milioni di bastoncelli. I coni sono

responsabili della visione diurna (fotopica), hanno la forma di un cono e la massima concentrazione in una piccola zona della retina priva di bastoncelli, la fovea e presiedono alla percezione del colore e alla nitidezza dei contrasti. Esistono tre tipi di coni, sensibili a tre differenti lunghezze d'onda: i coni long o L che hanno un picco di assorbimento a 564 nm (nel rosso), medium o M con un picco massimo a 533 nm (nel verde), short o S il cui assorbimento è a 437 nm (nel blu), ognuno di esso è collegato a una cellula nervosa. I bastoncelli, invece, si concentrano nella zona periferica della retina, sono più numerosi e più sensibili dei coni, in condizione di scarsa illuminazione, intervengono nella visione notturna (scotopica), quando ormai i coni non riescono più a fornire informazioni utili al cervello e sono collegati alle cellule nervose solo a gruppi. (Basta 1 fotone per attivare i bastoncelli, mentre per attivare i coni ce ne vogliono almeno 100).

La luce quando entra nell'occhio attraversa la cornea e l'umore acqueo, supera la pupilla, penetra nel cristallino, attraversa l'umore vitreo, raggiunge la retina e finalmente incide sui fotorecettori dai quali è in parte assorbita. Ogni fotopigmento assorbe solo alcuni dei fotoni che lo raggiungono, quelli non assorbiti vengono riflessi all'esterno dell'occhio oppure assorbiti dallo strato di cellule sul quale posano i fotorecettori, l'epitelio pigmentato, senza avere alcun ruolo nella visione. La probabilità che la rodopsina, il fotopigmento dei bastoncelli, assorba un fotone, dipende dalla lunghezza d'onda di quest'ultimo. La massima probabilità (cioè 1) si ha a circa 507 nm, mentre alle lunghezze d'onda maggiori o minori la probabilità diminuisce fino a diventare zero agli estremi. Per quanto riguarda i fotoni che incidono sulla cornea, non è tuttavia sufficiente valutare l'assorbimento della rodopsina ma è necessario valutare anche la riflessione parziale sulla cornea (circa 4%) e gli assorbimenti che avvengono nell'umore acqueo, cristallino, umore vitreo e cellule della retina, prima che i fotoni raggiungono i bastoncelli. Dal principio di univarianza di William Rushton del 1972, sappiamo che “ciò che differenzia i fotoni è la loro frequenza e quindi la probabilità di essere assorbiti, ma una volta assorbiti il loro effetto è uguale”. Ognuno dei tre tipi di coni L, M e S contiene un diverso pigmento caratterizzato da una propria curva di assorbimento (che avvengono nel cristallino e nella macula) e anche in questo caso vale il principio di univarianza di Rushton. Per funzionare in maniera corretta, i fotorecettori devono rigenerarsi continuamente. La retina è in stretto rapporto con l'epitelio pigmentato, le cui cellule hanno una struttura di base esagonale e svolgono un ruolo cruciale in questa rigenerazione e contengono grandi quantità di pigmento nero, melanina, che assorbe la luce che non è stata trattenuta dalla retina, impedendo che possa essere riflessa su altre parti della retina stessa, con conseguente deterioramento delle immagini visive. Senza cellule dell'EPR, coni e bastoncelli non possono sopravvivere, esse sono in grado di

resintetizzare i pigmenti visivi fotosensibili ed hanno la proprietà di fagocitare le estremità del segmento esterno dei fotorecettori stessi, facilitandone il ricambio.

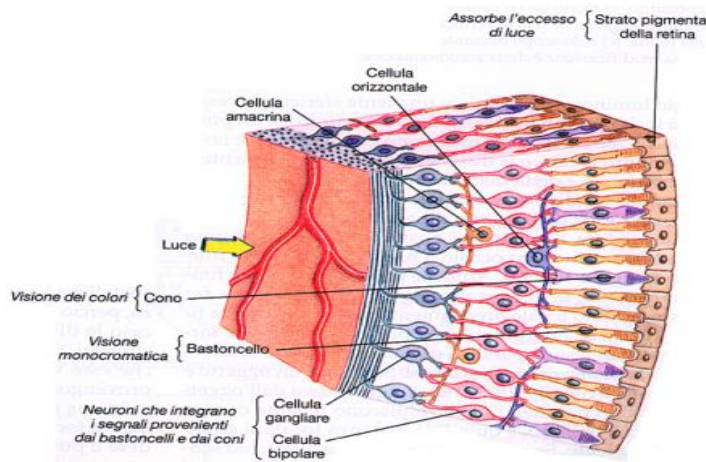


Fig.8 Struttura della retina.

Data la posizione dei fotorecettori, la luce deve attraversare tutti gli strati della retina, prima di colpirli. I neuroni degli strati retinici superficiali, sono tutti amielinici, e perciò abbastanza trasparenti, il che permette alla luce di raggiungere i fotorecettori senza venir assorbita o distorta in maniera apprezzabile. La luce interagisce con i pigmenti visivi situati nel segmento esterno dei bastoncelli e dei coni. La parte esterna dei fotorecettori comunica con le cellule gangliari che sono le ultime cellule che vanno a formare il nervo ottico. Prima di arrivare alle cellule gangliari, gli impulsi da potenziali di membrana che erano nel segmento esterno dei fotorecettori, come potenziale d'azione si portano tramite le cellule amacrine e le cellule orizzontali alle cellule gangliari. I segmenti esterni hanno la capacità di captazione della luce in quanto posseggono una elevata concentrazione di pigmenti visivi, capaci di assorbirla. La fototrasduzione è il processo attraverso il quale i fotorecettori della retina convertono l'assorbimento delle onde elettromagnetiche in segnali nervosi, all'interno dei quali si trovano dei foto pigmenti composti da una parte proteica, opsina, presente nei dischi e un cromoforo, il retinale, un derivato della vitamina A, che costituisce la porzione del pigmento che assorbe effettivamente la luce. Il retinale viene fissato dentro una proteina trans-membrana del recettore (una opsina) all'interno della quale il retinale cambia forma in risposta ai fotoni. Nei bastoncelli, i dischi si separano dalla membrana citoplasmatica, diventando organelli cellulari, che accrescono a partire dalla base del segmento esterno e migrano poi verso l'estremità del segmento stesso. Tale processo è molto rapido, mediamente vengono sintetizzati tre dischi ogni ora.

L'estremità del segmento esterno si distacca e viene eliminata dall'azione fagocitaria delle cellule dell'epitelio pigmentato. Anche i coni, rinnovano il proprio segmento esterno e lo eliminano per fagocitosi. Per capire come avviene la conversione da luce a potenziale d'azione, prendiamo come esempio i bastoncelli. La foto trasduzione è simile a una comune trasmissione sinaptica, la stimolazione luminosa attiva la proteina G, la quale attiva un enzima che va a modificare la concentrazione citoplasmatica del

secondo messaggero e tutto questo porta alla chiusura dei canali ionici con conseguente modifica del potenziale di membrana.

Al buio il potenziale a riposo del segmento esterno dei bastoncelli è -30 Mv (nelle cellule nervose normalmente è -65 mV) per via del continuo ingresso di Na in appositi canali, canali cationici, e questo movimento di Na è detto corrente al buio. La luce causa l'iperpolarizzazione della membrana cellulare, che porta alla chiusura dei canali cationici nella membrana del segmento esterno. I canali cationici sono tenuti aperti dal guanosil 3-5 monofosfato ciclico (GMPc). La foto isomerizzazione della rodopsina innesca una reazione a catena che porta a una rapida caduta dei livelli di GMPc, provocando la chiusura dei canali cationici e per questo motivo il GMPc agisce come messaggero interno alla cellula, trasferendo informazioni circa la rilevazione di luce dalle molecole di rodopsina. Quando la rodopsina assorbe un fotone, il retinale cambia conformazione da 11 cis a tutto-trans e viene rilasciato dall'opsina in un processo detto sbiancamento, che stimola una proteina G, la trasducina. La proteina (opsina) passa attraverso varie forme intermedie come la metaropsina che lega alla membrana del disco la trasducina. Allo stato inattivo la trasducina è legata a una molecola di guanosin-difosfato (GDP) e la metaropsina catalizza lo scambio di una molecola di GDP legata alla trasducina con una di guanosin-trifosfato (GTP) che dopo aver avuto altre trasformazioni si lega a un enzima la fosfodiesterasi che può catalizzare l'idrolisi di GMPc. La caduta dei livelli di GMPc causa la chiusura dei canali Na dei bastoncelli e l'iperpolarizzazione dei recettori. Al buio, gli ioni Ca, come quelli Na, entrano nella cellula attraverso l'apertura dei canali cationici e sono espulsi per mezzo di una pompa elettrogenica calcio-sodio. Il processo di trasduzione porta a una caduta dei livelli di GMPc e la conseguente chiusura dei canali cationici blocca l'entrata degli ioni Ca, anche se essi continuano ad essere pompati fuori. I variabili livelli di calcio agiscono come un meccanismo di retroazione che accelera il recupero della cellula e consente l'adattamento alla luce.

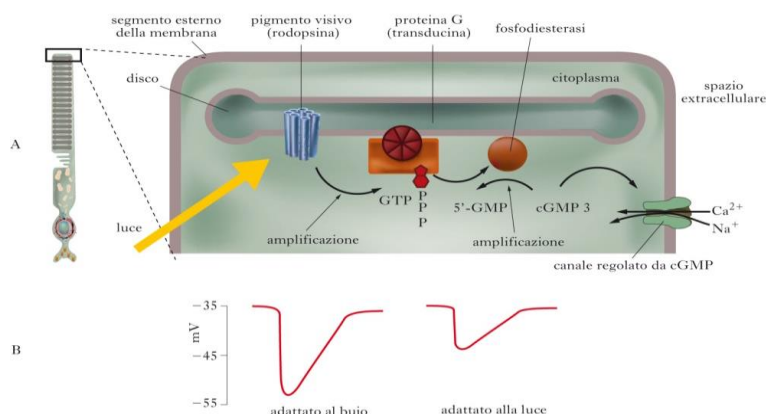


Fig.9 Fototrasduzione e adattamento al buio e alla luce.

La luce attiva una proteina G, la quale attiva un enzima che va a modificare la concentrazione del potenziale di membrana.

Ma cosa succede nei coni? Nei coni la foto trasduzione è simile a quella appena descritta con una sola grande differenza data dal diverso tipo di opsina presente nei dischi del segmento esterno del cono. Ci sono tre opsine con sensibilità spettrali

diverse i coni blu, verdi e rossi che sono alla base della percezione del colore. In ogni punto della retina esiste un gruppo di tre tipi di coni (teoria tricromatica) per cui in base alla risposta di questi tre coni percepiamo i diversi colori.

Vediamo cosa succede durante un'esposizione alla luce molto prolungata o estrema: l'assorbimento della luce provoca l'isomerizzazione del gruppo 11-cis-retinale della rodopsina nella sua forma tutto-trans, per essere riutilizzato il retinale deve diventare nuovamente 11-cis e questo avviene fuori dai recettori a livello dell'epitelio pigmentato attraverso un lungo processo, si può verificare un accumulo di tuttotrans-retinale (ATR) nei segmenti esterni del fotorecettore, che essendo fotosensibile alla luce violetta-blu è caratterizzato da un profilo di assorbimento che decresce dai 400 nm ai 500 nm. Quando le difese antiossidanti iniziano a vacillare, come succede in età avanzata, questa foto-attivazione dell'ATR può indurre stress ossidativo nei segmenti esterni del fotorecettore e per questo motivo non possono essere fagocitati correttamente dalle cellule EPR. Questa digestione intracellulare incompleta genera un accumulo di granuli di lipofusina nel EPR. Il risultato finale di tutti questi processi è la degenerazione del EPR e la morte del fotorecettore.

Diverse patologie della retina possono essere correlate alla degenerazione dell'EPR e dei fotorecettori, come la Degenerazione Maculare Legata all'Età (DMLE), la retinite pigmentosa oppure la malattia di Stargardt.

I granuli che si accumulano nelle cellule EPR nelle prime fasi della DMLE, formano le drusen che sono composte da una sostanza chiamata lipofusina.

Quest'ultima è prodotta da una fagocitosi incompleta dei segmenti esterni del fotorecettore e può essere attivata da protoni specifici con un assorbimento massimo nella banda dello spettro corrispondente alla luce blu.

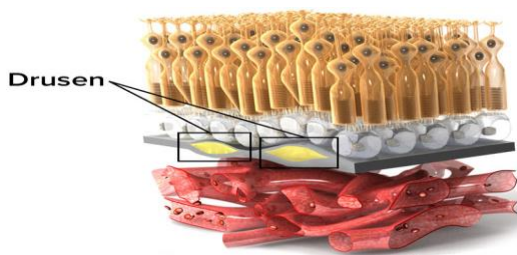


Fig.10 Drusen. Sono granuli di accumulo di una sostanza chiamata lipofusina che si localizzano sul fondo oculare della regione maculare, intorno al nervo ottico ma anche nella periferia.

L'uomo ottiene il retinale dalla dieta sotto forma di vitamina A. Chi ha carenza di vitamina A, tipicamente ha un deficit nella risposta all'abbagliamento (non riesce a sostituire velocemente il retinale). Esistono tre forme attive di vitamina A o retinale: l'acido retinico, l'11-cis retinale e β -carotene.

- ✓ L'11-cis-retinale si lega covalentemente alla proteina opsina formando i pigmenti della visione nella retina (rodopsina), al buio il retinale della rodopsina è tutto in forma cis, invece quando la luce colpisce la retina, si modifica in tutto-trans-retinale per una serie di reazioni fotochimiche.

La rodopsina subisce una modifica che nelle cellule a bastoncello determina la formazione di un impulso nervoso.

- ✓ L'acido retinoico è la forma attiva ormonale della vitamina A, ha recettori nelle cellule epiteliali e regola l'espressione genica durante lo sviluppo dei tessuti epiteliali e ha le funzioni nella crescita, differenziamento e trasformazione cellulare.
- ✓ Il β -carotene è un antiossidante che insieme agli altri antiossidanti (vitamina C e E) si ritiene aiuti a diminuire il rischio di malattie cardiovascolari.

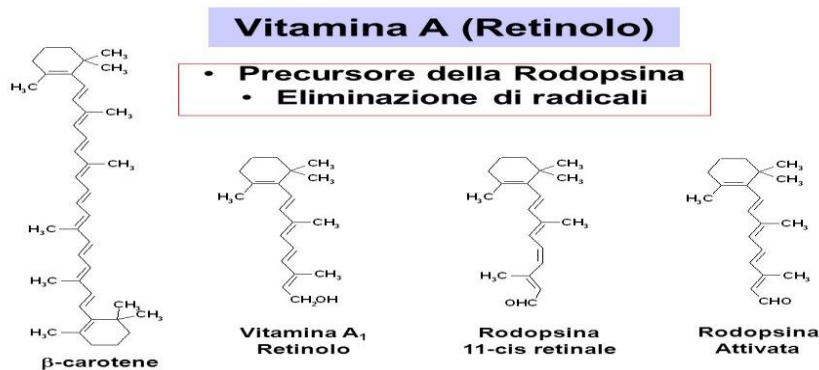


Fig.11 Le tre strutture del retinolo.

I raggi luminosi emessi dal sole sono formati da un insieme di particelle energetiche, chiamate fotoni, che arrivano sulla terra sotto forma di radiazioni.

Le radiazioni agiscono in maniera diversa sull'occhio a seconda della lunghezza d'onda e possono essere classificate in: radiazioni visibili e radiazioni non visibili, a loro volta divisi in: raggi infrarossi (a lunghezza d'onda maggiore) e raggi ultravioletti (a lunghezza d'onda minore).

Per una sorgente puntiforme di elevata intensità il suo effetto si concentra maggiormente sulla retina rispetto al segmento anteriore e cristallino, invece per una sorgente estesa l'effetto si concentrerà maggiormente sul cristallino.

I raggi UV sono più ricchi di energia e più pericolosi e si dividono in:

- UVC (200-290nm): pericolosissimi per l'uomo e sono bloccati dall'ozono, che impedisce loro di arrivare sulla terra.
- UVB (290-320nm): sono i raggi che penetrano a livello epidermico, provocando l'abbronzatura.
- UVA (320-400nm): penetrano negli strati più profondi dell'epidermide e sono responsabili dell'invecchiamento cutaneo.

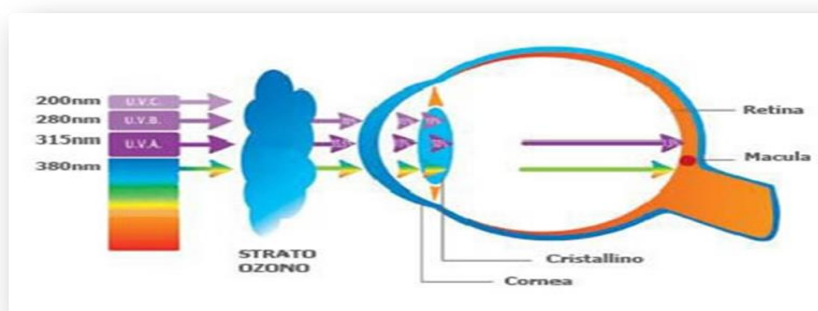


Fig.12 I raggi ultravioletti e i raggi della luce visibile.

L'occhio è particolarmente esposto allo stress causato dalla luce e per questo motivo può subire danni. Fino ad ora conoscevamo i danni causati dall'ultravioletto contenuto nella luce solare. I raggi UVA sono pericolosi per la retina, mentre il cristallino e la cornea sono sensibili ai raggi UVC. Quando questi raggi UV penetrano nell'occhio e intervengono con l'ossigeno, si formano delle molecole molto instabili e aggressive: i radicali liberi, che danneggiano alcune importanti cellule della macula e per questo motivo gli occhi devono essere protetti con filtri adeguati.

Quando parliamo di strutture o sistemi che possono proteggere i nostri occhi dobbiamo prima definire alcuni termini con i quali ci confrontiamo: trasmittanza, assorbanza e riflettanza.

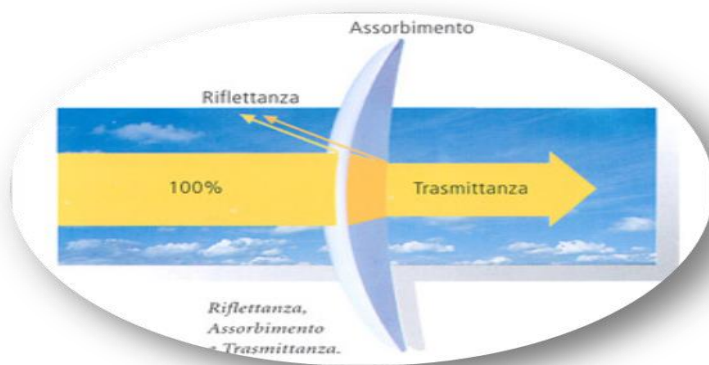


Fig.13 Fenomeni ottici subiti dalla luce quando incontra la lente o alcune strutture oculari.

L'assorbimento è quello che materialmente il sistema assorbe cioè quello che immagazzina, la riflessione è quello che attraverso le superficie o i trattamenti che ci sono viene respinto e la trasmittanza non è altro che quello che sopravvive a questo percorso cioè quello che considerando la radiazione incidente è stata rivista per quanto concerne assorbimento e riflessione.

Una radiazione per creare un effetto deve essere assorbita, questo significa che se arriva una radiazione senza essere assorbita non è in grado di creare un effetto. Sulla retina si hanno dei problemi perché la radiazione è assorbita e quindi è necessario evitare che il continuo assorbimento che è legato anche a un effetto cumulativo possa innescare quei meccanismi nocivi per il sistema visivo. Il danno è proporzionale all'assorbimento dell'energia radiante per unità di massa o volume e l'assorbimento della radiazione da parte di uno specifico tessuto dipende dalla sua struttura molecolare e dalla composizione chimica. Il concetto di danno e di rischio della luce è legato al contenuto energetico delle diverse radiazioni, infatti, più la lunghezza d'onda è bassa più il contenuto energetico è alto e questo vuol dire che a livello retinico arriva una maggiore quantità di energia che può innescare meccanismi dannosi per il nostro occhio. La concentrazione dell'energia dipende dal diametro pupillare, infatti, una pupilla più grande lascia passare più luce ecco perché è importante non filtrare le radiazioni che comandano la pupilla altrimenti, potremmo avere una lente che lascia la pupilla ampia e quindi lasciamo passare più energia.

Le radiazioni che attraversano le strutture oculari vengono attenuate in diversi modi:

- ✓ La diffondanza che s'intende il fenomeno per cui la radiazione viene riemessa in direzioni diverse da quella incidente e risulta essere maggiore alle basse lunghezze d'onda, infatti il blu scattera più del rosso.
- ✓ Le riflessioni sulle varie interfacce.
- ✓ Alterazioni dell'andamento dovute alle aberrazioni, anche un semplice difetto visivo non corretto perché in questo caso la radiazione non viene concentrata sulla retina ma viene dispersa.

Un'altra cosa da valutare è il tipo di sorgente che può essere estesa o puntiforme, come prima cosa cambia l'effetto, una sorgente puntiforme è una sorgente che determina il proprio effetto soprattutto a livello retinico mentre una sorgente estesa crea un maggiore effetto a livello del cristallino. I nostri mezzi diottrici ci aiutano e li possiamo considerare lenti incorporate che con il passare del tempo degenerano. La trasmittanza dei mezzi oculari dipende dal film lacrimale che assorbe le radiazioni inferiori a 290nm e superiori a 3000 nm, la cornea che assorbe le radiazioni inferiori a 290 nm e superiori a 3000 nm e ha una parziale trasmittanza per le radiazioni comprese tra 290-315 nm, l'umore acqueo che assorbe le radiazioni inferiori a 290 e superiori a 3000 nm, il cristallino invece con l'età si fa carico ad assorbire la radiazione a bassa lunghezza d'onda mentre nei soggetti giovani essendo trasparente dà una minima protezione.

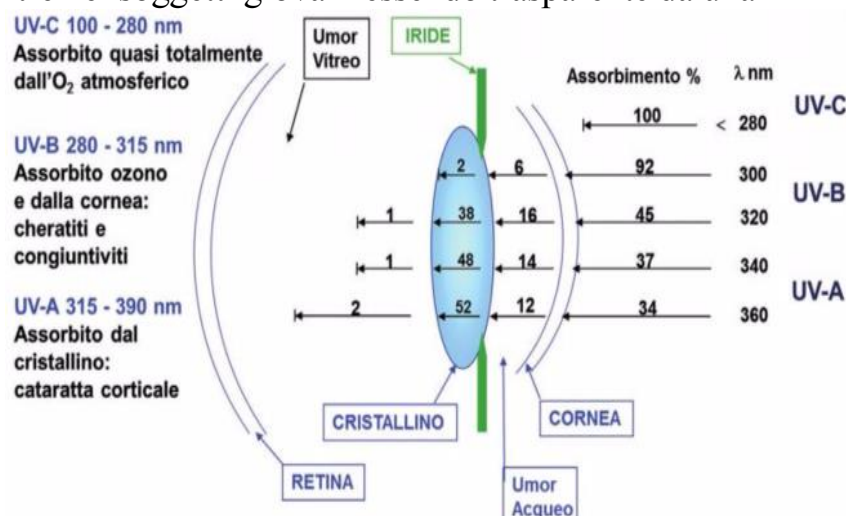


Fig.14 Assorbimento dell'UV dalle varie strutture oculari.

Ma la protezione che ci offrono i nostri occhi è sufficiente?

I mezzi diottrici dei nostri occhi offrono una grande protezione ma non sempre sufficiente soprattutto per alcune radiazioni e per questo motivo è necessario utilizzare anche dei filtri protettivi adeguati. Negli ultimi anni, si è prestata maggiore attenzione ad una particolare radiazione che comunemente viene chiamata "luce blu", presente sempre di più nella nostra vita quotidiana sotto varie forme. Dato che questo tipo di radiazione è risultata pericolosa per i nostri occhi è necessario capire come proteggersi da essa e questo "problema" sarà oggetto di studio del mio lavoro.

Capitolo 2

La luce blu

La luce blu rappresenta una particolare forma di radiazione elettromagnetica, dello spettro del visibile a corta lunghezza d'onda compresa tra i 380-500 nm.

La luce è benefica e nociva allo stesso tempo.



Fig.1 Sezione dello spettro elettromagnetico. Rappresenta la divisione tra luce blu dannosa e luce blu benefica.

In particolare la luce “blu-viola” è nociva per le cellule della retina e può causare danni a lungo termine accelerando l’insorgenza della degenerazione maculare legata all’età. Nello spettro della luce, troviamo anche la luce “blu-turchese”, considerata invece d’importanza vitale per l’organismo perché stimola la parte del cervello dove è prodotta la melatonina responsabile della regolazione del ciclo sonno-veglia.

La luce blu è naturalmente presente nella luce del giorno e ci aiuta a rimanere svegli, però essa è anche emessa artificialmente dalla maggior parte dei dispositivi digitali, luci a led e alcune lampade a risparmio energetico. Le vecchie lampade a tungsteno contenevano il 3% di luce blu a differenza delle nuove che contengono il 33-35%. Per ottenere la bianca luminosità dei display, i nostri dispositivi emettono luce a lunghezze d’onda vicine all’ultravioletto, tra i 380-500 nm, quindi corte e ad alto contenuto energetico.

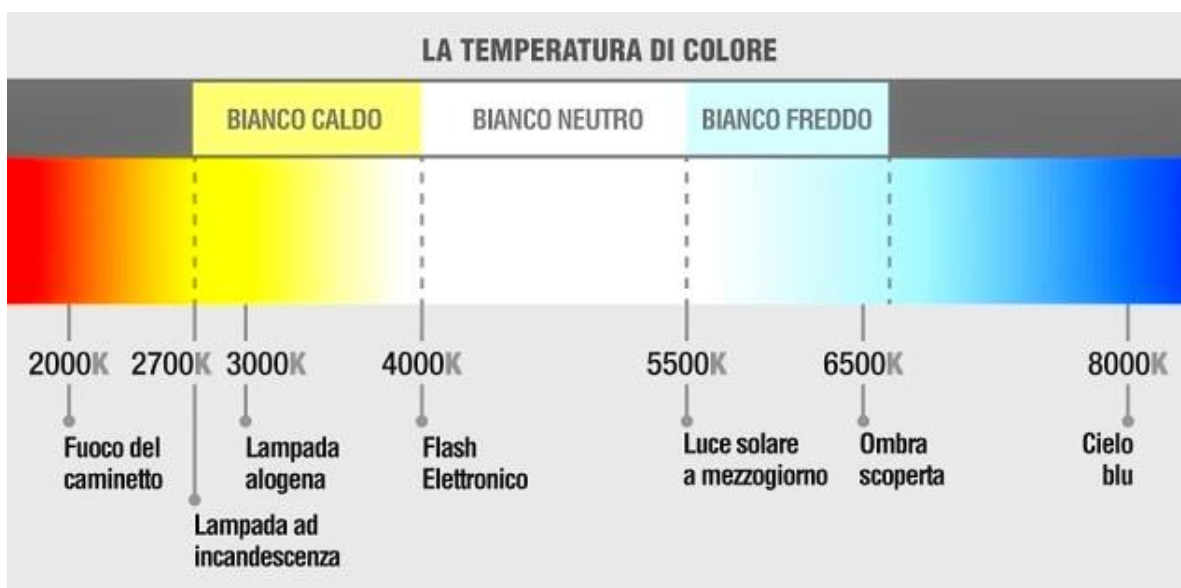


Fig.2 Temperatura di colore di varie sorgenti luminose.

Vediamo la percentuale di luce blu emessa dalle sorgenti:

- ✓ Radiazione solare 25-30%
- ✓ Lampadine a risparmio energetico e lampade a fluorescenti 26% con picco a circa 435 nm
- ✓ Diodi emettitori di luce bianca fredda (LED) 35% con picco a circa 400nm
- ✓ Lampade a incandescenza 3%

Abbiamo bisogno di una protezione sia negli ambienti interni sia in quelli esterni.

La sovraesposizione può causare affaticamento degli occhi, disturbi nella visione e insonnia, soprattutto quando sottoponiamo i nostri occhi a tale radiazione durante la notte.

Il problema è che quando fissiamo gli schermi elettronici, la luce arriva dritta alla macula e anche se è difficile misurare quanta luce riceviamo, sicuramente la potenza della luce blu artificiale è inferiore rispetto a quella del sole, ma il tempo di esposizione è molto maggiore e poiché la potenza delle radiazioni assorbite dipende dal tempo di esposizione, un'esposizione prolungata rappresenta un problema importante che deve essere necessariamente affrontato.

Il danno della luce blu è un danno da accumulo nel tempo e quindi i suoi effetti non sono immediatamente visibili. A complicare ulteriormente lo scenario si aggiunge il fatto che lo spettro di esposizione è dinamico, variando considerevolmente in base all'età, agli ambienti personali e professionali, di conseguenza esiste un profilo di rischio personalizzato per ogni individuo.

E' scientificamente provato, che essa sopprime la produzione di melatonina, un ormone prodotto dalla ghiandola pineale, che regola il ritmo sonno-veglia e il nostro orologio interno, stimolando invece l'ipotalamo a diffondere nel corpo le orexine, proteine che generano l'attenzione e ci tengono svegli.

Il ciclo circadiano, ciclo di 24 ore in cui si svolgono i ritmi fisiologici, è sballato perché il buio, che predispone il nostro corpo a seguire la fase naturale del riposo, è sostituito da una luce molto simile a quella del mattino e quindi è interpretata come un segnale di attenzione e di veglia.

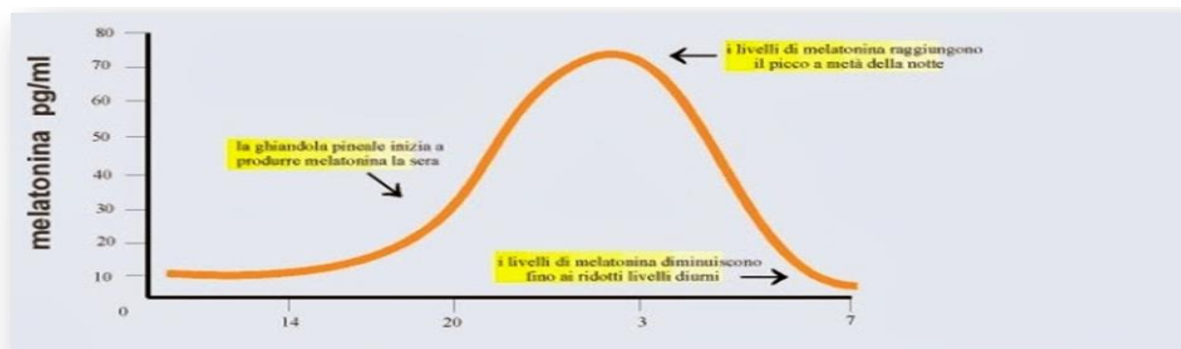


Fig.3 Ciclo di produzione della melatonina nelle 24 ore.

E' stato provato anche da uno studio del “ Rensselaer Polytechnic Institute di New York” che l'utilizzo di apparecchi con schermi ad emissione di luce blu comporta la riduzione del 22% della melatonina, dopo 2 ore di uso continuo, con conseguente riduzione del sonno e capacità ad addormentarsi.

A tale riguardo alcune aziende sensibili al problema hanno studiato e messo in commercio dei filtri da utilizzare in caso di utilizzo notturno di dispositivi digitali.

2.1 Aspetti benefici ed effetti nocivi della luce blu.

La luce blu in realtà è divisa in:

- ✓ Viola da 400 a 425 nm
- ✓ Indaco da 425 a 486 nm
- ✓ Blu da 486 a 493 nm

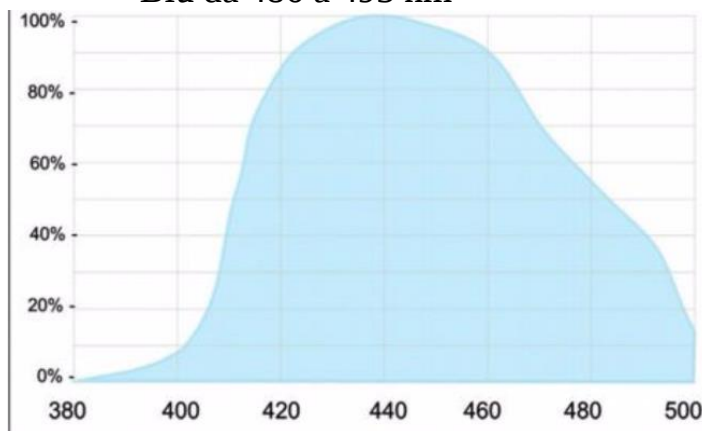


Fig.4 Spettro di emissione del blu (viola-indaco-blu).

L'indaco è la parte più importante su cui lavorano le aziende per limitare i danni.

E' in corso un acceso dibattito sugli effetti benefici e su quelli nocivi della luce blu.

L'attenzione dei ricercatori, in questo periodo, si concentra sulla parte blu dello spettro che può avere effetti dannosissimi sull'occhio umano o, al contrario, un effetto positivo sulla salute.

Benché generalmente vi sia consenso sul fatto che esistono prove precliniche evidenti, sia a livello molecolare sia funzionale, che collegano la luce blu-viola alla tossicità oculare, ciò deve ancora essere dimostrato a livello clinico.

La luce blu contiene energia da 3,26 a 2,52 eV e a causa della sua bassa lunghezza d'onda si diffonde maggiormente nell'occhio generando una diminuzione del contrasto e l'abbagliamento e una mancanza di focalizzazione che costringe l'occhio a una continua messa a fuoco per mantenere la visione nitida con conseguente affaticamento visivo. La banda del danno fototossico maggiore va da 415 a 455 nm con un massimo di 435 nm, poi abbiamo una banda cronobiologica da 465 a 495 nm essenziale per i ritmi circadiani: sonno-veglia, riflesso pupillare, ciclo ormonale, prestazioni cognitive, umore ecc.

Oggi c'è maggiore interesse alla luce blu e questo è dovuto all'effetto serra, al buco dell'ozono di cui spesso parliamo e pochi fanno qualcosa, prima l'ozono e l'atmosfera stessa ci proteggevano dai raggi uv e con le modifiche climatiche stiamo subendo un tipo di radiazioni che prima non subivamo.

Due studi clinici hanno tentato di analizzare l'esposizione al sole in termini di assorbimento di luce blu: il Chesapeake Study e l'EUREYE Study. Il primo è stato condotto su 800 marinai e ha evidenziato una correlazione significativa tra l'esposizione alla luce blu nei 20 anni precedenti e lo sviluppo dei danni della DMLE. Lo studio EUREYE, condotto su 4.763 soggetti di età superiore ai 65 anni, ha invece evidenziato una correlazione tra l'esposizione alla luce blu e la DMLE essudativa (o "umida") in pazienti con bassi livelli di antiossidanti.

Il Professore Dottore Richard HW Funk dell'università tecnica di Dresda, ha mostrato nei suoi studi ed esperimenti di laboratorio di coltura cellulare che nel gruppo Funk (2011a) le cellule della retina neuronali reagiscono dopo l'esposizione alla luce di lunghezza d'onda corta di 411nm con molto più elevato stress e segni d'inizio di morte cellulare (apoptosi) rispetto alla luce di lunghezza d'onda di 470 nm. Il gruppo Funk (2011b) ha dimostrato invece, che dopo l'esposizione alla luce di 411 nm la retina viene distorta.

Questi eventi possono accadere nella retina umana come uno dei fattori che accelera lo sviluppo della degenerazione maculare.

Secondo alcuni studi effettuati dal Professore Dottore Shu Koizumi, molti disturbi e l'invecchiamento degli occhi sono causati da ossigeno reattivo, più specificamente dall'ossigeno singoletto e lo stress prodotto da esso. E' stato dimostrato che l'ossigeno singoletto rappresenta uno stato eccitato dell'ossigeno, si forma quando la molecola di ossigeno assorbe una potente energia come i raggi uv o le onde ad alta energia e per questo motivo è altamente reattivo ed ha un forte potere ossidante.

Una sostanza che trattiene lo stress ossidativo causato da quest'ossigeno singoletto è la luteina. Invece, la lipofusina è un materiale di scarto che agisce come un agente sensibilizzante e accelera la produzione di ossigeno singoletto, essa ha la caratteristica di assorbire la luce ad alta energia. E' possibile tagliare la luce intorno a questa lunghezza d'onda, in modo da frenare la produzione di ossigeno singoletto e modulare la riduzione di luteina all'interno della retina, che è un pigmento che assorbe UV e luce blu. Tagliando queste lunghezze d'onda che sono assorbite sia dalla luteina sia dalla lipofusina si può evitare lo stress ossidativo e ridurre il danno alla luteina. Mancano dati clinici ufficiali sull'esposizione alla luce blu, perché i pochi resoconti disponibili si limitano quasi esclusivamente a studi epidemiologici.

La rapida evoluzione del profilo di esposizione alla luce blu rispetto anche solo a 5-10 anni fa, limita probabilmente la possibilità di adattare le conclusioni ricavate dai vecchi studi alla situazione odierna.

Se la radiazione è compresa tra i 465-495 nm, è definita "luce blu buona", al di sotto di tali lunghezze è definita "cattiva".

Secondo alcuni studi scientifici, la luce blu è fondamentale per la vista e per il benessere generale dell'organismo, regola alcuni meccanismi come il riflesso pupillare (che attraverso la sua costrizione, rappresenta la nostra protezione naturale contro l'eccesso di esposizione alla Luce), il ritmo sonno-veglia, l'umore e la percezione naturale dei colori.

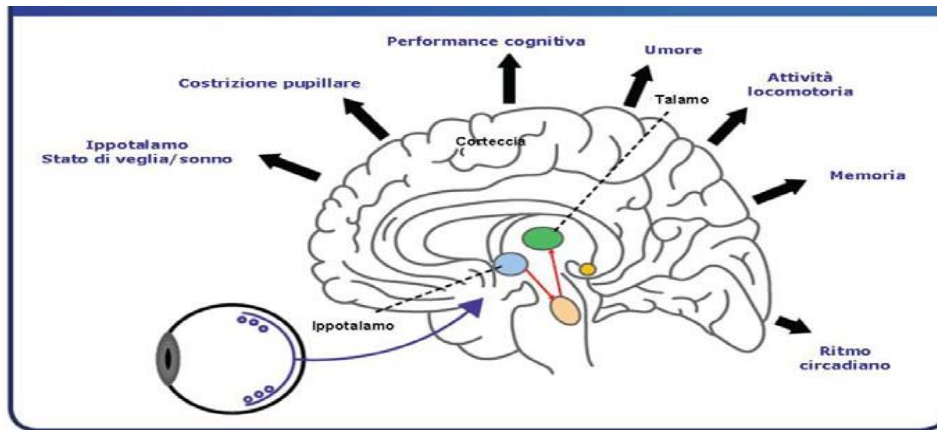


Fig.5 Funzioni biologiche non visive controllate dalla luce.

L'ormone melatonina svolge un ruolo importante nella regolazione del nostro ciclo sonno-veglia, inoltre, l'energia luminosa necessaria per questo processo è assorbita in larga misura dai nostri occhi. In questo processo, un ruolo chiave è assunto da un fotopigmento definito melanopsina, il più attivo nella porzione ad onde corte dello spettro visibile. La luce blu che raggiunge la nostra retina ha la funzione di assicurare il nostro benessere psicologico, per questo motivo la fototerapia è utilizzata con successo per trattare la depressione invernale e l'insonnia.

Si può dire che il nostro corpo ha bisogno della luce blu.

La luce blu che noi definiamo nociva, al contrario di quella "benefica", raggiunge i tessuti più interni dell'occhio, oltre a provocare un'inflammatione della congiuntiva e della cornea (cheratite), può anche causare danni al cristallino (cataratta) e in particolare alla retina (degenerazione maculare).

2.2 Confronto tra raggi ultravioletti e luce blu.

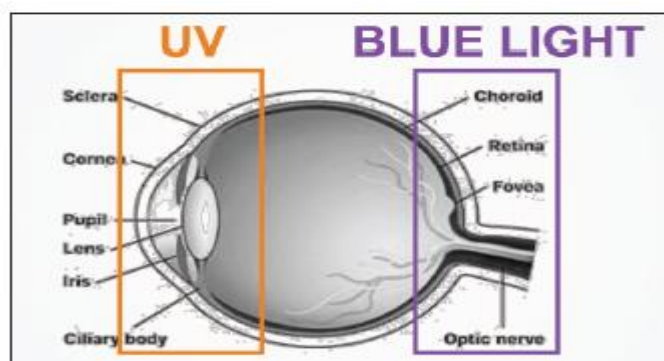


Fig.6 I danni della luce all'occhio. La luce UV influenza la parte anteriore dell'occhio, la luce blu influenza la parte posteriore.

La luce blu è una radiazione che noi vediamo poiché fa parte dello spettro del visibile e quindi arriva a livello retinico, invece la radiazione ultravioletta non fa parte dello spettro del visibile, non arriva alla retina è filtrata dalle varie strutture ma è sicuramente più dannosa perché ha un contenuto di energia più alta e può creare danni alle strutture interessate. La luce blu solare, di cui pochi ne parlano, è causa non

indifferente nel determinare dei danni d'accumulo nel tempo, che si presentano soprattutto a livello retinico e vitreale, il danno percettivo non è immediato come può essere con i raggi ultravioletti. Nel vitreo abbiamo miodesopsie cioè dei corpi mobili che non creano danni, ma sono fastidiosissimi mentre nella retina queste radiazioni possono provocare reazioni fototossiche. La luce è fondamentale nella vita di tutti i giorni perché essa è collegata: all'acuità visiva, alla percezione dei colori, al riflesso pupillare e al controllo delle funzioni non visuali cioè il ritmo sonno-veglia. I raggi ultravioletti opacizzano il cristallino e possono causare la cataratta curabile con l'intervento chirurgico, la luce blu invece può danneggiare le cellule della retina e contribuire alla degenerazione maculare e non esiste trattamento efficace.

2.3 I fastidi più frequenti della luce blu e le loro cause.

La radiazione della luce blu emessa da sorgenti luminose artificiali o dagli schermi, può causare fastidi come:

- Rossore e occhi irritati: perché si fissano schermi retroilluminati per molte ore.
- Visione offuscata: dovuta alla luminosità degli schermi.
- Secchezza oculare: per la minor lubrificazione, dovuta al ridotto ammiccamento.
- Affaticamento: per l'eccessiva esposizione alla luce blu e per lo sforzo nel vedere caratteri piccoli.
- Insonnia: causata dalla sovraesposizione alla luce blu.
- Dolore alla schiena, al collo e alle spalle: a causa di una postura scorretta per il posizionamento improprio del monitor.
- Mal di testa: per eccessivo affaticamento degli occhi.

E' importante prevenire questi fastidi e mantenere gli occhi sani, stabilendo la giusta distanza tra occhi e schermo di almeno 35/40 cm, abbassare la luminosità degli schermi, bloccare la radiazione della luce blu, usando applicazioni o programmi che modificano il colore dei display dei dispositivi digitali, evitare di fissare per troppo tempo lo schermo, fare delle pause, guardare lontano dallo schermo e utilizzare lenti da vista con trattamenti antiriflesso specifici che riducono l'abbagliamento, migliorano il contrasto e rilassano gli occhi.

La luce blu può causare delle patologie:

- ✓ Degenerazione maculare senile: prima senile indicava 70 anni oggi indica 50 anni, l'epitelio pigmentato retinico ha il compito di togliere tutte le tossine e ha la funzione di digerire tutte le sostanze di scarto, se è colpito da una radiazione blu altera la sua fisiologia generando un aumento di scarto in situ rappresentato dalle drusen che sono formazioni giallastre che rappresenta proprio l'inizio della degenerazione maculare.

Abbiamo due tipi di degenerazione maculare: una secca o atrofica (90% dei casi), che 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. Poi c'è una forma umida o essudativa (10-15% dei casi), in cui si formano nuovi capillari con pareti fragili permeabili al plasma che si possono rompere e creare emorragia retinica.

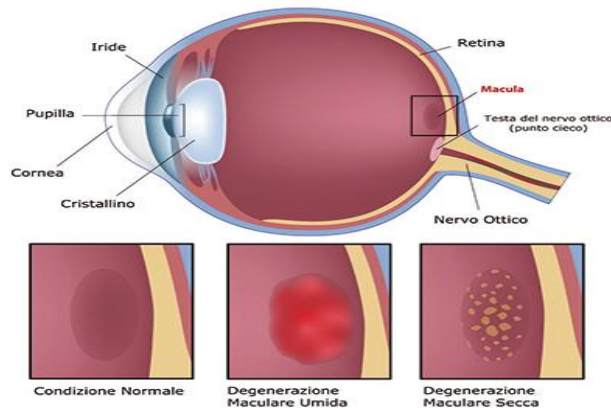


Fig.7 Degenerazione maculare.

- ✓ **Cataratta:** è l'opacizzazione del cristallino progressiva ed irreversibile che porta alla perdita della funzionalità visiva. I raggi prima di arrivare sulla retina arrivano sul cristallino che è rivestito da una capsula fatta da epitelio contenente il nucleo. Quando si opera di cataratta viene eliminato il nucleo, la capsula anteriore e si lascia integra la parte capsulare posteriore. Dopo l'operazione si ha la perdita della protezione naturale perché la lente intraoculare che viene inserita è trasparente e non protegge più l'occhio.

Cataratta

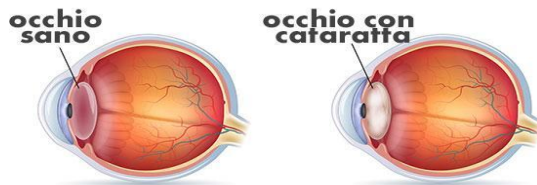


Fig.8 Cataratta.

- ✓ **Occhio secco:** è una malattia multifattoriale delle lacrime e della superficie oculare che porta sintomi di disagio, disturbi visivi e instabilità del film lacrimale. Il film lacrimale (occhiale davanti alla cornea) ha una funzione ottica, metabolica, lubrificante, di difesa e di pulizia è costituito da uno strato lipidico esterno che riduce l'evaporazione, uno strato acquoso-sieroso che veicola i fattori nutritivi e ha una funzione ottica e lo strato mucoso che ha la funzione di difesa e lubrificazione. Esso è colpito dalle radiazioni causando un'alterazione osmolare del film lacrimale che genera un'eccessiva evaporazione.

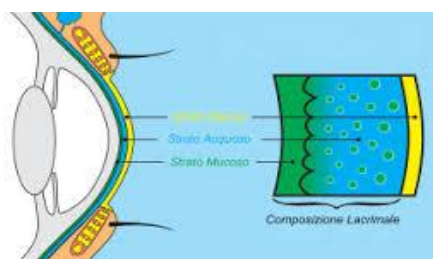


Fig.9 Struttura del film lacrimale.

2.4 Come proteggere gli occhi dalla luce blu.

L'occhio umano è naturalmente predisposto per difendersi dagli effetti dannosi della luce: la pupilla si restringe, le palpebre si chiudono, lo sguardo si distoglie automaticamente per evitare che la luce entri troppo intensamente nella retina, provocandone il danneggiamento.

Anche il cristallino, grazie al quale la luce penetra nell'occhio, fa da filtro contro i raggi UV.

Nei bambini non è completamente formato e quindi non filtra i raggi UV molto bene e di conseguenza la retina di un bambino è molto più sensibile di quella di un adulto e quando riceve una quantità eccessiva di luce blu-viola, si stimola la produzione di lipofusina. La luce blu va a lavorare sulle cellule ganglionari retiniche determinando quindi un'alterazione dovuta all'accumulo di lipofusina con l'età (dopo i 45 anni).

Dobbiamo ricordare che il danno da luce blu è un danno d'accumulo nel tempo e quindi i suoi effetti non sono immediatamente visibili. Esporci allungo ai dispositivi elettronici può compromettere queste difese naturali e peggiorare gli effetti. Alcuni pigmenti che si trovano nell'occhio creano un vero e proprio filtro naturale, che è rafforzato mangiando alcune verdure come spinaci e broccoli. Con l'avanzare dell'età, l'assimilazione di queste sostanze cala e quindi anche il filtro si assottiglia difendendoci di meno. Le persone, invecchiando, sono meno protette dagli effetti della luce però da un lato il fatto che il cristallino diventa più opaco con l'età, che è il momento in cui una persona sviluppa la cataratta aiuta a filtrare la luce e ciò compensa la perdita di xantofille (cellule che contengono ossigeno). Il problema è che quando si affronta un'operazione di cataratta, il cristallino è sostituito con un impianto intraoculare che non filtra le radiazioni luminose e quindi vi è una perdita di protezione naturale, anche se esistono già impianti intraoculari gialli sviluppati per filtrare la luce blu. Quando il filtro, si deteriora, le cellule che degenerano assorbono la luce blu creando una reazione chimica che genera elementi tossici per le altre cellule dell'occhio, se il deterioramento è causato dall'avanzare dell'età, si può ricorrere a integratori per sopperire al minore assorbimento dei pigmenti da parte dell'organismo e ad antiossidanti che sono in grado di bloccare gli elementi tossici proteggendo le cellule. La prevenzione resta sempre il miglior modo per tutelarsi da problemi molto seri. Si potrebbe cominciare dalla tavola mangiando frutta e verdura tra le più colorate, perché sono ricche di antiossidanti e pigmenti retinici (in particolare la luteina) che riducono i rischi legati alla presenza di radicali liberi e bere molto per aumentare il film lacrimale. La luteina è considerata un occhiale da sole naturale per la protezione della funzione visiva. Essa è in grado di assorbire alcune radiazioni luminose, che sono dannose per l'occhio. E' un carotenoide, il suo potere antiossidante serve a prevenire il danno indotto dai radicali liberi. Altre attività riconosciute sono quelle di stabilizzazione e rafforzamento delle membrane cellulari, d'induzione di enzimi detossificanti.

La luteina, non è prodotta dal nostro organismo ma viene assunta tramite il cibo, e si accumula selettivamente nella retina, in particolare nella macula lutea e anche se in

minore quantità nel cristallino. Un altro modo per proteggerci dalla luce blu è quello di usare delle lenti con trattamenti particolari, ma bisogna fare attenzione in modo da non causare un diverso tipo di problema. Le lenti con filtro blu bloccante possono rendere il mondo intensamente giallo o arancione ed essere poco accettate, se io tolgo il blu è chiaro che chi manifesta il proprio effetto è il colore contrapposto cioè il giallo, anche se il cervello rapidamente mette in atto un meccanismo di adattamento per non lasciare al soggetto la percezione di un colore alterato perché si tratta di assorbimenti bassi.

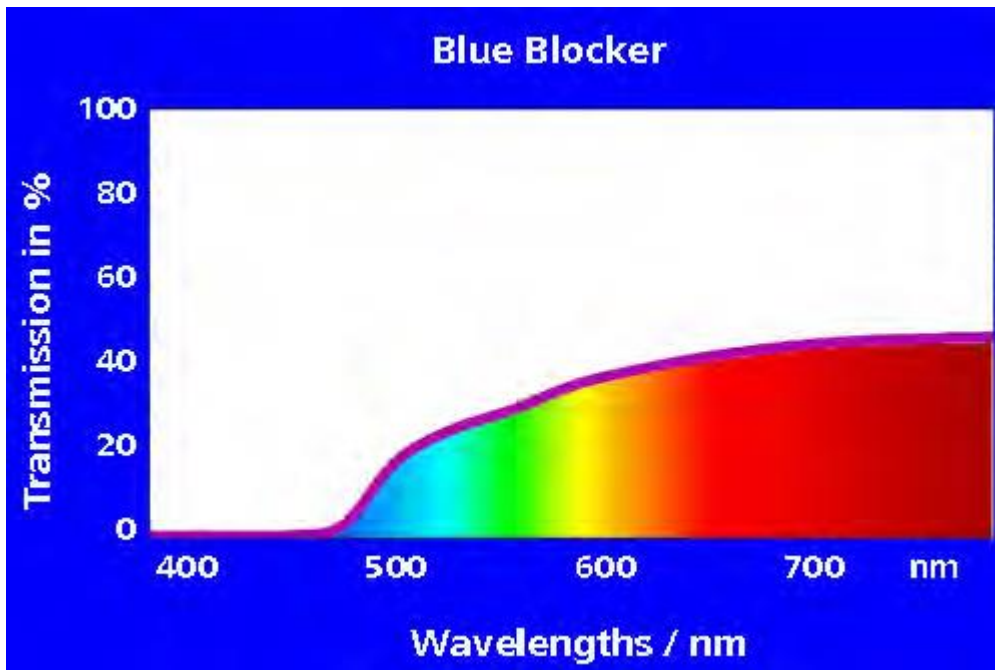


Fig.10
Trasmissione
del trattamento
blue blocker.

Blocca i raggi dannosi della luce blu attraverso un filtro integrato nel materiale della lente.

Infatti, le aziende produttrici di lenti oftalmiche sensibili a questo problema, stanno spingendo la ricerca su polimeri e trattamenti sempre più trasparenti. Un altro problema è di fare attenzione a non bloccare tutta la luce blu perché le lenti potrebbero ridurre la risposta ipRGC, tanto che la melatonina secreta dalla ghiandola pineale durante il giorno, renderebbe chi indossa le lenti assennato e distratto.

Le cellule ipRGC sono cellule gangliari intrinsecamente sensibili alla luce e hanno caratteristiche particolari, il loro spettro di risposta è diverso dagli altri fotorecettori perché la loro sensibilità è spostata verso il blu e per questo motivo alterano i livelli di melatonina nel sangue. Il principio di precauzione è una strategia usata per fronteggiare possibili rischi quando le conoscenze scientifiche sono ancora incomplete. Della "popolazione a rischio" fanno parte le giovani generazioni (bambini), gli anziani, i pazienti la cui vista è compromessa, le persone che hanno una dieta povera di antiossidanti e un gruppo più limitato particolarmente esposto a grossi quantitativi di luce blu-viola. Possiamo dunque pensare alle lenti non solo dal punto di vista della prevenzione, ma anche come un modo per migliorare la qualità della vita.

2.5 Le lenti realizzate dalle varie aziende.

Tutte le aziende legate all'oftalmica contribuiscono a questo progetto di protezione, mettendo a disposizione, (frutto delle loro ricerche), una serie di lenti con caratteristiche di protezione a tali irraggiamenti, devono filtrare i raggi UVA-B e solo la parte pericolosa della luce blu-viola e lasciare passare quella utile per non alterare l'orologio biologico.

Per proteggerci dalla luce solare possiamo usare lenti colorate che hanno una protezione differente, la lente marrone riesce a bloccare l'80-90% di luce blu, la stessa cosa quella grigia mentre la blu non ha la capacità di abbattere la luce blu e questo è venuto fuori da uno studio delle cellule retiniche in vitro.

Trasmissione	Categoria	Indicazioni d'uso
Da 80% a 100%	0 - lenti bianche o leggermente colorate Lenti fotocromatiche allo stato chiaro	Interno e cielo coperto
Da 43% a 79%	1 - Lenti leggermente colorate	Luminosità solare attenuata
Da 18% a 42%	2 - Lenti mediamente colorate	Luminosità solare media
Da 8% a 17%	3 - Lenti scure Lenti fotocromatiche allo stato scuro	Luminosità solare forte
Da 3% a 7%	4 - Lenti molto scure	Luminosità solare straordinariamente intensa Lenti non adatte all'uso su strada

Fig.11 Trasmissione, categoria e indicazioni d'uso di lenti colorate.

Le cellule retiniche sono state irraggiate da luce blu e si è visto l'apoptosi di queste cellule, in seguito altre cellule retiniche identiche sono state irraggiate da luce blu ma avendo delle lenti colorate e così è stata dimostrata la capacità di queste lenti di abbattere una parte della luce blu per salvaguardare le cellule retiniche.

L'obiettivo di queste aziende è di offrire supporto nel prevenire gli effetti dei dispositivi digitali come affaticamento, bruciore agli occhi e anche difficoltà nell'addormentarsi e offrire maggiore comfort addomesticando lo spettro del visibile cercando di modulare le informazioni che arrivano affinché si possa migliorare anche la prestazione visiva, attraverso la strada della riflessione, aumentando la riflessione automaticamente si riduce la trasmittanza. La radiazione che arriva e si riflette sulla superficie posteriore della lente viene concentrata dallo specchio concavo della lente aumentando il proprio effetto ecco perché è necessario avere due riflettanze diverse una più efficace per la luce frontale e una che deve comunque evitare che le radiazioni vengano respinte verso l'interno e che la luce che viene dalle spalle non crei a sua volta una fonte di disturbo come le immagini fantasma. I filtri possono aver un effetto quantitativo che riduce le quantità di radiazioni potenzialmente nocive o disabilitanti e un effetto qualitativo al fine di migliorare la qualità della visione.

Il funzionamento di una lente si può analizzare se analizziamo un diagramma di trasmittanza che ci fornisce la trasmittanza di quella lente o di quel polimero al variare della lunghezza d'onda.

La trasmittanza deve tener conto della sensibilità dell'occhio umano che è maggiore per particolari lunghezze d'onde come quelle del giallo e del verde e man mano che andiamo in periferia, la sensibilità diminuisce e questo significa che io posso avere la

stessa intensità di radiazione verso le basse lunghezze d'onda ma non avere lo stesso effetto per esempio a parità d'intensità nel blu , esso appare più spento rispetto alla stessa intensità del giallo perché il giallo è una radiazione per cui abbiamo maggiore sensibilità. La sensibilità retinica decade man mano che ci spostiamo verso le alte lunghezze d'onda mentre la tossicità in queste zone raggiunge il picco da 435 a 455nm. La maggior parte delle lenti oggi presenti sul mercato tagliano le lunghezze d'onde fino a 400 nm e quindi i raggi uv. Bisogna fare poi una differenza tra i materiali ad alta protezione ottica e i materiali blue control. Il primo taglia la maggior parte delle radiazioni fino a 420 nm eliminando i raggi uv ma in qualche modo vengono eliminate anche le radiazioni altamente energetiche , quando invece utilizziamo un blue control vengono ridotte sia parzialmente le radiazioni da 400 a 420 nm e sia attenuati i picchi di emissione caratteristici dei dispositivi digitali dai 440 ai 555 nm.

Tra le varie aziende presenti oggi nel mondo del commercio citiamo solo alcune di esse:

- L'azienda Hoya ha realizzato il trattamento antiriflesso Blue Control, che può essere utilizzato anche da chi non ha problemi di vista e vuole proteggersi perché si possono ottenere in versione trasparente e neutra.
- L'azienda Essilor ha realizzato la lente Crizal Prevencia in grado di filtrare sia frontalmente sia dalla superficie interna della lente solo la luce nociva per la salute degli occhi, consentendo il passaggio della luce benefica per il benessere dell'organismo e della visione.
- L'azienda Tokai ha realizzato la lente Lutina che è costituita da un materiale ad alto indice di rifrazione che assorbe la luce blu, infatti, in questo caso, non si parla più di trattamento antiriflesso che respinge la luce blu riflettendola ma di assorbimento nel materiale stesso.

Capitolo 3

L'affaticamento visivo degli occhi causato dai dispositivi digitali.

Oggi, l'utilizzo dei dispositivi digitali durante l'attività di lavoro e nel tempo libero, unito alle ore di studio, porta soprattutto i soggetti giovani a richiedere al proprio organismo uno sforzo inusuale per l'essere umano. Per svolgere la maggior parte di queste attività, si trascorrono molte ore seduti, concentrando lo sforzo visivo e l'attenzione per lunghi periodi su un piano bidimensionale, generalmente posto a breve distanza (30-40 cm per un libro o un tablet e 50-100 cm per un pc).

In questo modo è richiesto all'organismo di integrare a lungo accomodazione e convergenza, in contrasto con gli standard fisiologici. Se l'introduzione dei dispositivi digitali avesse causato solo problemi a livello di retina e del ritmo sonno veglia, potremmo dire che ciò influenza relativamente poco quello che è il mondo dell'optometria, ma in realtà da alcuni studi è emerso che la risposta accomodativa è anche in funzione della lunghezza d'onda dello stimolo.

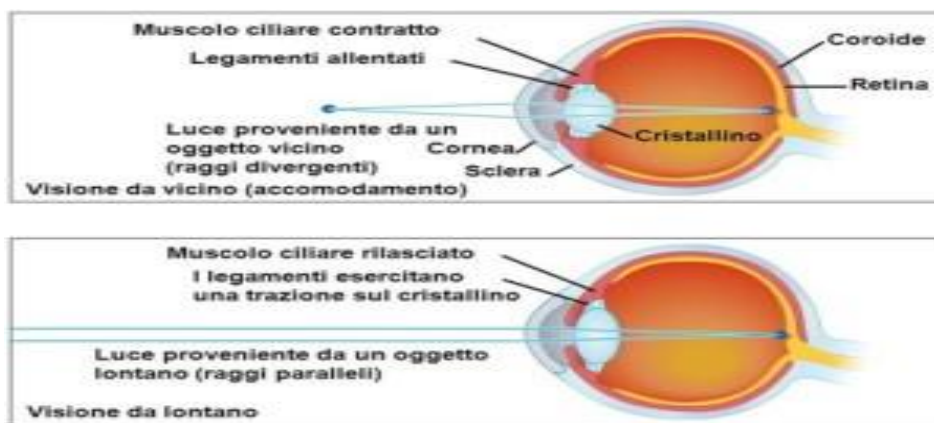


Fig.1 Rappresenta il muscolo ciliare quando l'oggetto è vicino e sotto quando è lontano.

Binder (oftalmologo tedesco) si pose una domanda: se passiamo da una visione prevalentemente cartacea con un'illuminazione riflessa che può essere naturale o artificiale ad un'illuminazione che viene proprio dallo schermo stesso del dispositivo, cambiando la disposizione spettrale cambia anche il tipo di risposta accomodativa?

Attraverso una serie di filtri, egli dimostrò che questa risposta accomodativa era effettivamente diversa in funzione della distribuzione spettrale.

Da questa risposta esce il concetto di over accommodation (iper-accomodazione), abbiamo quindi un aumento dell'impiego accomodativo in funzione dell'aumento della lunghezza d'onda e se ci spostiamo da un target di natura cartacea a quello di natura digitale abbiamo maggiore aumento dell'accomodazione quanto più la luce blu è presente all'interno della gamma luminosa che penetra all'interno della pupilla.

L'over-accommodation viene attivata a lunghezze d'onda inferiori a 430nm, (definita over-accommodation in blu profondo), questo è stato sperimentato su un gruppo di persone, tra cui emmetropi e lievemente miopi. I soggetti dovevano fissare un

bersaglio di lettura o un Landolt C a distanza di 33 cm, la loro accomodazione è stata monitorata con il Power Refractor, mentre veniva variata la lunghezza d'onda della luce che illuminava il bersaglio.

L'accomodazione è controllata dal defocus ottico imposto alla fovea e dalla disparità di fissazione, ma è influenzata anche dalla composizione spettrale della luce. Quando i raggi di luce attraversano una superficie sferica come la cornea, i raggi esterni subiscono una rifrazione maggiore di quelli centrali. Non tutti i raggi quindi convergono nello stesso punto di fuoco e questo fenomeno prende il nome di aberrazione sferica che produce un'immagine sfocata. Nell'occhio giovane l'aberrazione sferica viene corretta dal cristallino e l'immagine risultante è nitida, con l'età il cristallino altera la propria funzione fisiologica e riesce sempre meno a compensare l'aberrazione sferica, di conseguenza i raggi non convergono più in un solo punto provocando un peggioramento della percezione dei contrasti e una riduzione della qualità della vista e dell'immagine. Un altro fattore complicante è l'aberrazione cromatica, causata dal fenomeno della dispersione poiché l'indice di rifrazione varia a secondo della lunghezza d'onda, le immagini vengono formate in posizione e con dimensioni diverse a seconda della loro composizione spettrale. In particolare l'aberrazione cromatica longitudinale o assiale si manifesta come un'immagine estesa lungo l'asse ottico, perché le radiazioni ottiche con lunghezze d'onda diverse sono focalizzate a diverse distanze. Le radiazioni a lunghezze d'onda minori vanno a fuoco prima di quelle a lunghezze d'onda maggiore. Nell'occhio le radiazioni blu sono focalizzate davanti alla retina (quasi 1,00 D) e le radiazioni rosse sono leggermente posteriori alla retina (0,25-0,50 D) in stato di riposo accomodativo. Nello stato di attività accomodativa, le radiazioni blu tendono a essere focalizzate vicino alla retina e quelle rosse sono focalizzate dietro la retina.

Negli esseri umani, i coni long (L) e i coni medium (M) offrono un'elevata acuità spaziale poiché ognuno di esso è collegato a una cellula nervosa e per questo motivo l'accomodazione dell'occhio si concentra nella gamma verde-gialla a 550-570 nm, di conseguenza i coni short (S), che hanno un picco di assorbimento a 420 nm sono esposti a un defocus miopico di circa 1,00 D perché forse il defocus preesistente nel blu esclude un'elevata risoluzione spaziale. I coni S sono assenti dal centro foveale nella maggior parte dei soggetti umani (Gegenfurtner & Sharpe, 1999). Binder e Kroger nel 2000, hanno scoperto che, in luce monocromatica l'accomodazione segue il comportamento dell'aberrazione cromatica longitudinale. Le persone accomodano meno nel blu che nel rosso perché l'aberrazione cromatica aggiunge un potere diottrico supplementare nel blu. Quindi hanno trovato che l'accomodazione aumenta di nuovo alle lunghezze d'onda inferiori a 430 nm, l'immagine della retina è attivata da un defocus miopico di circa mezza diottria e il lag accomodativo diventa lead accomodativo. A livello teorico si suppone che la richiesta accomodativa per osservare un oggetto a distanza prossimale corrisponda all'inverso della distanza in metri dell'oggetto dall'osservatore. Il lag accomodativo rappresenta la differenza diottrica fra stimolo accomodativo e la risposta accomodativa esercitata dal soggetto

(Cross,1911). Possiamo dire che per stimoli a breve distanza la risposta accomodativa è leggermente inferiore, accomodo meno e sto in una situazione di lag accomodativo. Il lead accomodativo invece è definito anche pseudo miopia fisiologica, perché quando viene osservato un oggetto in lontananza l'accomodazione non si rilascia mai completamente e l'occhio risulta un po' miopizzato. In questo caso possiamo dire che per stimoli a grande distanza la risposta è superiore, accomodo di più e mi trovo in una situazione di lead accomodativo. L'inaspettata over-accomodation in blu profondo può essere interpretata in modo seguente: i coni blu possono "preferire" il defocus miopico, in quanto sono esposti ad essa in condizione di visione quotidiana, perché la luce blu è naturalmente presente nella luce del giorno, possono quindi sovrastimolare l'accomodazione, tenendo presente l'ipotesi che la luce inferiore ai 430 nm stimola di più i coni blu e in tutto ciò la sensibilità residua dei coni verdi e rossi a corte lunghezze d'onda può contribuire a migliorare l'immagine.

Perché i coni S vanno a stimolare maggiormente l'accomodazione? In presenza di luce monocromatica, ci si aspetta che l'accomodazione genera la migliore immagine focalizzata a tutte le lunghezze d'onda, ma nel caso della luce monocromatica blu, il defocus ipermetropico imposto ai coni L e M non dovrebbe creare problemi perché sono stimolati solo alla coda delle loro funzioni di assorbimento del pigmento. La realtà è diversa perché i coni blu sono attivati dal defocus miopico dell'over-accommodation, mentre i coni L e M continuano a ricevere immagini nitide. Il motivo per cui succede tutto questo potrebbe essere il fatto che l'accomodazione non è guidata solo dal contrasto di luminanza ma anche dal contrasto di cromatismo. Per provare questa cosa, durante alcune misurazioni come stimolo è stato preso il contrasto di cromatismo ed è stato osservato che i rapporti di contrasti misurati separatamente per i tre tipi di coni guidano l'accomodazione.

- Se il contrasto del cono L è maggiore rispetto al contrasto del cono M, indica il defocus miopico e riduce l'accomodazione.
- Se il contrasto del cono M è maggiore rispetto al contrasto del cono L, indica il defocus ipermetropico e aumenta l'accomodazione per vicino.

Possiamo considerare due meccanismi cromatici avversari:

1. Il meccanismo cromatico M-L che confronta i contrasti tra i coni L e M.
2. Il meccanismo cromatico S-L-M che confronta il contrasto con i coni S e la luminanza dei coni M e L.

Il risultato finale è che il contrasto misurato con i coni L alimenta l'accomodazione per lontano e quello con i coni M alimenta l'accomodazione per vicino, mentre il contrasto misurato con i coni S in assenza degli altri due coni guida l'accomodazione per vicino. Se l'occhio utilizzasse il contrasto di colore per guidare l'accomodazione e viene illuminato con luce blu monocromatica, allora il contrasto per i coni blu sarà superiore a quello per i coni rossi quando sarà sottoposto a defocus ipermetropico, infatti la luce blu sarà più vicina alla retina rispetto alla luce rossa.

L'over-accommodation in blu profondo può fornire un'altra spiegazione per la miopia notturna. La miopia notturna è dovuta ad un eccesso accomodativo in condizioni di scarsa luminosità. Nel crepuscolo, la composizione spettrale della luce si sposta nella gamma di lunghezza d'onda corte che possono innescare l'over-accommodation in blu profondo e la miopia notturna.

3.1 Relazione tra miopia, attività prossimale e pseudomiopia.

A livello refrattivo lo stress visivo prolungato può portare a uno sviluppo della miopia e allo sviluppo di anisometropia se la postura tenuta durante il lavoro prossimale è scorretta.

Un primo passo per ridurre lo stress visivo è quello di svolgere qualunque attività mantenendo una corretta postura(la postura è definita come l'atteggiamento abituale di una persona).

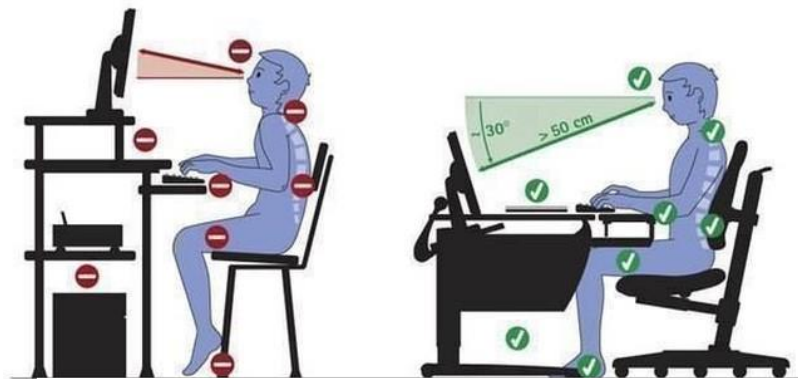


Fig.2 Rappresenta la postura corretta da tenere al computer.

Nel caso di lavoratori con videoterminale, la superficie di lavoro deve permettere una predisposizione flessibile di schermo, tastiera e altri strumenti necessari per evitare eccessivi movimenti della testa e degli occhi durante il lavoro e una corretta illuminazione della postazione di lavoro. Un ultimo aspetto importante da considerare per i lavoratori che passano molte ore alla scrivania e al videoterminale è quello dell'interruzione del lavoro prossimale anche solo per 10-15 minuti ogni ora, facendo una pausa in cui permettere agli occhi di osservare a distanza fuori da una finestra o in una stanza ampia. Evitare di trascorrere l'interruzione dal lavoro o dallo studio ad esempio controllando le notifiche del cellulare o consultando il proprio tablet, per non ricadere nel circolo vizioso dello stress visivo.

La miopia è un difetto visivo più frequente nella nostra penisola così come in tutto il mondo occidentale, gli oggetti distanti appaiono tanto più indistinti e annebbiati quanto maggiore è l'entità del difetto.

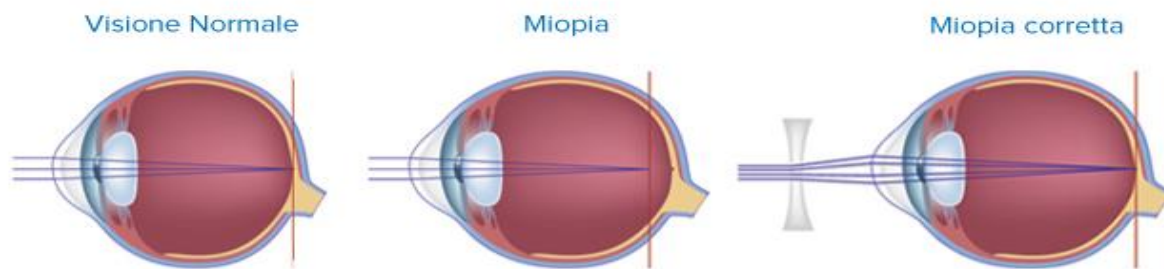


Fig.3 Differenza tra occhio emmetrope, occhio miope e occhio miope corretto con lenti

La miopia si misura in diottrie, si divide in:

- Miopia lieve: quando il difetto è inferiore a 3-4 diottrie.
- Miopia media: quando il difetto è di 8-9 diottrie.
- Miopia elevata: quando il difetto è sopra le 9 diottrie.

Essa in generale è dovuta a un'aumentata lunghezza dell'occhio oppure a un'eccessiva curvatura della cornea o del cristallino.

I raggi incidenti convergono in un punto davanti alla retina, dove viene a formarsi l'immagine e dato che essa non raggiunge la retina, è percepita più o meno annebbiata.

La miopia può essere corretta con:

- Occhiali con lenti negative
- Lenti a contatto
- Intervento chirurgico



Fig.4 Lenti oftalmiche e lenti a contatto usate per correggere la miopia.

Nella maggior parte dei casi la miopia ha carattere ereditario, anche se negli ultimi anni sono sempre più numerosi i pareri che stabiliscono un nesso fra il prolungato lavoro al videoterminale e l'aumento della miopia.

Storicamente vi sono state due scuole di pensiero riguardo le cause di quest' aumento della miopia: alcuni studiosi, come Cohn, teorizzano che l'utilizzo eccessivo dell'accomodazione possa essere la causa della miopia, mentre altre correnti di pensiero identificano l'insorgenza della miopia come una strategia di adattamento all'affaticamento e allo stress visivo prodotto dall'attività prossimale.

Studi più recenti hanno dimostrato che la relazione tra miopia e attività prossimale è sicuramente molto forte. E' certamente provato che la miopia di grado lieve ha inizio nell'età della scolarizzazione, particolarmente in soggetti come gli studenti che passano molte ore in condizioni di lavoro a distanza ridotta, perciò l'attività prossimale può certamente essere considerata come un fattore contribuyente per l'insorgenza della miopia in età giovanile.

La pseudomiopia è una temporanea e anomala condizione rifrattiva dell'occhio, simile alla miopia per sintomi e caratteristiche. Tale condizione è dovuta ad uno spasmo del muscolo ciliare, la cui funzione è di accomodare, per modificare la geometria del cristallino e il potere dello stesso. Il disturbo caratteristico di soggetti

giovani, si manifesta come una difficoltà temporanea nella visione da lontano, con abbassamento del visus e conseguente astenopia. Questo disturbo compare generalmente in seguito ad uno sforzo accomodativo come una lettura prolungata e ravvicinata da un libro o un monitor. Nella miopia la sfocatura dell'immagine è costante, ed è dovuta alla lunghezza anteroposteriore eccessiva del bulbo oculare o ad un potere refrattivo dei mezzi ottici maggiori della norma, invece il soggetto con pseudomiopia può essere anche un emmetrope.

Oggi i giovani passano la maggior parte del loro tempo vicino a tablet e smartphone creando uno stress al sistema visivo e tale condizione può preludere a un futuro sviluppo di miopia vera e propria, come un adattamento funzionale alla visione prossimale.

3.2 Convergenza e accomodazione.

Quando un soggetto guarda un oggetto a breve distanza, si verificano tre fenomeni che insieme prendono il nome di triade prossimale: convergenza, miosi pupillare e accomodazione.

TRIADE ACCOMODATIVA

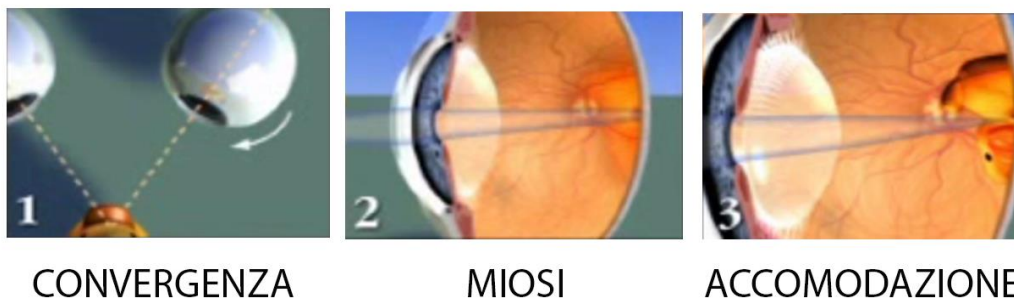


Fig.5 Triade accomodativa. Sono gli atti dell'accomodazione, della convergenza e del restringimento pupillare che si hanno come risposta alla fissazione di un oggetto posto a distanza ravvicinata.

Il movimento di convergenza, porta gli assi visivi dei due occhi sul punto di fissazione, è utilizzato quando si osservano oggetti ad una distanza finita, opposto a questo movimento è la divergenza che si verifica guardando un oggetto posto a maggiore distanza. La convergenza si associa fisiologicamente allo sforzo accomodativo. La miosi, elimina l'accesso di aberrazione sferica e aumenta la profondità di campo. L'accomodazione, è la proprietà di variare il potere refrattivo del cristallino, permettendo all'occhio di variare la messa a fuoco di oggetti posti a diverse distanze. Il processo dell'accomodazione inizia da un'immagine inizialmente sfuocata, della quale il cervello non è soddisfatto. Per l'occhio è necessario che i raggi luminosi convergono in un punto preciso della retina, attraverso le lenti convesse presenti nel nostro occhio. Se i raggi provengono da lontano la lente deve avere una curvatura diversa rispetto a quando i raggi provengono da vicino.

Nell'occhio i raggi luminosi subiscono una prima convergenza passando attraverso la cornea, che è la superficie esterna dell'occhio, poi vengono filtrati dalla pupilla e infine incontrano il cristallino.

Il cristallino è una lente biconvessa, circondato da uno sfintere muscolare (muscoli ciliari), che può contrarsi e rilassarsi.

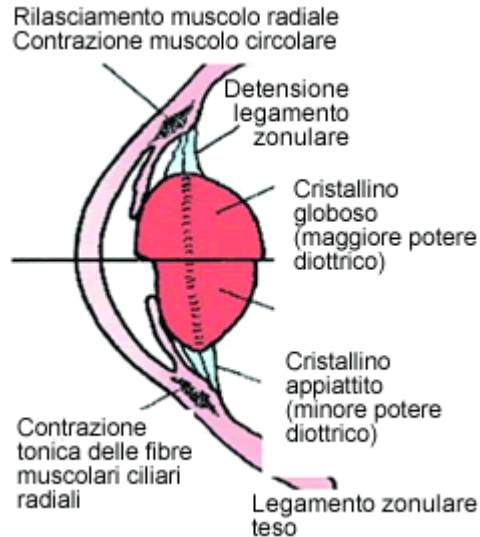


Fig.6 Differenza tra muscolo ciliare contratto e rilasciato. Il potere del cristallino cambia da un maggiore potere passa a un potere minore.

Quando si contrae comprime il cristallino che diventando più convesso accomoda e consente di mettere a fuoco oggetti a distanza ravvicinata. In condizioni di emmetropia, allo stato di riposo accomodativo, il sistema diottrico focalizza sulla retina le immagini degli oggetti posti all'infinito (punto remoto); avvicinando gli oggetti, le loro immagini si formano su piani posteriori alla retina, sulla quale si formano così cerchi di diffusione con deterioramento della visione. L'apparato accomodativo, però, riporta a fuoco le immagini sulla retina aumentando la refrazione del sistema diottrico, il che avviene fino ad un preciso limite (punto prossimo), oltre il quale il compenso non è più possibile. L'occhio miope è un po' più lungo del normale e l'aspetto principale della miopia è l'incapacità a rilassare i muscoli intorno al cristallino. Nei soggetti miopi l'accomodazione e quindi la curvatura del cristallino è sempre eccessiva e questa tensione costante produce la deformazione del bulbo oculare. Agli inizi un soggetto non si accorge di essere miope, solo quando deve vedere delle cose da lontano nota le prime difficoltà e questa cosa fa capire che il soggetto non ha bisogno di lenti sempre, ma bisogna capire le sue esigenze per non commettere errori. Se a un soggetto gli viene prescritto un paio di occhiali che gli permettono di vedere nitido da una distanza da 6 metri in poi, diventano troppo forti per le distanze inferiori. Che cosa succede se questa persona passa molto tempo da vicino? Se toglie gli occhiali vede bene e gli occhi sono in comfort, se invece li tiene, il suo cristallino dovrà accomodare, cioè comprimersi ancora di più per compensare l'effetto degli occhiali, deformando ulteriormente la struttura dell'occhio. Questo spiega perché la miopia aumenta nei periodi di studio intenso. In conclusione possiamo dire che l'attività prossimale può far diventare miope un soggetto, ma dipende anche dalla predisposizione della sua struttura oculare.

CAPITOLO 4

Sperimentazione e dati

Il mio studio per verificare la tesi è stato fatto analizzando vari casi con esigenze diverse ed età compresa tra i 20 e i 65 anni. Il primo passo consiste in un colloquio, anamnesi, che ha l'obiettivo principale di far emergere: il lamento (problema) principale, il passato sanitario-oculare personale e familiare e il contesto ambientale. Poi ad ogni persona è stato effettuato un esame refrattivo, per controllare la correzione in uso ed effettuare eventuali modifiche.

I test utilizzati sono i seguenti:

- ✓ Il test del visus: valuta l'acuità visiva o la "capacità di vedere", ovvero la capacità del sistema visivo di riconoscere stimoli di determinate dimensioni. Le tabelle ottotipiche utilizzate sono divise in decimi e quando andiamo a verificare il visus è opportuno far leggere al soggetto il suo limite soggettivo che può essere inferiore a 10/10 come superiore. I famosi 10/10 non sono un limite fisiologico ma solo un dato normativo.
- ✓ Il test della sensibilità al contrasto: valuta la capacità dell'occhio di riconoscere le diverse tonalità di uno stesso colore ad esempio il grigio. Il test ricerca il valore minimo del contrasto che il soggetto è in grado di percepire e per ciascuno di noi, varia con l'età, l'acutezza visiva, la correzione ottica indossata, la qualità e trasparenza dei mezzi diottrici. Essa è influenzata dal diametro pupillare, dalla luminanza ambientale e dalla correzione dei difetti refrattivi.
- ✓ Il test bicromatico: sfrutta l'aberrazione cromatica dell'occhio, in base alla quale le radiazioni a lunghezza d'onda minore vanno a fuoco prima di quelle a lunghezza d'onda maggiore. Per eseguire il test si utilizza un ottotipo composto da una parte verde ed una rossa, in cui sono rappresentati dei simboli neri. Sapendo che la migliore visione si ottiene quando la radiazione gialla va a fuoco sulla retina (in adattamento fotopico il massimo di sensibilità della retina è per il giallo a 555 nm), sono state scelte due radiazioni verde e rossa che sono equidistanti dal giallo. In questo modo, quando l'occhio non presenta ametropie, la radiazione gialla è a fuoco sulla retina, mentre la radiazione verde e quella rossa andranno a fuoco alla stessa distanza dalla retina, una prima e una dopo di essa e per questo motivo i simboli devono essere visti ugualmente nitidi in entrambe le parti.

I soggetti esaminati sono 20 di età compresi tra i 20 e i 65 anni e di sesso :

- Femminile: 10
- Maschile: 10

Tra queste persone ci sono:

- Emmetropi: 4
- Miopi con o senza astigmatismo: 10
- Ipermetropi con o senza astigmatismo: 6

Dalla prima anamnesi effettuata sui 20 soggetti, sono emersi i seguenti lamenti riportati nel grafico in Fig.1.

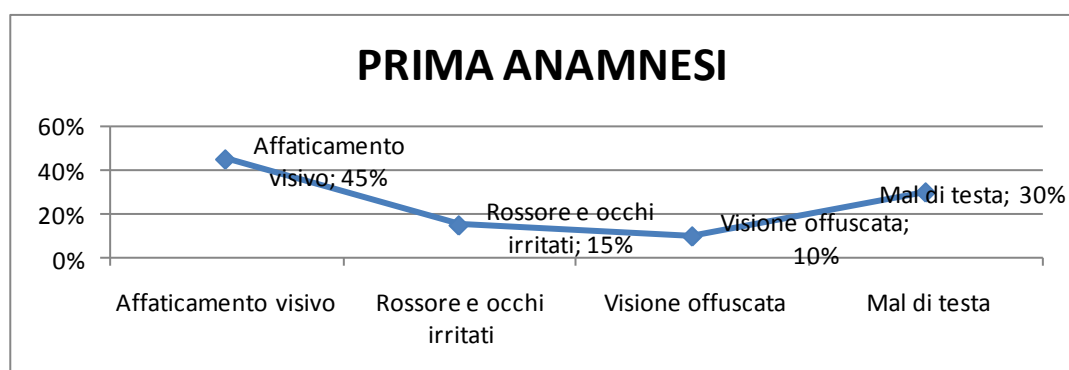


Fig.1

La cosa da sottolineare in esso è che la maggior parte di questi soggetti impegna molte ore della giornata tra computer e dispositivi elettronici digitali sia per svago, che per impegni lavorativi. Il lamento principale riferito è l'affaticamento visivo, causato proprio dalla radiazione emessa dai dispositivi e dalla distanza di utilizzo ravvicinata.

Dopo aver ascoltato le problematiche e le varie esigenze dei soggetti ho controllato l'AV con la correzione in uso apportando le dovute modifiche qualora necessarie. Il test bicromatico è stato utilizzato per valutare la correzione data, il soggetto doveva vedere i caratteri ugualmente nitidi sullo sfondo verde e rosso, se aveva una preferenza sul rosso era stato miopizzato, se invece aveva una preferenza sul verde era stato ipermetropizzato e quindi sono andata ad aumentare la sfera negativa o ridurre quella positiva fino a trovare il valore che rendeva ugualmente nitidi i simboli nelle due parti. In qualche soggetto con solo 0,25 D si otteneva l'inversione della preferenza e in questo caso se il soggetto era miope ho

lasciato la sfera che dava la preferenza sul rosso e nel soggetto ipermetrope invece ho lasciato la sfera che mi dava la preferenza per il verde.

Poi ho valutato la sensibilità al contrasto, facendo leggere dei caratteri in color nero-grigio via via più sfumati su uno sfondo con illuminazione omogenea. All'inizio ho controllato la sensibilità al contrasto solo con la correzione, successivamente è stata controllata con la lente che presentava la correzione e il trattamento blue blocker . La maggior parte dei soggetti al primo impatto ha riferito di vedere giallo ma ha notato subito un miglioramento del contrasto, infatti alcune persone grazie al trattamento hanno migliorato il loro visus. Una cosa molto importante da sottolineare che quando si parla di miglioramenti sono miglioramenti minimi ma avvertibili. Dalle varie analisi è emerso che due persone che vedono entrambe 10/10, non hanno per forza le stesse capacità visive, per esempio una riesce a vedere solo le lettere di nero su uno sfondo bianco e luminoso, mentre l'altra riesce a riconoscere le lettere anche se sono sbiadite su uno sfondo poco luminoso. Per cercare di migliorare i lamenti denunciati nell'anamnesi alle lenti degli occhiali è stato aggiunto un trattamento antiriflesso particolare: "blue blocker" di cui si parla nel capitolo 2. Dopo circa due settimane ho ricontrollato nuovamente i soggetti, riscontrando che i lamenti denunciati al controllo precedente man mano diminuivano. Un dato molto importante da sottolineare che è emerso da questo secondo controllo è che la sensibilità al contrasto è migliorata su tutti i soggetti e in alcuni di essi è stato riscontrato addirittura anche un notevole miglioramento per quanto riguarda l'acuità visiva confermato e superando le aspettative osservate nel primo controllo . Questo tipo di trattamento è stato molto apprezzato dalla maggior parte di questi soggetti esaminati, che però si è trovata in contrasto con il pensiero di alcuni di essi che ha notato piccoli fastidi causati dalla leggera colorazione gialla della lente che mostra il mondo in giallo arancio, come spiegato nel capitolo 2 e dal leggero smarrimento iniziale perché abituati a uno stile visivo differente, ma sopperendo a quest'ultimi hanno continuato ad usufruire lo stesso del trattamento perché secondo una loro opinione i benefici tratti da esso erano maggiori dei fastidi recati.

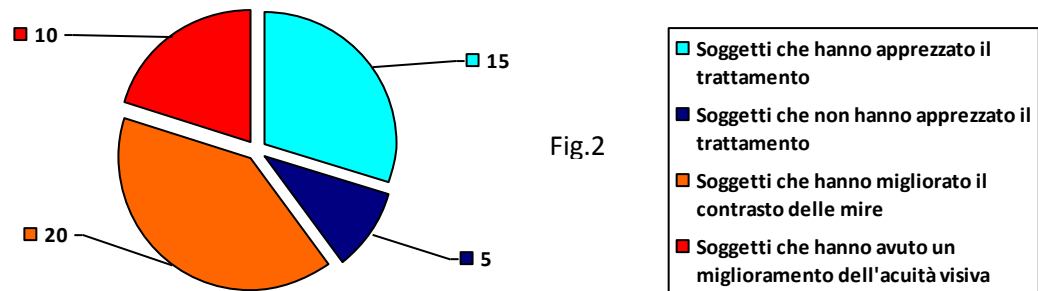


Fig.2

Dalla Fig.2 vediamo che 20/20 soggetti hanno migliorato il contrasto, 10/20 soggetti hanno migliorato la qualità dell'acuità visiva, 15/20 soggetti hanno apprezzato il trattamento e solo 5/20 non hanno apprezzato il trattamento, anche se c'è da sottolineare che in un secondo momento si è passati quasi a 20/20 soggetti che hanno apprezzato il trattamento perché qualcuno dei 5 soggetti che inizialmente ha avuto dei fastidi li ha messi da parte per poter usufruire dei benefici.

Questo trattamento è stato anche consigliato e provato su persone con particolari caratteristiche quali: retinopatia diabetica e cataratta.

- ❖ Il soggetto 1 affetto da retinopatia diabetica ha utilizzato il trattamento consigliato nel tentativo di non peggiorare la sua condizione e ha riscontrato un notevole miglioramento nel contrasto e nel comfort visivo complessivo.
- ❖ Il soggetto 2 dopo aver eseguito un intervento di cataratta a cui è stato impiantato una classica lente intraoculare trasparente, non avendo più la protezione naturale del suo cristallino e dato che con l'età le difese antiossidanti iniziano a calare, gli è stato consigliato il trattamento e ha riferito di aver provato un notevole sollievo da subito e grazie al trattamento anche se in modo artificiale potrà beneficiare della protezione che aveva prima dell'operazione.
- ❖ Il soggetto 3 è un caso che io definisco "limite" perché il soggetto era emmetrope e pur di usufruire dei benefici del trattamento si è avvicinato all'occhiale per poterlo provare in prima persona, anche se dopo non ha potuto più farne almeno perché lavorando molte ore al computer ha riscontrato molti miglioramenti.
- ❖ Il soggetto 4 anche se non ha gradito del tutto il trattamento perché ha riferito di avvertire una visione non naturale ha comunque scelto poi di continuare ad usare il trattamento perché ha notato tutti i benefici soprattutto durante l'utilizzo del computer per motivi di lavoro.

- ❖ Il soggetto 5 affetto da una lieve miopia spesso non indossava l'occhiale perché non li riteneva necessari, avendo un discreto visus, discutendo con lo stesso sulle peculiarità di un trattamento che potesse migliorarne il comfort lavorando in un luogo ricco di led e soprattutto poiché notava un certo fastidio ed occhi arrossati dopo una giornata di lavoro, abbiamo avuto la possibilità di poter verificare l'apprezzamento di tale tipo di trattamento.

Dalla mia esperienza posso concludere che dei 20 soggetti esaminati anche se non tutti dall'inizio, alla fine hanno apprezzato molto il trattamento e questo è stato confermato al secondo controllo dopo due settimane perché è vero che i benefici si notano da subito ma con il passare dei giorni sono sempre più evidenti. La cosa che mi è rimasta impressa è stata di come alcuni soggetti emmetropi si sono avvicinati all'occhiale perché di solito all'inizio le persone hanno sempre un rapporto contrastato con esso ma dato che quest'ultimo li aiuta ad avere una visione migliore accettano di doverlo indossare. Questa esperienza ci insegna che a volte basta veramente poco per poter superare qualche fastidio visivo ascoltato i consigli dell'ottico-optometrista e mettendoli in atto.

CONCLUSIONE

Questo studio ha cercato di rispondere a una domanda: “Quali sono gli effetti dei dispositivi digitali sulla vista?”. Dalle varie ricerche effettuate è emerso che le cause sono principalmente due: l’alta emissione di luce blu da parte dei dispositivi digitali e la distanza di utilizzo molto ravvicinata alla quale vengono utilizzati. Fino a qualche anno fa si è scritto e detto tanto sulla pericolosità della radiazione ultravioletta, oggi con l’utilizzo dei dispositivi digitali i nostri occhi sono sempre più esposti a una particolare forma di radiazione dello spettro che comunemente viene chiamata luce blu che è a corta lunghezza d’onda compresa tra 380-500 nm. Qualcuno ha parlato di “dualismo della luce blu” perché essa viene divisa a seconda della frequenza in luce blu buona considerata d’importanza vitale per l’organismo, in quanto regola il ritmo sonno-veglia e in luce blu nociva che danneggia le cellule retiniche alterando la normale funzione fisiologica. Molte aziende sensibili al problema hanno realizzato delle lenti con trattamenti particolari, offrendo una visione più confortevole e rilassata. In prima persona e sui 20 soggetti che ho analizzato ho provato questo trattamento, anche se ogni soggetto aveva delle proprie caratteristiche il trattamento è stato molto apprezzato, qualcuno all’inizio ha avuto dei fastidi causati dalla leggera colorazione della lente, ma alla fine il giudizio è stato positivo perché i benefici erano molto evidenti. L’altro effetto causato dai dispositivi digitali è l’affaticamento visivo a causa della distanza molto ravvicinata del loro utilizzo. Da varie ricerche è emerso che lo stress prolungato da vicino può portare allo sviluppo della miopia, come un adattamento funzionale alla visione prossimale. I lavoratori che passano molte ore alla scrivania e al videoterminale devono fare una pausa di circa 10-15 minuti ogni ora per permettere agli occhi di osservare a distanza infinita, però bisogna fare attenzione a non ricadere nel circolo vizioso evitando di trascorrere la pausa controllando le notifiche del cellulare o controllando il tablet. Oggi già dai primi anni di vita gli occhi sono esposti a questo tipo di radiazione perché i dispositivi elettronici fanno parte della nostra vita quotidiana. In conclusione lo studio di ricerche evidenzia che i dispositivi digitali, sulle nuove generazioni, potranno creare seri problemi al nostro sistema visivo. La prevenzione è un’arma da mettere subito in campo, usando lenti capaci di assorbire tali radiazioni, anche se il primo aiuto viene da noi stessi e consiste proprio nel fare un uso corretto della tecnologia e seguire una buona alimentazione mangiando frutta e verdura tra le più colorate, ricche di antiossidanti e pigmenti retinici. Possiamo dunque pensare alle lenti non solo dal punto di vista della prevenzione, ma anche come un modo per migliorare la qualità della vita.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

1. “Anatomia umana” III edizione,
2. “Fisiologia” II edizione, Dee U. Silverthorn, 2013
3. “Optometria A-Z, dizionario di scienze, tecnica e clinica della visione, L.Lupelli, 2014, Medical Books
4. “Manuale di optometria e contattologia” II edizione, A.Rossetti e P. Gheller, 2003, Zanichelli
5. <http://jov.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2191954#88156176>
6. Studi Prof. Richard HW Funk, Medical Faculty Carl-Gustav Carus, Università tecnica di Dresda
7. Studi Dr. Shu Koizumi, National Institutes of Natural Science
8. https://issuu.com/marcofabiano/docs/supplemento_b2eyes_luce_blu_bassa
9. https://issuu.com/marcofabiano/docs/supplemento_b2eyes_protezione_ocula
10. Dispense corso tecniche fisiche per l'optometria, P. Carelli, Università Federico II
11. https://issuu.com/re_lighting/docs/blue_light_it_en

RINGRAZIAMENTI

Ho intrapreso questo percorso con un motto: “ Ciò che non si comincia non si finisce”. Oggi posso dire di aver raggiunto il mio obiettivo. E’ stato un periodo di profondo apprendimento, non solo a livello conoscitivo ma soprattutto a livello personale per avermi dato la possibilità di conoscere nuove persone. Ci sono stati dei periodi non tanto facili tra esami e tirocini che piano piano sono riuscita a superare grazie a tutte le persone che hanno creduto in me dall’inizio alla fine supportandomi e sopportandomi con le mie mille ansie e paure durante tutto il percorso.

Desidero ringraziare in primis il relatore di questa tesi, il professor Salvatore Abys, una persona da imitare e da stimare, per l’esempio che mi ha dato, di come sia possibile amare e far amare lo studio di una materia e il lavoro che mi aspetterà in futuro, attraverso i nostri incontri per la preparazione della tesi. Grazie soprattutto per la pazienza che ha avuto nel correggermi e migliorarmi, un bagaglio importante che porterò ovunque con me.

Ringrazio i miei colleghi di corso, i quali mi hanno dato conforto e mi hanno sollevato di morale nei momenti opportuni, sperando che queste amicizie continuino anche dopo l’università. Tra i miei colleghi in particolare voglio ringraziarne una... Giusy, che non è stata solo una semplice collega di corso ma anche una compagna di vita perché cresciute fin da piccole insieme, iniziando il nostro percorso scolastico dall’asilo fino ad oggi. La ringrazio nuovamente per avermi supportata aiutata e capita sempre in qualunque momento non lasciandomi mai da sola. Un doveroso ringraziamento va alla mia famiglia, ai miei genitori, Salvatore e Luisa, che mi hanno dato la possibilità di raggiungere quest’obiettivo, sostenendomi non solo economicamente ma anche moralmente, grazie anche a mia sorella Sara che ha sempre tifato per me dal primo giorno, incoraggiandomi nei momenti di sconforto soprattutto nell’ultimo periodo. Ringrazio il mio fidanzato Luigi, che con le sue parole, è riuscito in ogni momento universitario a spronarmi ad andare avanti, dimostrandosi orgoglioso e soddisfatto dei miei traguardi. Grazie a mia nonna Antonietta che mi ha sempre sostenuta credendo in me fino alla fine. Non è facile citare e ringraziare, in poche righe, tutte le persone che mi sono state vicine, chi con consigli e suggerimenti o solo con parole di incoraggiamento. Il mio ringraziamento più speciale va a due persone che non ci sono più, mio nonno Raffaele e mia nonna Carmela, che oggi sarebbero sicuramente orgogliosi di me, con mia speranza che da lassù loro mi aiutino a realizzare un futuro sereno e promettente.