

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

**Dipartimento di Fisica e Astronomia**

Corso di Laurea Triennale in Ottica e Optometria

Tesi di Laurea

**I filtri selettivi in ipovisione: caratteristiche fisiche,  
applicazioni ed efficacia clinica**

Relatore: Prof. Paolo Facchin

Laureanda: Giorgia Mion

Matricola: 1127326

Anno accademico 2017/18



## **INDICE**

Abstract.....	5
Introduzione.....	7
<b>CAPITOLO 1 - Ipovisione e ausili.....</b>	<b>9</b>
1.1. La definizione di ipovisione.....	9
1.2. Epidemiologia.....	11
1.3. Cause.....	12
1.3.1. Degenerazione maculare legata all'età.....	14
1.3.2. Glaucoma.....	15
1.3.3. Retinopatia diabetica.....	16
1.3.4. Cataratta.....	17
1.4. Gestione funzionale del soggetto ipovedente.....	18
1.4.1. Ausili per soggetti ipovedenti.....	18
1.4.1.1. L'ingrandimento.....	18
1.4.2. Ausili ottici ed elettronici.....	20
1.4.3. Ausili per le principali patologie causa di ipovisione....	22
<b>CAPITOLO 2 - I filtri selettivi.....</b>	<b>25</b>
2.1. Caratteristiche fisiche dei filtri selettivi.....	25
2.2. Obiettivi dell'utilizzo dei filtri selettivi.....	28
2.2.1. L'importanza della salute oculare.....	29
2.2.2. Caratteristiche generali dei filtri selettivi.....	30
2.3. Modalità di scelta del filtro selettivo.....	31
2.4. Analisi degli studi.....	35
2.4.1. Scopo.....	35
2.4.2. Metodo.....	35
2.4.3. Acuità visiva.....	35
2.4.4. Sensibilità al contrasto.....	42

2.4.5. Visione dei colori.....	48
2.4.6. Discussione dei risultati.....	49
Conclusioni.....	53
Bibliografia.....	55
Sitografia.....	58

## **Abstract**

**Introduzione:** Oggi giorno nel mondo sono presenti numerosi soggetti ipovedenti e la stima, come affermano recenti indagini, è destinata a crescere ulteriormente. Un modo per migliorare la qualità della vita degli ipovedenti è quello di fornire loro degli ausili ottici o elettronici in grado di supportarli nelle attività quotidiane.

**Metodo:** In questo elaborato, tra i diversi ausili, sono stati approfonditi i filtri selettivi. Per svolgere la parte di ricerca sono stati selezionati alcuni studi, tra la letteratura dai primi anni '90 fino ad oggi, attraverso la consultazione del portale PubMed. Per ogni studio analizzato si sono indagati principalmente i seguenti parametri: acuità visiva, sensibilità al contrasto e visione dei colori.

**Risultati:** Negli studi considerati, sono stati utilizzati filtri selettivi di colori e marchi diversi e i soggetti ipovedenti, partecipanti agli studi, erano affetti da varie patologie oculari. Dall'analisi dei risultati degli studi è emerso come l'acuità visiva aumenti nel 58% degli studi, rimanga invariata nel 25% e diminuisca invece nel 33%; mentre si è notato come i valori della sensibilità al contrasto migliorino nel 66% degli studi, rimanendo invariati o diminuendo rispettivamente nel 25% degli studi analizzati. Infine, per quanto riguarda la visione dei colori si è notata una generale diminuzione delle capacità discriminative.

**Discussione:** Nella maggior parte degli studi, la strategia clinica risultata più consona per la scelta del filtro ottimale per una determinata patologia sembra essere quella di considerare la percezione soggettiva del soggetto e di non affidarsi alle sole raccomandazioni dei produttori. Nella letteratura non sono stati trovati molti articoli riguardanti lo studio dei filtri selettivi. La ricerca non ha prodotto dati tutti concordanti e ciò può essere dovuto al modesto numero di studi trovati e all'eterogeneità delle patologie di cui erano affetti i partecipanti e dei filtri indagati.

**Conclusione:** Nonostante l'analisi degli studi non dia dei risultati univoci e concordanti, è però possibile notare come la maggior parte permetta di evidenziare una possibile efficacia dei filtri selettivi nei confronti dei soggetti ipovedenti.



## Introduzione

Secondo i dati rilasciati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, al giorno d'oggi, sono presenti, in tutto il mondo, 217 milioni di soggetti ipovedenti e questo numero, a seguito di recenti indagini, è destinato ad aumentare. Alla base di questo fenomeno vi sono numerose patologie oculari, le quali non sono uniformemente distribuite, ma variano di area in area, a seconda anche delle condizioni economico-sociali presenti.

Il ruolo dell'ottico-optometrista, nei confronti dei soggetti ipovedenti, è quello di accompagnarli nella ricerca degli ausili a loro più funzionali. In commercio sono disponibili prevalentemente due tipologie di ausili: ottici o elettronici.

In questo elaborato vengono trattati in maniera più approfondita i filtri selettivi, i quali hanno come obiettivo principale quello di alleviare i sintomi maggiormente rilevati nei soggetti ipovedenti, come ad esempio la fotofobia, l'abbagliamento e la perdita della sensibilità al contrasto. Non va tuttavia dimenticata l'importanza del ruolo svolto nella protezione dei tessuti oculari rispetto all'azione dannosa delle radiazioni ultraviolette.

Lo scopo che questa tesi quindi si prefigge è quello di ricercare nella letteratura gli studi che indagano, attraverso dati oggettivi e soggettivi, eventuali benefici ottenuti dall'utilizzo dei filtri selettivi.

L'elaborato viene suddiviso nello specifico principalmente in due parti:

- nella prima, dopo aver dato la definizione di ipovisione, si sono osservate le cause più diffuse e, in seguito, sono stati descritti gli ausili, distinti in ottici ed elettronici, maggiormente utilizzati;
- nella seconda, invece, sono stati approfonditi i filtri selettivi, evidenziandone inizialmente le caratteristiche fisiche e poi le modalità più adeguate di applicazione e di scelta. Infine, sono stati elencati ed analizzati, esponendone i risultati, gli studi presenti nella letteratura che indagano sull'efficacia dei filtri selettivi.



# CAPITOLO 1 - Ipovisione e ausili

## 1.1. La definizione di ipovisione

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) definisce l'ipovisione come *“quella condizione di deficit visivo che non permette a un determinato individuo il pieno svolgimento della sua attività di vita sociale e lavorativa ed il perseguimento delle sue esigenze ed aspirazioni di vita”*.

Secondo l'OMS un soggetto è cieco quando l'acuità visiva corretta nell'occhio migliore è inferiore a 1/20, mentre è ipovedente quando essa è compresa tra 3/10 e 1/20.

In Italia la definizione legale di cecità e ipovisione è data dalla Legge n. 138 del 3 aprile 2001 nella quale si trova una classificazione e una quantificazione in maniera più razionale, rispetto alla legge precedente, delle minoranze visive. La Legge 382/70 inseriva quella che è universalmente definita ipovisione nelle forme di cecità civile, cioè tra i soggetti affetti da cecità congenita o contratta in seguito a cause che non siano di guerra o di infortunio sul lavoro. È stato sottolineato come la definizione legale data da questa legge si riferisse alla sola minoranza dell'acuità visiva centrale trascurando altri parametri come l'estensione del campo visivo, la sensibilità al contrasto e la sensibilità cromatica. (Tucci F., 2000)

La novità principale della L. 138 è quella di considerare la visione periferica, prima di questa innovazione infatti una persona affetta da retinite pigmentosa o da glaucoma in fase avanzata, con una buona acuità centrale ma un campo visivo ridotto a meno di 5-10 gradi, non veniva considerata ipovedente.

Attualmente vengono distinte le seguenti categorie:

- ipovedente lieve, colui che ha un residuo visivo non superiore a 3/10 in entrambi gli occhi o nell'occhio migliore, anche con eventuale correzione, e il cui residuo perimetrico binoculare è inferiore al 60%;

- ipovedente medio-grave, colui che ha un residuo visivo non superiore a 2/10 in entrambi gli occhi o nell'occhio migliore, anche con eventuale correzione, e il cui residuo perimetrico binoculare è inferiore al 50%;
- ipovedente grave, colui che ha un residuo visivo non superiore a 1/10 in entrambi gli occhi o nell'occhio migliore, anche con eventuale correzione, e il cui residuo perimetrico binoculare è inferiore al 30%;
- cieco parziale, colui che ha un residuo visivo non superiore a 1/20 in entrambi gli occhi o nell'occhio migliore, anche con eventuale correzione, e il cui residuo perimetrico binoculare è inferiore al 10%;
- cieco totale, colui che è colpito da totale mancanza della vista in entrambi gli occhi, che ha la mera percezione dell'ombra e della luce o del moto della mano in entrambi gli occhi o nell'occhio migliore e il cui residuo perimetrico binoculare è inferiore al 3%.

<b>Definizione</b>	<b>Acuità visiva</b>	<b>Residuo perimetrico binoculare</b>
Ipovedente lieve	< 3/10	< 60%
Ipovedente medio-grave	< 2/10	< 50%
Ipovedente grave	< 1 /10	< 30%
Cieco parziale	< 1 /20	< 10%
Cieco totale	assente	< 3%

Tabella I: Classificazione minoranze visive.

Fonte: <http://www.camera.it/parlam/leggi/011381.htm>

Importante è considerare che la legge 138 del 2001 non definisce un protocollo procedurale per la valutazione del campo visivo e dell'acuità visiva. Le modalità di valutazione dell'acuità visiva non sono standardizzate e le tavole optometriche possono essere scelte arbitrariamente dall'operatore che svolge l'esame. Non sono specificate nemmeno le modalità di determinazione del campo visivo. La relatività dei concetti di cecità ed ipovisione per questi motivi aumenta se si considera che i principali parametri di valutazione possono essere influenzati da numerose variabili. (Lupelli L., 2004)

## 1.2. Epidemiologia

L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha pubblicato a ottobre 2017 i nuovi dati su ciechi e ipovedenti presenti nel mondo. Su una popolazione di 7,3 miliardi di persone, si stimano 36 milioni di non vedenti e 217 milioni circa di ipovedenti medio gravi, complessivamente quindi i disabili visivi sono 253 milioni. (World Health Organization, 2018)

Il Vision Loss Expert Group, un gruppo internazionale di oftalmologi e optometristi con esperienza nell'epidemiologia oftalmica, ha stimato il numero e la prevalenza della perdita della visione a distanza, suddividendo il mondo in 21 regioni.

Si può notare come tre regioni asiatiche ospitano il 62% delle persone con disabilità visive nel mondo: 73 milioni nell'Asia del Sud, 59 milioni in Asia orientale e 24 milioni in Asia sudorientale. L'elevata prevalenza di disabilità visive riscontrate in queste parti del mondo deriva dal fatto che poco più della popolazione mondiale (51%) vive in queste tre regioni. All'estremo opposto, le cinque regioni ad alto reddito rappresentano il 14% della popolazione mondiale, ma l'11% delle persone con disabilità visive. Cina e India rappresentano insieme il 45% dei deficit visivi, mentre le loro popolazioni combinate rappresentano il 37% della popolazione mondiale.

Complessivamente, la prevalenza della compromissione della vista a livello mondiale è diminuita rispetto alle prime stime degli anni '90. Questa diminuzione è associata a: uno sviluppo socioeconomico generale, all'azione concertata di sanità pubblica, a una maggiore disponibilità di servizi per la cura degli occhi e alla consapevolezza della popolazione generale circa le soluzioni ai problemi legati alla disabilità visiva (chirurgia, dispositivi di refrazione, ecc.).

Tuttavia, si stima che il numero di persone con problemi alla vista potrebbe triplicare a causa della crescita della popolazione e dell'invecchiamento. Ad esempio, entro il 2050 potrebbero esserci 115 milioni di persone cieche, rispetto ai 38,5 milioni del 2020. (Bourne R. et al., 2017)

### 1.3. Cause

Il Vision Loss Expert Group ha individuato 8 cause principali: degenerazione maculare legata all'età (AMD), cataratta, opacità corneali, errori refrattivi non corretti, glaucoma, retinopatia diabetica, tracoma, altre cause. (IAPB, 2018)

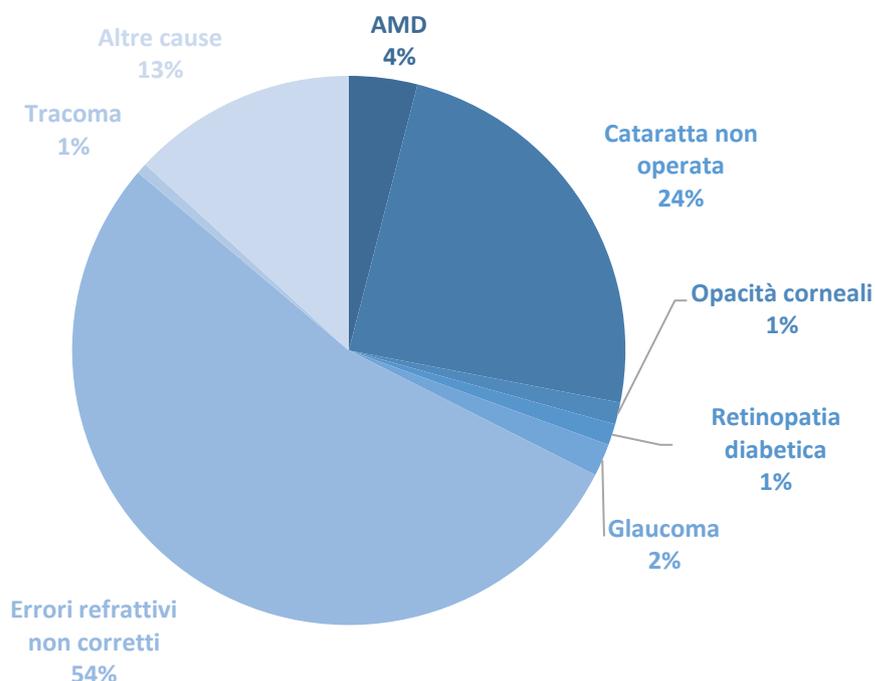


Figura 1: Le principali cause di ipovisione nel mondo.

Fonte: <http://atlas.iapb.org/global-burden-vision-impairment/gbvi-global-cause-estimates/>

Nel mondo, come si può osservare nella Figura 1, la vista si riduce fino all'ipovisione principalmente per i seguenti motivi: vizi refrattivi non corretti (54%), cataratta non operata (24%), degenerazione maculare legata all'età (4%), glaucoma (2%), retinopatia diabetica (1%). (OMS, 2018)

C'è qualche variazione nelle cause tra i vari paesi. Ad esempio, la proporzione di deficit visivi attribuibili alla cataratta è più elevata nei paesi a basso e medio reddito rispetto ai paesi ad alto reddito. Nei paesi ad alto reddito, invece, le malattie come la retinopatia diabetica, il glaucoma e la degenerazione maculare senile sono più comuni. Tra i bambini, le cause dei problemi di vista variano considerevolmente da un paese all'altro.

Ad esempio, nei paesi a basso reddito la cataratta congenita è una causa principale, mentre nei paesi ad alto reddito è più probabile che si tratti di retinopatia della prematurità.

È importante notare quanto sia determinante, a livello globale, la mancanza di una semplice correzione refrattiva tanto da definire una condizione di ipovisione.

Dai dati si può notare infatti come in termini di ipovisione, gli errori di rifrazione non corretti sono stati la causa principale in tutte le 21 regioni, con oltre due terzi di ipovedenti nell'Asia meridionale (67,9%) e tra il 46% e il 50% nelle altre 20 regioni.

Confrontando la prevalenza delle cause di disabilità visiva per gli anni 1990 e 2015 è stata osservata una riduzione per ciascuna delle condizioni dell'occhio trattate nello studio, ad eccezione della retinopatia diabetica dove la prevalenza è aumentata, con una crescita in Europa dal 2,42% del 1990 al 3,3% nel 2015. Questo dato è da considerare strettamente correlato alla crescente prevalenza del diabete mellito e al progressivo invecchiamento della popolazione. Il declino nella prevalenza del tracoma è invece particolarmente incoraggiante. Al contrario, si sarebbe auspicato un declino maggiore nella prevalenza degli errori refrattivi non corretti, i quali rimangono invece la causa principale della disabilità visiva. (Bourne R. et al., 2018)

In Italia, secondo le ultime stime Istat, che risalgono al 2005, sarebbero 362 mila le persone non vedenti e circa 1 milione e mezzo gli ipovedenti. Le persone cieche sono in diminuzione rispetto agli anni precedenti, grazie anche alle nuove e moderne tecnologie in campo oftalmologico, ma sono aumentate le persone ipovedenti, con più o meno gravi malattie della vista. Tra le cause che hanno scatenato l'aumento delle persone con patologie visive, al primo posto c'è il progressivo aumento della durata di vita che ha portato con sé le malattie oculari legate all'invecchiamento, quali il glaucoma, la cataratta, varie patologie vascolari retiniche e degenerazione maculare senile. (Ministero della Salute, 2015)

### 1.3.1. Degenerazione maculare legata all'età

La degenerazione maculare legata all'età consiste in un'alterazione della zona centrale della retina, chiamata macula; questo fenomeno è correlato al processo d'invecchiamento dell'occhio. La macula, contenente numerosi fotorecettori (i coni si trovano al centro della retina), si altera sino a perdere le sue caratteristiche. Ciò è dovuto alla morte delle cellule retiniche, che può essere lenta e progressiva oppure più rapida e immediata. Altre cause scatenanti la degenerazione maculare possono essere la miopia elevata, le malattie ereditarie dell'occhio, traumi, infezioni o infiammazioni. (Bucci M.G., 1993)

Questa patologia è causa di un'importante e irreversibile riduzione della funzionalità visiva a livello del campo visivo centrale. I sintomi sono rappresentati da: una perdita graduale della capacità di vedere chiaramente gli oggetti, distorsione delle immagini con linee rette che appaiono ondulate e storte, perdita di una chiara percezione dei colori, difficoltà nella lettura e perdita completa della visione centrale. Questa patologia comporta dunque una severa penalizzazione, ma è bene sottolineare che essa, anche nei casi più gravi, non provoca la cecità totale, in quanto vengono mantenute la visione paracentrale e laterale. Si tratta di una patologia fortemente invalidante, che può avere anche gravi ripercussioni sulla vita quotidiana e sul piano psicologico. (IAPB, 2018)

Il trattamento medico è piuttosto limitato, i metodi che si sono dimostrati più efficaci nel ridurre il rischio di perdita della capacità visiva sono la fotocoagulazione e la terapia fotodinamica.

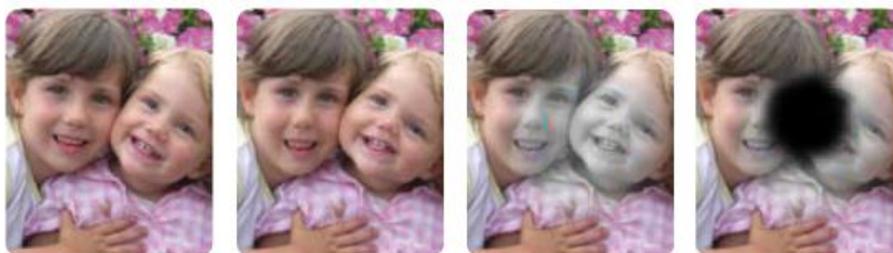


Figura 2: Esempio di come varia la visione nella degenerazione maculare.  
Fonte: Giovannini A. et al., *“Ipovisione e barriere percettive: come superare gli ostacoli invisibili”*, Rotary Club di Ancona, 2009

### 1.3.2. Glaucoma

Il termine glaucoma include un gruppo di malattie che hanno in comune tre caratteri: l'aumento della pressione intraoculare, la modificazione della papilla ottica (escavazione glaucomatosa) e la presenza di una alterazione del normale campo visivo. (Midenza E., 2006)

Si distinguono:

- Glaucoma primario, riconducibile a cause primarie strutturali che determinano una alterazione dei meccanismi di deflusso dell'umor acqueo. Questo viene ulteriormente classificato nelle forme di glaucoma ad angolo aperto e glaucoma ad angolo chiuso. Questi glaucomi sono tipicamente bilaterali;
- Glaucoma secondario, riconducibile a cause secondarie acquisite che provano meccanicamente un aumento della pressione endoculare;
- Glaucoma congenito, una condizione rara conseguenza di un difetto di sviluppo delle strutture angolari durante la vita intrauterina.

L'aumento della pressione intraoculare provoca modificazioni regressive a livello della porzione iniziale del nervo ottico con conseguente aumento del diametro e della profondità della escavazione fisiologica della papilla (atrofia ottica glaucomatosa). La porzione del disco ottico più sensibile al danno causato dall'ipertensione oculare è costituita dagli assoni supero ed infero temporali, l'atrofia di questi assoni ha come conseguenza la comparsa del tipico difetto perimetrico del glaucoma, il difetto fascicolare, deficit arcuati superiori ed inferiori che finiscono per circondare tutta l'area centrale.

La perdita del campo visivo periferico si verifica più tardi, l'area temporale superiore è l'ultima area residua presente negli stadi temporali. Nonostante un grave restringimento del campo visivo, il soggetto può avere una buona o discreta visione centrale. Altre funzioni visive vengono deteriorate con il glaucoma come la sensibilità al contrasto e il senso cromatico, principalmente sull'asse di confusione giallo-blu. (Lupelli L., 2004)



Figura 3: Esempio di come varia il restringimento del campo visivo nella progressione della malattia glaucomatosa.

Fonte: Giovannini A. et al., *“Ipovisione e barriere percettive: come superare gli ostacoli invisibili”*, Rotary Club di Ancona, 2009

### 1.3.3. Retinopatia diabetica

La retinopatia diabetica è una complicanza del diabete mellito che affligge dal 30 al 50% dei soggetti diabetici, colpendo la retina neuro sensoriale. Un diabete non controllato può provocare lo sviluppo di alterazioni dei piccoli vasi sanguigni, fino a creare dei veri e propri microaneurismi, e la trasudazione della parte liquida del sangue in prossimità della regione maculare che, a sua volta, può procurare la maculopatia diabetica.

Viene distinta in retinopatia diabetica non proliferante e retinopatia proliferante. La malattia è bilaterale e caratterizzata dalla presenza di microaneurismi, emorragie, noduli cotonosi, essudati duri e edema retinico. Nella forma proliferante è presente neovascolarizzazione, distacco di vitreo con emorragie preretiche o vitreali. (Bucci M.G., 1993)

I sintomi dipendono dallo stadio della malattia e dalle regioni della retina interessate. All’inizio la malattia coinvolge le zone medio-periferiche della retina quindi solitamente il soggetto non ha sintomi; negli stadi più avanzati della malattia, a seconda della gravità delle alterazioni, si manifestano disturbi visivi più o meno

significativi. Possono avvenire perdite improvvise della vista, dovute ad emorragie massive, occlusioni vascolari o distacco di retina.



Figura 4: Esempio di visione in caso di retinopatia diabetica.

Fonte: Giovannini A. et al., *“Ipovisione e barriere percettive: come superare gli ostacoli invisibili”*, Rotary Club di Ancona, 2009

### 1.3.4. Cataratta

Con il termine di cataratta si intende, per definizione, qualsiasi opacità del cristallino e ai fini clinici è applicato a quelle opacità del cristallino che inducono una riduzione della capacità visiva. La perdita di trasparenza influisce sulla trasmissione della luce, impedendo a questa di raggiungere normalmente la retina, determinando un progressivo annebbiamento della vista, della sensibilità al contrasto e del senso cromatico. (Bucci M.G., 1993)

I sintomi principali della cataratta sono: riduzione della vista, sensazione di vedere annebbiato e ingiallito, visione di macchie scure, visione doppia o distorta, visione di aloni colorati attorno alle sorgenti luminose, insorgenza di miopia, ipermetropia o astigmatismo.

La cataratta tra le cause di minoranze visive è quella che può essere trattata con una tecnica chirurgica collaudata.



Figura 5: Confronto tra visione normale e visione annebbiata nel soggetto con cataratta. Fonte: Giovannini A. et al., *“Ipovisione e barriere percettive: come superare gli ostacoli invisibili”*, Rotary Club di Ancona, 2009

## **1.4. Gestione funzionale del soggetto ipovedente**

Nei seguenti paragrafi andremo a descrivere come l'ottico optometrista può aiutare a migliorare le performance visive del soggetto ipovedente, grazie alla fornitura e all'assistenza per l'utilizzo di ausili. Sono state tralasciate le competenze mediche, su trattamenti chirurgici e farmacologici, che non sono stati argomenti dell'elaborato, in quanto esterni alle competenze optometriche.

### **1.4.1. Ausili per soggetti ipovedenti**

Gli ausili ingrandenti sono strumenti che hanno come scopo principale quello di migliorare la performance visiva. Possono essere ottici o elettronici, per la visione da lontano e per la visione da vicino. Oltre agli strumenti ingrandenti esistono ausili che hanno lo scopo di migliorare il campo visivo e la sensibilità al contrasto, di ridurre la fotofobia e di proteggere i tessuti oculari. Per scegliere un possibile ausilio, si devono valutare: le abilità visive della persona, l'uso che il paziente ne vuole fare e il tempo d'utilizzo.

#### **1.4.1.1. L'ingrandimento**

La maggior parte dei soggetti ipovedenti, non avendo una visione nitida, trae vantaggio dall'utilizzo di ausili che producono un ingrandimento dell'immagine. Un aumento dell'immagine dell'oggetto fissato che si forma sulla retina stimola un numero più elevato di fotorecettori.

I tre tipi d'ingrandimento principali utilizzati in ipovisione sono:

- Ingrandimento relativo alla distanza;
- Ingrandimento relativo alla dimensione;
- Ingrandimento angolare.

### **Ingrandimento relativo alla distanza**

Questo ingrandimento è dato dall'effetto dell'avvicinamento dell'oggetto all'occhio. Nel caso che lo stesso oggetto venga osservato a distanze diverse, l'angolo sotteso dall'oggetto più vicino ( $\alpha'$ ), rispetto al centro pupillare dell'occhio, è maggiore. Quindi avvicinando l'oggetto all'occhio si produce un ingrandimento dell'immagine retinica. L'ingrandimento indotto dall'avvicinamento dell'oggetto ( $I_D$ ) è dato dal rapporto tra la distanza dell'oggetto più lontano ( $d$ ) e la distanza dell'oggetto più vicino ( $d'$ ).

$$I_D = \frac{\tan \alpha'}{\tan \alpha} = \frac{d}{d'}$$

### **Ingrandimento relativo alla dimensione**

Questo ingrandimento è dato dall'incremento della dimensione dell'oggetto stesso. Due oggetti di dimensioni diverse che si trovano alla stessa distanza dall'occhio, sottendono angoli diversi, l'oggetto con dimensioni maggiori sottende un angolo maggiore. Il valore di questo ingrandimento ( $I_S$ ) è dato dal rapporto tra la dimensione dell'oggetto più grande ( $A'B'$ ) e quello dell'oggetto più piccolo ( $AB$ ).

$$I_S = \frac{A'B'}{AB}$$

### **Ingrandimento angolare**

Quando un ausilio ottico viene usato davanti a un occhio si deve prendere in considerazione l'ingrandimento angolare. L'ingrandimento angolare ( $I_A$ ) è ottenuto dal rapporto tra l'angolo sotteso dall'immagine formata dal mezzo ottico ingrandente ( $\alpha'$ ) e l'angolo sotteso dall'oggetto senza il mezzo ottico ( $\alpha$ ).

$$I_A = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

La previsione dell'ingrandimento da applicare si ottiene tramite il rapporto tra l'acuità visiva desiderata e quella attuale. L'acuità visiva desiderata dipende dall'attività che il soggetto ipovedente vuole ritornare a fare. L'acuità sufficiente per la lettura e le varie attività da vicino è circa 5/10, la visione di piccoli stampati richiede raramente gli 8/10 o acuità superiori. (Rossetti A., 2003)

### 1.4.2. Ausili ottici ed elettronici

Gli ausili ottici possono suddividere in ausili ottici per lontano che permettono all'ipovedente di muoversi nell'ambiente e in ausili ottici per vicino che permettono al soggetto di svolgere le attività a distanza prossimale.

In seguito, vengono elencati i principali ausili:

- i sistemi telescopici si dividono in due gruppi: sistemi galileiani e kepleriani. Il sistema telescopico galileiano è un sistema ottico compatto e leggero formato da una lente anteriore positiva (obbiettivo) e una posteriore negativa (oculare), il campo visivo è ristretto e l'ingrandimento è basso (da 1.5x a 2x). Il sistema telescopico kepleriano è composto da due lenti positive, distanti l'una dall'altra dalla somma delle due focali, ha un ingrandimento medio-elevato e un campo visivo più ampio rispetto al galileiano. La percezione visiva attraverso un tale dispositivo risulterebbe capovolta, per questo viene inserito un prisma all'interno del sistema per raddrizzare l'immagine. Entrambi i sistemi possono essere assemblati su una montatura per occhiali, nel caso di attività prolungate, o possono anche essere tenuti in mano. (Minto H. e Butt IA., 2004)

-Le lenti d'ingrandimento sono l'ausilio più comune e semplice, permettono di migliorare la visione da vicino e sono consigliate per letture brevi. Sono caratterizzate da diversi poteri, geometrie delle superfici e dimensioni. Sono presenti:

- le lenti sferiche che hanno un costo basso, un ingrandimento massimo di 4X e un diametro ridotto per evitare aberrazioni;
- le lenti asferiche aventi un costo elevato, un ingrandimento fino a 10X e un diametro più grande rispetto alle lenti sferiche;
- le lenti aplanatiche che si utilizzano per ingrandimenti maggiori di 7X e permettono un elevato controllo delle aberrazioni.

A seconda dall'utilizzo che il soggetto ipovedente desidera svolgere dell'utilizzo ci sono lenti manuali, illuminate, con supporto. Per le lenti a fuoco variabile si ottiene ingrandimento massimo quando la distanza oggetto corrisponde al fuoco della lente, mentre le lenti a fuoco fisso vanno poggiate direttamente sul testo da leggere per

facilitarne l'utilizzo e ridurre i problemi di messa a fuoco. I limiti delle lenti d'ingrandimento sono rappresentati dalla scarsa profondità di messa a fuoco e dal campo visivo, che viene ridotto dal diametro della lente.

-I sistemi ipercorrettivi sono un gruppo di ausili costituiti da lenti positive, spesso associate a prismi con base interna, per poter diminuire la quantità di convergenza necessaria, in caso di binocularità residua, montate su occhiale. Sono consigliate per la lettura nei soggetti con ipovisione lieve o moderata in uno o in entrambi gli occhi.

-I sistemi microscopici sono degli ausili ottici inseriti sulla montatura da vista e vengono utilizzati per l'osservazione vicina degli oggetti. I sistemi microscopici a basso e medio ingrandimento sono formati da due o tre lenti fortemente positive, opportunamente distanziate. Quelli a basso ingrandimento (2-3X) possono essere utilizzati in visione binoculare. I sistemi ad alto ingrandimento (8-20X) invece permettono di leggere a distanze estremamente ridotte e il soggetto può riscontrare una notevole difficoltà a mantenere la messa a fuoco a distanze così ridotte. In alcuni casi è necessario uno stativo di plastica trasparente che costituisce un appoggio per la lettura (Lupelli L., 2004). Il campo di visibilità è molto ridotto a causa della ridotta distanza di lettura.

-I telemicroscopi consistono in telescopi a cui è stata aggiunta una lente positiva anteriormente o telescopi in grado di variare potere. L'ingrandimento risultante è dato dal prodotto tra l'ingrandimento del telescopio e quello della lente. Essi permettono una distanza di osservazione elevata. (Rossetti A., 2003).

-il videoingranditore fisso (CCTV) è stato per molti anni l'ausilio elettronico ingrandente più utilizzato. È costituito da una videocamera, una lente per videocamera che determina l'ingrandimento del sistema, il tavolo di lettura, il monitor e il sistema di illuminazione. Il testo da leggere viene posto sul tavolo di lettura, la videocamera acquisisce le informazioni e le trasmette al monitor. Il vantaggio di un CCTV è dato dalla sua maggiore ampiezza di ingrandimento (da 3X a 100X), una normale distanza di lavoro e polarità invertita, senza la creazione di aberrazioni e senza la perdita di luminosità. Gli svantaggi invece sono l'ingombro, non è facilmente spostabile e il costo elevato. Questo tipo di

ingranditore è stato sostituito in gran parte da ingranditori portatili, ideali per brevi utilizzi e anche per la scrittura.

### **1.4.3. Ausili per le principali patologie causa di ipovisione**

Nel paragrafo 3 sono state trattate le principali patologie che causano ipovisione, ora assoceremo ad ogni patologia i possibili ausili utili per il trattamento dell'ipovisione. Si tratterà dei filtri selettivi nella seconda parte.

Si è deciso di seguire un ordine cronologico di pubblicazione degli studi nell'esposizione, in modo da far notare come il progredire delle tecnologie produca un miglioramento della visione in persone con difficoltà visive.

Per i soggetti in cui il glaucoma è la causa primaria possono essere provati prismi, telescopi inversi o semplici lenti negative. I mezzi ingrandenti, in particolare i sistemi elettronici televisivi a circuito chiuso, sono utili specialmente se il glaucoma è causa secondaria del deficit visivo. (Lupelli L., 2004)

Tra gennaio 2003 e ottobre 2004, un totale di 2500 pazienti, di cui 1198 con AMD (48%) e 296 con retinopatia diabetica (12%) hanno partecipato a uno studio. In ogni paziente, sono state misurate l'acuità visiva per vicino e lontano e l'ingrandimento richiesto. Si è visto come nel 94% dei pazienti ipovedenti con il diabete, la capacità di lettura potrebbe essere ripristinata utilizzando ausili ottici (ad esempio occhiali ingrandenti, sistemi galileiani e kepleriani), mentre nei pazienti affetti da AMD l'85,2%. Per quanto riguarda i dispositivi elettronici erano necessari solo per il 6% dei soggetti con retinopatia diabetica e per il 14,8% dei pazienti con AMD. Questo può essere spiegato principalmente considerando l'effetto negativo degli scotomi centrali assoluti sulla velocità di lettura nei pazienti con AMD, i quali necessitano di ingrandimenti maggiori, limitati negli ausili ottici. (Fröhlich SJ., 2005)

A 181 partecipanti con AMD sono stati prescritti diversi tipi di dispositivi ingrandenti, e sono state fatte delle interviste dopo una settimana, un mese e tre mesi dall'utilizzo. Gli ingranditori sono stati segnalati da moderatamente a estremamente utili da oltre l'80% degli intervistati. La maggior parte dei partecipanti utilizzava i propri dispositivi per la lettura del tempo libero, seguita dalla gestione delle bollette. È stato dimostrato che i pazienti affetti da AMD usano

i dispositivi ottici che vengono prescritti e li percepiscono come utili, specialmente per le attività di lettura. (DeCarlo D. K. et al., 2012)

Uno studio ha dimostrato che i dispositivi digitali possono essere utilizzati nella riabilitazione visiva per i soggetti ipovedenti; i dispositivi che hanno schermi di visualizzazione più grandi e offrono rapporti di contrasto elevato vanno a beneficio dei pazienti affetti da AMD che richiedono testi più grandi da leggere. In questa ricerca sono state confrontate le velocità di lettura su stampe cartacee, un iPad Apple e un eReader Sony. Le velocità di lettura erano leggermente migliori su iPad rispetto alla carta e leggermente più veloci sulla carta rispetto all'eReader. Gli autori hanno attribuito le differenze al display luminoso e ad alto contrasto dell'iPad. (Gill K. et al., 2013)

La maggior parte dei soggetti affetti da AMD risponde bene al trattamento ingrandente. Il danno visivo caratteristico di entrambe le forme di AMD è la perdita della visione centrale (scotoma centrale), questa perdita si traduce in gravi difficoltà nella lettura, che possono essere solo parzialmente compensate da ausili ingrandenti. La perdita della visione centrale associata alla malattia ha un profondo impatto sulla qualità della vita; i soggetti perdono la capacità di svolgere le attività della vita quotidiana. Ausili visivi comuni includono filtri per ipovisione, lenti di ingrandimento, telescopi e ausili elettronici. In una meta-analisi pubblicata di recente, è stato dimostrato che gli occhiali prismatici non sono di notevole beneficio nelle persone con AMD. I dispositivi telescopici sono utili solo per le attività che non richiedono mobilità e orientamento. La lente di ingrandimento permette di analizzare una regione di testo limitata e ciò determina la necessità di spostare la lente lungo le linee di testo. Questo processo è a volte definito 'page navigation' e impone dei movimenti degli occhi o della testa e una destrezza manuale. (Legge G.E., 2016) Gli ausili elettronici limitano questo problema, se possiedono uno schermo abbastanza grande, e hanno il vantaggio di avere una maggiore gamma di ingrandimenti e la possibilità di invertire il contrasto.

È importante sottolineare come non esistano delle regole precise che associno un ausilio a una determinata patologia; è necessario quindi valutare le singole situazioni per poter decidere il dispositivo più efficace, dato che nella maggior parte dei casi la scelta risulta soggettiva.



## CAPITOLO 2 - I filtri selettivi

### 2.1. Caratteristiche fisiche dei filtri selettivi

Un filtro ottico è uno strumento che trasmette, ovvero lascia passare selettivamente la luce con particolari proprietà come un intervallo stretto o ampio di lunghezze d'onda, una gamma di colore, una polarizzazione, o ne attenua l'intensità.

Quando un raggio luminoso incontra una superficie ottica avvengono almeno tre diversi fenomeni:

- Riflessione: una parte della luce si riflette sulla superficie;
- Assorbimento: una parte della luce viene assorbita durante il percorso di attraversamento.
- Trasmissione: la parte di luce che non viene né riflessa né assorbita, viene trasmessa attraverso il mezzo.

Per ciascuna di queste parti possiamo definire, in forma sintetica, dei coefficienti che ci consentono di quantificare l'entità dei vari fenomeni.

Trasmittanza, riflettanza e assorbanza

Per quantificare il comportamento di un mezzo ottico, come un filtro, si possono introdurre alcune grandezze, quali ad esempio la trasmittanza, la riflettanza e l'assorbanza.

Per trasmittanza  $T(\lambda)$  si intende il rapporto tra l'intensità luminosa emergente  $I_e$  e quella che incide sulla lente  $I_i$ . Spesso si ricorre all'utilizzo di una trasmittanza percentuale  $T(\lambda)\%$  che si ottiene semplicemente moltiplicando per 100 la trasmittanza.

$$T(\lambda)\% = \frac{I_e(\lambda)}{I_i(\lambda)}$$

Per riflettanza si intende il rapporto tra la parte di radiazione riflessa dal filtro  $I_r$  e quella che incide sulla lente  $I_i$ .

$$R(\lambda)\% = \frac{I_r}{I_i}$$

Per assorbanza si intende infine il rapporto tra la parte di radiazione assorbita dal filtro  $I_a$  e quella che incide sulla lente  $I_i$ .

$$A(\lambda)\% = \frac{I_a}{I_i}$$

Nell'espressione di queste grandezze compare la dipendenza dalla lunghezza d'onda  $\lambda$ , che è il parametro che ci permette di distinguere tra loro le radiazioni. Le lunghezze d'onda dell'ultravioletto quindi saranno diverse da quelle del rosso, del verde, del blu o dell'infrarosso.

Questo ci indica che il comportamento di una lente può variare a seconda del tipo di radiazione che incide. Una trasmittanza del 100% indica che tutta la radiazione, di quella lunghezza d'onda, che arriva sulla lente riesce ad attraversarla, mentre una trasmittanza dello 0% ci indica che tutta quella radiazione viene assorbita o riflessa.

In generale per tutti i prodotti oftalmici viene determinata la curva di trasmissione in funzione della lunghezza d'onda, sia nello spettro visibile che nelle zone dell'ultravioletto e dell'infrarosso.

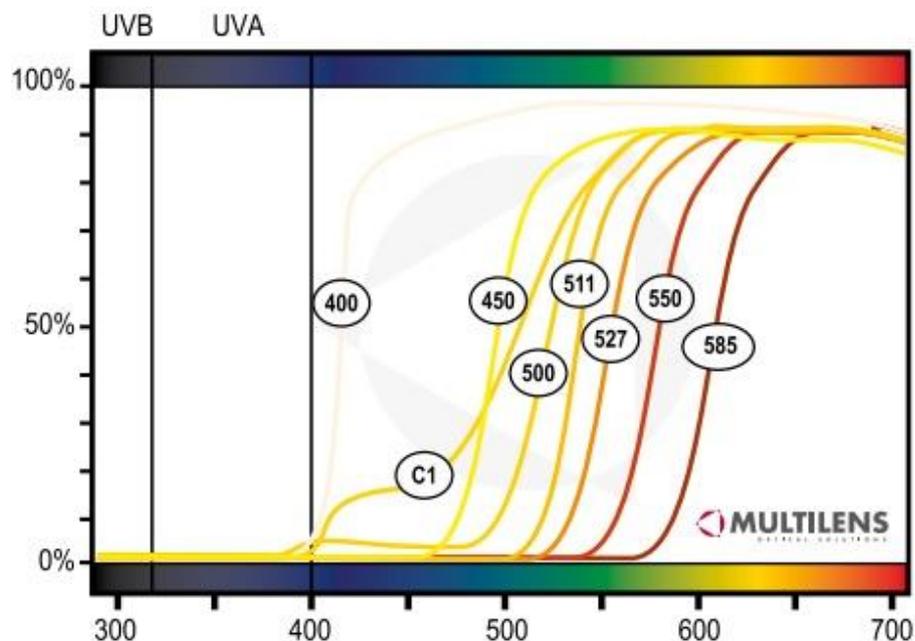


Figura 6: Curve di trasmissione ML Filter 400, C1, 450, 500, 511, 527, 550 & 585.  
Fonte: [www.multilens.se](http://www.multilens.se)

Si è notato come la trasmissione di un determinato mezzo ottico sia funzione della lunghezza d'onda della radiazione considerata e pertanto si potranno avere valori diversi di trasmissione al variare della lunghezza d'onda. Poiché ad ogni banda relativamente stretta di lunghezze d'onda è associato un determinato colore, il grafico di trasmissione ci darà indicazioni sulla gamma di radiazioni che il mezzo trasmette e quindi sulla banda che viene invece assorbita. Sull'asse delle ascisse compare la lunghezza d'onda, a partire generalmente da quella dell'ultravioletto. Sull'asse delle ordinate compare la trasmittanza in percentuale. Come si può osservare dalla Figura 6 per ogni filtro viene raffigurata una curva, dalla quale è possibile dedurre quale parte e quantità di spettro visibile, in base ad ogni breve intervallo di lunghezza d'onda indicato, viene trasmessa (a destra della curva) o assorbita (a sinistra della curva). Il colore di un filtro non è un parametro determinante nel permettere di capire la sua efficacia, per questo motivo è fondamentale conoscere la sua curva di trasmittanza al fine di valutare il suo comportamento nei confronti della radiazione UV e della radiazione nello spettro del visibile. Ogni mezzo ottico trasmetterà le radiazioni del suo stesso colore ed assorbirà in via preferenziale quelle del suo colore complementare.

Ogni filtro selettivo presenta un diverso valore di cut-off (taglio), cioè un valore di soglia minimo associato all'ultima lunghezza d'onda, al disotto della quale tutte le altre lunghezze d'onda vengono completamente assorbite.

Trasmittanza, riflettanza e assorbanza dipendono dalla lunghezza d'onda; non ci forniscono quindi un'informazione generalizzata sulla radiazione trasmessa su tutto lo spettro elettromagnetico e per questo motivo si è introdotto il fattore luminoso di trasmissione  $\tau_v$ . Tale valore è dato dal rapporto tra la luce che arriva alla retina dopo aver attraversato la lente filtrante che stiamo analizzando e la luce che arriva alla retina in assenza della lente stessa. (Lupelli L., 2004)

## **2.2. Obiettivi dell'utilizzo dei filtri selettivi**

L'uso dei filtri ha specifici obiettivi:

- Prevenzione dell'insorgenza di alcune patologie oculari;
- Alleviare la sintomatologia visiva, associata ad alcune patologie oculari: fotofobia, abbagliamento e perdita della sensibilità al contrasto. Infatti, questi strumenti ottici, filtrando la radiazione a corta lunghezza d'onda, hanno la capacità di ridurre la fluorescenza. Si ha fluorescenza quando un materiale assorbe radiazione di una certa  $\lambda$  e immediatamente riemette in tutte le direzioni radiazione di  $\lambda$  maggiore. All'interno dell'occhio il responsabile principale della fluorescenza è il cristallino; questo fenomeno aumenta con l'incremento dell'età ed è legato alla cataratta. Nel cristallino sono presenti alcune sostanze fluorescenti, tra cui i fluorogeni, che hanno picchi di efficienza a 370 e 430nm, e quindi possono arrivare al cristallino. La fluorescenza oculare, quindi, può rendersi responsabile di abbagliamento ma riducendola attraverso i filtri selettivi, si può abbassare la luminanza retinica con decremento del rumore di fondo e quindi con effetti positivi sulla percezione del contrasto. (Lupelli L., 2004)

### **2.2.1. L'importanza della protezione oculare**

La protezione oculare, per molteplici fattori, sta assumendo un ruolo sempre più rilevante nella vita di ognuno di noi. Le strutture oculari sono esposte ad una quantità di radiazioni maggiore rispetto al passato. L'aumento della vita media, inoltre, ha fatto ulteriormente focalizzare l'attenzione su patologie retiniche come la degenerazione maculare senile, la retinite pigmentosa e la cataratta, patologia di cui si è notevolmente abbassata l'età di insorgenza, e le quali sono come abbiamo già visto tra le principali cause di ipovisione.

È ormai noto che le radiazioni UV e in parte anche la radiazione violetta e blu possono provocare danni al sistema visivo. (Young RW., 1992) È presente, come confermato da diversi studi, un legame tra queste patologie e le radiazioni elettromagnetiche UV e visibili.

Yam et al. (2014) hanno svolto un review della letteratura con l'obiettivo di rivedere l'associazione tra la luce ultravioletta e le malattie oculari. È stato dimostrato come vi sia un'evidente relazione tra l'esposizione ai raggi UV e l'insorgenza di alcune patologie oculari e quindi come sia indispensabile una riduzione o l'eliminazione di queste radiazioni dannose.

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

- UVA 315-400 nm, la quasi totalità di tali raggi raggiunge la superficie terrestre. A livello oculare gli UVA vengono quasi interamente assorbiti dalla cornea e dal cristallino ma, nonostante questo, una percentuale residuale tra l'1 e il 2% riesce a raggiungere la retina.
- UVB 280-315 nm, vengono quasi completamente assorbiti dall'ozono: il restante 5% sono poi in gran parte assorbiti dalla cornea e in misura minore dal cristallino. In ogni caso gli UVB non riescono a raggiungere la retina.
- UVC 100-280 nm, vengono completamente assorbiti dallo strato di ozono presente nell'atmosfera terrestre. (Krutmann J. et al., 2013)

La capacità di penetrazione e quindi di pericolosità per l'uomo dei raggi UV aumenta al diminuire delle lunghezze d'onda e all'aumentare della frequenza. L'assorbimento delle radiazioni UV può causare effetti biologici e gli organi principalmente interessati sono gli occhi e la pelle.

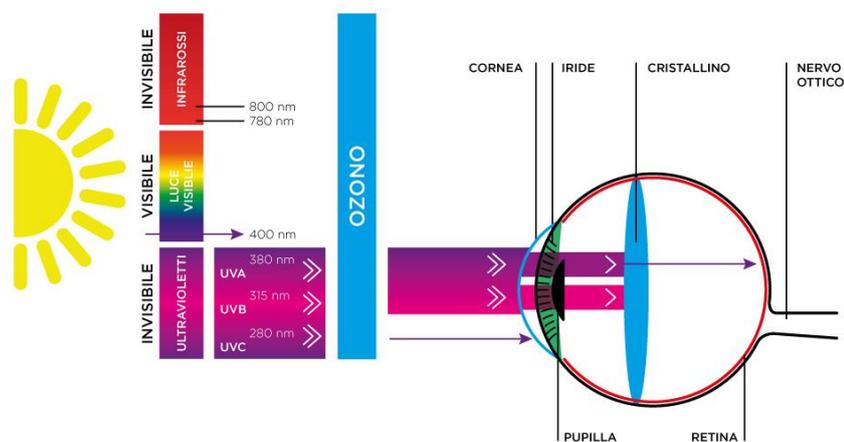


Figura 7: Le radiazioni UV nell'occhio.

I danni che provocano le radiazioni ultraviolette sono di varia natura ma la loro gravità dipende molto dalla quantità e dalla durata dell'esposizione dell'occhio a tali raggi. (Walsh K., 2009)

### 2.2.2. Caratteristiche generali dei filtri selettivi

In commercio sono presenti diversi tipi di filtri, ognuno con un diverso valore di cut-off, il quale viene espresso in nanometri. Vengono caratterizzati in base ad un valore numerico che indica l'ultima lunghezza d'onda al disotto della quale tutte le altre lunghezze d'onda vengono completamente assorbite (ad esempio un filtro 500 indica che tutte le lunghezze d'onda inferiori a 500 nm vengono assorbite) e alla loro classe di appartenenza in funzione della normativa EN ISO 12609-2: 2013.

In caso di compensazione di un'ametropia è possibile realizzare i filtri su una lente organica neutra da utilizzare come clip-on o costruire lenti oftalmiche monofocali, bifocali e progressive con il trattamento richiesto. I filtri possono inoltre essere incorporati in molti sistemi ingrandenti. Su tutte le lenti filtranti medicali è sempre consigliato un trattamento antiriflesso aggiuntivo.

Il tipo di luce, la sua intensità, il colore e la direzione, influiscono sulla performance visiva e per questo motivo è importante avere delle condizioni di illuminazione

ottimali, per una migliore percezione visiva in soggetti ipovedenti, in quanto migliorano l'acuità visiva e la sensibilità al contrasto. Nella maggior parte degli ipovedenti, il requisito fondamentale per dei filtri efficaci è la presenza di una trasmittanza percentuale bassa. In caso di soggetti albinici, con distrofia conica o con degenerazione maculare avanzata i filtri scuri vengono raccomandati per avere una notevole riduzione della luce, questi devono però essere rimossi non appena si rientra in un ambiente poco illuminato. Anche le lenti polarizzate aiutano a ridurre la quantità di luce riflessa da una superficie specifica come acqua, neve o monitor.

Le caratteristiche per rendere i filtri selettivi più efficaci sono: ridurre la luce a lunghezza d'onda corta per ridurre l'abbagliamento e l'identificazione del colore del filtro preferito dal paziente per raggiungere una performance visiva migliore. L'abbagliamento si verifica a causa della riflessione interna della luce a lunghezza d'onda corta che entra nell'occhio. I filtri disponibili per questo scopo hanno vari tagli limitati tra 450 e 800 nm. Il filtro 450 è giallo ed è, secondo le istruzioni dei produttori, più adatto per l'uso interno o esterno in condizioni di luce ridotta. Mentre le serie di filtri con  $\lambda$  più alte (ad es. 510, 527, 550, 600) sono più scure e più adatte per l'uso esterno. (Markowitz N., 2006)

### **2.3. Modalità di scelta del filtro selettivo**

Ad oggi, per la scelta di un filtro selettivo non ci sono delle indicazioni universalmente valide e per questo motivo gli operatori fanno affidamento sulla letteratura di marketing, sulle relazioni soggettive, sulle osservazioni cliniche e sui risultati di prove pratiche nel decidere se la fornitura di lenti colorate e filtri a una persona con ipovisione sia appropriata. (Eperjesi F. et al., 2002)

In letteratura sono presenti molti tentativi di identificare il colore del filtro preferito dai soggetti esclusivamente utilizzando risposte soggettive.

Hoelt WW. e Hughes MK. (1981) hanno esaminato 100 soggetti ipovedenti, affetti da 21 diversi tipi di patologie, chiedendo loro di scegliere il preferito tra 5 filtri del marchio NoIR di diverso colore: ambra n. 101 (trasmissione del 10%), grigio-verde n. 102 (trasmissione del 18%), ambra scuro n. 107 (trasmissione del 2%), verde scuro n. 108 (trasmissione dell'1%), verde scuro n. 109 (trasmissione del

2%). L'ordine di preferenza è stato il seguente: ambra, grigio-verde, ambra scuro e verde scuro. I soggetti diabetici e glaucomatosi preferivano il filtro grigio-verde e ambra, i soggetti con albinismo preferivano i filtri di color ambra, più del 50% dei soggetti con retinite pigmentosa ha scelto il filtro giallo scuro, mentre i soggetti con distacco di retina, atrofia ottica, cataratta o degenerazione maculare legata all'età non hanno mostrato alcuna preferenza.

Alcuni anni dopo in un altro studio retrospettivo (Maino JH. e McMahon TT., 1986) su 318 soggetti ipovedenti che si lamentavano di abbagliamento, fotofobia o sensibilità alla luce, è stato chiesto di scegliere tra cinque filtri NoIR e sono stati preferiti nel seguente ordine: ambra scuro (trasmissione 10%), grigio chiaro-verde (trasmissione del 18%), ambra scuro (trasmissione del 2%), verde scuro (trasmissione del 2%) e grigio scuro-verde (2% trasmissione). Il 50% dei soggetti ha preferito il filtro color ambra mentre il 33% il color grigio chiaro-verde. Gli ipovedenti con degenerazione maculare senile, retinite pigmentosa e glaucoma ad angolo aperto cronico tendevano a prediligere i filtri ambra. Nessun paziente ha scelto i filtri più scuri.

In un altro studio Gawande A. et al. (1992) hanno valutato in ambienti aperti e durante le ore diurne i filtri preferiti da 20 soggetti ipovedenti sono stati quelli di color giallo o arancio, indipendentemente dal tipo di patologia. I soggetti con retinite pigmentosa hanno preferito qualsiasi tipo di filtro piuttosto che nessuno negli ambienti aperti, mentre tutti i soggetti affetti da retinite pigmentosa e degenerazione maculare legata all'età hanno rifiutato le lenti più scure per l'uso in ambienti chiusi e di notte.

Nguyen TV. e Hoefft WW. (1994) hanno chiesto a 161 soggetti ipovedenti di scegliere il filtro più appropriato. Il CPF 450 è stato scelto dal 52,80% del gruppo, il 28,57% ha scelto CPF 511, 11,18% CPF 527, 4,35% CPF 550 e 3,11% CPF 550XD. (vedi Grafico) La maggior parte dei soggetti con degenerazione maculare preferivano il CPF 450, quelli con retinopatia diabetica preferivano il CPF 450 e il CPF 511, mentre i soggetti con retinite pigmentosa preferivano il CPF 511 e il CPF 550.

### Scelta del filtro preferito (%)

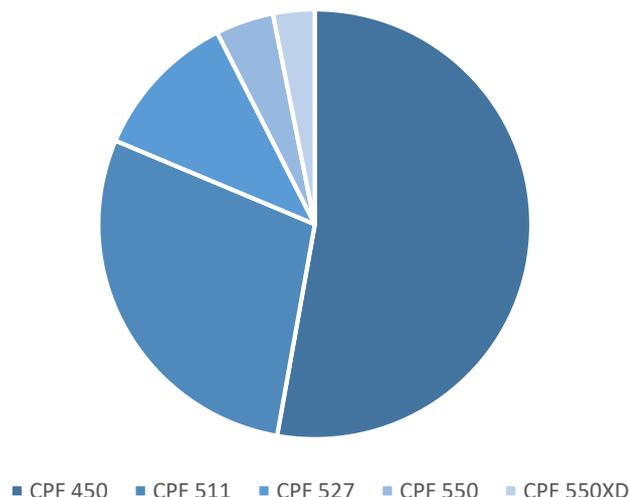


Figura 8: Percentuali di scelta per filtro.

Fonte: Nguyen, T. V. e Hoefft, W. W. "A study of blue blocker filters and related pathologies." J. Vis. Rehab. 8, 1994, 15–21.

Per la prescrizione di filtri selettivi, i produttori raccomandano lenti filtranti basandosi sulla patologia che presenta il soggetto. Tuttavia, gli specialisti valutano una gamma più ampia di filtri prima di prescrivere quello che sembra il più efficace. Questa tecnica può richiedere molto tempo e per questo motivo Khan e Jay (2008) hanno effettuato uno studio il cui scopo era quello di indagare se seguire fin da subito le raccomandazioni del produttore fosse funzionale o meno. Ad ogni paziente è stato chiesto di classificare la propria preferenza per cinque lenti filtranti colorate selezionate in base alle raccomandazioni formulate da NoIR Medical Technologies per le tre malattie di cui erano affetti i soggetti partecipanti allo studio. I pazienti non erano stati informati su quale fosse il filtro che veniva normalmente consigliato per la propria diagnosi. I risultati mostrano come solo la metà dei pazienti reclutati ha scelto i filtri che erano stati consigliati dal produttore. L'approccio migliore sembra rimanere quello che prevede, dopo la valutazione di acuità visiva e sensibilità al contrasto, di affidarsi alla preferenza data dal soggetto ipovedente, al fine di scegliere il filtro più indicato per quella determinata condizione patologica e per valutarne l'efficacia sia sulla funzionalità visiva sia sul beneficio apprezzato dall'utilizzatore; lo specialista dovrebbe quindi astenersi dal prescrivere filtri basandosi esclusivamente sulle raccomandazioni del

produttore. È importante, inoltre, valutare l'effetto dei filtri non solo per le condizioni di illuminazione ambulatoriale ma anche per quelle in cui quotidianamente l'utilizzatore si trova (es. ambiente esterno o lettura con illuminazione artificiale).

## **2.4. Analisi degli studi**

### **2.4.1. Scopo**

Lo scopo di questo elaborato è quello di effettuare una ricerca cronologica in letteratura gli studi che dimostrino l'efficacia dei filtri selettivi in soggetti ipovedenti.

### **2.4.2. Metodo**

La selezione di letteratura per questo elaborato si è basata su una ricerca all'interno del portale PubMed; si sono considerati gli articoli pubblicati dai primi anni '90 fino ad oggi, utilizzando combinazioni di parole chiave tra cui: low vision, tinted lenses, coloured filters, photophobia, adaptation, CPF, NoIR, low vision aids, age-related macular degeneration. La ricerca nel database ha prodotto diversi documenti che descrivono le indagini sull'uso dei filtri selettivi come metodo per migliorare la funzione visiva in caso di ipovisione. Gli studi, in questo elaborato suddivisi in base al parametro indagato, utilizzano misure di esito oggettivo e soggettivo nella determinazione degli effetti dei filtri sulla performance visiva.

### **2.4.3. Acuità visiva**

Molti studi hanno indagato gli effetti dei filtri selettivi valutando l'acuità visiva. Leat SJ. e al. (1990) hanno incluso una fonte di abbagliamento per valutare gli effetti dei filtri sulla performance visiva di 44 soggetti ipovedenti, affetti da varie patologie. I filtri utilizzati sono stati: CPF 550, CPF 527 e CPF 511 e vari filtri ND (neutral density, cioè un filtro che riduce l'intensità della luce in maniera uniforme su tutte le lunghezze d'onda). L'acuità è stata misurata prima con i filtri ND e poi con i filtri selettivi CPF; successivamente con e senza fonte di abbagliamento. In condizioni di abbagliamento nessuno dei soggetti ha mostrato un maggiore aumento delle prestazioni con i filtri ND rispetto ai filtri selettivi CPF. Tra coloro che hanno mostrato un miglioramento sia con i filtri ND che con quelli CPF, solo una persona non ha ottenuto miglioramenti maggiori con quest'ultimi. In condizioni di non-abbagliamento, il 48% dei soggetti non ha mostrato alcun miglioramento con i filtri CPF o ND, il 20% è migliorato con entrambi i tipi di filtro, il 27% è migliorato con

i filtri CPF ma non con i filtri ND. Solo il 4,5% ha mostrato un miglioramento con il filtro ND. Gli autori hanno concluso affermando che i soggetti con deficit al segmento anteriore dell'occhio o che presentano una condizione patologica pre-retinica hanno maggiori probabilità di trarre beneficio dall'uso di filtri selettivi che agiscono sulle corte lunghezze d'onda, probabilmente ciò è dovuto a una riduzione della diffusione anomala di queste lunghezze d'onda all'interno dell'occhio. Hanno inoltre dimostrato che molte persone potrebbero trarre vantaggio dall'uso dei filtri per evitare una condizione di abbagliamento dannosa.

	<b>Filtri preferiti nelle due condizioni</b>	<b>Numero di soggetti (%)</b>
<b>Condizione senza abbagliamento</b>	CPF 511	10 (22.7)
	CPF 550	7 (15.9)
	CPF 527	0 (0)
	Totale	17 (38.6)
	ND	
	0.5 (31.6% transmission)	3 (6.8)
	1.0 (10% transmission)	2 (4.5)
	1.3 (5% transmission)	1(2.3)
	Totale	6 (13.6)
	<b>Condizione con abbagliamento</b>	CPF 511
CPF 550		3 (11.5)
CPF 527		1 (3.8)
Totale		12 (46)

Tabella II: Numero di soggetti che hanno ottenuto benefici da ciascun tipo di filtro. (A) mostra i soggetti che hanno beneficiato dei filtri in condizioni di non-abbagliamento (totale n=44) e B mostra quelli che ne hanno beneficiato in presenza di abbagliamento (totale n =26); Ricavata dallo studio di Leat SJ. e al. (1990).

In un altro studio (Van den Berg, 1990) è stato osservato, invece, che un filtro rosso non era indicato per diminuire la diffusione della luce intraoculare. Infatti, confrontandolo con filtri bianchi o verdi in un soggetto affetto da retinite pigmentosa e cataratta, non ha diminuito la diffusione della luce. Risultati simili

sono stati trovati per altri soggetti colpiti da retinite pigmentosa o con la sola cataratta.

Zigman S. (1990) ha riscontrato un miglioramento dell'acuità visiva per tutti i cinque soggetti ipovedenti presenti nel suo studio, utilizzando un filtro in policarbonato con assorbimento inferiore a 480 nm. Ciò fornisce dati aggiuntivi sul miglioramento della visione umana (in condizioni di eccessiva diffusione della luce intraoculare e fluorescenza) mediante filtri che impediscono la diffusione della luce di lunghezza d'onda corta di entrare nell'occhio.

Nel 1992, Gawande A. et al. hanno misurato l'acuità visiva di Snellen di 12 soggetti con retinite pigmentosa. I filtri utilizzati sono stati: PLS 530 (arancione), PLS 540 (marrone), PLS 550 (rosso), CPF 511, CPF 527, CPF 550, NoIR marrone scuro n. 107 (trasmissione 2%), NoIR verde medio n. 102 (trasmissione del 18%). Per tutti i tipi di filtri l'acuità visiva è risultata rimanere invariata o diminuita.

Nguyen TV. e Hoeft WW. (1994) hanno misurato l'acuità visiva per 160 soggetti ipovedenti utilizzando i filtri CPF 450, CPF 511, CPF 527 e CPF 550XD. Sebbene lo studio non abbia rivelato un miglioramento statisticamente significativo, alcuni soggetti hanno mostrato un miglioramento dell'acuità visiva di una o più linee. Questo sottolinea come ciò che non risulta staticamente significativo possa essere soggettivamente rilevante.

Roseblum Y.Z. et al. (2000) hanno analizzato quattro tinte e notato i loro effetti sulla performance visiva per una varietà di condizioni oculari. Quindici soggetti adulti con cataratta sono stati valutati con un filtro giallo (50% di trasmissione a 490 nm), 13 soggetti afachici con un secondo filtro giallo (50% di trasmissione a 445 nm), 42 soggetti con albinismo oculo-cutaneo o oculare con un filtro ambra (trasmissione del 17% a 560 nm) e 27 soggetti con distrofia maculare congenita sono stati valutati con un filtro arancione con trasmittanza superiore a 520 nm. Il visus monoculare è aumentato con le lenti gialle del 43% per il gruppo della cataratta, del 12% per quelli con albinismo, del 19% per gli afachici e dell'11% per quelli con distrofia maculare congenita. Gli autori hanno fatto notare che il miglioramento nei soggetti afachici era dovuto alla riduzione dell'aberrazione cromatica, nella distrofia maculare congenita alla riduzione della fotofobia e per

quelli con albinismo alla riduzione della diffusione della luce intraoculare. Le principali conclusioni tratte dallo studio sono state che i filtri possono avere un effetto positivo sulla funzione visiva associata alla malattia oculare e quindi, come per ogni tipo di patologia, sia importante selezionare filtri specifici con diverse curve di assorbimento.

<b>Patologia</b>	<b>Numero di soggetti</b>	<b>Aumento medio dell'acuità visiva (%)</b>
Cataratta	15	43
Albinismo	42	12
Afachia	13	19
Distrofia maculare congenita	27	11

Tabella III: Incremento dell'acuità visiva per patologia. Ricavata dallo studio di Rosemblum Y.Z. et al. (2000).

In un altro studio (Wolffsohn J.S. et al., 2002) lo scopo è stato quello di valutare e confrontare i benefici funzionali e percepiti dell'uso di lenti colorate da parte di pazienti con degenerazione maculare senile. Dieci soggetti con degenerazione maculare iniziale e cinque soggetti sani hanno utilizzato una selezione di lenti colorate avvolgenti NoIR (giallo 29,7% di trasmissione luminosa, arancione 22,9%, rosso 16,8% e grigio 10,3%), ciascuna per sette giorni. I soggetti con degenerazione maculare sono noti per essere maggiormente influenzati negativamente dalla perdita di luce nella retina rispetto ai soggetti sani. Ciò sembra essere stato dimostrato osservando una maggiore riduzione dell'acuità con l'uso di filtri colorati rossi e grigi nei casi rispetto ai soggetti controllo. Tuttavia, non vi è alcuna perdita di acuità visiva con i filtri blu-block (giallo) nonostante questi filtri riducano la trasmissione della luce agli occhi. Questo suggerirebbe che le proprietà di questi filtri sono in grado di migliorare la risoluzione visiva per contrastare la perdita di trasmissione della luce verso l'occhio.

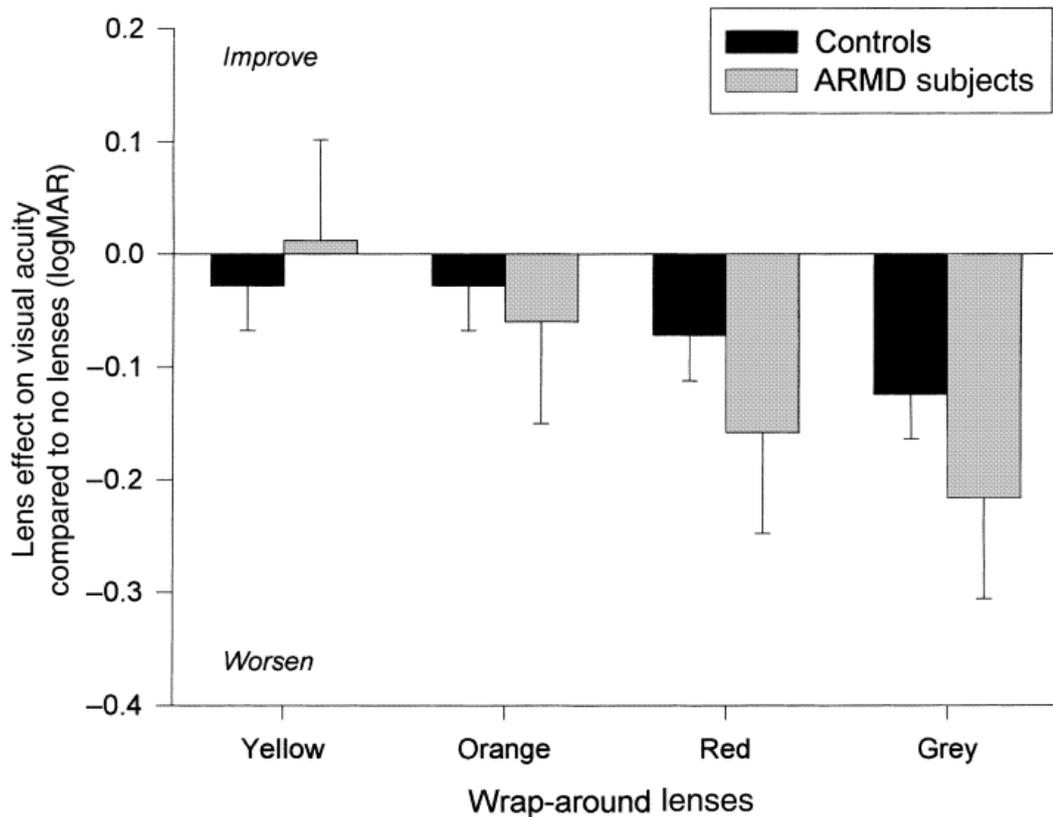


Figura 9: Acuità visiva media relativa per ciascun filtro colorato indossato rispetto all'utilizzo senza filtro (linea zero). n = 10 ARMD, n = 5 anziani normali. Fonte: Wolffsohn J.S. et al. *Benefit of coloured lenses for age-related macular degeneration*, *Ophthalmic Physiol Opt* 2002.

Bailie M. et al. (2013) confrontarono l'effetto visivo dei filtri colorati rispetto ai filtri a densità neutra adattati alla trasmissione spettrale in pazienti con degenerazione maculare legata all'età. Ai soggetti, prima di selezionare il loro colore preferito, è stata data l'opportunità di provare i filtri sia all'interno che all'esterno e successivamente di scegliere tra tre filtri di tonalità identica a quella scelta ma con diversa intensità di trasmissione spettrale. Sono stati forniti ai soggetti il filtro scelto e un filtro a densità neutra adattato alla trasmissione. Le misurazioni sono state ripetute in presenza e in assenza di una fonte di abbagliamento. I risultati per l'acuità visiva, attraverso il filtro colorato scelto, erano simili a quelli registrati senza filtro ma ridotti dai filtri a densità neutra. Dopo l'introduzione di una fonte di abbagliamento, i valori sono diminuiti di una media di  $0,05 \pm 0,01$  logMAR in tutte e tre le condizioni, corrispondente a 2,5 lettere. Durante delle interviste telefoniche, i soggetti hanno evidenziato che i filtri hanno fornito il massimo beneficio nel

distinguere i lineamenti del viso, facendo emergere gli oggetti l'uno dall'altro, passando da un ambiente buio a uno luminoso, guardando la televisione e partecipando alle attività all'aperto; entrambi i filtri ostacolavano la visione per le attività di lettura e l'attraversamento della strada in un giorno luminoso. Sebbene non sia stato osservato clinicamente nessun miglioramento della funzione visiva, la capacità dei filtri selettivi di ridurre il fastidio dovuto all'abbagliamento, senza una qualità dell'immagine effettivamente degradante, li ha resi la scelta migliore. È importante sottolineare, come altri autori avevano già evidenziato, che non è essenziale un evidente miglioramento delle prestazioni cliniche ma il maggior comfort dei soggetti.

	<b>Acuità Visiva (logMAR)</b>	
<b>Filtri</b>	<b>Con abbagliamento</b>	<b>Senza abbagliamento</b>
Nessuno	0.75 ± 0.39	0.80 ± 0.33
Colorato	0.77 ± 0.32	0.82 ± 0.31
ND	0.87 ± 0.37	0.91 ± 0.33

Tabella IV: Acuità visiva media con e senza fonte di abbagliamento senza filtro con filtro colorato, filtro a densità neutra. n°soggetti=39; Ricavata dallo studio di Bailie M. et al. (2013).

In uno studio prospettico (Sadeghpour N. et al., 2015), sono stati valutati 51 pazienti ipovedenti con retinopatia diabetica al fine di valutare l'effetto dei filtri colorati sull'acuità visiva e la soddisfazione del paziente. Le misurazioni sono state eseguite prima senza i filtri e successivamente con i filtri indossati. Dopo due giorni dall'inizio dell'utilizzo i soggetti sono stati interrogati sul loro appagamento usandoli in posti diversi. Dai risultati si può notare che i filtri di lunghezza d'onda 527 nm hanno migliorato l'acuità visiva dei soggetti; nessun miglioramento evidente invece è stato segnalato utilizzando gli altri filtri (450nm, 511nm, 550nm). Dalle interviste si è ricavato che il 69% dei pazienti era soddisfatto o molto soddisfatto dopo aver usato i filtri colorati al chiuso, mentre il 31% dei pazienti ha riferito che i filtri colorati non avevano alcun effetto o addirittura avevano peggiorato il loro problema. Complessivamente, il 78% dei pazienti era soddisfatto della visione attraverso i filtri in ambienti esterni.

<b>Filtri (nm)</b>	<b>Acuità visiva media ± Deviazione standard (logMAR)</b>	<b>p-value</b>
450	0.699 ± 0.2035	1
511	0.655 ± 0.2033	0.063
527	0.630 ± 0.2216	0.01
550	0.675 ± 0.2072	0.157

Tabella V: Media e Deviazione standard dell'acuità visiva nei diversi filtri. Ricavato dallo studio di Sadeghpour N. et al. (2015)

In uno studio sono stati valutati i parametri visivi funzionali utilizzando lenti fotocromatiche e selettive per la filtrazione della luce blu-viola nei pazienti affetti da scotoma centrale o periferico per malattie retiniche. Hanno partecipato allo studio 60 pazienti: 30 pazienti affetti da scotoma centrale (gruppo 1) e 30 affetti da scotoma periferico (gruppo 2). È stata valutata l'acuità visiva nero su bianco (BW-BCVA) e quella bianco su nero (WB-BCVA). Entrambe le acuità sono aumentate in modo significativo in seguito all'applicazione dei filtri. La BW-BCVA media è aumentata da  $0,30 \pm 0,20$  a  $0,36 \pm 0,21$  decimi nel gruppo 1 e da  $0,44 \pm 0,22$  a  $0,51 \pm 0,23$  decimi del gruppo 2, mentre la WB-BCVA media è aumentata da  $0,31 \pm 0,19$  a  $0,38 \pm 0,23$  decimi nel gruppo 1 e da  $0,46 \pm 0,20$  a  $0,56 \pm 0,22$  decimi nel gruppo 2. Anche l'abbagliamento è stato significativamente ridotto, ciò è stato valutato grazie al Glare Test. Il test viene eseguito a 1 metro di distanza da un monitor dotato di una sorgente luminosa ad alta luminanza laterale. L'ottotipo è calibrato a bassa luminanza ed è composto da 3 righe radiali di lettere con crescente eccentricità dalla sorgente di luce vivida. La luce proveniente dalla sorgente luminosa viene diffusa all'interno dell'occhio del soggetto creando un alone di luce che riduce il contrasto delle lettere. Si è così osservato come il conteggio delle lettere sia aumentato da  $20,93 \pm 5,42$  a  $22,82 \pm 4,93$  nei pazienti con scotoma centrale e da  $24,15 \pm 5,5$  a  $25,97 \pm 4,7$  nei pazienti con scotoma periferico. La luce blu-viola è l'intervallo dello spettro visibile che trasporta il più alto contenuto energetico ed è stato considerato il principale responsabile della visione dell'abbagliamento sin dalla sua scoperta. (Colombo L. et al., 2017)

Test utilizzati		Senza filtri	Con i filtri	Incremento medio	p-value
Scotoma					
Centrale	BW-BCVA (decimi)	0.30 (0.20)	0.36 (0.21)	0.057 (0.03)	<0.0001
	WB-BCVA (decimi)	0.31 (0.19)	0.38 (0.23)	0.074 (0.045)	<0.0001
	Glare Test (n° lettere)	20.93 (5.42)	22.82 (4.93)	4.52 (1.70)	<0.0001
Periferico	BW-BCVA (decimi)	0.44 (0.22)	0.51 (0.23)	0.074 (0.04)	<0.0001
	WB-BCVA (decimi)	0.46 (0.2)	0.56 (0.22)	0.098 (0.064)	<0.0001
	Glare Test (n° lettere)	24.15 (5.5)	25.97 (4.7)	3.75 (1.3)	<0.0001

Tabella VI: Valutazione per test dell'acuità visiva. Ricavata dallo studio di Colombo L. et al. (2017)

#### 2.4.4. Sensibilità al contrasto

Van den Berg (1990), su soggetti con retinite pigmentosa, e Zigman S. (1990), su soggetti con varie patologie, hanno notato un miglioramento della sensibilità al contrasto grazie all'uso di filtri selettivi colorati a particolari frequenze spaziali. Zigman S. (1992) ha continuato a studiare l'effetto dei filtri sulla sensibilità al contrasto per 14 occhi normali e 34 soggetti ipovedenti. Per gli occhi normali i filtri miglioravano significativamente la sensibilità al contrasto, in particolare per le frequenze di 3-12 cicli per grado; non si notavano invece differenze significative per frequenze più basse o più alte. Negli occhi con cataratta, il filtro ha migliorato la sensibilità al contrasto in modo significativo per le alte frequenze. Negli occhi afachici migliorava in modo simile agli occhi normali ma a tutte le frequenze. Per i soggetti con degenerazione maculare, la sensibilità al contrasto è migliorata principalmente nelle basse frequenze, mentre nelle frequenze più alte si notava un notevole decremento della funzione.

Nel 1993, Leguire L.E. e Suh S. hanno determinato gli effetti sulla sensibilità al contrasto di cinque filtri su 12 soggetti ipovedenti e nove soggetti normali di controllo. I filtri di prova erano: occhiali da sole con cut-off UV al 95% (trasmissione del 16,9%), filtro ND (25,6% di trasmissione), NoIR n. 111 (trasmissione del 35,2%), CPF 527 (trasmissione 43,6%), filtro giallo (trasmissione 86,0%). Per ciascun soggetto è stata valutata la sensibilità al contrasto con e senza filtro in presenza di una fonte di luce vivida. Gli occhiali da sole hanno prodotto un miglioramento a tutte le frequenze spaziali per i soggetti ipovedenti, mentre gli altri filtri hanno prodotto un leggero miglioramento per le frequenze spaziali più alte.

Rosenblum Y.Z. et al. (2000) hanno usato quattro tipi di filtri gialli per valutare la sensibilità monoculare di ipovedenti affetti da diverse patologie. I miglioramenti sono stati del 32% per il gruppo della cataratta, del 25% per quelli con albinismo, del 27% per gli afachici e del 34% per quelli con distrofia maculare congenita. Gli autori hanno suggerito che analogamente all'acuità visiva, la sensibilità al contrasto è migliorata grazie a una riduzione dell'aberrazione cromatica, della fotofobia e della diffusione della luce intraoculare.

<b>Patologia</b>	<b>Numero di soggetti</b>	<b>Aumento medio della sensibilità al contrasto (%)</b>
Cataratta	15	32
Albinismo	42	25
Afachia	13	27
Distrofia maculare congenita	27	34

Tabella VII: Incremento della sensibilità al contrasto per patologia. Ricavata dallo studio di Rosemblum Y.Z. et al. (2000).

Risultati negativi sono stati ottenuti da Gawande A. et al. (1992) quando è stata testata la sensibilità al contrasto di sette soggetti ipovedenti con e senza filtri. Generalmente, filtri più chiari come PLS 530 e CPF 527 hanno avuto scarso effetto su CS, mentre i più scuri PLS 550 e PLS 540 erano deterioranti. È interessante notare che, ancora una volta, risultati obiettivi non erano però correlati con le preferenze soggettive.

Wolffsohn J.S. et al. (2002) hanno registrato una tendenza verso una sensibilità al contrasto ridotta con lenti rosse e grigie e una maggiore sensibilità al contrasto con i filtri giallo e arancione. L'abbagliamento ha ridotto la sensibilità al contrasto sia nei soggetti con degenerazione maculare che in quelli con visione normale. In conclusione, con i filtri utilizzati nello studio, la sensibilità al contrasto è stata migliorata da filtri di taglio inferiori (<550 nm), ma ridotta da un taglio più alto (> 550 nm).

Langagergaard U. et al. (2003) hanno studiato la capacità di diverse lenti filtranti per migliorare la sensibilità al contrasto di 32 pazienti con degenerazione maculare legata all'età. Un optometrista ha trovato la migliore correzione a distanza del paziente, che è stata collocata in una montatura di prova. La visione binoculare è stata testata in ambienti chiusi (senza abbagliamento), senza e con i filtri LVI 527 e CPF 527 in ordine casuale. L'acuità visiva è stata quindi misurata a diversi livelli di contrasto: 100%, 10%, 5%, 2,5% e 1,25%. Diversi pazienti hanno avuto impressioni soggettive di acuità visiva migliorata, maggiore contrasto e migliore comfort visivo, specialmente quando si utilizzavano i filtri LVI 527, mentre alcuni preferivano i filtri CPF.

L'acuità visiva media è leggermente diminuita con il filtro CPF, ma non significativamente con il grafico del 100%. L'acuità visiva media con il filtro LVI è leggermente migliorata, ma non considerevolmente.

<b>Filtri</b>	<b>Valore medio acuità visiva (decimi)</b>	<b>p-value</b>
Nessuno	0.272	-
LVI	0.289	0.14
CPF	0.252	0.09

Tabella VIII: Acuità visiva media con grafico al 100%. Ricavata dallo studio di Langagergaard U. et al. (2003).

Con i grafici del 10%, l'acuità visiva media è migliorata in modo significativo con i filtri LVI 527 ma non con CPF 527.

<b>Filtri</b>	<b>Valore medio acuità visiva (decimi)</b>	<b>p-value</b>
Nessuno	0.052	-
LVI	0.076	0.03
CPF	0.048	0.79

Tabella IX: Acuità visiva media con grafico al 10%. Ricavata dallo studio di Langagergaard U. et al. (2003).

Non è stato possibile eseguire analisi statistiche sui risultati con il grafico del 5% perché solo quattro pazienti erano in grado di leggere i simboli su quel grafico. Tuttavia, la sensibilità al contrasto è migliorata in tre dei quattro pazienti utilizzando i filtri LVI. Nessuno dei pazienti è stato in grado di leggere i simboli sui grafici di sensibilità al contrasto 2,5% e 1,25%. I risultati, tuttavia, supportano la prescrizione di lenti LVI. Queste lenti hanno migliorato obiettivamente la sensibilità al contrasto in un numero significativo di pazienti con degenerazione maculare misurata con grafici di contrasto del 10%.

I risultati per la sensibilità al contrasto sono stati studiati utilizzando i filtri colorati, i filtri a densità neutra e in assenza di filtri. La sensibilità al contrasto attraverso il filtro colorato scelto era simile a quella registrata senza filtro ma era ridotta dai filtri a densità neutra. L'introduzione di una fonte di abbagliamento ha determinato una marcata riduzione nella sensibilità al contrasto in tutti e tre i casi. (Bailie M. et al., 2013)

<b>Filtri</b>	<b>Sensibilità al contrasto (log units)</b>	
	<b>Con abbagliamento</b>	<b>Senza abbagliamento</b>
Nessuno	0.96 ± 0.34	0.69 ± 0.50
Colorato	0.92 ± 0.34	0.72 ± 0.37
ND	0.70 ± 0.44	0.52 ± 0.41

Tabella X: Sensibilità al contrasto media con e senza fonte di abbagliamento, senza filtro, con filtro colorato e con filtro a densità neutra. Bailie M. et al. (2013).

Sadeghpour N. et al. (2015), utilizzando 4 filtri (450nm, 511nm, 527nm, 550nm) hanno misurato la sensibilità al contrasto con CSV-1000 (un test standardizzato per la valutazione della sensibilità al contrasto). Ogni riga del test presenta una diversa frequenza spaziale e consiste in 17 patch circolari con un diametro di 1,5 pollici. La sensibilità al contrasto è stata misurata in condizioni mesopiche con visione binoculare. È necessario notare che tutti e quattro i filtri sono stati testati uno per uno e le risposte dei pazienti sono state registrate per tutte e quattro le condizioni. Le file ad alta frequenza spaziale non sono visibili per i pazienti con ipovisione. Nello studio sono state valutate quindi, solo le due righe superiori che testano le frequenze spaziali di 3 e 6 cicli su grado. Il filtro che ha avuto il miglior risultato è stato dato ai pazienti, e poi è stato loro chiesto di indossarlo in tre condizioni: a casa, all'aperto e mentre guardavano la TV. I soggetti sono tornati in clinica dopo 2 giorni ed è stata valutata la loro soddisfazione in queste tre condizioni. Con i filtri 527 e 511, la sensibilità al contrasto è migliorata a frequenze spaziali di 3 e 6 cicli su grado. Tuttavia, non è stata osservata alcuna modifica utilizzando i filtri 450 e 550 (vedi Tabella XI). Nel presente studio, gli effetti dei filtri 511 e 527 sulla sensibilità al contrasto erano significativi e, secondo gli autori, ciò può essere dovuto alla capacità dei filtri di impedire la diffusione della luce e quindi affermano che è possibile utilizzare questi due filtri per il miglioramento visivo nei pazienti con ipovisione dovuta al diabete come dispositivo di assistenza visiva.

<b>Filtri (nm)</b>	<b>Frequenza spaziale (3 cicli/grado)</b>		<b>Frequenza spaziale (6 cicli/grado)</b>	
	<b>Sensibilità al contrasto media ± Deviazione standard (log units)</b>	<b>p-value</b>	<b>Sensibilità al contrasto media ± Deviazione standard (log units)</b>	<b>p-value</b>
Nessuno	1.21 ± 0.23	-	1.17 ± 0.26	-
450	1.21 ± 0.231	1	1.175 ± 0.225	1
511	1.27 ± 0.265	0.01	1.27 ± 0.31	0.0005
527	1.37 ± 0.25	0.0005	1.36 ± 0.27	0.0005
550	1.21 ± 0.227	0.317	1.17 ± 0.26	1

Tabella XI: Media e Deviazione standard della sensibilità al contrasto nei diversi filtri.

Sono stati rilevati aumenti significativi, come si è visto nella valutazione dell'acuità visiva, anche nella valutazione della sensibilità al contrasto utilizzando lenti fotocromatiche e selettive per la filtrazione della luce blu-viola nei pazienti affetti da scotoma centrale o periferico. È stato utilizzato il Mars Letter Contrast Sensitivity Test e il numero di lettere, che i soggetti sottoposti ad indagine sono riusciti a definire con i filtri, è aumentato da  $26,7 \pm 7,9$  a  $30,06 \pm 7,8$  nei pazienti con scotoma centrale e da  $31,5 \pm 7,6$  a  $33,72 \pm 7,3$  nei pazienti con scotoma periferico.

Risultati del test, media (SD)		Senza filtri	Con filtri	Incremento medio	<i>p-value</i>
Scotoma					
Centrale	Sensibilità al contrasto (n° lettere)	26,7 (7,9)	30,06 (7,8)	3,37 (1,8)	0,0005
Periferico	Sensibilità al contrasto (n° lettere)	31,5 (7,6)	33,72 (7,3)	2,25 (1,62)	0,031

Tabella XII: Valutazione della sensibilità al contrasto nei due gruppi. Ricavata da studio di Colombo L. et al. (2017)

Le lenti filtranti utilizzate nello studio potrebbero aver migliorato sia l'acuità visiva che la sensibilità al contrasto tagliando una parte preponderante delle radiazioni abbaglianti blu-viola, fornendo condizioni più favorevoli per un'efficace codifica del segnale visivo dai fotorecettori residui nei pazienti affetti da degenerazione maculare e retinite pigmentosa. (Colombo L. et al., 2017)

### 2.4.5. Visione dei colori

Van den Berg (1990) ha eseguito con e senza l'utilizzo di un filtro rosso, su soggetti affetti da retinite pigmentosa, il Farnsworth D-15 color test. Il soggetto deve risistemare le capsule colorate in ordine di somiglianza partendo da quella di riferimento incollata al test e ha un tempo massimo di 2 minuti per occhio. Per valutare il test è necessario chiudere il contenitore e rovesciarlo; ogni capsula presenta un numero sul fondo grazie al quale è possibile valutare l'ordine e annotare la sequenza nella tavola di registrazione. Nella maggior parte dei casi è stato rilevato un deterioramento nella visione dei colori già carente.

In un altro studio, la visione dei colori è stata modificata con lenti rosse nei soggetti di controllo ma non è stata influenzata dall'uso di lenti colorate in soggetti con degenerazione maculare. (Wolffsohn J.S. et al, 2002)

I filtri colorati hanno causato una piccola riduzione della visione a colori, sebbene questo non sia stato registrato soggettivamente dai pazienti. Gli autori affermano che l'assorbimento differenziale dello spettro visibile provoca l'alterazione della visione dei colori, e ciò è in parte dovuto alla riduzione della trasmissione spettrale. I punteggi medi degli errori nella visione dei colori sono stati aumentati dai filtri a densità neutra e colorati rispetto a nessun filtro. L'introduzione di una fonte di abbagliamento ha avuto un effetto negativo minimo sui risultati in tutti e tre i casi e questa scoperta ha suggerito agli autori che, sebbene entrambi i filtri riducessero la discriminazione cromatica dei soggetti, la loro capacità di ridurre la dispersione della luce, quando veniva aggiunta una fonte di abbagliamento, impediva un ulteriore deterioramento del colore significativo. (Bailie M. et al., 2013)

Filtri	Visione dei colori (punteggio totale di errori)	
	Senza abbagliamento	Con abbagliamento
Nessuno	177.60 ± 60.20	206.70 ± 58.60
Colorati	275.10 ± 50.80	273.50 ± 58.60
ND	251.90 ± 115.20	262.70 ± 59.50

Tabella XIII: Punteggio totale di errori nella visione dei colori, con e senza fonte di abbagliamento, senza filtro, con filtro colorato e con filtro a densità neutra. Ricavata da studio di Bailie M. et al. (2013).

#### **2.4.6. Discussione dei risultati**

Lo scopo dello studio era quello di valutare, ricercando tra gli studi presenti nella letteratura, l'efficacia dell'uso dei filtri selettivi nei soggetti ipovedenti.

Come si può osservare dalla Tabella XIV, nella quale vengono riassunti gli studi considerati, sono stati utilizzati filtri selettivi di colori e marchi diversi e inoltre i soggetti ipovedenti, partecipanti agli studi, erano affetti da diverse patologie oculari, in particolare la degenerazione maculare legata all'età, la retinite pigmentosa e la cataratta.

I principali parametri indagati sono stati: l'acuità visiva, la sensibilità al contrasto e la visione dei colori. Gli autori, utilizzando modalità differenti, hanno ricavato risultati oggettivi e soggettivi.

Va premesso come non sia possibile estrapolare una valida analisi statistica nel confronto tra gli studi, dato che vengono presi in considerazione soggetti affetti da varie patologie e, inoltre, che i filtri utilizzati sono di colore e marchio diverso.

Tuttavia, è possibile ricavare alcune considerazioni percentuali in base ai risultati ottenuti, per almeno uno dei filtri esaminati, in ogni studio.

Si è quindi osservato che il 58% degli studi ha evidenziato come l'acuità visiva dei soggetti sia aumentata; il 25% ha invece mostrato come non vi sia stato nessun cambiamento, mentre il 33% degli studi ha notato un decremento dell'acuità visiva. Per quanto riguarda la sensibilità al contrasto si è rilevato come sia aumentata, grazie all'utilizzo dei filtri selettivi, nel 66% degli studi; nel 25% è diminuita mentre è rimasta invariata nel 25%.

Infine, per quanto concerne la visione dei colori, valutata solamente in tre studi, è sempre emersa una diminuzione delle capacità discriminative.

Pochi studi sono riusciti a mettere in relazione i risultati oggettivi determinati clinicamente con quelli qualitativi segnalati dai soggetti. Ad esempio, dei filtri risultati inefficaci secondo i test sono stati valutati dai soggetti come adeguati. Infatti, nonostante non sia sempre stato osservato clinicamente nessun miglioramento o peggioramento della qualità dell'immagine, la capacità dei filtri selettivi colorati di ridurre il fastidio dovuto all'abbagliamento li ha resi una scelta

favorevole. Fattori come la conoscenza a priori del beneficio proposto dei filtri selettivi e l'aspetto estetico delle lenti colorate potrebbero aver influenzato le risposte dei soggetti. Tuttavia, alcuni autori hanno sottolineato la maggior importanza dei benefici riscontrati dal soggetto rispetto alle prove oggettive del miglioramento nella performance visiva.

L'obiettivo principale dell'uso dei filtri selettivi in soggetti ipovedenti è quello infatti di alleviare i principali sintomi (fotofobia, abbagliamento e perdita della sensibilità al contrasto), associati ad alcune patologie oculari di cui sono affetti i soggetti. È quindi stato dimostrato che la riduzione dell'aberrazione cromatica, della fotofobia e della diffusione della luce a corta lunghezza d'onda all'interno dell'occhio, grazie all'utilizzo dei filtri selettivi, favoriscono il miglioramento della visione.

<b>Autori</b>	<b>Filtri selettivi studiati</b>	<b>Condizione oculare soggetti</b>	<b>Risultati positivi</b>	<b>Risultati negativi o invariati</b>
Leat S.J. e al. (1990)	CPF 511, 527, 550, vari ND	Malattie pre-retiniche	CS ↑	VA ↓
Van den Berg (1990)	Filtri rossi	RP	VA ↑ CS ↑	VC ↓
Zigman S. (1990, 1992)	480nm	AMD, cataratta	VA ↑ CS ↑	-
Gawande A. et al. (1992)	PLS 530, 540, 550 CPF 511, 527, 550	RP	-	VA → CS →
Leguire L.E. e Sun S. (1993)	CPF 527, NoIR n. 111	varie	-	CS →
Nguyen T.V. e Hoelt W.W. (1994)	CPF 450, 511, 527, 550XD	varie	-	VA →
Rosenblum Y.Z. et al. (2000)	Giallo(490nm) Giallo(445nm) Ambra(560nm) Arancione(520)	Cataratta Afachia Albinismo Distrofia maculare congenita	VA ↑ CS ↑	-
Wolffsohn J.S. et al. (2002)	NoIR: giallo arancione rosse grigio.	AMD	CS ↑ CS ↑	VA → VA → VA ↓ CS ↓ VA ↓ CS ↓ VC →
Langagergaard U. et al. (2003)	LVI 527 CPF 527	AMD	VA ↑ CS ↑	VA ↓ CS ↓
Bailie M. et al. (2013)	NoIR colorati e ND	AMD	VA ↑	CS ↓ VC ↓
Sadeghpour N. et al. (2015)	527 ± 10 nm 511 ± 10 nm 450 ± 10 nm 550 ± 10 nm	RD	VA ↑ CS ↑ CS ↑	VA ↓ CS → VA ↓ CS → VA ↓
Colombo L. et al. (2017)	lenti filtranti blu-violetto	Malattie retiniche scotoma centrale o periferico	VA ↑ CS ↑	-

Tabella XIV: Riassunto dei risultati degli studi considerati, per autore e filtri selettivi studiati. AMD: degenerazione maculare; RP: retinite pigmentosa; RD: retinopatia diabetica; VA: acuità visiva; CS: sensibilità al contrasto; VC: visione dei colori; → nessun cambiamento; ↑ incremento; ↓ decremento.



## Conclusioni

Attraverso la stesura di questo elaborato si sono potuti osservare alcuni importanti effetti dei filtri selettivi rispetto ai soggetti ipovedenti.

Dagli studi ricercati nella letteratura, attraverso la valutazione dell'acuità visiva e della sensibilità al contrasto, è emerso come nella maggior parte degli articoli, per certe tipologie di filtri, questi fattori abbiano presentato un miglioramento o comunque siano rimasti invariati. Per quanto riguarda la visione dei colori, parametro indagato solamente all'interno di tre degli studi complessivamente analizzati, si è potuto apprendere come i risultati siano tutti concordi nel confermare una diminuzione delle capacità discriminative e identificative. È però importante sottolineare come il risultato oggettivo vada sempre confrontato con la percezione soggettiva dell'individuo, in quanto diversi autori hanno evidenziato la necessità di tener conto e di privilegiare le indicazioni che il soggetto ipovedente dà durante la scelta del filtro a lui più congeniale. Non essendoci sempre corrispondenza tra valori oggettivi e soggettivi, si è quindi, inoltre, rimarcato come non ci si debba affidare alle sole raccomandazioni fornite dalle case produttrici per la scelta del filtro ottimale.

Dalle conclusioni ricavate dagli autori degli studi, in cui venivano analizzati soggetti affetti da diverse patologie, tra cui la degenerazione maculare, la retinopatia diabetica, la retinite pigmentosa e la cataratta, sono emerse delle considerazioni interessanti. Infatti, si è visto, nella discussione dei risultati, come l'aberrazione cromatica e la diffusione della luce a corta lunghezza d'onda all'interno dell'occhio siano tra le cause collegate ai sintomi percepiti dai soggetti ipovedenti e, quindi, come la riduzione di questi fattori, tramite l'uso dei filtri selettivi, favorisca il miglioramento della visione e, in questo modo, li renda un supporto adeguato per i soggetti ipovedenti.

In conclusione, nonostante l'analisi degli studi non dia dei risultati univoci e concordanti, questo elaborato vuole affermare come vi sia una buona parte della recente letteratura (dagli anni '90 in poi), che conferma la possibile efficacia dell'utilizzo dei filtri selettivi per un adeguato trattamento dei soggetti ipovedenti.

Inoltre, si auspica che negli studi futuri si tenga conto di alcuni aspetti finora non considerati:

- Il confronto tra i risultati medi strumentali e le sensazioni percettive individuali;
- Oltre all'analisi e al calcolo della media dei dati del gruppo indagato, è necessario studiare i risultati dei singoli soggetti, infatti quando si cercano tendenze all'interno di un gruppo di persone con una malattia oculare, non si può presumere che la malattia abbia un effetto omogeneo su tutti i malati, quindi è importante cercare gli effetti individuali;
- Il controllo dell'effetto placebo dei filtri selettivi, in quanto i soggetti conoscendo a priori i possibili benefici dati dall'ausilio, potrebbero preferirlo nonostante non vi sia un aiuto effettivo.

## Bibliografia

Bailie M., Wolffsohn J.S., Stevenson M., Jackson A.J., (2013) “*Functional and perceived benefits of wearing coloured filters by patients with age-related macular degeneration*” Clin Exp Optom.; 96: 450–454.

Bourne R. et al., (2017) “*Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis*”, The Lancet Global Health; 5 (9): e888-e897.

Bourne R. et al., (2018) “*Prevalence and causes of vision loss in high-income countries and in Eastern and Central Europe in 2015: magnitude, temporal trends and projections*”, British Journal of Ophthalmology; 102(5): 575–585.

Bucci M.G., (1993) “*Oftalmologia*”, Società editrice universo, 10° edizione, cap. 12-13.

Colombo L, Melardi E, Ferri P, et al. (2017) “*Visual function improvement using photocromic and selective blue-violet light filtering spectacle lenses in patients affected by retinal diseases.*” BMC Ophthalmol; 17(1):149.

Decarlo, D. K., McGwin, G., Searcey, K., Gao, L., Snow, M., Stevens, L., & Owsley, C. (2012) “*Use of prescribed optical devices in age-related macular degeneration.*”, Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry; 89(9), 1336-42.

Eperjesi F, Fowler CW, Evans BJW.,(2002) “*Do tinted lenses or filters improve visual performance in low vision? A review of the literature.*” Ophthalmic Physiol Opt.; 22: 68–77.

Fröhlich, SJ., (2005) “*Age-related macula degeneration and diabetic retinopathy - differences in optic rehabilitation*”, Klin Monbl Augenheilkd; 222(4):337-41.

Gawande, A., Roloff, L. W., Marmor, M. F. (1992) “*The specificity of coloured lenses as visual aids in retinal disease.*” J. Vis. Impairment Blin. 86 , 255–257.

Gill K., Mao A., Powell AM., Sheidow T., (2013) “*Digital reader vs print media: the role of digital technology in reading accuracy in age-related macular degeneration*”, Eye (Lond); 27(5):639-43.

Giovannini A. et al., (2009) “*Ipovisione e barriere percettive: come superare gli ostacoli invisibili*”, Rotary Club di Ancona.

Legge G.E., (2016) “*Reading Digital with Low Vision*”, Visible Language; 50(2):102-125.

Minto H. e Butt IA., (2004) “*Low Vision Devices and Training*”, Community Eye Health; 17(49): 6–7.

Hoelt WW, Hughes MK, (1981) “*A comparative study of low-vision patients: Their ocular disease and preference for one specific series of light transmission filters.*”, Am J Optom Physiol Opt.;58(10):841-5.

Khan S., W. M. Jay, (2008) “*Colored Filter Lens Preferences in Low Vision Patients*”, ARVO.

Krutmann J., Béhar-Cohen F., Baillet G., et al. (2014), “*Towards standardization of UV eye protection: what can be learned from photodermatology?*”, Photodermatol Photoimmunol Photomed; 30:128–136.

Langagergaard U, Ganer HJ & Baggesen K (2003) “*Age-related macular degeneration: filter lenses help in certain situations*”, Acta Ophthalmol Scand 81: 455–458.

Leat SJ, North RV, Bryson H. (1990) “*Do long wavelength pass filters improve low vision performance?*”, OphthalmicPhysiol Opt; 10: 219–224.

Leguire, L. E. & Suh, S., (1993) “*Effect of light filters on contrast sensitivity function in normal and retinal degeneration subjects*”, Ophthal. Physiol. Opt.; 13, 124–128.

Lupelli L., (2004) “*Ipovisione, i fondamenti e la pratica*”, Medical Books; cap. 2-3-8-9-11.

- Maino JH, McMahon TT, (1986) “*NoIRs and low vision*”, J Am Optom Assoc.; 57 (7): 532-5.
- Markowitz S., (2006) “*Principles of modern low vision rehabilitation*”, Canadian Journal of Ophthalmology; 41(3):289-312.
- Midena E., (2006) “*Malattie dell'apparato visivo*”, CEDAM;
- Ministero della salute, (2015) “*Relazione del Ministro della Salute sullo stato di attuazione delle politiche inerenti la prevenzione della cecità, l'educazione e la riabilitazione visiva (Legge 284/97), Dati 2015*”
- Nguyen, T.V. e Hoeft, W.W. (1994) “*A study of blue blocker filters and related pathologies.*” J. Vis. Rehab. 8 , 15–21.
- Rosenblum Y.Z, P.P Zak, M.A Ostrovsky, I. LSmolyaninova, E.V Bora, U.V Dyadina, N.N Trofimova, A.-G. DALiyev, (2000) “*Spectral filters in low-vision correction*”, Ophthalmic and Physiological Optics; 20 (4):335-341.
- Rossetti A., Gheller P., (2003) *Manuale di optometria e contattologia*; seconda edizione; Zanichelli; cap. 19.
- Sadeghpour N., (2015) “*Quantity and Quality of Vision Using Tinted Filters in Patients with Low Vision Due to Diabetic Retinopathy*”, J Ophthalmic Vis Res; 10(4): 429–432.
- Tucci F., (2000) “*Ipovisione: aspetti deontologici giuridici, psicologici, sociali. In Abati S. Giacomelli G., Volpe R: Argomenti di Ipovisione.*” Canelli, Fabiano Editore, pp 203-215.
- Van den Berg T.J.T.P., (1990) “*Red glasses and visual function in retinitis pigmentosa.*” Doc. Ophthalmol; 73, 255–274.
- Walsh K., (2009) “*UV radiation and the Eye*”, Optician; n. 6204 - Vol. 237.
- Wolffsohn J. S., Dinardo C., Vingrys A. J., (2002) “*Benefit of coloured lenses for age-related macular degeneration.*”, Ophthalmic Physiol Opt;22(4):300-11.
- Yam, J.C.S. & Kwok, A.K.H. (2014) “*Ultraviolet light and ocular diseases*”, Int Ophthalmol; 34: 383-400.

Young RW., (1992) “Sunlight and age-related disease.” J. Nat Med Assoc; 84: 353-355.

Zigman S., (1990) “*Vision enhancement using a short wavelength light-absorbing filter*”. Optom. Vision Science; 67: 100–104.

Zigman S., (1992) “*Light filters to improve vision.*”, Optom. Vision Science; 69: 325–328.

## **Sitografia**

<http://atlas.iapb.org/global-burden-vision-impairment/gbvi-global-cause-estimates/>

<http://www.camera.it/parlam/leggi/011381.htm>

<http://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>

<https://www.iapb.it/degenerazione-maculare-legata-all>

<https://www.iapb.it/oms-cecita-e-ipovisione-in>

[www.multilens.se](http://www.multilens.se)