

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 FILTRANTI CHE MIGLIORANO
LA PERFORMANCE VISIVA IN
CONDIZIONI DI MANCATO CONTRASTO
ED ABBAGLIAMENTO DURANTE LA
GUIDA NOTTURNA.**

Relatori:

Prof. Salvatore Abys

Candidato:

Mariarosaria Sansone
M44000391

A.A. 2017/2018

Indice

INTRODUZIONE.....	3
CAPITOLO 1: FISIOLOGIA DELL'OCCHIO	4
1.1 Coni e bastoncelli.....	5
CAPITOLO 2 : LUCE VISIBILE	7
2.1 Visione fotopica e mesopica	7
2.2 Visione scotopica.....	8
2.3 Effetto Purkinje.....	8
2.4 Acuità visiva.....	9
CAPITOLO 3: VISIONE NOTTURNA	
3.1 Fototrasduzione e caratteristiche strutturali dei bastoncelli.....	11
3.2 Adattamento al buio.....	12
3.3 Problemi più comuni della vista riscontrabili in visione scotopica:miopia notturna	13
3.4 Aberrazione sferica e sensibilità al contrasto.....	14
3.5 Profondità di campo e di fuoco.....	15
3.6 Aberrazione cromatica.....	15
3.7 Disturbi fisiologici e patologici degli occhi.....	15
3.8 Fenomeni di diffusione, dispersione e diffrazione.....	16
3.9 Guida notturna ed abbagliamento.....	16
CAPITOLO 4: NUOVE LENTI FILTRANTI	
4.1 Cenni sulle caratteristiche ottiche delle lenti oftalmiche.....	18
4.2 Utilizzo di nuove lenti filtranti per la guida notturna.....	19
CAPITOLO 5 : SPERIMENTAZIONE E DATI.....	25
CONCLUSIONI.....	34
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	35
RINGRAZIAMENTI.....	36

INTRODUZIONE

In questa tesi si analizza l'utilizzo di nuovi filtri ,che sono in grado di aumentare il contrasto durante la guida, in visione notturna ; filtrano e bloccano radiazioni abbaglianti e lasciano passare solo le radiazioni utili ai bastoncelli , che sono i fotorecettori deputati alla visione scotopica.

Quest'argomento è stato scelto perché molte persone , di notte , col buio , quando si trovano alla guida di un'automobile , mantenendo a lungo l'attenzione, lamentano problemi o accusano un peggioramento della loro performance visiva.

Lo scopo di questa tesi è di andare a studiare le caratteristiche di questi filtri , sia tramite dati forniti dalle aziende produttrici e sia attraverso uno studio ,oggetto di questo lavoro, mirato in primis a verificare le proprietà ottiche-fisiche di questi filtri , analizzati tramite uno spettrofotometro che consente di ottenere la trasmittanza luminosa e poi successivamente sono stati testati su un campione di persone.

Il presente lavoro si articola in 5 capitoli:

- Nel primo capitolo è stato analizzato l'occhio in generale e i fotorecettori coni e bastoncelli.
- Il secondo capitolo è stato dedicato alla luce dello spettro visibile , soffermandoci in particolare sulla visione scotopica, non tralasciando , per avere punti di riferimento, per costruire il lavoro , la visione fotopica e mesopica.
- Nel terzo capitolo è stata trattata la visione notturna , con tutti i meccanismi alla base di essa ed i relativi problemi durante la guida.
- Il quarto capitolo è stato rivolto all'utilizzo di questi nuovi filtri che migliorano la performance visiva in condizione di abbagliamento durante la guida notturna , migliorandone il contrasto.
- L'ultimo capitolo è stato indirizzato alla sperimentazione di questi filtri su un campione di 20 persone.

CAPITOLO 1

FISIOLOGIA DELL'OCCHIO

La visione, processo attraverso il quale la luce riflessa dagli oggetti presenti nell'ambiente viene trasformata in immagine mentale, può essere suddivisa in tre fasi:

1. La luce entra nell'occhio e viene messa a fuoco sulla retina dal cristallino.
2. I fotorecettori della retina trasducono il segnale luminoso in segnale elettrico.
3. I segnali elettrici vengono elaborati attraverso le vie nervose.

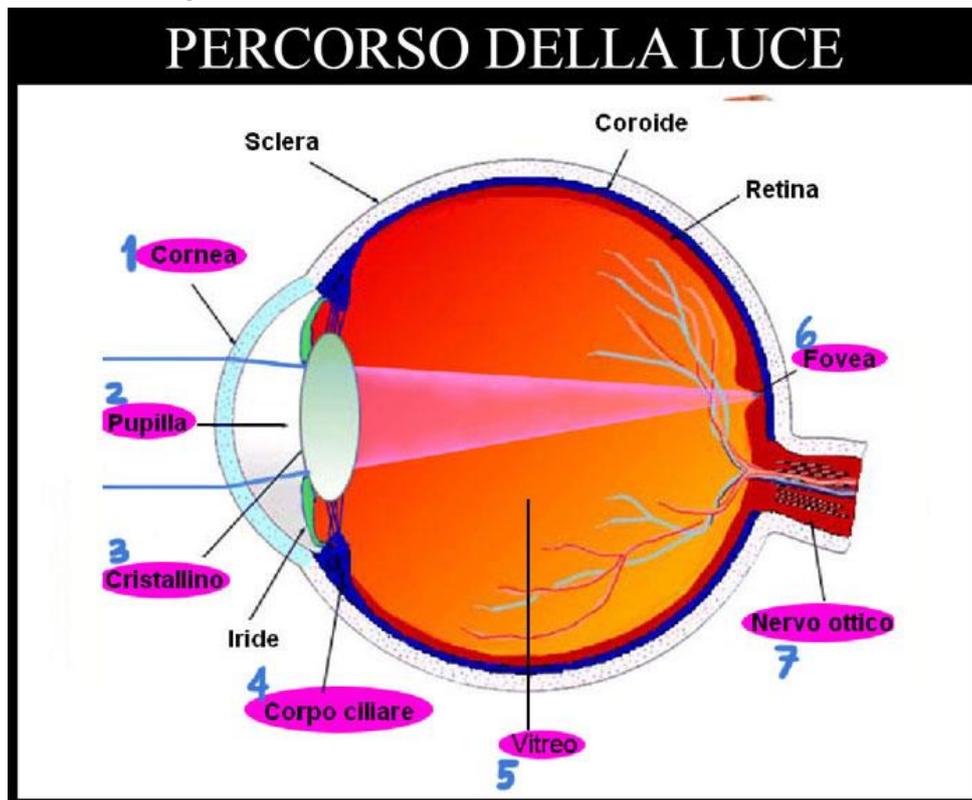


Fig. 1 Percorso della luce attraverso le strutture oculari.

La luce entra nell'occhio attraverso la cornea, calotta di tessuto trasparente posta sulla superficie anteriore, assimilabile in situ ad una lente convergente approssimativamente di 40-42 diottrie, che si continua con la sclera, interrompendosi al limbus. Dopo aver attraversato l'umor acqueo, la luce passa attraverso la pupilla e colpisce il cristallino. Il cristallino è una lente biconvessa con curvature differenti, costituita da diversi strati sovrapposti, la cui potenza è di circa 20 diottrie ed è connesso a fibre muscolari che gli permettono di variare la propria curvatura in modo da far cadere sulla retina il piano focale dell'immagine; col passare degli anni, purtroppo, perde questa sua capacità ed anche la sua trasparenza. Tra cornea e cristallino è situato il diaframma dell'occhio ovvero l'iride, con la sua apertura centrale: la pupilla.

Il complesso formato da iride e pupilla è una struttura molto importante, le cui principali funzioni sono: controllare la quantità di luce entrante nell'occhio, modificare la profondità di fuoco, la quantità di aberrazioni e la diffrazione del sistema ottico. In piena luce, la pupilla si restringe fino a un diametro di circa 1,5 mm, questo per mezzo del sistema parasimpatico che fa contrarre il muscolo costrittore o sfintere dell'iride, muscolo circolare che circonda la pupilla determinando la miosi. Al buio, la pupilla si dilata fino a un diametro di circa 8 mm, questo per mezzo del sistema simpatico che fa contrarre i muscoli radiali che sono disposti perpendicolarmente ai muscoli circolari determinando la midriasi.

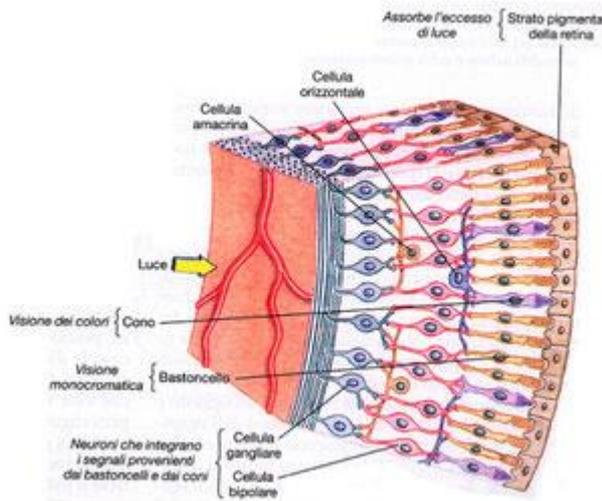


Fig. 2 Struttura della retina.

La condizione migliore per la visione corrisponde a una dilatazione intermedia : una pupilla troppo chiusa può dar luogo a problemi di diffrazione mentre una pupilla troppo dilatata evidenzierà le aberrazioni del sistema ottico.

Proseguendo il percorso i raggi luminosi raggiungono il cristallino, attraversano l'umor vitreo e convergono sulla retina. Dopo aver attraversato, come essa è disposta, tutti gli strati, la luce viene intercettata dai coni e bastoncelli, che sono cellule deputate alla fotorecezione.

Il compito dei fotorecettori è quello di trasformare in impulsi elettrici le informazioni ricevute dalle reazioni fotochimiche che vengono attivate dalla radiazione luminosa e di inviare questi segnali ai neuroni retinici:

le cellule orizzontali, bipolari, amacrine e gangliari che sono connesse fra loro ed effettuano una prima elaborazione del segnale visivo. Gli assoni delle cellule gangliari si riuniscono in modo da formare il nervo ottico, un cavo che conduce l'informazione visiva fuori dalla retina fino ai centri superiori, dapprima al corpo genicolato laterale e da qui alle aree corticali. I fotorecettori, coni e bastoncelli, hanno caratteristiche differenti tra loro. I coni, più grossi e più corti dei bastoncelli, differiscono non solo come forma ma anche in numero: infatti nell'occhio umano sono presenti circa 6-7 milioni di coni mentre di bastoncelli ce ne sono circa 115 -120 milioni. I coni sono deputati alla visione fotopica; mentre i bastoncelli, per la loro maggiore sensibilità, sono preposti alla visione scotopica.

La distribuzione dei coni e dei bastoncelli varia sulla retina : la concentrazione dei coni e quindi di conseguenza l'acuità visiva diventa molto più acuta in una zona della retina: la macula lutea. Al centro della macula lutea si trova una zona che contiene solo coni : la fovea centralis, questa è la zona più sensibile della retina con il più elevato potere separatore. Man mano che ci si allontana dalla fovea il numero dei coni diminuisce fino ad annullarsi nella parte periferica della retina, dove si trovano solo bastoncelli. Oltre alla fovea, esiste anche un'altra zona che si differenzia dalle altre: in questo punto convergono i nervi e i vasi sanguigni della retina e pertanto quest'area, che viene chiamata punto cieco, non è sensibile alla luce.

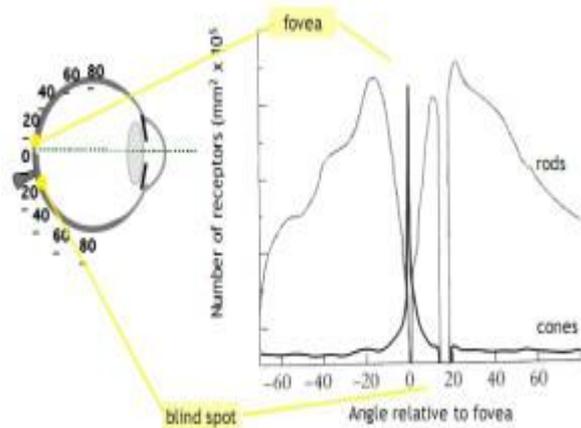


Fig.3 Distribuzione dei coni e dei bastoncelli sulla retina.

1.1 CONI E BASTONCELLI

I bastoncelli sono più sensibili alla luce rispetto ai coni, grazie al loro pigmento visivo, la rodopsina, presente in maggiore quantità. Possiedono inoltre una risposta lenta al fotone di luce: in seguito all'assorbimento di un fotone, la risposta in termini elettrici del bastoncello dura molto più a lungo di quanto risulti essere l'esposizione vera e propria del bastoncello alla luce; nel cono invece questo non accade e la risposta è molto più veloce. Per questo motivo quando ci rechiamo in una stanza buia, la sensibilità dei fotorecettori aumenta molto lentamente (fenomeno dell'adattamento).

Di contro i bastoncelli possiedono un'alta amplificazione del segnale e sono in grado di rispondere , al massimo della loro sensibilità (visione scotopica), addirittura al singolo fotone di luce.

Questo tipo di fotorecettore presenta inoltre una risposta che si chiama saturante: oltre una certa soglia luminosa , tutte le molecole di rodopsina subiscono una variazione della propria struttura ed ulteriori stimoli luminosi non scatenano più alcuna risposta (accecaimento); dunque il rovescio della medaglia si riscontra nella saturazione della risposta agli stimoli troppo intensi. Quindi i bastoncelli funzionano al loro meglio quando il livello di luminosità generale è molto basso, grazie al fatto che possono amplificare enormemente la poca luce presente. Inoltre , possedendo un solo fotopigmento, i bastoncelli possono fornire una visione unicamente monocromatica : la rodopsina assorbe a 498 nm, quindi la luce più efficiente a stimolare i bastoncelli è sostanzialmente compresa tra il blu e il verde.

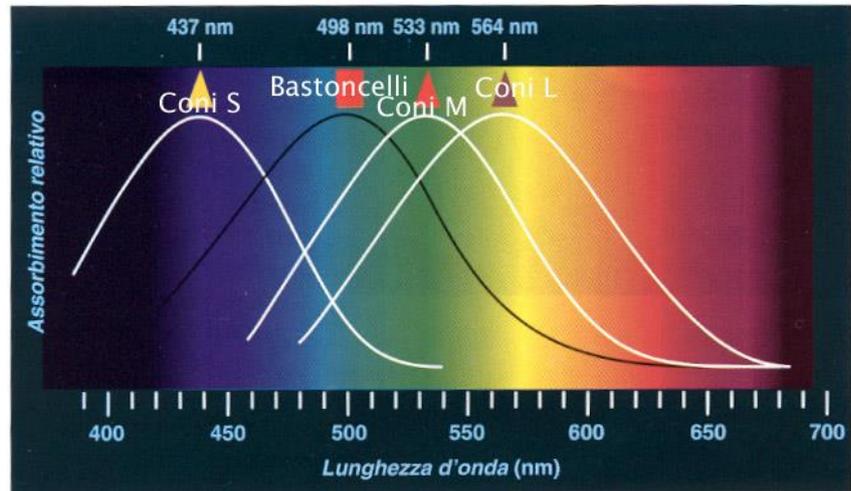


Fig. 4 Sensibilità dei coni e dei bastoncelli in base alle lunghezza d'onda.

I coni non sono sensibili come i bastoncelli: al massimo della loro sensibilità hanno bisogno di almeno un centinaio di fotoni per iniziare a rispondere alla luce; in compenso hanno una risposta più veloce di quella dei bastoncelli e saturano per quantità di luce molto più alte di quelle per cui saturano i bastoncelli.

I coni, al contrario dei bastoncelli, possiedono 3 tipi di pigmenti visivi che mediano le informazioni sui colori

che noi percepiamo: (ogni cono della retina contiene solo uno dei tre fotopigmenti): i coni cosiddetti "blu" (short) assorbono prevalentemente la luce a 437 nm, che è nel blu-violetto ; i coni cosiddetti "verdi"(middle) hanno un picco di assorbimento della luce a 533 nm, corrispondente a un azzurro-verde; i coni cosiddetti "rossi" (long) hanno in realtà un picco d'assorbimento a 564 nm che, di fatto, è un colore giallo-verde. Ovviamente, i pigmenti non sono colorati, ma il nome è stato loro dato in base alla sensazione associata alla loro massima sensibilità.

La sensazione di colore è legata ai rapporti delle attività neurali dovute ai tre fotopigmenti: ad esempio un raggio luminoso monocromatico della lunghezza d'onda di 450 nm produce una risposta forte dal fotopigmento "blu", una risposta più debole dal "verde" ed una più debole ancora dal "rosso". Inoltre i diversi tipi di coni non sono distribuiti uniformemente: il 60% circa dei coni contiene il pigmento "rosso", mentre il 30% contiene il "verde" e solo il 10% contiene il pigmento "blu".

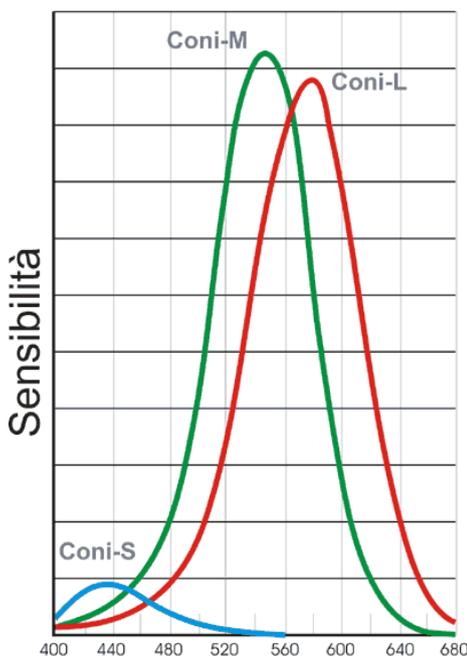


Fig. 5 Sensibilità dei coni

CAPITOLO 2

LUCE VISIBILE

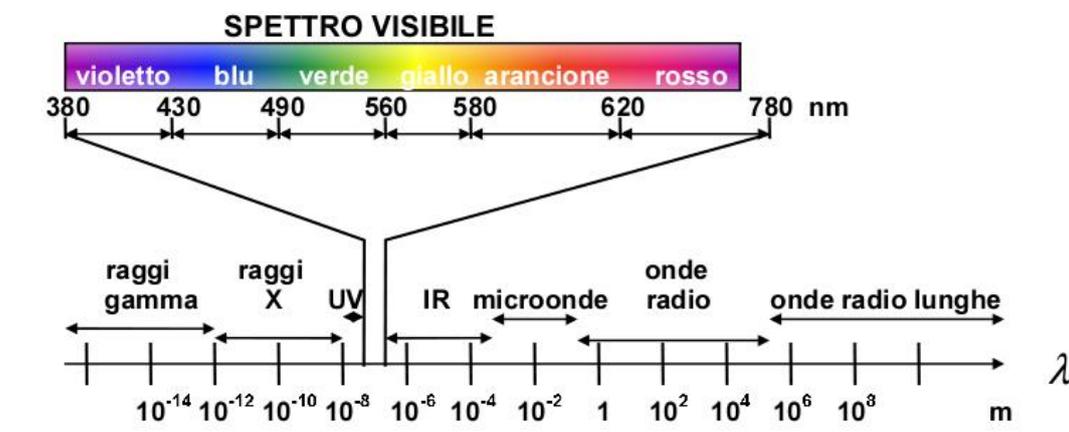


Fig. 1 Lo spettro elettromagnetico.

Il dizionario di fisica Penguin (1977) definisce la “luce visibile” come l’agente che causa una sensazione visiva quando cade sulla retina dell’occhio, la stessa forma una piccola parte dello spettro elettromagnetico, con lunghezza d’onda, che va da circa 380 a 780 nm. L’occhio non risponde in modo uguale a tutte le lunghezze d’onda di questa banda. La curva della risposta visiva spettrale è approssimativamente a forma di campana con la forma e posizione che varia a seconda del livello di luce.

2.1 VISIONE FOTOPICA

Da moderati ad alti livelli di luce, i coni dominano la visione, la risposta spettrale viene indicata come risposta fotopica.

Per quantificare la sensibilità visiva dell’occhio umano si utilizza un fattore di visibilità $V(\lambda)$, il cui valore dipende da λ . La funzione relativa dell’efficienza luminosa fotopica, $V(\lambda)$, fu definita dalla commissione internazionale di l’Eclairage (CIE) nel 1924 e fu determinata dalla risposta media di molti soggetti attraverso un piccolo numero di studi.

$V(\lambda)$ ha un massimo valore di 1 a 555 nm. In piena luce la luminanza è maggiore di circa $3,0 \text{ cd/m}^2$.

Le sensibilità fotopiche relative individuali differiscono per una serie di ragioni tra cui:

1. L’efficienza luminosa, che è l’effetto combinato di tre tipi di coni contenenti fotopigmenti sensibili a breve, medie e lunghe lunghezze d’onda, così che, mentre la sensibilità spettrale dei coni può essere la stessa per ogni individuo, il numero relativo dei coni può variare. Inoltre le persone con un difetto cromatico hanno mancanza di un tipo di cono (discromatopsia) o un tipo di cono il cui fotopigmento ha una sensibilità spettrale alterata (tricromato anomalo).
2. Le variazioni della trasmittanza spettrale attraverso i mezzi oculari e variazioni della densità di un pigmento giallo nella macula della retina. Inoltre con l’avanzare dell’età, la nostra sensibilità alla luce blu diminuisce poichè le nostre lenti naturali tendono a perdere la trasparenza.

VISIONE MESOPICA

Come il livello di luce decresce dai livelli fotopici a quelli scotopici, c’è un cambiamento nella sensibilità spettrale relativa che accompagna il passaggio dalla visione dei coni a quella dei bastoncelli. Questa regione di transizione è la regione mesopica e lo spostamento nella sensibilità spettrale relativa è chiamato “spostamento di Purkinje”. In questo caso i livelli di luminanza sono compresi tra $0,001$ e $3,0 \text{ cd/m}^2$.

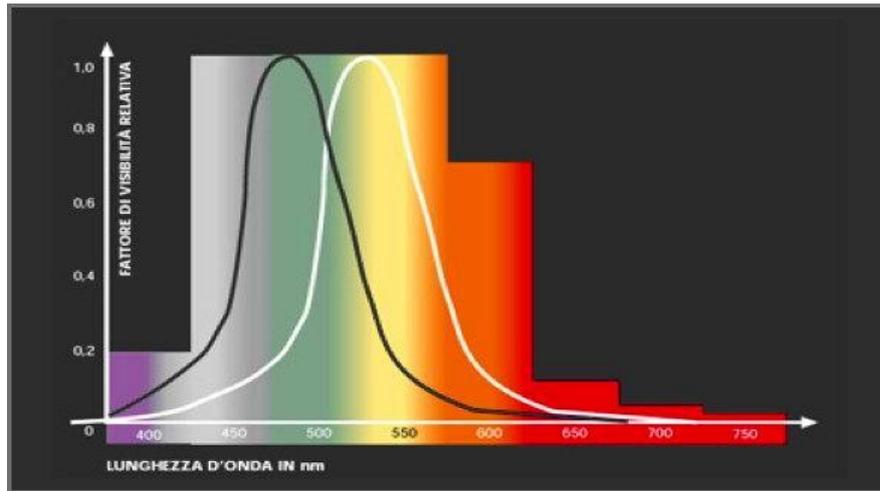


Fig. 2 Sensibilità dell'occhio in visione scotopica (CURVA IN NERO): $V'(\lambda)$ e fotopica (CURVA IN BIANCO): $V(\lambda)$.

2.2 VISIONE SCOTOPICA

La Cie definisce la funzione di efficienza luminosa spettrale per la visione scotopica $V'(\lambda)$ nel 1951.

Questa funzione ha un valore massimo di 1 a 507 nm. In questo regime scotopico la luminanza è minore di circa 0,001 cd/ m². Per determinare l'efficacia luminosa spettrale, il valore di efficacia scotopica deve essere moltiplicato per 1700 lumen per Watt. Questo valore è stato regolato dal 1754 per consentire a entrambe le curve di ottenere lo stesso valore di 683 lumen/watt a 555 nm. La curva scotopica raggiunge un valore relativo di 0 prima nello spettro visibile rispetto alla curva della visione fotopica. Come conseguenza di ciò durante la visione notturna non si vede il rosso.

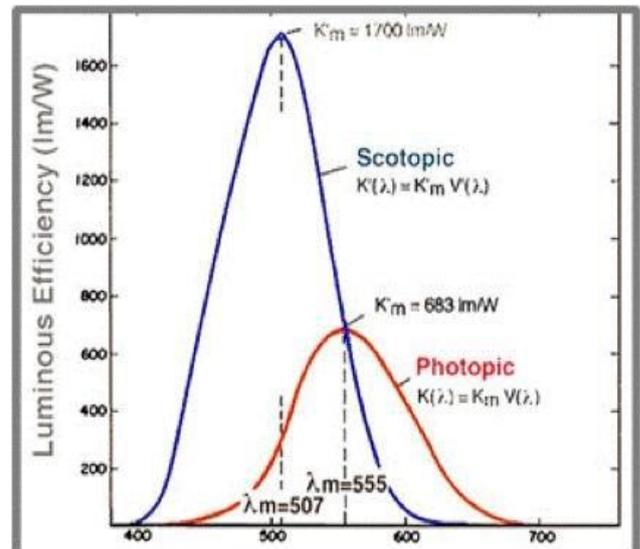


Fig. 3 Curva di efficacia luminosa in blu per la visione scotopica e in rosso per la fotopica.



Fig.4 Effetto Purkinje.

2.3 EFFETTO PURKINJE

L'effetto Purkinje, dal nome dell'anatomista ceco che lo scoprì nel 1819, rappresenta la tendenza dell'occhio umano a percepire diversamente i colori in relazione alla quantità di luce presente nell'ambiente. In condizioni di forte luminosità si tende a distinguere maggiormente le tonalità di rosso, mentre al contrario con scarsa luminosità è il blu che prevale. Questo particolare effetto si manifesta con una variazione di contrasto. Ad esempio, alla luce del sole i fiori del geranio appaiono di un rosso brillante mentre le foglie di un verde profondo; effettuando la stessa osservazione al crepuscolo invece si può notare come la situazione si ribalti, i fiori appariranno stavolta tinte di rosso scuro tendente al nero mentre le foglie prima verde scuro risulteranno più luminose dei fiori.

Ripetendo la stessa osservazione di notte in condizioni di scarsissima luminosità l'occhio percepirà i fiori grigio scuro e le foglie grigio chiaro.

I tre differenti risultati delle precedenti osservazioni sono giustificati dal fatto che l'occhio trovandosi di volta in volta in situazioni diverse reagisce in maniera altrettanto diversa. Nel primo caso si trova in condizioni di visione fotopica, nel secondo in visione mesopica e nel terzo in visione scotopica.

La sensibilità alla luce in visione scotopica varia con la lunghezza d'onda, benché la percezione sia essenzialmente in bianco e nero. L'effetto Purkinje non è altro che la relazione tra l'assorbimento massimo delle rodopsine, che raggiunge un massimo a 500 nm circa, e quello delle opsine nei coni, i quali lavorano maggiormente in visione fotopica.

2.4 ACUITÀ VISIVA

La prestazione visiva è definita dalla C.I.E come la velocità e la precisione con cui viene eseguito un dato compito visivo. Tra le grandezze più significative che entrano in gioco nella valutazione della prestazione visiva, la più importante è l'acuità visiva. L'acuità visiva è la capacità di percepire distinti due punti che appaiono molto vicini tra loro e rappresenta l'inverso delle dimensioni angolari minime che un oggetto deve avere per poter essere percepito correttamente.

Il minimo angolo di risoluzione corrisponde al minimo angolo visivo per cui due punti appaiono ancora separati; se mi allontanano da loro, l'angolo visivo scenderà sotto l'angolo limite ed io non vedrò i due punti separati ma un punto solo. Nell'uomo l'acuità visiva foveale è di 1', ovvero un sessantesimo di angolo visivo, mentre è minore nelle altre regioni.

Per spiegare queste differenze occorre innanzitutto sottolineare come i bastoncelli (presenti soprattutto nelle aree periferiche della retina, come evidenziato in precedenza) hanno una via di comunicazione molto convergente: ovvero centinaia, o migliaia di bastoncelli nelle regioni periferiche della retina, convergono su un'unica cellula gangliare. Questo vuol dire che un singolo assone convoglierà le informazioni raccolte da un numero molto elevato di bastoncelli, distribuiti su di un'area più estesa della retina, con conseguente perdita di informazioni spaziali, ma nello stesso tempo tale forma d'integrazione determina l'elevata specializzazione della retina periferica nell'essere sensibile anche a piccole quantità di energia luminosa.

La via di comunicazione dei coni è invece poco convergente: a livello della regione centrale della fovea si raggiunge addirittura un rapporto 1:1 tra cono e cellula gangliare: cioè uno o pochissimi coni convergono su una cellula bipolare e una o poche cellule bipolari convergono su una cellula gangliare.

In questo punto otteniamo la migliore risoluzione spaziale grazie inoltre al minore spessore della retina, che consente ai fotorecettori di essere direttamente a contatto con i segnali luminosi.

Nella fovea sono presenti solo i coni che sono densamente impacchettati, molto vicini e funzionano al massimo delle loro possibilità; perciò è intuitivo che un campionamento così fitto consente di rilevare meglio i dettagli dell'immagine di un campionamento rado.

Nella figura si osserva che, procedendo dalla fovea verso la periferia della retina, e quindi andando verso zone in cui la densità dei coni diminuisce drasticamente, l'acuità visiva decresce rapidamente: a 10 gradi di eccentricità è già diminuita di un fattore 10, in ottimo accordo con la riduzione nella densità dei coni.

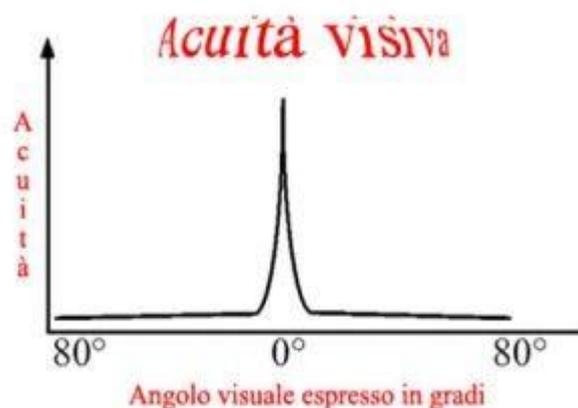


Fig.5 Acuità visiva nelle diverse zone della retina.

L'aumento di densità dei bastoncelli verso le zone periferiche non riesce a sopperire alla diminuzione dei coni in termini di acuità visiva perché, come detto in precedenza, molti bastoncelli convergono su una stessa cellula gangliare.

I bastoncelli non sono quindi un sistema ad alta acuità visiva: del resto, è cosa risaputa, che tentare di leggere con la periferia della retina o in condizioni di luce scarsa, ovvero usando solo i bastoncelli, non dà buoni risultati!

I coni nella fovea, invece, a causa del loro fitto impacchettamento e dell'assenza di convergenza permettono di raggiungere un'alta acuità visiva, purché la luminosità sia sufficiente per il loro funzionamento.

Alla luce di quanto detto, la visione foveale (o visione distinta) è caratterizzata dalla sensibilità al colore, dalla massima acuità visiva, dalla discriminazione e riconoscimento dell'oggetto, unita però alla mancanza di sensazione del movimento.

La visione periferica è invece caratterizzata da insensibilità al colore, da bassa acuità visiva e dalla capacità di avvistamento (ma non discriminazione e riconoscimento) di oggetti presenti nello spazio circostante, unita a funzioni di sorveglianza, scoperta, avviso ed in particolare alla sensazione del movimento.

CAPITOLO 3

VISIONE NOTTURNA

3.1 FOTOTRASDUZIONE E CARATTERISTICHE STRUTTURALI DEI BASTONCELLI

Prima di parlare della visione notturna verrà approfondita la struttura dei bastoncelli e come avviene la fototrasduzione in essi. Come già detto in precedenza, i bastoncelli sono i fotorecettori deputati alla visione notturna. Sia i coni che i bastoncelli hanno la stessa struttura di base: un segmento esterno a contatto con l'epitelio pigmentato della retina, un segmento interno che contiene il nucleo cellulare e gli organi deputati alla sintesi dell'ATP e delle proteine, un segmento basale che fa sinapsi con le cellule bipolari sulle quali rilascia glutammato. Nel segmento esterno la membrana cellulare si ripiega profondamente a formare degli strati simili a dischi impilati l'uno sull'altro. Nei bastoncelli, verso l'estremità del segmento esterno questi strati si separano dalla membrana cellulare e formano dei dischi che si muovono liberamente, mentre nei coni restano attaccati. I pigmenti visivi, sensibili alla luce, sono legati ai dischi membranosi nei segmenti esterni dei fotorecettori. Questi pigmenti danno il via alla trasduzione, che converte l'energia luminosa in variazioni del potenziale di membrana. Il processo della fototrasduzione è simile per la rodopsina nei bastoncelli e per i 3 pigmenti per i colori nei coni. La rodopsina è costituita da 2 molecole; l'opsina, una proteina intrinseca della membrana dei dischi, e il retinale, un derivato della vitamina A, che è la porzione del pigmento che assorbe effettivamente la luce. In assenza di luce, il retinale si lega al sito di legame dell'opsina. Quando viene attivato anche da un solo fotone, il retinale assume una nuova configurazione e viene rilasciato dall'opsina in un processo detto sbiancamento. Per capire come fa lo sbiancamento della rodopsina a innescare dei potenziali d'azione che poi si propagano lungo le vie visive si devono considerare le proprietà dei bastoncelli.

I segnali elettrici cellulari sono generati da passaggi di ioni tra i compartimenti intra- ed extracellulare.

I bastoncelli hanno tre tipi principali di canali per i cationi: canali regolati da nucleotidi ciclici (canali CNG) che permettono l'ingresso di sodio (Na^+) e calcio (Ca^{2+}) dentro ai bastoncelli; canali per il potassio (K^+) che fanno uscire questo ione dai bastoncelli e canali a voltaggio dipendenti per il calcio a livello della terminazione sinaptica che aiutano la regolazione dell'esocitosi del neurotrasmettitore. Quando i bastoncelli sono al buio e la rodopsina non è attiva, i livelli di GMP ciclico (GMPc) nel bastoncello sono alti e i canali CNG e quelli per il potassio (K^+) sono aperti. L'ingresso di ioni sodio e calcio è maggiore dell'uscita di potassio, così che i bastoncelli si depolarizzano a un valore medio di potenziale di membrana di circa -40 mV, invece dei comuni -70 mV. A questo potenziale di membrana poco depolarizzato, i canali a voltaggio dipendenti per il calcio sono aperti e c'è un rilascio continuo o tonico del neurotrasmettitore glutammato dal bastoncello verso la cellula bipolare adiacente. Quando la luce attiva la rodopsina, viene innescata una cascata di secondi messaggeri a opera della trasducina, una proteina G. Il sistema dei secondi messaggeri legato alla trasducina fa ridurre la concentrazione intracellulare di GMPc che a sua volta causa la chiusura dei canali CNG. Come risultato il flusso dei cationi rallenta o si ferma. Questa riduzione dell'ingresso di cationi, associata all'uscita continua di potassio (K^+), causa iperpolarizzazione della cellula. Tutto ciò porta alla diminuzione del rilascio del neurotrasmettitore sulle cellule bipolari. Una luce molto intensa chiuderà tutti i canali CNG e bloccherà del tutto il rilascio del neurotrasmettitore. Una luce più moderata porterà a una risposta proporzionale all'intensità della luce stessa. Dopo essere stato attivato, il retinale diffonde all'esterno del bastoncello portandosi verso l'epitelio pigmentato in cui viene ridotto in forma inattiva prima di tornare nel bastoncello ad essere legato nuovamente all'opsina.

Il processo di recupero della rodopsina dallo stato di sbiancamento è piuttosto lento ed è un fattore molto importante nel lento adattamento dei nostri occhi al nuovo livello di luminosità, quando passiamo da un ambiente con luce intensa verso il buio.

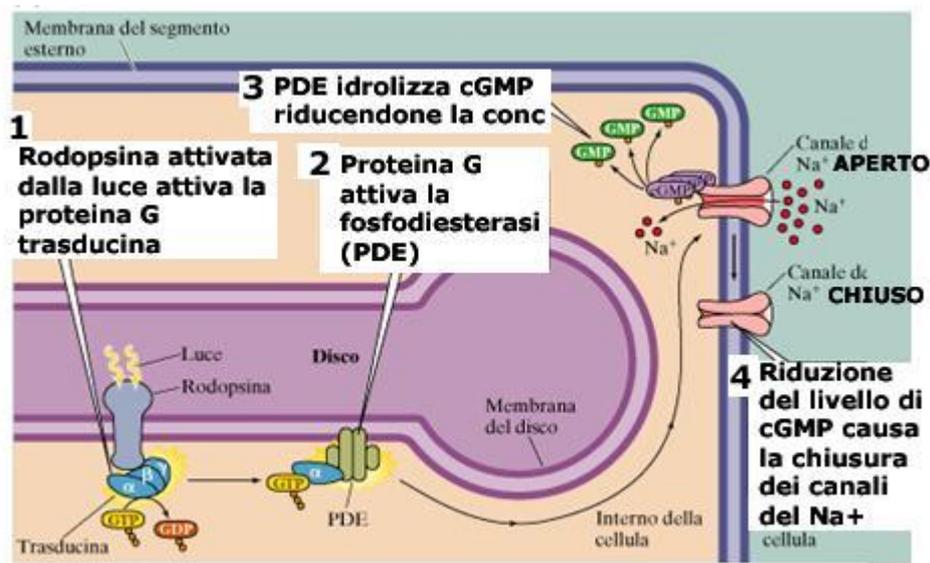


Fig.1 Meccanismo della fototrasduzione.

3.2 ADATTAMENTO AL BUIO

Man mano che l'illuminazione ambientale diminuisce la retina si adatta, aumentando la sua sensibilità. L'adattamento al buio è rapido nella fase iniziale, nei primi secondi, dove si invertono i meccanismi dell'adattamento alla luce. Nella seconda fase, molto più lenta, si ha un progressivo aumento di sensibilità nella quale si rigenerano i pigmenti visivi dei coni e dei bastoncelli. La lentezza di questo processo è dovuta al fatto che la rigenerazione dei pigmenti visivi richiede energia metabolica (ATP), mentre lo scolorimento avviene spontaneamente sotto effetto della radiazione luminosa. Nella prima fase è preponderante l'attività dei coni, nella seconda diventa essenziale l'attività dei bastoncelli. L'adattamento completo si raggiunge dopo 30-40 minuti, anche se si ha un ulteriore incremento di sensibilità anche dopo un tempo di adattamento di alcune ore. Il tempo per l'adattamento all'oscurità è determinato in parte dalla rigenerazione dei depositi di rodopsina, ma, poiché sono coinvolti anche i coni, sicuramente intervengono altri fattori. L'adattamento al buio può essere influenzato dall'illuminazione pre-adattamento, ovvero, l'intensità luminosa a cui l'occhio è adattato in visione fotopica modifica il tempo di adattamento al buio. Quanto più intensa è l'illuminazione a cui l'occhio era adattato in precedenza, tanto più è lungo il tempo necessario per raggiungere l'adattamento completo al buio. L'emeralopia patologica colpisce i bastoncelli impedendone il corretto funzionamento, in condizioni mesoscotopiche. In questo caso l'adattamento al buio è molto ridotto e in alcuni casi assente: si parla di cecità notturna. Anche la carenza di vitamina A provoca una riduzione dell'adattamento al buio, in quanto tale vitamina è indispensabile nel processo chimico per la produzione dei pigmenti visivi, sia dei coni che dei bastoncelli.

Quindi la sensibilità dell'occhio umano in visione notturna è influenzata da diversi fattori quali:

- Età: in genere la visione notturna dei giovani è più acuta di quella degli anziani.
- Dieta: un' alimentazione ricca di vitamina A migliora la visione crepuscolare, in quanto si comporta da enzima nella produzione di rodopsina.
- Condizioni fisiche: l'adattamento è favorito da buone condizioni di salute generale e in particolare dallo stato di salute dell'occhio.
- Ereditarietà: un singolo gene può trasmettere una buona o cattiva capacità d'adattamento.
- Farmaci: i quali possono modificare il diametro pupillare, un esempio è dato dagli ansiolitici.

Concludendo affermiamo che la caratteristica principale della visione notturna è la sua estrema sensibilità, ma quest'ultima ha bisogno di un lungo adattamento ed è molto sensibile al minimo abbagliamento. Peraltro la visione notturna risulta svantaggiosa rispetto a quella diurna poiché non vi è percezione colorata, il campo visivo risulta ridotto in quanto presenta uno scotoma fisiologico centrale e, in generale, tutte le sensazioni visive sono fortemente ridotte.

3.3 PROBLEMI DELLA VISTA PIU' COMUNI RICONTRABILI IN VISIONE SCOTOPICA

MIOPIA NOTTURNA

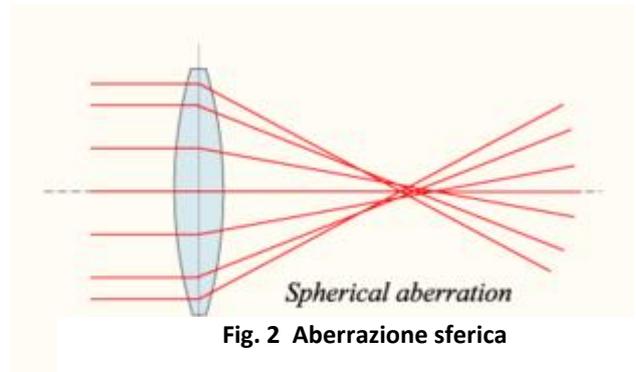
Un' ampia percentuale di popolazione ha alcune difficoltà a vedere chiaro durante la notte e ad eseguire compiti come guidare e apprezzare chiaramente cartellonistiche stradali o insegne luminose. Mentre queste persone hanno una buona visione durante il giorno, di notte diventano miopi e non sono in grado di distinguere chiaramente gli oggetti distanti. Questo disturbo viene chiamato "miopia notturna"; si verifica in condizioni di visione scotopica dove si assiste ad un incremento del potere oculare totale che arriva fino ad 1,00 – 1,50 diottrie circa. E' dovuto alla somma di diversi fattori, tra i quali:

- l'effetto Purkinje, per lo slittamento di sensibilità dell'occhio verso le lunghezze d'onda più corte e per le quali è miope;
- per la midriasi che viene a prodursi e a causa della quale, mancando l'appoggio dell'iride, il cristallino può essere spostato lievissimamente in avanti, verso la cornea;
- per il fatto che, non avendo una mira di fissazione ben delimitata, l'accomodazione viene esercitata in eccesso di un valore di circa una diottria. La miopia notturna può sommarsi a quella già esistente, aggravandone temporaneamente la condizione; inoltre rende temporaneamente miope l'occhio emmetrope e meno ipermetrope l'occhio ipermetrope. Da una indagine (Lopez-Gil 2012) è emerso che la condizione necessaria per visualizzare gli oggetti che vediamo durante la notte è in generale diversa (più miope) rispetto a quella necessaria per visualizzare gli oggetti durante il giorno e questo non solo perché le caratteristiche dell'ottica oculare cambiano di notte, come nel caso del diametro pupillare, ma anche perché le caratteristiche luminose degli oggetti che vengono apprezzate di notte sono diverse da quelle osservate durante il giorno. Di giorno, gli oggetti che si osservano, di solito, non emettono luce propria, ma semplicemente la riflettono. Di notte, specialmente durante la guida, ci si trova di fronte a una situazione diversa in cui vediamo i segnali luminosi o i fari delle auto su uno sfondo molto più scuro. In questo caso, gli oggetti osservati possono avere un contrasto maggiore del contrasto osservato durante il giorno. Questa situazione, insieme al fatto che la pupilla si dilata, determinando l'aumento dell'aberrazione sferica, fa sì che gli occhi abbiano bisogno di una correzione più negativa per apprezzare chiaramente gli oggetti.

3.4 ABERRAZIONE SFERICA

Al buio la pupilla si dilata e aumenta l'aberrazione sferica. Ma cos'è l'aberrazione sferica?

L'aberrazione sferica è il difetto per il quale i raggi di luce parassiali passando per zone diverse di una lente sono focalizzati in punti diversi, anziché essere concentrati in un solo punto. I raggi periferici focalizzano prima di quelli parassiali e il fuoco quindi non si forma in un solo punto, ma si disperde in un segmento compreso tra il fuoco periferico e quello centrale. Per convenzione l'aberrazione sferica viene definita positiva quando, come nel caso precedente, i raggi periferici focalizzano prima di quelli parassiali, mentre nel caso contrario si parla di aberrazione sferica negativa. Questo fenomeno diventa sempre più significativo quando aumenta lo spessore della lente e il suo diametro. La riduzione o la eliminazione dei



fenomeni di aberrazione sferica può essere ottenuta utilizzando lenti con superfici asferiche. L'effetto pratico di questa aberrazione consiste in un'immagine nitida solo nella parte centrale, mentre nelle zone periferiche la stessa immagine appare poco nitida e confusa (sfuocata). Con essa insorgono due fenomeni: diminuzione della sensibilità al contrasto, poiché la dispersione del fuoco riduce la concentrazione luminosa, e aumento della profondità di campo.

Ma che cosa sono la sensibilità al contrasto e la profondità di campo?

SENSIBILITA' AL CONTRASTO

La sensibilità al contrasto è l'inverso del contrasto ovvero della differenza di luminanza esistente tra due superfici contigue ed è quindi la capacità di percepire la differenza di luminanza esistente tra un oggetto e il proprio sfondo. Può essere determinata attraverso due diverse formule (Weber e Michelson); essendo un rapporto tra luminanze è un numero puro ed è sempre inferiore a 1, per cui viene di solito indicato in percentuale moltiplicando per 100 il valore ottenuto. Quando si guida, la visibilità di un oggetto o di una persona non dipende quindi soltanto dalla sua grandezza, ma anche dal suo contrasto con lo sfondo: la percezione di un oggetto diventa impossibile quando le dimensioni o il contrasto si riducono al di sotto di un valore soglia. La sensibilità al contrasto può risultare compromessa malgrado si abbia un'ottima acuità visiva a contrasto massimo; tale valore deve essere controllato con accuratezza nelle persone che sono interessate

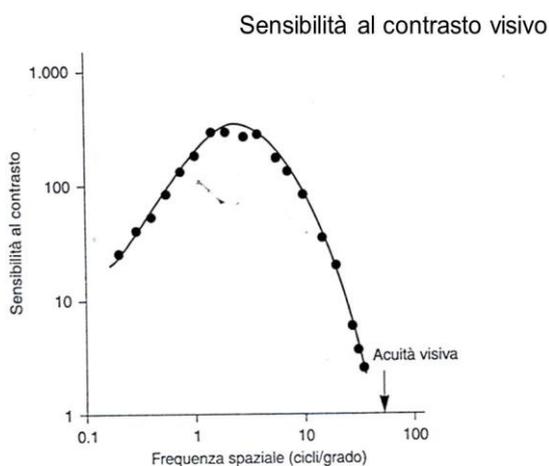


Fig. 3 Sensibilità al contrasto

da opacità dei mezzi trasparenti dell'occhio oppure che si sono sottoposte a interventi di chirurgia refrattiva o trapianto corneale.

La curva di sensibilità suggerisce che la nostra sensibilità è maggiore per le frequenze spaziali intermedie e diminuisce all'aumentare o al diminuire della frequenza spaziale. La maggior sensibilità al contrasto si ha per frequenze spaziali di circa 5 cicli/°.

3.5 PROFONDITA' DI CAMPO E DI FUOCO

La profondità di campo ,per un valore fisso di accomodazione, consiste nell'intervallo di spazio all'interno del quale si può spostare un oggetto senza vederlo sfuocato e si misura in metri mentre la profondità di fuoco consiste nell'intervallo diottrico entro il quale si può spostare l'immagine ,rispetto al piano dei recettori, senza avere una diminuzione di nitidezza e si misura in diottrie. La loro ampiezza dipende principalmente dal diametro pupillare: minore è il diametro pupillare maggiore è la profondità di fuoco e di campo.

3.6 ABERRAZIONE CROMATICA

L'indice di rifrazione di un mezzo trasparente varia in relazione alla lunghezza d'onda dei raggi luminosi che lo attraversano e accade che i raggi che hanno una lunghezza d'onda corta (blu-violetto) subiscono una deviazione maggiore di quelli a lunghezza d'onda più ampia (rosso) e di conseguenza la luce blu viene focalizzata prima di quella rossa. Questo problema viene risolto con un doppietto acromatico.

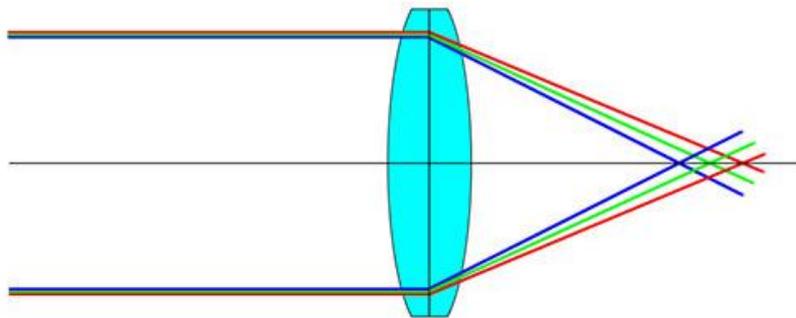


Fig.4 Schema dell'aberrazione cromatica.

3.7 DISTURBI FISIOLGICI E PATOLOGICI DEGLI OCCHI

Anche se l'interesse di questa tesi è focalizzato su ciò che avviene di notte in persone prive di patologie oculari , comunque viene fatto un sunto di ciò che avviene nelle stesse , quando presentano tali problematiche. Alcune volte, i disturbi visivi sono provocati da difetti fisici dell'occhio , a carico della cornea o del cristallino ; per esempio non tutti hanno una cornea dalla forma perfettamente regolare, da questa può derivare la perdita di una perfetta qualità visiva, anche in assenza di patologie. Nei casi di opacizzazione del cristallino invece, succede che il cristallino perdendo trasparenza compromette la qualità visiva, oppure perdendo l'elasticità ne consegue che l'occhio impiega più tempo a mettere a fuoco gli oggetti. Se si è alla guida, questo difetto può diventare pericoloso perché è fondamentale riuscire a mettere a fuoco tutto il campo visivo davanti a sé e subito. Occorre dunque controllare la performance visiva non solo dal punto di vista fisiologico, di competenza dell'ottico-optometrista ma anche dal punto di vista patologico, di competenza di un oftalmologo. Quindi appare fondamentale avere un occhiale adatto che riduca al minimo i disagi causati da questa naturale evoluzione del funzionamento dell'occhio. A complicare le cose, con il passare degli anni, è del tutto normale che la pupilla impieghi più tempo a restringersi e a dilatarsi in base alla quantità di luce che la investe. E' un fattore che può rendere pericolosa la guida; pensiamo per esempio ad una strada con gallerie in cui il passaggio dalla luce al buio è continuo e molto rapido. Per cui durante la guida notturna è importante portare una correzione che dia il miglior comfort e che allo stesso tempo consenta di ridurre l'abbagliamento e che aumenti il contrasto.

3.8 FENOMENI DI DIFFUSIONE, DISPERSIONE E DIFFRAZIONE

L'esistenza di particelle in sospensione e/o la mancanza di trasparenza che può presentare la cornea e il cristallino producono quello che è denominato in termini anglosassoni "scattering" oculare, vale a dire una combinazione di dispersione e di diffusione della luce che le attraversa.

La diffusione intraoculare può presentarsi anche in concomitanza di un 'edema corneale, dove l'epitelio corneale perde la trasparenza a causa di piccole concentrazioni di acqua, provocando diffusione e diffrazione. Anche un cristallino trasparente, essendo composto da fibre periferiche, sebbene durante il giorno con pupilla piccola, la luce non attraversa queste fibre, di notte, con pupilla dilatata, in qualche caso, avvengono fenomeni di diffrazione della luce che le attraversa, e ciò può essere percepito per la differenza di contrasto tra le fonti di luce e il suo sfondo. L'osservatore intravede un alone circolare che riduce il contrasto; quindi quando gli oggetti sono a distanza ravvicinata e con luce sufficiente non presenta problemi, mentre con scarsa illuminazione gli stessi passano inosservati. Se quest' "alone circolare" è legato a sclerosi del cristallino o cataratta, con l'eventuale sostituzione dello stesso il fenomeno scompare. Parlando di chirurgia refrattiva possiamo distinguere quello che accadeva qualche anno fa, in riferimento alle tecnologie utilizzate e quello che accade oggi. Fu scoperto, dal centro di chirurgia refrattiva di Londra, che circa il 58% dei soggetti operati di Lasik e PRK ottenevano ottimi risultati per la visione in luce naturale, ma manifestavano una perdita nella capacità di visione crepuscolare. Questi infatti dichiaravano di vedere spesso degli aloni, dei fastidiosi riflessi o doppie immagini. In particolare il problema dei riflessi era molto comune in pazienti con un diametro pupillare molto grande. Negli ultimi anni, grazie all'avvento del laser a femtosecondi si riesce a limitare questo problema poiché questo tipo di laser realizza in rapida sequenza migliaia di impulsi l'uno vicino all'altro determinando precisissime geometrie di forma e taglio.

3.9 GUIDA NOTTURNA



Fig. 5 Guida notturna.

L'occhio si adatta alla visione notturna e, se siamo alla guida di un veicolo, è importante essere concentrati e prestare ancora più attenzione. Portare delle lenti con correzioni sbagliate provoca scarsa percezione delle distanze e dei colori oltre a una scarsa tolleranza ai fari delle auto che si incrociano. Se le lenti sono invece corrette, la guida risulterà più piacevole e sicura. In realtà l'occhio umano è fatto per vedere bene anche al buio. La pupilla si dilata e si restringe a seconda della quantità di luce che la investe. Restringendosi, la pupilla contribuisce alla messa a fuoco degli oggetti lontani e quindi di vedere bene. Di notte, col buio, la pupilla spontaneamente si dilata. Ma affinché si riesca a vedere tutto al meglio occorre che la pupilla si restringa: ecco perché aumentano in modo spontaneo gli ammiccamenti. La caratteristica più importante della visione notturna durante la guida è l'enorme variazione delle luminanze che possiamo trovare sulla scena, cioè in diverse posizioni della strada attraverso cui stiamo circolando.

Il sistema visivo si adatta a questi cambiamenti di luminosità per mezzo di variazioni delle dimensioni pupillari e soprattutto mediante l'elaborazione neuronale dei diversi segnali ricevuti.

Gli occhi sono soggetti a sollecitazioni completamente differenti quando guidiamo al buio, al crepuscolo o in condizioni meteorologiche avverse, ad esempio sotto la pioggia, la neve o nella nebbia.

Le pupille sono dilatate e quindi la visione è meno nitida rispetto a quando sono contratte durante il giorno.

Una tipica conseguenza di questa differenza è che, una volta al volante, diminuisce la nostra capacità di valutare le distanze e quindi ci sentiamo insicuri e stressati. Avremmo, quindi, bisogno di lenti specifiche per la guida che ci aiutino a migliorare la qualità percettiva in condizioni di scarsa illuminazione.

RELAZIONE TRA VISIONE E INCIDENTI STRADALI

La ridotta qualità della visione compromette le prestazioni di guida. La scarsa qualità ottica in condizioni di bassi livelli di luce, può mettere a repentaglio la sicurezza alla guida infatti la riduzione della visibilità notturna provoca un aumento allarmante del tasso di incidenti automobilistici.

La sicurezza stradale è un tema molto importante infatti secondo i dati forniti dall'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) a novembre 2016, ogni anno muoiono per incidente stradale 1,25 milioni di persone. In assenza di una valida prevenzione, questo problema rischia di diventare la settima causa di morte tra gli adulti entro il 2030, mentre è già la prima in assoluto per i giovani tra i 15 e i 29 anni. Anche le persone anziane, proprio per le loro peculiarità visive potrebbero essere più esposte ad incidenti quando fattori esterni peggiorano ulteriormente la qualità visiva. Un altro fattore rilevante è la riduzione dell'illuminazione stradale che aumenta i pericoli della strada.

Non bisognerebbe mettersi alla guida se i riflessi sono rallentati in seguito all'assunzione di farmaci, alcol o stupefacenti, oppure dalla stanchezza; a compromettere il tutto potrebbe essere un difetto visivo rilevante. Molti incidenti stradali, infatti, sono attribuibili, direttamente o indirettamente, a una visione non ottimale: occhiali o lenti a contatto inappropriati, difetti visivi non corretti, scarsa percezione dei colori, difficoltà a tollerare l'abbagliamento, cattiva visione notturna.

ABBAGLIAMENTO DURANTE LA GUIDA NOTTURNA

A causa della diffusione e dispersione della luce, una piccola sorgente luminosa ad alta luminosità su uno sfondo scuro, come i fari di un'auto o un lampione stradale, può creare bagliore in inglese "glare" sottoforma di un alone luminoso che diminuisce il contrasto e impedisce persino la piena visibilità degli oggetti situati nell'ambiente della sorgente luminosa. L'abbagliamento è un disturbo visivo transitorio accompagnato da una diminuzione delle capacità visive. È provocato da una sorgente eccessivamente luminosa in rapporto allo stato di adattamento dell'occhio. Il disturbo visivo compare a partire da un certo livello detto soglia di abbagliamento. L'abbagliamento è tanto maggiore quanto più la sorgente è estesa, luminosa e vicina all'occhio, e quanto più debole è la luminanza dello sfondo.

CAPITOLO 4

NUOVE LENTI FILTRANTI

4.1 CENNI SULLE CARATTERISTICHE OTTICHE DELLE LENTI OFTALMICHE

Una lente oftalmica è caratterizzata da :

- Indice di rifrazione (n) che è il rapporto tra la velocità della luce nel vuoto e la velocità della luce in un dato materiale. Nella costruzione di una lente oftalmica più è alto l'indice di rifrazione e più sottile sarà la lente a parità di potere.
- Coefficiente di Dispersione e numero di Abbe .

Quando un raggio di luce bianca attraversa una lente oftalmica , si scompone in più radiazioni. Le varie radiazioni in uscita con lunghezza d'onda diversa si propagheranno con velocità diverse ,questo è il fenomeno della dispersione . Il numero di Abbe è l'inverso della dispersione e misura la dispersione cromatica di un materiale trasparente alle lunghezze d'onda del visibile .

Più è alto il numero di Abbe e minore sarà la dispersione.

Possiamo dire in maniera approssimativa ,che quando una radiazione luminosa incide su una lente oftalmica avverranno tre fenomeni: una parte della radiazione si rifletterà sulle due superfici della lente (Riflettanza); una parte della radiazione si trasmetterà, cioè attraverserà la lente (Trasmittanza)ed infine una parte della radiazione verrà assorbita dal materiale (Assorbimento).

Il coefficiente di trasmissione o trasmittanza si indica in % ed è la quantità di luce che riesce ad attraversare il materiale. E' il rapporto tra la radiazione trasmessa e la radiazione incidente .

Il coefficiente di Assorbimento o Assorbimento, indica la quantità di luce che viene assorbita dal materiale, anche questo valore viene indicato in % .

Il Coefficiente di Riflessione o (Riflettanza) indica la quantità di luce che viene riflessa dalla superficie del materiale. Ogni volta che una radiazione luminosa incontra una superficie, una certa quantità di essa viene persa per riflessione.

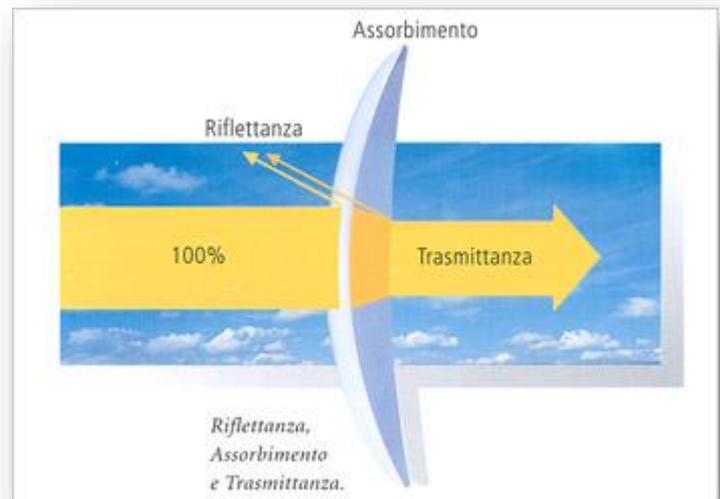


Fig.1 Fenomeni ottici subiti dalla luce quando incontra una lente.

4.2 UTILIZZO DI NUOVE LENTI FILTRANTI PER LA GUIDA NOTTURNA

Di notte e al crepuscolo, come già detto in precedenza, molteplici fonti di luce (fari, semafori, led) influenzano la visione, trasmettendo al portatore un senso di insicurezza: difficoltà di adattamento al riverbero, scarsa visione periferica, ridotta sensibilità al contrasto, tempo di risposta più lungo, difficoltà di percezione del movimento e difficoltà di lettura dei segnali stradali.

Dopo studi fatti, varie sono le proposte delle aziende di ottalmica per cercare di eliminare questi inconvenienti durante la guida notturna. In questo lavoro non abbiamo avuto la possibilità di testare tutte le lenti oggi in commercio poiché le differenze non sono tali da giustificare un controllo di questo tipo. Galileo presenta un suo trattamento in versione Night Drive, la rivoluzionaria soluzione dedicata alla guida sia notturna che diurna. Questa lente è frutto di anni di ricerche effettuate sui portatori ed è la combinazione unica di trattamento antiriflesso e design innovativo, che permette di ridurre il coefficiente di riflettanza notturna fino al 90% rispetto ad una lente in indice 1.6 non trattata antiriflesso e fino al 57% rispetto ad una qualsiasi tipologia di lenti trattate antiriflesso. In questo modo l'iperstimolazione dei fotorecettori, dovuta alla dispersione interna della luce da parte della lente, è sensibilmente ridotta e la visione che ne risulta è nitida e più definita, i contrasti sono più evidenti e i campi di visione più ampi. Il tutto per un ridotto affaticamento visivo e una guida più sicura e rilassata. Questa lente, di colore ambrato, garantisce una trasmittanza del 100% in condizione di visione mesopica, dove funzionano maggiormente i fotorecettori bastoncelli, migliorando la visione proprio nelle ore serali, oltre che notturne, rispetto ai classici trattamenti con riflesso residuo verde o azzurro. Essa è la soluzione perfetta per tutti coloro che passano molto tempo alla guida, ideale sia come prima soluzione visiva che come seconda dotazione specifica: gli automobilisti apprezzeranno una perfetta visione sulle strade sia di giorno che di notte, priva di abbagliamento dovuto al riverbero.



Fig.2 Riverberi e riflessi che rendono fastidiosa la visione durante la guida notturna.

Solo 4 tipologie di lenti filtranti abbiamo avuto la possibilità di controllare in laboratorio, allo spettrofotometro.

- La prima lente, (VARILUX ROAD PILOT), realizzata dalla Essilor, ha questo andamento: trasmette quasi tutta la luce visibile.

Sul grafico sottostante, è rappresentata la trasmittanza di questa lente in percentuale sull'asse delle ordinate e la lunghezza d'onda in nanometri sull'asse delle ascisse.

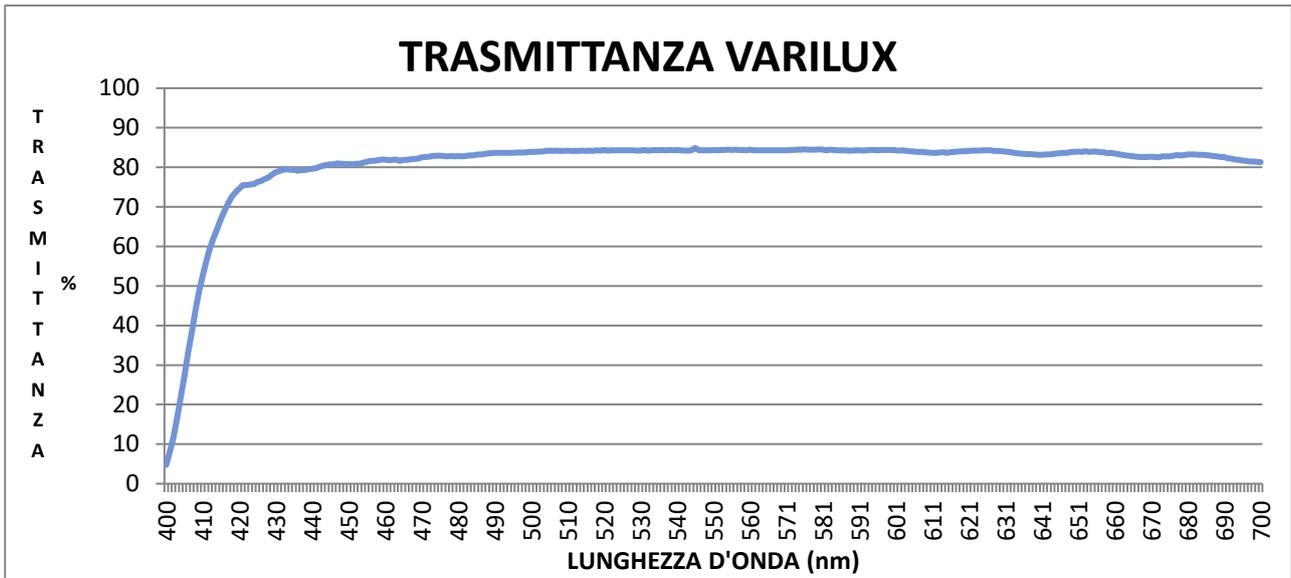


Fig.3 Trasmittanza della lente Varilux.

Grazie al trattamento Crizal Drive , su questa lente i riflessi durante la guida notturna sono ridotti del 90%, per una performance visiva ottimale nelle condizioni di scarsa luminosità. In più, aumenta il contrasto sia di giorno che di notte migliorando la percezione dei colori.

Dal grafico si evince che la trasmittanza di questa lente non arriva al 100% , ma all'incirca a 90%. Quindi sapendo che la somma della riflettanza , della trasmittanza e dell'assorbimento deve fare 1 quindi in percentuale deve arrivare a 100 ,questo vuol dire che ci sarà un po' di riflessione e magari anche un po' di assorbimento. Qui sotto è riportato il grafico della riflettanza ,con qualche imperfezione dovuta agli effetti strumentali, in particolare la presenza di queste piccole oscillazioni nel grafico potevano essere forse causate dalle incisioni presenti sulla lente che non potevano essere eliminate poiché servivano per il controllo della stessa, trattandosi di una lente progressiva . Sull'asse delle ordinate è rappresentato il coefficiente di riflessione (riflettanza) misurato in percentuale mentre sull'asse delle ascisse è rappresentata la lunghezza d'onda in nanometri.

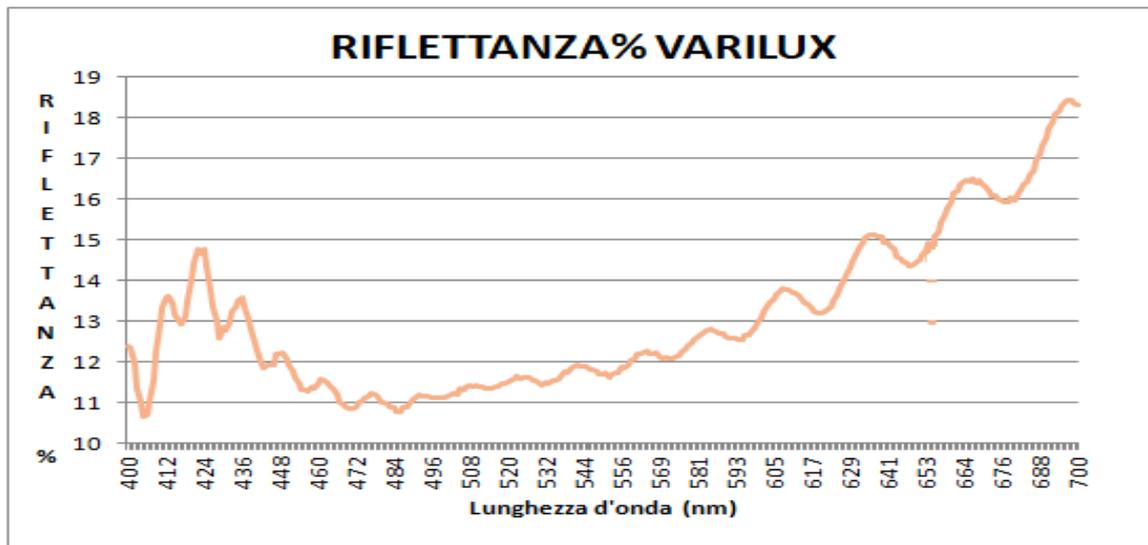


Fig. 3 Riflettanza della lente Varilux.

Infine su questa lente è stata applicata una tecnologia che esamina il fronte d'onda delle radiazioni che incidono su di essa e gestisce le aberrazioni in funzione delle variazioni del diametro pupillare.

- La seconda lente ,(FILAB) esaminata allo spettrofotometro , ha quest'altro andamento: trasmette quasi al 100% tutte le radiazioni con una lunghezza d'onda maggiore di 420 nm mantenendo poi un andamento costante , filtra al 55% la luce Blue/Viola, blocca i raggi UVB al 100% e i raggi UVA al 99%.

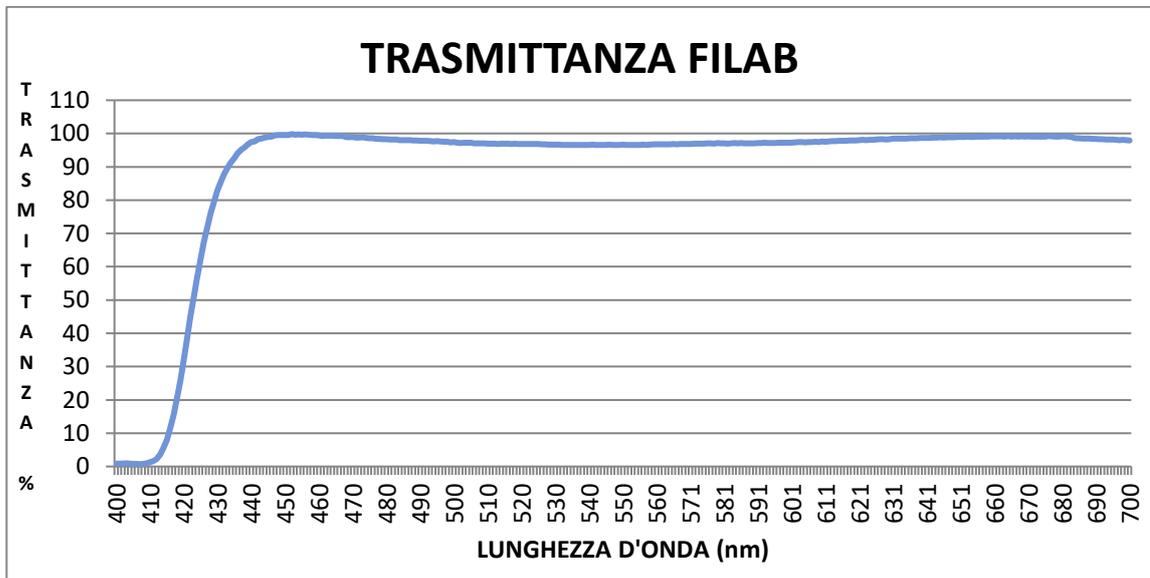


Fig. 4 Trasmittanza della lente Filab.

- Le ultime due lenti esaminate allo spettrofotometro sono state testate anche su un campione di persone ,per lo studio sperimentale di questa tesi. La prima, tra le due, è la lente per la lettura notturna e in questo grafico sottostante è rappresentata la trasmittanza.

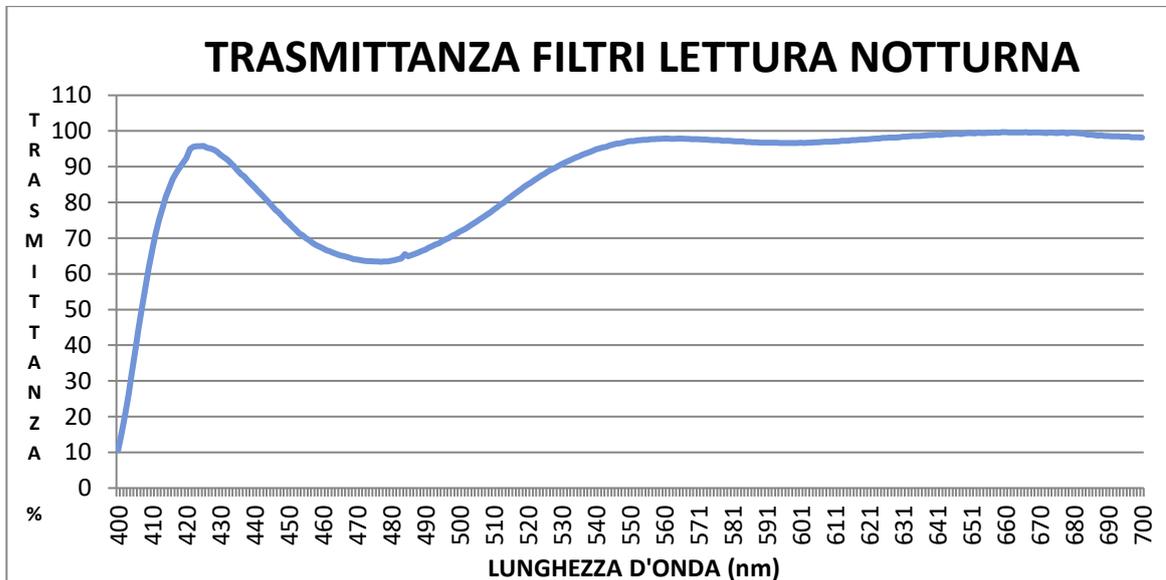


Fig. 5 Trasmittanza della lente filtrante per la lettura notturna.

Queste lenti filtrano la luce blu poiché la radiazione della luce blu emessa da sorgenti luminose artificiali o dagli schermi può essere irritante o causare affaticamento agli occhi .

Quando ci troviamo in una stanza al buio, oppure all'aperto al tramonto o di notte, come abbiamo ripetuto più volte, i nostri occhi passano ad una modalità di visione differente. In condizioni di scarsa illuminazione , l'occhio umano passa dalla sensibilità del verde a quella del blu che è più ad alta energia rispetto a quella del verde.

Teniamo presente che radiazioni a bassa lunghezza d'onda come il blu hanno alta energia e alta frequenza. Ne consegue che percepiamo la luce blu più intensamente e quindi possiamo provare una sensazione di maggiore abbagliamento.

Quest'effetto è ben noto a chi, durante la guida viene accecato dai fari abbaglianti dei veicoli provenienti in direzione opposta, in particolare di quelli con moderni fari led o allo xeno.

Negli ultimi anni sono stati scoperti nuovi recettori retinici chiamati "cellule gangliari intrinsecamente sensibili alla luce" che contengono un pigmento simile all'opsina che è stato chiamato melanopsina.

Gli assoni di queste cellule proiettano al centro per i ritmi circadiani e sembra che questi nuovi fotorecettori collaborino con i coni e bastoncelli per la funzione visiva. Essi non sono preposti alla visione come i coni e bastoncelli, la loro sensibilità massima è spostata verso il blu ed influenzano il ciclo circadiano, caratteristico ciclo sonno-veglia. Si è scoperto, inoltre, che la sovraesposizione alla luce blu può cambiare il ciclo degli ormoni cortisolo (veglia) e melatonina (sonno), responsabili delle nostre performance.

Gli effetti di una sovraesposizione si ripercuotono sul nostro orologio interno e si ha difficoltà ad ottenere il sonno ed inoltre la qualità del sonno influenza la produzione di melatonina in condizione di scarsa luce.

Sempre la sovraesposizione alla luce blu porta a difficoltà nel guardare insegne al neon blu la sera a causa della dispersione della luce blu che diminuisce il contrasto ed aumenta lo sforzo accomodativo.

Quindi questi nuovi filtri servono a ridurre la maggior parte di queste problematiche.

- La seconda, è una lente specifica per la guida notturna.

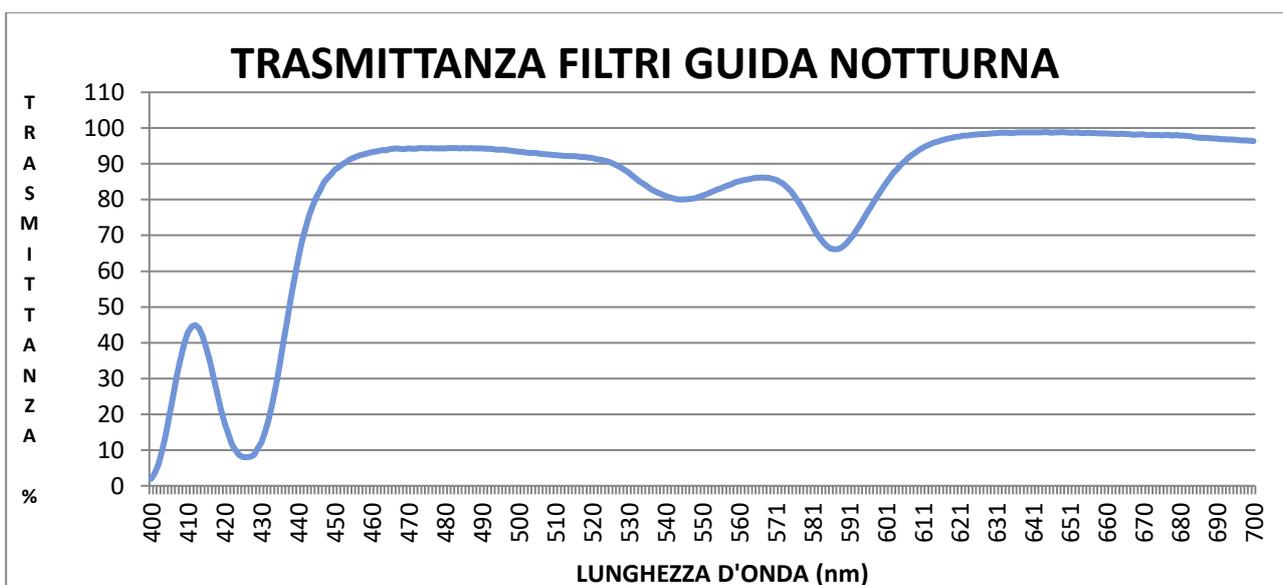


Fig. 6 Trasmittanza della lente filtrante per la guida notturna.

Quest'ultima lente è stata realizzata da un'azienda giapponese (tokai), come quella precedente, poiché stanca delle tante richieste da parte di coloro che soffrivano di problemi di abbagliamento iniziò a fare delle ricerche sui fari che sono causa di abbagliamento e dopo aver condotto delle misure spettrali sui fari di oltre 200 automobili giunse ad una conclusione.

Tra le tre tipologie principali di lampade c'erano: le lampade alogene, utilizzate nelle auto più vecchie; lampade a scarica, circa il 49%, utilizzate nelle auto più recenti, e il restante 3% erano lampade a led.

Da queste misure è emerso che le lampade a scarica producono potenti masse di luce monocromatica provocando abbagliamento. Allora si adottò una strategia mirata a tagliare efficacemente le lunghezze d'onda dei colori freddi, spostandosi gradualmente a quelli più caldi che sono più delicati per gli occhi.

Furono miscelati vari coloranti nelle lenti poiché era difficile tagliare efficacemente solo le lunghezze d'onda specifiche, però ci vollero mesi per trovare la giusta combinazione di coloranti.

Alla fine l'azienda ha creato una lente che lascia passare la luce di circa 450-520 nm che è quella che l'occhio di notte percepisce come la più luminosa e che taglia sia la luce di 420-430 nm, trasmettendola in una percentuale bassissima circa il 10%, innalzandosi subito dopo fino a raggiungere i 570 nm e poi dopo una piccola depressione a 590 nm circa, aumenta di nuovo fino a 700 nm. Quindi questa lente filtrante avendo un andamento molto articolato fa comprendere la sua complessità.

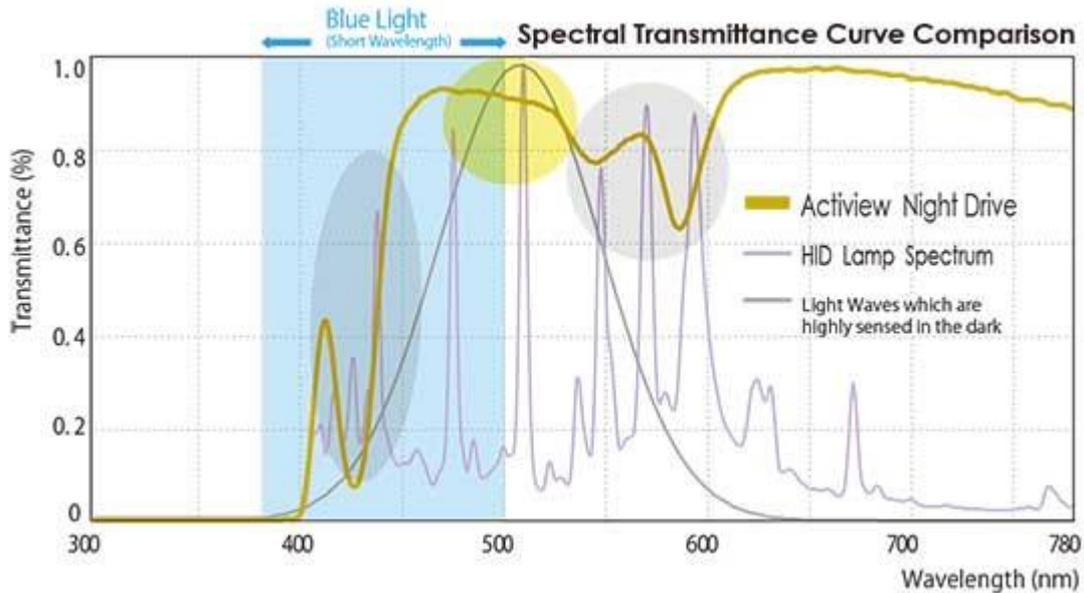


Fig. 7 La curva in giallo rappresenta la trasmittanza della lente per la guida notturna.

Sono stati fatti due test su alcuni tassisti locali, mentre guidavano, per vedere se con queste nuove lenti filtranti c'erano dei miglioramenti. Nel primo test, i risultati ottenuti sono stati positivi, eccezion fatta per alcuni; i quali hanno riferito di scambiare i colori dei semafori e degli indicatori di direzione, sia perché i lampioni erano di un giallo brillante e sia perché queste lenti risultavano difficili da usare in una condizione di buio assoluto.

Dopo aver apportate ulteriori modifiche di precisione, è stato fatto un secondo test sempre sugli stessi tassisti ottenendo dei risultati estremamente positivi. Alla fine l'obiettivo dell'azienda è stato raggiunto creando una lente caratterizzata da effetti anti-riflesso, luminosità e modellabilità, caratteristiche che non si trovano nelle lenti convenzionali sul mercato per la guida notturna.

Questa tipologia di lente è una risorsa importante non solo durante la guida notturna, ma anche nei giorni di pioggia quando la visibilità è scarsa e la luce tende a disperdersi, così come quando si vogliono vedere gli oggetti chiaramente sotto luci brillanti, come nei minimarket, nei quali la luce è abbagliante e in ambienti esterni come concerti e stadi di calcio.

Actiview	Trasmittanza luminosa	
	Diurna	Notturna
Night Drive	84	

Fig. 9 Trasmittanza luminosa della lente per la guida notturna.



Fig. 10 Visione senza la lente per la guida notturna



Fig.11 Visione con la lente per la guida notturna

Quindi , questi filtri, supportano comodamente la guida, riducendo il riflesso delle luci e delle auto in arrivo ; eliminano i bagliori , senza oscurare la visione totale; aumentano la trasmissione di luce altamente percepita nell'oscurità , filtrano l'abbagliamento della luce associata ai fari a led e allo xeno; tutto questo porta a un miglioramento del comfort visivo.

FILTRI MESSI A CONFRONTO

I filtri controllati allo spettrofotometro sono stati anche messi a confronto in questo grafico.

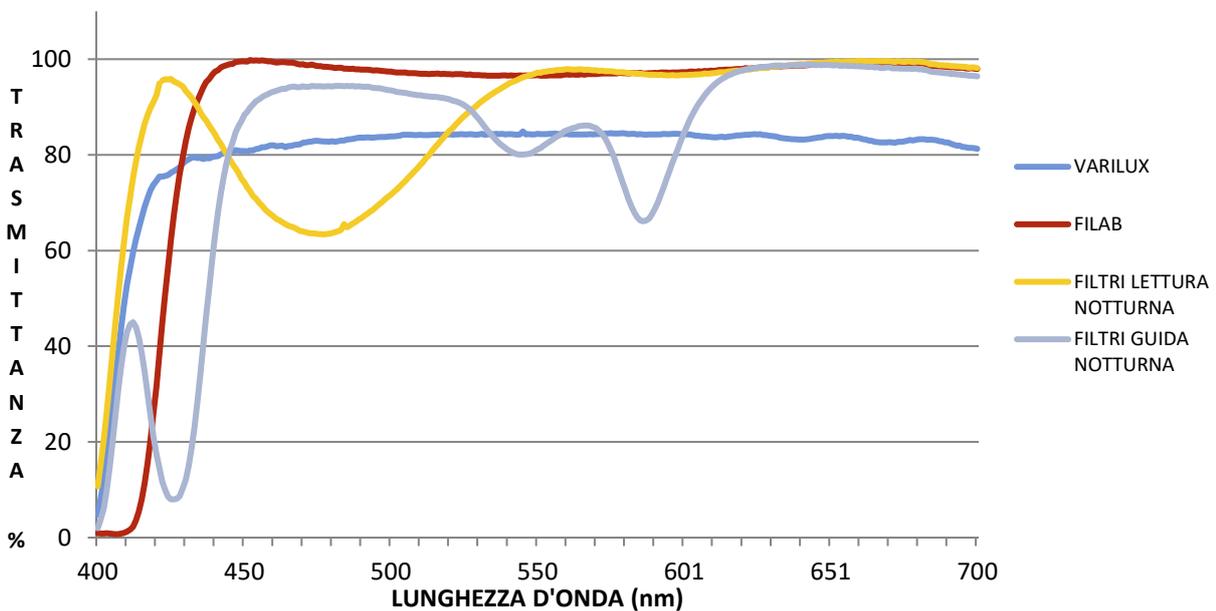


Fig. 12 Filtri a confronto.

Anche se i due filtri realizzati dalla stessa azienda , approssimativamente potevano sembrare simili , invece all'analisi spettrofotometrica sono risultati diversi poiché i filtri per la lettura notturna tagliano quella parte di luce blu disturbante per la produzione di melatonina , mentre gli altri per la guida notturna lasciano passare una determinata quantità di radiazioni tendenti al blu-verde ,che sono più performanti in tali condizioni.

CAPITOLO 5

SPERIMENTAZIONE E DATI

Il mio studio per verificare sperimentalmente la tesi è stato fatto analizzando 20 casi di età compresa tra i 18 e i 70 anni: 6 emmetropi, 7 miopi con o senza astigmatismo, 6 ipermetropi con o senza astigmatismo e 1 con astigmatismo misto.

La prima fase è stata dedicata all'anamnesi per verificare se la persona esaminata usasse una correzione o meno, e se avvertisse dei fastidi durante la giornata o di notte durante la guida.

Gli strumenti utilizzati durante questo studio sono stati:

- Un proiettore di ottotipo ambientale, posto alla distanza di 5 metri dalla persona esaminata, in una stanza buia, che proiettava 4 ottotipi che simulavano la visione fotopica, mesopica, scotopica e una condizione meteorologica avversa: la nebbia; rappresentando ai lati una carreggiata con un paesaggio.
- Una cassetta di lenti per poter effettuare i vari test.
- Una coppia di lenti filtranti: una per la guida notturna e l'altra per la lettura notturna.

Dopo aver constatato il visus del soggetto esaminato, sia esso emmetrope o ametropo; nel caso dell'ametropo è stata verificata anche l'attendibilità della correzione in uso apportando delle piccole modifiche qualora ce ne fosse stato bisogno, sono state proiettate in ordine di sequenza le immagini degli ottotipi.

Sulla prima immagine che simulava la visione fotopica c'erano degli ottotipi per verificare l'acuità visiva fino ad un visus corrispondente ad un'acuità visiva di 10/10. Ricordiamo che i 10/10 non sono un limite fisiologico, però in queste simulazioni abbiamo preso come riferimento i 10/10



Fig. 1 Visione fotopica

semplicemente perché essendo facilmente raggiungibili di giorno

siamo andati a vedere se avveniva la stessa cosa anche di sera e di notte.

I 6 emmetropi (senza alcuna correzione) raggiungevano con facilità i 10/10 in visione fotopica tranne una persona esaminata operata di cataratta in tutti e due gli occhi che a mala pena riusciva a raggiungere i 9/10.

I 9 miopi con o senza astigmatismo, con la correzione in uso raggiungevano un visus di 10/10, in alcuni di essi ho dovuto aumentare il valore della sfera poiché erano ipocorretti. La maggior parte degli ipermetropi con o senza astigmatismo aveva un visus corretto di 10/10; tranne in un soggetto con un distacco di retina in un occhio che pur apportando delle modifiche il visus non migliorava.

Nella seconda parte è stata simulata la visione mesopica a tutti i soggetti precedentemente controllati in visione fotopica ed hanno avuto una riduzione del visus .

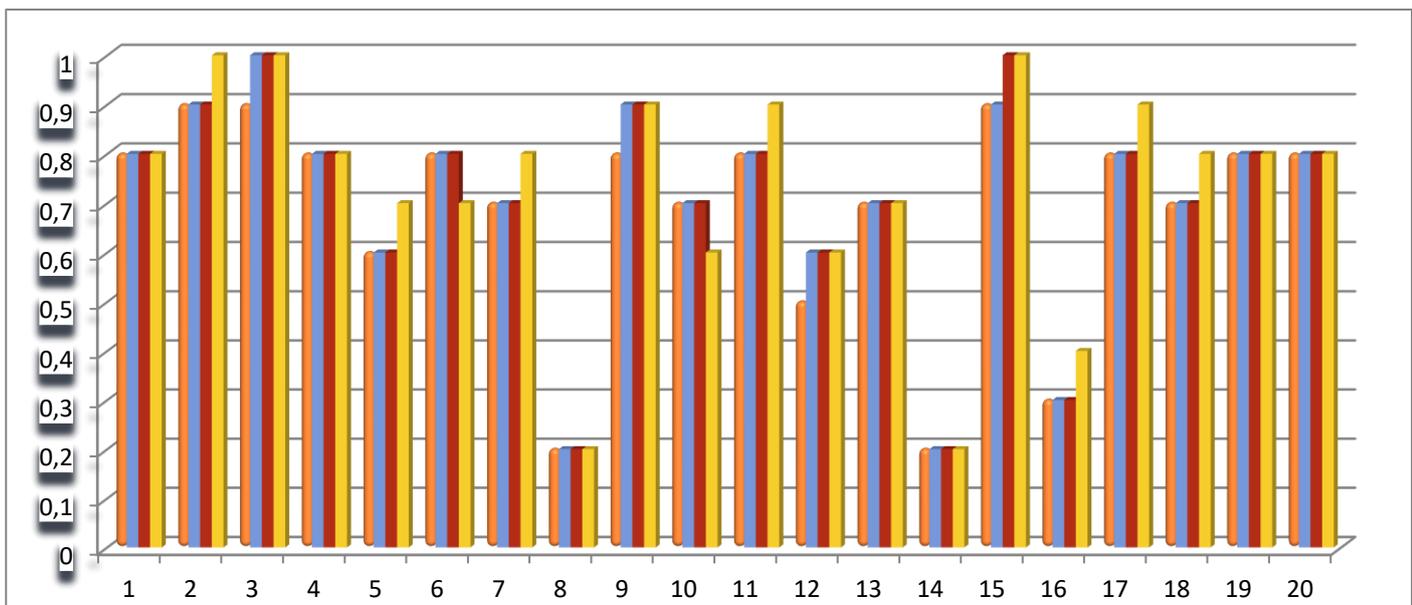
In questa situazione ,tutti gli esaminati, senza o con qualsiasi difetto visivo (miopia, ipermetropia , astigmatismo)hanno avuto difficoltà di acutezza visiva ,con una forte riduzione della sensibilità al contrasto.

Inoltre in questa condizione essendo attivi sia i coni che i bastoncelli la visione è risultata più difficoltosa.

E' riportato un' istogramma dove sull'asse delle ascisse sono state inserite tutte le persone esaminate mentre sull'asse delle ordinate è riportato il visus in decimi, ottenuto nella visione mesopica con la correzione in uso , quello ottenuto antepoendo i nuovi filtri per la guida notturna e per la lettura notturna e quello ottenuto con l'aggiunzione di una lente negativa di -0,25 diottrie.



Fig. 2 Visione mesopica



Istogramma 1

IN **ARANCIONE** E' RAPPRESENTATO IL VISUS RAGGIUNTO IN VISIONE MESOPICA, IN **CELESTE** QUELLO OTTENUTO CON L'ANTEPOSIZIONE DEI FILTRI PER LA GUIDA NOTTURNA, IN **ROSSO** QUELLO OTTENUTO CON I FILTRI PER LA LETTURA NOTTURNA, CHE NEL CASO DEGLI AMETROPI SONO STATI APPLICATI SULLA CORREZIONE IN USO E IN **GIALLO** IL VISUS OTTENUTO CON L'AGGIUNTA DI UNALENTE NEGATIVA DI -0,25 DIOTTRIE.

Da questo grafico si evince che nelle stesse persone esaminate , ci sono state queste variazioni:

- Riduzione del visus di 1/10 in 3 esaminati : nei soggetti n° 2 e 3 (emmetropi) e nel soggetto n° 15 miope con astigmatismo ; tutti di età compresa tra i 18 e 24 anni.

- Riduzione del visus di 2/10 in 8 esaminati: nei soggetti n°9 e 19 (emmetropi) ; in 3 ipermetropi n° 1 , 6 e 17 con o senza astigmatismo , nel soggetto n°4 con astigmatismo misto e nei soggetti n°11 e 20 miopi con o senza astigmatismo , tutti di età compresa tra i 18 e 47 anni.
- Riduzione del visus di 3/10 in 4 esaminati : 1(emmetrope) n° 13 , 2 miopi con o senza astigmatismo n° 7 e 18 e nel soggetto n° 10 con ipermetropia , tutti di età compresa tra i 40-60 anni.
- Riduzione del visus di 4/10 in un miope n°5 di 19 anni.
- Riduzione del visus di 5/10 in un miope con astigmatismo, di 25 anni, n°12 ,che aveva un occhiale sottocorretto infatti nella visione fotopica ho dovuto aumentare la sfera negativa per incrementare il visus, fino al massimo possibile che è stato di 10/10 . Questo miglioramento è stato molto apprezzato da questo soggetto.

Una riduzione drastica del visus è avvenuta in soli tre esaminati : nel soggetto n°8 con una miopia elevata , che con la correzione in uso ,da 10/10, il visus è diminuito a 2/10 in visione mesopica, la stessa cosa è avvenuta anche nella visione scotopica . Lo stesso risultato è stato ottenuto anche nel soggetto operato di cataratta che dagli 8-9/10 della visione fotopica è passato a 2/10 e nessuna modifica ha avuto successo . Nel soggetto con distacco di retina il visus corretto è passato dai 7/10 della visione fotopica a 3/10.

L'aggiunta di una lente negativa di -0,25 diottrie su tutte le persone esaminate ha portato ad un incremento del visus di 1/10 in 11 soggetti :2(emmetropi) n°2 e 3, un soggetto ipermetrope n°17 con astigmatismo e il restante ,in numero maggiore ,erano per lo più miopi con o senza astigmatismo , tutti di età compresa tra i 18 e 47 anni. Nel soggetto n°8 con una miopia molto elevata , il visus aumentava di 1/10 solo con l'aggiunta di una lente negativa di -1,00 diottrie sulla correzione in uso, la stessa situazione si è presentata anche in condizione scotopica.

Solo due esaminati ipermetropi n° 6 e 10 di età compresa tra i 50 -60 anni hanno percepito un peggioramento del visus con l'aggiunta della lente negativa di -0,25 diottrie sulla correzione in uso e questo può essere dovuto al fatto o che erano corretti perfettamente se non addirittura ipercorretti in visione fotopica oppure legate ad una condizione di indice del cristallino , il quale assorbendo radiazioni a bassa lunghezza d'onda e privilegiando quelle ad alta, si potrebbero non avere gli effetti della miopia notturna legata a questa condizione.

Con l'anteposizione dei nuovi filtri ,sulla correzione in uso nel caso degli ametropi e senza nel caso degli emmetropi, si è ottenuto un incremento del visus di 1/10 in 4 esaminati : 2 emmetropi il 3 ed il 9 e 2 miopi con astigmatismo il 12 e il 15 ,tutti di età compresa tra i 18 e 25 anni.

La maggior parte degli esaminati, già in questa situazione, con l'anteposizione di questi nuovi filtri percepiva un miglioramento nella luminosità dell'immagine proiettata , in quanto essi riferivano di vedere i colori dello sfondo più brillanti e l'immagine più limpida; altri invece percepivano l'immagine più scura con un aumento del contrasto. L'ultima persona esaminata ,già da alcuni anni, fa uso di queste nuove lenti filtranti infatti a differenza degli altri , seppur avendo una miopia con un astigmatismo di media entità riferiva di vedere l'immagine più brillante rispetto alla correzione con lenti della cassetta di prova. Solo i due soggetti con distacco di retina e l'altro operato di cataratta percepivano l'immagine più opaca e più offuscata.

La penultima immagine simulava la visione scotopica .

In questo caso rispetto alla situazione precedente le lettere sull'ottotipo risaltavano di più poichè in questa condizione il contrasto tra lettera e sfondo era più accentuato.

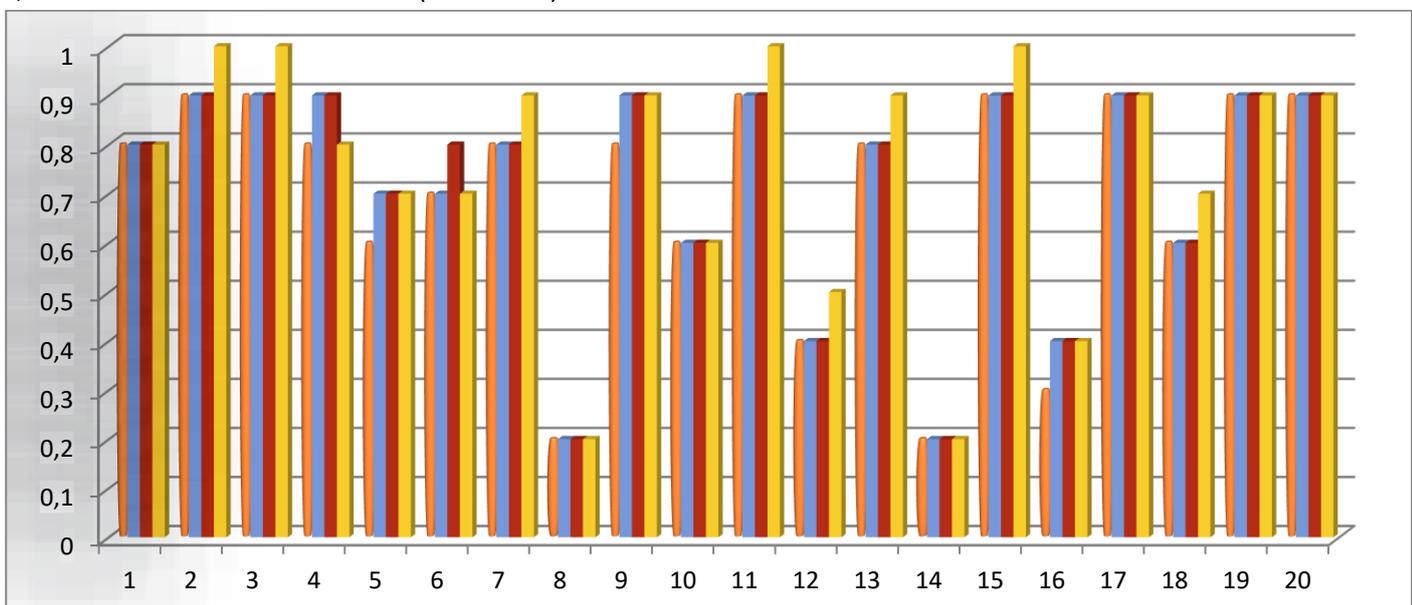
Come ripetuto più volte, i bastoncelli sono responsabili della visione notturna ed essendo situati nella zona periferica della retina , di notte si vede meglio guardando con la zona paramaculare , anche se in maniera meno nitida.

Ricordando, che la dilatazione della pupilla, in condizioni di bassa luminosità nelle ore notturne crea quella che noi chiamiamo miopia notturna , che può essere dovuta all'assenza di un preciso punto su cui posizionare l'accomodazione, ad uno spostamento in avanti del cristallino durante midriasi o dall'aumentata influenza dell'aberrazione sferica, rendendo manifesti quei piccoli difetti che in condizione di normale luminosità non vengono rilevati; non dimenticando anche quella riferita a radiazioni di lunghezza d'onda minore.

E' riportato un' istogramma dove sull'asse delle ascisse sono state inserite tutte le persone esaminate mentre sull'asse delle ordinate è riportato il visus in decimi, ottenuto nella visione scotopica con la correzione in uso (**IN ARANCIONE**) , quello ottenuto antepoendo i nuovi filtri per la guida notturna (**IN CELESTE**) e per la lettura notturna (**IN ROSSO**) e quello ottenuto con l'addizione di una lente negativa di - 0,25 diottrie alla correzione in uso (**IN GIALLO**).



Fig.3 Visione scotopica.



Istogramma 2

Da questo grafico, sempre sullo stesso campione di 20 esaminati sono stati ricavati i seguenti dati :

- Riduzione del visus di 1/10 in 7 esaminati: 3 emmetropi il 2 , 3 e il 19 ; 3 miopi con o senza astigmatismo l'11, il 15 e il 20 e in un ipermetrope con astigmatismo il 17 :tutti di età compresa tra i 18 e i 47 anni.

- Riduzione del visus di 2/10 in 5 esaminati: 1 ipermetrope l' 1; nel soggetto con astigmatismo misto il 4 , in un miope con astigmatismo il 7 ,e in un emmetrope il 13 , tutti di età compresa tra i 25 e 44 anni.
- Riduzione del visus di 3/10 in 1 esaminato: un ipermetrope il 6 di 52 anni.
- Riduzione del visus di 4/10 in 3 esaminati: un miope il 5 di 19 anni ,un ipermetrope il 10 e un miope il 18 di età compresa tra 47 e 60 anni.
- Riduzione del visus di 6/10 in 1 esaminato: miope con astigmatismo il 12 di 25 anni .

Anche in questo caso, sempre le stesse 3 persone hanno avuto una riduzione molto accentuata del visus .

Con l'aggiunta di una lente negativa di - 0,25 diottrie ,il visus è aumentato di 1/10 in 11 esaminati : 4 emmetropi (2)-(3)-(9) –(13); 6 miopi con o senza astigmatismo (5)-(7)-(11)-(12)-(15)-(18) ; 1 ipermetrope con distacco di retina (16) ; tutti di età compresa tra 24 e 67 anni. In tutti gli altri soggetti con questa piccola aggiunta non si sono avuti miglioramenti. Anche in questa situazione il soggetto (8) con una miopia elevata ha avuto un incremento del visus di 1/10 solo con l'addizione di una lente -1,00 diottrie alla correzione in uso , raggiungendo così i 3/10.

Quindi dai dati ottenuti su 20 soggetti, 12 hanno avuto un miglioramento del visus con l'aggiunta di potere negativo e questo dimostra l'esistenza di questa condizione di miopia notturna che ha ridotto in questi soggetti la visione da lontano. In questi 12 esaminati ,ho incrementato ulteriormente il potere negativo ma non ho avuto miglioramenti tali da far variare ulteriormente il visus . I restanti ,con l'aggiunta di uno 0,25 diottrie di negativo non hanno avuto aumenti di visus ed è rimasto stabile.

Con l'anteposizione dei nuovi filtri si sono avuti degli incrementi di visus di 1/10 in 5 esaminati.

Con entrambi i filtri il soggetto(4), con astigmatismo misto, dagli 8/10 ottenuti con la correzione in uso è arrivato a 9/10; questo è stato possibile grazie ad un miglioramento del contrasto tra lettera e sfondo.

Anche il soggetto (5) miope,dopo aver apportato delle modifiche poiché con la correzione in uso era leggermente ipocorretto,è passato dai 6/10 a quasi 7/10, con entrambi i filtri.

Il soggetto(6) ipermetrope, con l'aggiunta dei filtri per la lettura notturna sulla correzione in uso è passato dai 7/10 agli 8/10 , mentre il soggetto (9) emmetrope da 8/10 è passato a 9/10 con entrambi i filtri.

Ed infine nel soggetto (16) ipermetrope con distacco di retina grazie alle lenti per la guida notturna da 3/10 il visus è migliorato di 1/10; lo stesso risultato si è ottenuto con quelle per la lettura notturna anche se l'esaminato ha mostrato una preferenza per le lenti per la guida notturna.

Anche in questo caso la maggior parte delle persone esaminate, con l'anteposizione dei filtri per la guida notturna percepiva meglio i contrasti e i contorni , qualcuno focalizzava prima le lettere ; altri, con i filtri per la lettura notturna vedevano l'immagine più limpida, i colori più accesi e brillanti ; mentre qualcun altro percepiva l'immagine più scura e qualcun altro più opaca . E' stato molto difficile mettere insieme le diverse percezioni poiché la visione variava molto da soggetto a soggetto e ad incidere su di essa ci sono stati tanti fattori.

Nel grafico sottostante viene fatto un piccolo resoconto sul giudizio di questi nuovi filtri sulla performance visiva in condizione mesopica e scotopica.

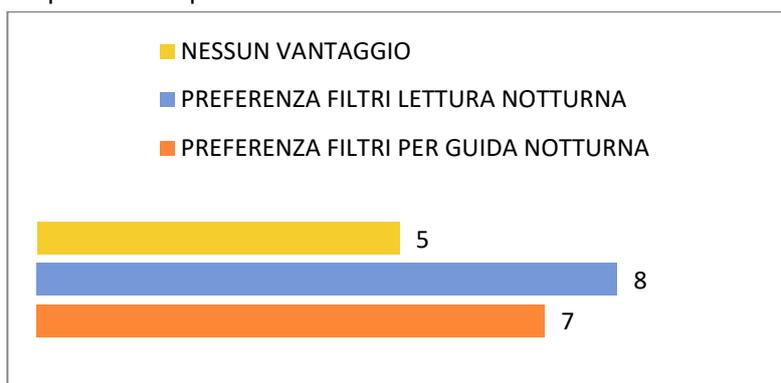


Fig. 4

Da questo grafico si evince che su un campione formato da 20 persone : 5 esaminati non hanno ottenuto nessun beneficio da questi filtri mentre 15 hanno percepito dei miglioramenti e tra questi :8 hanno mostrato una preferenza per i filtri per la lettura notturna poiché privilegiando la trasmissione dei colori caldi , queste stesse persone percepivano il colore rosso dei catarifrangenti presenti sullo sfondo proiettato ,più acceso mentre i restanti 7 hanno avuto una preferenza per i filtri per la guida notturna poiché con essi si evidenziava meglio il contrasto tra le lettere presenti sull'ottotipo e lo sfondo circostante.

VISIONE IN CONDIZIONE DI NEBBIA

L'ultima immagine simulava la visione in condizione di nebbia e anche qui, servendoci sempre degli ottotipi proiettati , nelle stesse persone esaminate siamo andati a verificare il visus solo con la correzione in uso negli ametropi e senza nel caso degli emmetropi e poi siamo andati ad anteporre questi nuovi filtri per vedere se ci fossero state delle differenze o dei miglioramenti nella performance visiva .

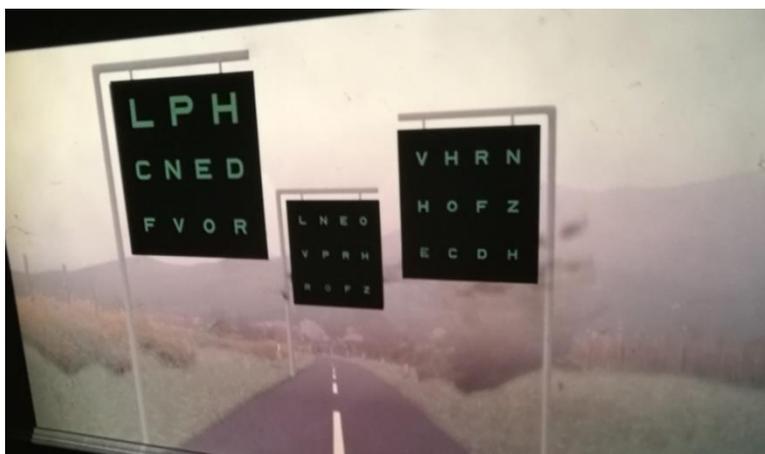


Fig.5 Visione in condizioni di nebbia.

Da questo test è emerso che sullo stesso campione di 20 persone : 15 riferivano di percepire delle differenze con l'anteposizione di questi nuovi filtri. Alcuni percepivano l'immagine più scura,più gialla , altri percepivano l'immagine più limpida , e un ipermetrope aveva con questi filtri una visione più rilassata e meno stancante . Qualcuno è riuscito anche a focalizzare meglio qualche lettera, che senza non riusciva a distinguere.

Solo 5 esaminati su 20 non hanno percepito l'efficacia ma un peggioramento nella qualità visiva . La maggior parte dei risultati positivi si è avuto con l'anteposizione dei filtri per la lettura notturna che venivano preferiti di più rispetto a quelli per la guida notturna.

In conclusione sia nelle situazioni di bassa luminanza , visione mesopica, scotopica e in condizioni meteorologiche avverse come la nebbia, si è avuto in alcuni casi un piccolo miglioramento del visus e in altri casi si è avuto un miglioramento nella percezione dei colori presenti sullo sfondo. In definitiva possiamo affermare che con questi nuovi filtri l'acuità visiva nei soggetti esaminati non è incrementata molto però la maggior parte di essi in visione scotopica ha avvertito un miglioramento nel contrasto tra le lettere presenti sugli ottotipi e lo sfondo circostante simulato dal proiettore; focalizzando così meglio qualche lettera che senza filtri non riuscivano a leggere. Da tener conto è il fatto che questi filtri sono stati anteposti a delle lenti della cassetta di prova ,privi in questo caso, di un trattamento antiriflesso , sicuramente aggiungendo anche il trattamento antiriflesso la performance visiva sarebbe migliorata ulteriormente.

Uno dei limiti , oltre al fatto di aver simulato queste condizioni quanto più vicino possibile alla realtà , è stato quello di aver valutato i cambiamenti indotti dai filtri sulla performance visiva solo per alcuni minuti , senza poter considerare un tempo maggiore di adattamento del soggetto per mettere in evidenza eventuali miglioramenti o peggioramenti . Solo in alcuni soggetti , questi filtri sono stati utilizzati più volte sempre per alcuni minuti ,in quanto alcuni sono stati esaminati prima ad una distanza di 4 metri e poi a 5 metri poiché a 4 metri l'impiego accomodativo poteva falsare la correzione.

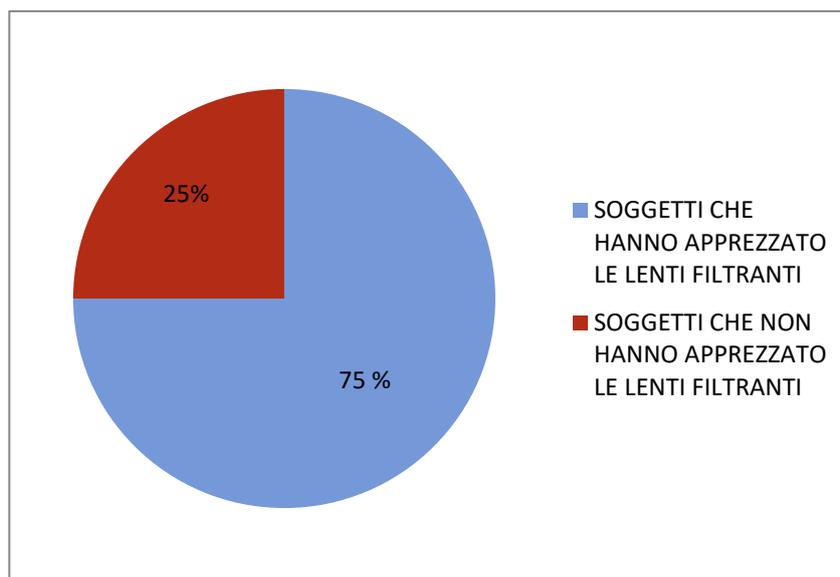


Fig.6

TEMPO DI ABBAGLIAMENTO E DI RECUPERO

Dopo aver effettuato i test in visione fotopica, mesopica, scotopica e in condizione di nebbia, è stata simulata una condizione di abbagliamento per verificare se ci fosse stato un abbattimento nel tempo di abbagliamento e successivamente di recupero con l'anteposizione di questi filtri per la guida notturna.



Fig.7 Visione con lenti filtranti per la guida notturna.

Sempre nella stessa stanza buia, tenendo proiettata l'immagine dell'ottotipo che simulava la visione notturna è stato puntato tra i due occhi ad una distanza compresa tra 10-15 cm il flash luminoso di un cellulare. La persona, abbagliata da questo flash doveva riferire quando non riusciva a distinguere più l'ottotipo per l'effetto dell'abbagliamento indotto e successivamente quando ritornava a vedere dopo l'interruzione del flash. Tutti questi secondi sono stati da me cronometrati. Questi ultimi passaggi, sia il tempo di abbagliamento che il tempo di recupero sono stati effettuati prima solo con la correzione in uso e poi in un secondo momento anteposendo i filtri testati sulla correzione in uso nel caso di ametropi e senza nel caso degli emmetropi. Andiamo a capire che cosa indicano effettivamente il tempo di abbagliamento e di recupero.

Il tempo di abbagliamento indica l'intervallo di tempo in cui il soggetto viene abbagliato e questo può accadere quando si incrociano fari abbaglianti delle auto magari all'uscita da una galleria o in una curva. Il tempo di recupero dopo l'abbagliamento invece esprime l'intervallo di tempo necessario a recuperare una visione sufficiente dopo aver affrontato rapidi e intensi incrementi di luminosità che inducono abbagliamento, condizione che rende incapaci di vedere centralmente per alcuni secondi. Un prolungato tempo di recupero all'abbagliamento rappresenta un pericolo per la sicurezza nella conduzione di un mezzo. Da questo test per quanto riguarda i tempi di abbagliamento è emerso che mediamente sia senza, che con la lente per la guida notturna i soggetti venivano abbagliati dopo circa 3 secondi.

E' stata fatta una media di tutti i risultati ottenuti in quanto i tempi di abbagliamento variavano da persona a persona, poiché come già ripetuto più volte, la sensibilità all'abbagliamento dipende da diversi fattori.

Per quanto riguarda i tempi di recupero dopo l' abbagliamento si sono avuti risultati estremamente positivi; infatti dalla media è emerso che con questi nuovi filtri per la guida notturna si è ottenuto un tempo di recupero di circa 2,5 secondi prima ,con la correzione in uso per gli ametropi e solo con i filtri neutri nel caso degli emmetropi. Infatti dai dati ottenuti, solo con la correzione in uso nel caso degli ametropi e senza nel caso degli emmetropi, il tempo di recupero dopo l'abbagliamento è stato di circa 5,5 secondi mentre con la sovrapposizione dei filtri è stato di circa 3 secondi.

Questo è un ottimo risultato , se si pensa a quanto può incidere il tempo di recupero se siamo alla guida in autostrada e dobbiamo immediatamente rallentare per scansare un pericolo.

Se si pensa che a 120 km/h si percorrono 33 metri al secondo allora facendo una proporzione si ottiene che se stiamo alla stessa velocità ,recuperando la visione 2,5 secondi prima ,si ridurrà lo spazio di frenata del 60% e ciò consentirà di ridurre i rischi per un eventuale tamponamento.

CONCLUSIONI

Durante la guida , soprattutto in condizioni di scarsa illuminazione , di sera o di notte, molte persone subiscono un aumento dello stress psicofisico , si stancano più velocemente e i loro tempi di reazione rallentano. Gli occhi sono soggetti a differenti sollecitazioni in situazioni di guida notturna , al crepuscolo , o comunque in condizioni di scarsa illuminazione, in quanto le pupille sono maggiormente dilatate e di conseguenza aumenta la percezione delle aberrazioni dell'occhio; quindi la qualità della visione si riduce drasticamente rispetto alle condizioni di luce diurna. Una tipica conseguenza di tutto ciò è la ridotta capacità di valutare le distanze durante la guida con un aumento dello stress.

A tutte queste problematiche si aggiungono quelle legate all'abbagliamento , infatti nel traffico molte persone trovano estremamente fastidiosi i bagliori causati dai fari delle macchine in avvicinamento , in particolare al tramonto o di notte quando le pupille sono più dilatate. Inoltre ad accentuare il tutto sono le moderne tipologie di fari dei veicoli , ad esempio a Led o allo Xenon, che pur essendo molto performanti dal punto di vista dell'illuminazione , sono maggiormente fastidiose rispetto ai sistemi utilizzati nei tempi passati. Quindi risulta fondamentale avere a disposizione un'adeguata protezione contro l'abbagliamento e che riduca le eventuali aberrazioni che di notte si accentuano per rendere la guida più sicura e confortevole. Oltre al lavoro fatto su ciò che i soggetti percepivano con l'aggiunta dei nuovi filtri , ho realizzato alcune foto con e senza la sovrapposizione degli stessi , nelle stesse condizioni di luce e ho ottenuto questi risultati. Da queste foto si evince come queste lenti filtranti in condizione di abbagliamento riducono fortemente il bagliore proveniente dai fari di quest'auto , rendendo la stessa immagine più nitida e definita , permettendo così anche la visualizzazione della targa che senza lenti non si riusciva a leggere.



Fig.1 CON LENTE PER LA GUIDA NOTTURNA

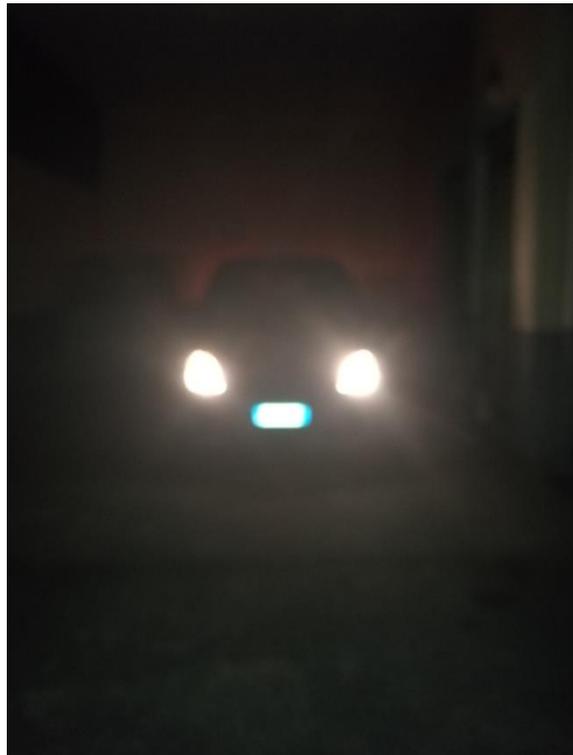


Fig.2 SENZA LENTE

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

1. "Optics of the human eye" ; D.Atchinson e G.Smith ; 2000; Butterworth Heinemann.
2. "Fisiologia umana ,un approccio integrato" ; Dee U. Silverthorn;2013 ;Pearson.
3. "Manuale di optometria e contattologia" II edizione , A Rossetti e P. Gheller, 2003 , Zanichelli.
4. Dispense corso tecniche fisiche per l'optometria , P. Carelli, Università Federico II.
5. "Ottica visuale" ,Fabrizio Zeri , Anto Rossetti , Alessandro Fossetti.
6. <https://otticacampagnacci.com/eyes/fisiologia/meccanismo-della-visione/>
7. <http://www.tokai.com/>
8. <http://www.galileoitalia.it/>
9. <https://www.essiloritalia.it/>
10. https://www.race.es/race.es/documentos/seguridad_vial/formacion_vial/INFORME%20RACE%20VISION%20NOCTURNA%202012.pdf
11. Wikipedia
12. "Optometria A-Z ,dizionario di scienza , tecnica e clinica della visione"; L. Lupelli ;2014 ; Medical Books.

RINGRAZIAMENTI

Ed ora con grande soddisfazione posso finalmente dire di aver raggiunto il mio obiettivo!

E' stato un percorso di apprendimento teorico e pratico che mi ha fatto vivere momenti gioiosi ,ma anche periodi non facili tra corsi da seguire, esami e tirocini che pian piano sono riuscita a superare grazie sia alla mia tenacia che alle persone che mi sono state vicine.

Ringrazio in primis , il relatore di questa tesi , il professor Salvatore Abys ,per le tante idee che mi ha dato nel realizzare questo lavoro ma soprattutto per la pazienza e per il tempo che ha speso nel correggermi e nel perfezionarmi.

Un ringraziamento speciale va alla mia famiglia: a mia mamma e mio padre per tutti i sacrifici che hanno dovuto fare nel sostenermi economicamente durante questo percorso ma soprattutto li ringrazio per il supporto morale che mi hanno dato e per aver creduto in me fino alla fine e grazie anche a mia sorella che con la sua allegria mi ha incoraggiata nei momenti di sconforto .

Un ringraziamento particolare va al mio fidanzato, Pietro che in ogni momento universitario mi è stato accanto con tant' amore e pazienza e mi ha spronata a dare il meglio di me in qualsiasi circostanza.

Un doveroso ringraziamento va , a colleghi, amici e parenti che con grande pazienza hanno accettato di sottoporsi alla sperimentazione che ha portato alla realizzazione di questo elaborato.

Infine voglio dedicare questo mio traguardo ai miei due angeli, nonno Sebastiano e nonna Maria , con la speranza che vegliano sempre su di me come hanno sempre fatto da lassù e che continuino ad aiutarmi nel realizzare un futuro sereno e promettente.

Non ci sono parole per ringraziarvi ma c'è solo un grazie infinito a tutti voi che avete creduto in me!!!