

Università degli Studi di Napoli “Federico II”

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

Dipartimento di Fisica “Ettore Pancini”



Laurea triennale in Ottica e Optometria

Il Colore dell'Iride e il suo impatto nella qualità della Visione

Relatore:

Prof. Michele Gagliardi

Candidato:

Francesca Maria Rachele
D'Ausilio
Matricola: M44000778

A.A. 2023/2024

“Gli occhi sono il paesaggio più intimo,
e il colore dell’iride è la poesia che li racconta”

(Anonimo)

INDICE

INTRODUZIONE	2
CAPITOLO 1 Cenni Anatomici	3
1.1 L'Apparato Visivo	3
1.2 L'Iride.....	5
1.3 Patologie e Alterazioni morfologiche Iridee.....	8
CAPITOLO 2 I Colori dell'Iride	12
1.1 Da cosa dipendono?.....	12
2.2 Le variazioni cromatiche.....	14
2.3 La percezione di variazioni cromatiche	16
2.4 Il legame con la Salute Oculare.....	17
CAPITOLO 3 La correlazione tra il Colore dell'Iride e le Abilità Visive	19
3.1 La funzione principale dell'Iride.....	19
3.2 I fenomeni ottici all'interno del Sistema Oculare	19
3.3 La Sensibilità al Contrasto.....	21
3.4 La Visione Crepuscolare	21
3.5 La Sensibilità all'Abbagliamento.....	22
3.5 Il Tempo di recupero dopo l'Abbagliamento.....	22
CAPITOLO 4 Raccolta Dati	23
4.1 Raccolta dati e Scopo	23
4.2 Materiale utilizzato	23
4.3 Esecuzione dei Test	24
4.4 Analisi Dati e Considerazioni.....	31
Conclusione	35
Bibliografia e Sitografia	36
RINGRAZIAMENTI	38

INTRODUZIONE

L'Iride, non è solo un tratto distintivo della nostra identità estetica, ma svolge diversi ruoli fondamentali. Oltre al suo significato genetico ed evolutivo, il colore dell'iride può influenzare la qualità della visione in modi distinti.

Diversi studi scientifici hanno dimostrato che la diversa pigmentazione iridea, può incidere sulla percezione del contrasto, sulla sensibilità alla luce e persino sul rischio di incidenza di alcune patologie oculari.

Questo legame tra colore dell'iride e funzionalità visiva offre uno spunto di riflessione non solo sui tratti individuali in merito alla visione, ma anche su come la biologia e l'ambiente interagiscano per ridimensionare le nostre capacità visive. L'obiettivo di questa tesi è dimostrare, attraverso dei Test Optometrici, come queste variazioni cromatiche possano influire sulla nostra percezione del mondo.

CAPITOLO 1

Cenni Anatomici

1.1 L'Apparato Visivo

Gli *Estero Recettori* sono recettori sensibili a stimoli provenienti dall'ambiente esterno; tra questi ricordiamo quelli dell'udito, del gusto, dell'olfatto, del caldo e del freddo, del dolore, del tatto, della pressione e quelli della vista. ⁽¹⁾

L'occhio è l'organo di senso di maggiore complessità in quanto raccoglie segnali luminosi e li trasmette sottoforma di impulsi nervosi al cervello nel quale verranno organizzate le immagini.

È situato simmetricamente sui due lati del viso, al di sopra e al di fuori delle cavità nasali ed è contenuto entro le cavità dell'orbita.

La sua struttura è composta da una parte anteriore, trasparente e convessa, che viene chiamata "CORNEA": il principale mezzo rifrattivo dell'occhio. Questa si continua con un tessuto ricco di fibre connettivali ed elastiche che prende il nome di SCLERA: è la parte biancastra che si estende posteriormente sino a racchiudere completamente l'occhio. Queste due strutture formano la tunica esterna denominata: *tunica Fibrosa*.

Posteriormente alla Cornea si trova la cavità della camera anteriore, la quale viene riempita dall'UMORE ACQUEO: un fluido incolore che origina attraverso l'attività secretiva del corpo ciliare: è composto da: Acqua, Sali e Sostanze Proteiche. Quest'ultimo insieme alla corioide e l'iride formano: la *tunica Vascolare*, detta anche *Uvea*.

La parte pigmentata dell'Uvea è detta: IRIDE, situata dietro la Cornea e davanti al Cristallino, con un foro centrale detto "*Pupilla*".

Posteriormente all'Iride è presente il CRISTALLINO: una piccola lente trasparente biconvessa che può variare la propria curvatura e quindi il potere rifrattivo, permettendo la formazione dell'immagine retinica per oggetti posti a diverse distanze; questo processo è detto: *accomodazione*.

Nella cavità posteriore, che va dalla superficie posteriore del Cristallino alla Retina, si trova l'UMOR VITREO: un tessuto connettivo trasparente di consistenza gelatinosa dotata di una certa stabilità dimensionale. La sua funzione principale è quella di dare la forma al bulbo oculare.

L'Umor Vitreo tiene in posizione la *Tunica Nervosa*: la RETINA; quest'ultima è la sede dei "Fotorecettori", ossia di quel particolare tipo di cellule nervose che possono trasformare una stimolazione luminosa in un insieme di segnali elettrici. Essi rendono possibile la trasmissione di informazioni lungo il *Nervo Ottico* sino alla *Corteccia Cerebrale*. In particolare, lo stimolo visivo arriva nella zona del lobo occipitale dove sono presenti la corteccia Visiva Primaria e Secondaria che interpretano gli stimoli visivi nella diciassettesima aria di Brodman. (fig.1)

Quindi, l'occhio umano è perfettamente assimilabile ad un apparecchio fotografico in cui l'obiettivo è costituito da due lenti positive, la Cornea e il Cristallino; il diaframma è rappresentato dal forame pupillare mentre la Retina funge da pellicola sensibile.

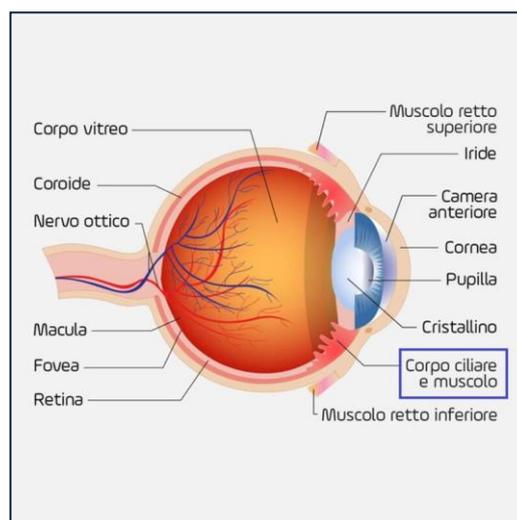


Figura 1: il Sistema Oculare

1.2 L'Iride

Durante lo *sviluppo embrionale* (fig.2) l'occhio inizia a evolversi come una protuberanza laterale del prosencefalo, formando la *Vescicola Ottica* (a). Dopo che questa struttura si *invagina* (b), da origine alla *Coppa Ottica* (c). Il Margine di quest'ultima prolifera dopo circa cinque settimane e forma un anello di tessuto che diventerà l'*Iride* (d).

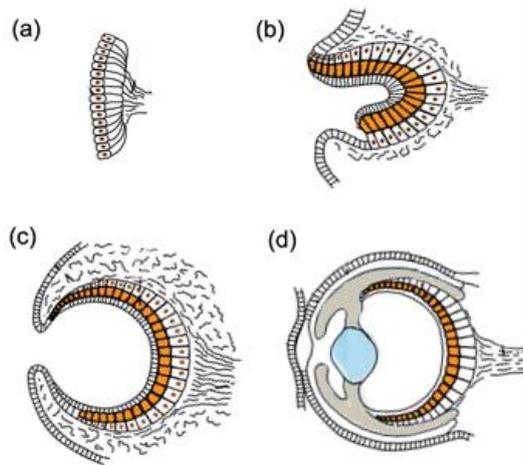


Figura 2: formazione del bulbo oculare durante lo sviluppo embrionale

L'iride è una struttura sottile e pigmentata che si presenta come un anello sospeso nell'Umore Acqueo grazie al supporto del Corpo Ciliare ed è posizionata tra la zona posteriore della Cornea e dinanzi al Cristallino. ⁽²⁾

Convenzionalmente è divisa in due zone:

- I. *Margine Ciliare*: comprende la zona periferica, dove prosegue con il corpo ciliare fino a formare la tonaca Vascolare;
- II. *Margine Pupillare*: comprende la zona che circonda la pupilla.

La superficie anteriore dell'Iride contribuisce a delimitare la camera anteriore dell'occhio e forma l'*angolo irido-corneale* con la zona posteriore della Cornea, una regione cruciale nella diagnosi e nel trattamento del *Glaucoma*.

Nell'angolo Irido-Corneale (fig.3) sono localizzate diverse strutture che partecipano al deflusso dell'Umore Acqueo, tra cui il *trabecolato corneo-sclerale* e il *canale di Schlemm*. Il trabecolato è formato da una rete porosa di fibre chiamate *trabecole* e si trova tra l'Iride, Cornea e Sclera. Il canale di Schlemm, nascosto dal trabecolato, è un sottile condotto con pareti rivestite da cellule endoteliali, che comunica con il sistema venoso tramite 25-35 piccoli canali, i quali si connettono alle vene acquose. Queste vene, visibili talvolta sotto la Congiuntiva, fanno parte delle vene ciliari anteriori. ⁽²⁾

Lo studio dettagliato di questa regione anatomica viene effettuato con una tecnica diagnostica detta: *Gonioscopia*; questa permette di osservare lo spazio tra Iride e Cornea. ⁽⁹⁾

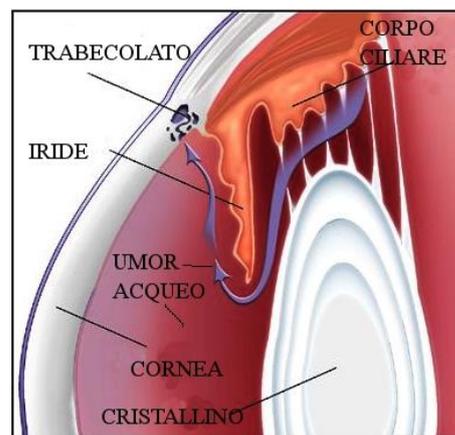


Figura 3: Angolo Irido-Corneale

Il tessuto dell'Iride è composto da uno *stroma connettivale lasso* rivolto verso la Cornea e da un *epitelio pigmentato posteriore* che è in continuità con quello retinico. A livello del bordo pupillare, l'epitelio diventa visibile, formando un margine detto *collaretto*.

L'Iride viene irrorata da *arterie ciliari posteriori lunghe* (circolo arterioso), mentre il sangue venoso defluisce nelle *vene vorticose*, che si ricongiungono con la *vena oftalmica*; quest'ultima è un vaso sanguigno che drena il sangue dalla regione orbitale verso il sistema venoso cranico.

Questo disco laminare ha un diametro che varia tra 10/12 mm ed uno spessore medio di 0,3 mm. Al centro dell'Iride si trova un'apertura circolare che prende il

nome di: *Pupilla*, attraverso la quale la camera posteriore dell'occhio comunica con quella anteriore. La massima dilatazione della Pupilla è nota come *Midriasi*, mentre il suo minimo restringimento è denominato *Miosi*.⁽²⁾

Dal punto di vista ottico è un diaframma che varia di dimensione in rapporto all'illuminazione ambientale in modo da consentire l'ingresso della quantità di luce necessaria per evitare fenomeni di abbagliamento⁽³⁾.

Contiene vasi sanguigni, cellule pigmentate e due muscoli con funzioni e innervazioni opposte (fig.4):

- I. Il *muscolo sfintere*, le cui fibre sono disposte in modo circolare, provoca la "Miosi"; quindi, riduce il diametro pupillare e riceve stimoli dal sistema parasimpatico tramite il terzo nervo cranico e i nervi ciliari brevi.^(1,2)
- II. Il *muscolo dilatatore*, con fibre orientate radialmente, è responsabile della "Midriasi"; quindi, dilata il diametro pupillare e riceve innervazione dal sistema simpatico attraverso i nervi ciliari lunghi, derivanti dalla branca oftalmica del quinto nervo cranico.^(1,2)

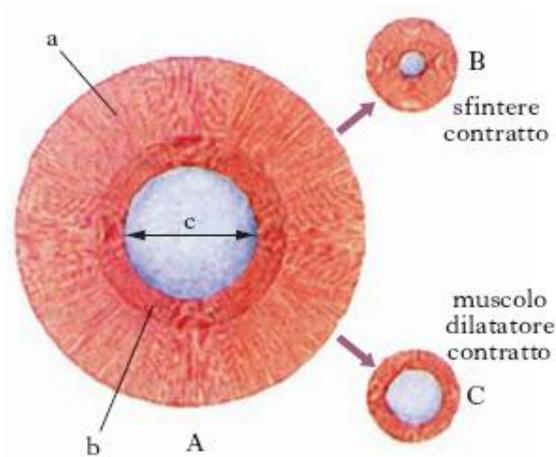


Figura 4: i muscoli dell'Iride

Questi due muscoli sono collegati tramite fibre di von Michel e di Fuchs e regolati dal sistema nervoso autonomo che controlla in modo involontario il diametro pupillare in risposta a stimoli ambientali e fisiologici.

1.3 Patologie e Alterazioni morfologiche Iridee

La salute degli occhi è un elemento essenziale per il nostro benessere generale, e le malattie oculari, sebbene poco frequenti, hanno un impatto significativo sulla qualità della nostra capacità visiva. L'Oculista è l'unico professionista abilitato a diagnosticare eventuali malattie oculari. Tuttavia, è importante riconoscere il ruolo dell'*Optometrista*, che spesso rappresenta il primo punto di contatto per valutare la salute visiva e indirizzare l'interessato verso ulteriori accertamenti, se necessario.

Tra le ANOMALIE CONGENITE definiamo:

- *Aniridia*: Mancanza parziale o totale dell'Iride; causata da una mutazione genetica che compromette il normale sviluppo del globo oculare nelle prime settimane di gestazione. Con il tempo può manifestarsi con segni e sintomi quali: Nistagmo, Cataratta, Glaucoma, Degenerazione della Cornea, dislocazione del Cristallino, Strabismo e Atrofia del Nervo Ottico.
- *Coloboma* dell'Iride: è una malformazione oculare può essere associato ad altre anomalie oculari, come l'Anoftalmia, ovvero l'assenza completa dell'occhio, la Microftalmia, che indica la presenza di occhi di dimensioni ridotte rispetto alla norma, Cataratta, Nistagmo o Glaucoma. I Sintomi sono: Diplopia, maggiore Sensibilità all'Abbagliamento, un restringimento o perdita del Campo Visivo.
- *Eterocromia*: differenza di colore tra i due occhi o all'interno dello stesso occhio, congenita o acquisita, come ad esempio la Sindrome di Horner. Le Cause sono: lesioni o traumi oculari, reazioni avverse ad alcuni farmaci, patologie come la Sindrome di Fuchs, Glaucoma Pigmentario, Nevo di Ota e Uveite. Non ci sono ripercussioni sulla "salute oculare", ma per un

fattore estetico si può ovviare al problema con uso di lenti a contatto colorate.

- *Albinismo*: è legata a una mutazione genetica che compromette la sintesi della Melanina. Questa condizione determina una colorazione più chiara dell'Iride e una maggiore sensibilità alla luce. I principali segni clinici includono: Fotofobia, ridotta Acuità Visiva, difficoltà nella percezione dei dettagli e Nistagmo. Sebbene non esista una cura definitiva, sono disponibili trattamenti e strategie utili per alleviare i sintomi e migliorare il benessere visivo e generale.

- Tra le NEOPLASIE definiamo:

- *Melanoma* dell'iride: Tumore maligno che si presenta come un nodulo pigmentato sull'Iride; colpisce le cellule che producono la *Melanina*. I Sintomi più comuni sono: visione offuscata e doppia, macchie scure, lampi di luce nel campo visivo e deformazione pupillare.
- *Nevi dell'iride*: si tratta di lesioni pigmentate benigne, da monitorare per il potenziale di trasformazione maligna; sono costituite da cellule chiamate *Melanociti*, responsabili della produzione di Melanina.
- *Cisti dell'iride*: solitamente benigne e asintomatiche, riguardano principalmente la *specie animale*. Si tratta di formazione di piccole sfere piene di liquido che fluttuano liberamente nella camera anteriore dell'occhio.

- Tra i TRAUMI E ALTERAZIONI POST-OPERATORIE definiamo:

- *Iridodialisi*: si tratta di una separazione dell'Iride dalla sua inserzione a livello del Corpo Ciliare. I Sintomi possono essere: visione offuscata, Sensibilità all'Abbagliamento e persino perdita della vista se non curata con un intervento chirurgico.

- *Ematoma irideo*: è detto anche “Ifema”; consiste in un accumulo di sangue all’interno dell’Iride dopo un trauma. Deve essere trattato correttamente, in quanto se sottovalutato può provocare danni permanenti alla vista.
 - *Anisocoria traumatica*: è una malattia neurologica data da un’alterazione delle dimensioni pupillari causata da *lesioni muscolari*. La conseguenza è che una Pupilla risponde più lentamente agli stimoli luminosi rispetto alla norma.
- La SINDROME DA DISFUNZIONE IRIDEA si divide in:
 - *Sindrome di Fuchs*: Uveite cronica non granulomatosa caratterizzata da depigmentazione iridea e Cataratta. Può essere assente o difficile da valutare in un occhio di colore marrone scuro.
 - *Sindrome di Posner-Schlossman*: ricorrente Glaucoma associato a lieve Iridociclite, cioè infiammazione dell’Iride e del Corpo Ciliare. I sintomi possono essere: fotofobia, ridotto Visus e visione alonata.
- Tra le PATOLOGIE SECONDARIE definiamo:
 - *Sinechie Irinee*: aderenze dell’Iride ad altre strutture oculari (ad esempio Cornea o Cristallino), spesso conseguenti a infiammazioni o traumi. I Sintomi possono essere: visione offuscata, dolore, rossore, fotofobia e deformazione pupillare.
 - *Atrofia dell’Iride*: riduzione del tessuto irideo, che può portare a: perforazioni della superficie, Edema corneale, Ectropion uveale e Sinechie anteriori; deriva da malattie infiammatorie croniche o da Glaucoma secondario.

- Tra le DISFUNZIONI PUPILLARI definiamo:
 - *Miosi o Midriasi patologica*: alterazioni del diametro pupillare dovute a disfunzioni dell'Iride, spesso per lesioni neurologiche o farmaci.
 - *Corectopia*: dislocazione della Pupilla dall'asse visivo centrale verso la zona periferica; può essere congenita o acquisita.

Infine, definiamo:

- *L'Irite*: un'inflammatione acuta o cronica dell'Iride, spesso associata a uveite anteriore, che può essere di natura: infettiva, reumatica, metabolica, traumatica etc. I Sintomi associati solitamente sono: dolore, fotofobia, arrossamento e visione offuscata. Infine, le complicazioni che si possono presentare sono: Glaucoma secondario, Sinechie (aderenze irido-corneali o irido-cristalliniche).

Ogni condizione richiede una diagnosi accurata da opportuni specialisti tramite: un esame *Biomicroscopico, imaging oculare* (ad esempio OCT e Ultrasuoni), un trattamento personalizzato che può includere *terapia farmacologica*, accompagnati da un monitoraggio, o in alcuni casi si ricorre alla *chirurgia*.

Si osservi che molte di queste alterazioni della struttura iridea sono associate a sintomi come: *fotofobia*, ridotta percezione del *Contrasto*, diminuzione dell'*Acuità Visiva* e ipersensibilità all'*Abbagliamento*. Questo evidenzia come l'Iride venga spesso sottovalutata e considerata principalmente sotto l'aspetto estetico, mentre invece gioca un ruolo cruciale tra le principali cause di riduzione della qualità visiva.

CAPITOLO 2

I Colori dell'Iride

1.1 Da cosa dipendono?

Il colore degli occhi è determinato da vari fattori *biologici e genetici* che interagiscono tra loro. In particolare, dipende dalla quantità di *Melanina* presente nell'Iride e dalla distribuzione delle cellule chiamate *Melanofori* presenti nella *sostanza fondamentale*. Ad esempio, le persone con occhi scuri hanno più Melanina, mentre chi ha occhi chiari ne ha meno. ⁽¹⁾

La Melanina è lo stesso pigmento responsabile anche del colore della pelle e del colore dei capelli. ⁽¹⁷⁾ A differenza del colore della pelle, il significato evolutivo degli occhi chiari è meno definito. Una teoria suggerisce che questi ultimi potrebbero aver aiutato le persone a sopportare meglio gli inverni bui del Neolitico, grazie a una maggiore resistenza alla depressione stagionale (SAD), legata alla mancanza di luce.

Le popolazioni europee hanno sviluppato tratti più chiari nel corso del tempo, probabilmente per adattarsi a cambiamenti climatici e ambientali.

Il colore degli occhi non segue una semplice ereditarietà dominante o recessiva; in passato, si pensava che occhi marroni fossero “dominanti” rispetto ai blu. Tuttavia, oggi sappiamo che molti geni contribuiscono al colore, rendendo il processo più complesso. Il gene più importante è l'OCA2 (Albinismo Oculocutaneo di Tipo 2); il nome deriva dal fatto che mutazioni di questo gene possono causare una forma di Albinismo Oculocutaneo: condizione di scarsa produzione di Melanina con conseguente pelle chiara, capelli bianchi e occhi di colore molto chiaro. Questo gene è situato sul cromosoma 15 e contiene le istruzioni per produrre una proteina che modula l'attività della tirosinasi, enzima protagonista nella sintesi della melanina. Una variazione specifica di un altro gene, HERC2, può influenzare il funzionamento di OCA2 e determinare se una persona ha occhi chiari o scuri.

- Se HERC2 riduce l'attività di OCA2, c'è maggiore probabilità di avere occhi *Chiari*;
- Se HERC2 permette il normale funzionamento di OCA2, c'è maggiore probabilità di avere occhi *Scuri*.⁽¹⁸⁾

La correlazione con la *specie animale* ci riporta che solo poche specie, come i *Macachi* (fig.5) e i *Lemuri* (fig.6), mostrano variazioni nel colore degli occhi. Tuttavia, nei lemuri, le mutazioni che causano occhi blu negli umani non sono le stesse, indicando che *il meccanismo genetico è diverso*.



Figura 5: Macaco



Figura 6: Lemuri

2.2 *Le variazioni cromatiche*

La *Melanina* si divide in due gruppi principali a seconda dei pigmenti definiamo:

- 1) *FEOMELANINA*: che comprende le tonalità rossiccia e gialla;
 - 2) *EUMELANINA*: che comprende le tonalità più scure tra nero e marrone.
- (18)

Tra le varie sfumature distinguiamo (fig.7):

- **MARRONE**: In questa categoria rientra più della metà della popolazione mondiale (circa l'80%), dal marrone più chiaro al marrone più scuro. Sono più ricchi di Melanina nello stroma e sono in grado di assorbire anche la luce a lunghezza d'onda corta. È il colore dominante nell'uomo e quello che naturalmente ci appartiene.
- **AZZURRO // BLU**: è il secondo colore più diffuso al mondo (circa il 10%), soprattutto in Europa. Questa colorazione dipende dalla bassa densità di Melanina nello stroma. Per questo le onde corte non vengono assorbite bensì riflesse. Questo colore si definisce *recessivo* rispetto al marrone che invece risulta essere *dominante*.
- **NERO**: è dovuto da una sovra-produzione di Melanina. Un occhio nero con assenza, totale o parziale, di iride è affetto da "*anidridia*". Questo colore è presente in Asia Orientale, sud est Asiatico e fra gli Aborigeni, in Africa, Sud America e in molte zone del Medio Oriente. Solo l'1% della popolazione ha l'occhio quasi totalmente nero. Sappiamo però che il colore irideo nero assoluto in natura non esiste.

- **NOCCIOLA:** solo il 5/8% della popolazione ha questo colore che spazia tra il marrone chiaro al verde//oro scuro. È dato da una presenza di Melanina nella zona frontale iridea inferiore, rispetto al marrone, ma superiore rispetto all'azzurro. Si possono presentare sfumature di colore ambrato vicino alla pupilla e verde scuro verso il limbus. Questa tonalità è difficile da definire perché varia parecchio a seconda di cosa si indossa o del tipo di illuminazione ambientale.
- **AMBRA:** li possiedono meno del 5% della popolazione mondiale dislocati soprattutto in Asia e Sud America. Spaziano tra una tonalità giallo//oro e rame//rossastra e non sono presenti sfumature di marrone o verde. Ciò potrebbe essere dovuto alla presenza di un pigmento giallo detto *lipocroma*, tipicamente visibile nei lupi, gatti, gufi e aquile.
- **VERDE:** solo il 2 % della popolazione mondiale ha gli occhi di questo colore, comune in Irlanda, Scozia e nell'Asia Centrale ed è più comune nelle Donne. La parte frontale dell'Iride contiene pochissima Melanina del tipo *feomelanina*. L'effetto della scomposizione della luce va a miscelare la pigmentazione azzurra con quella giallastra ottenendo appunto il colore VERDE.
- **GRIGIO:** è molto comune nell'Europa Orientale e simile all'azzurro ma ha scarsissima pigmentazione al suo interno e contiene poco più Melanina. È la presenza di *collagene* che aiuta alla luce a disperdersi facendo apparire gli occhi di questo colore.
- **ROSSO:** nella maggior parte dei casi si accompagna ad una condizione di **albinismo**. L'Iride è quasi trasparente e il rosso è dato dalla presenza di vasi sanguigni sulla superficie. Inoltre, chi ha questo particolare colore degli occhi, è più soggetto a problemi visivi.

- **VIOLA:** questo colore lo possiamo ritrovare in una persona albina con danni causati all'iride dalla luce solare. In questo caso l'azzurro e il rosso si fondono creando questo colore raro e particolare. ⁽¹⁸⁾



Figura 7: le variazioni cromatiche

2.3 La percezione di variazioni cromatiche

Oltre al colore, l'Iride ha delle particolarità, come *cripte*, *solchi* e *anelli* intorno alla pupilla. Questi dettagli non solo rendono unica ogni iride (utile per identificare le persone), ma possono anche essere legati a certi aspetti della salute e del comportamento. Sappiamo che durante l'arco della vita ci possono essere dei fattori che vanno ad alterare la percezione del colore che non risulta essere sempre definito e costante, ma varia a seconda di diverse circostanze.

- I. **Nascita:** quando nasce un bambino i suoi occhi solitamente sono azzurri, ad eccezione dei neonati dalla carnagione scura che al momento della nascita hanno già occhi scuri. In realtà questo accade perché il suo organismo non ha ancora cominciato a produrre Melanina per definirne il colore. Il processo di pigmentazione dell'occhio sarà definitivo solo verso i 3 anni di vita.

- II. **Età:** con l'avanzare dell'età gli occhi possono schiarirsi esattamente come i capelli che diventano bianchi per una minore produzione di melanina da parte del nostro organismo.
- III. **Intensità della luce:** in un ambiente con luce soffusa le nostre pupille saranno più dilatate facendo apparire l'iride leggermente più scura; mentre all'aumentare della luce accade il contrario e cioè la pupilla si restringe mettendo in risalto tutte le sfumature dell'iride, rendendola visibilmente più chiara.
- IV. **Umore:** è scientificamente provato che il colore degli occhi appare più vivido e brillante quando siamo gioiosi e più scuro quando siamo tesi e arrabbiati.
- V. **Alimentazione:** quando è sana ed equilibrata gli occhi appariranno più luminosi e con un colore più vivido. Quando siamo malati, gli occhi risaltano il nostro malessere.
- VI. **Incidenti:** possono inibire la produzione di melanina. Spesso capita che vi sia un parziale cambio colore dell'iride.
- VII. **Trucco e Vestiti:** anche il modo in cui ci vestiamo e trucchiamo influenza il colore degli occhi, andando a determinare qualche riflesso ed enfatizzando il colore naturale. Ricordiamo *l'Armocromia*, una disciplina attualmente molto diffusa. ⁽¹⁸⁾

2.4 Il legame con la salute oculare

Il *Colore dell'Iride* può influenzare la salute oculare e questo è dovuto principalmente alle differenze nella quantità e nel tipo di melanina presenti al suo interno. Queste varianti possono influenzare la protezione dalla luce, la suscettibilità ai danni ossidativi e la risposta infiammatoria.

Tra le varie patologie associate al colore dell'Iride definiamo:

1) La **Cataratta**;

Alcuni studi recenti hanno dimostrato che le persone con Iridi chiare, cioè blu verdi e grigi, hanno un rischio più elevato di sviluppare Cataratta precoce a causa della maggiore sensibilità alla luce solare e ai danni indotti dalle radiazioni UV. Questo perché la minor quantità di Melanina nell'Iride offre meno protezione aumentando lo stress ossidativo nel Cristallino.

2) **Degenerazione maculare legata all'età (AMD)**

Le persone con occhi chiari sono più predisposte rispetto a quelle con occhi scuri. La ragione è data dalla Melanina che risulta essere ridotta e questo significa che c'è maggiore esposizione ai danni retinici dati dalla luce blu e dai danni ossidativi.

3) **Glaucoma pigmentario e Sindrome da dispersione pigmentaria**

Risulta essere più comune negli occhi scuri perché hanno più Melanina. In alcuni casi il pigmento può sfaldarsi e depositarsi nel *trabecolato oculare*, ostruendo il deflusso dell'Umor Acqueo e aumentando la pressione intraoculare, sintomo comune del Glaucoma.

4) **Melanoma Uveale (UM)**

Le persone con occhi chiari hanno un rischio maggiore di sviluppare questo tipo di tumore oculare. Il motivo può essere la minore protezione dalle radiazioni UV e una possibile influenza della *feomelanina*, che potrebbe favorire delle mutazioni genetiche.

5) **Uveite**

Oltre a presentarsi maggiormente tra persone con occhi chiari, questa infiammazione, tende a essere più grave e a rispondere meno ai trattamenti in queste persone. Il motivo potrebbe essere legato a una diversa risposta immunitaria o alla *feomelanina* che ha un ruolo importante nell'infiammazione oculare. ⁽⁴⁾

CAPITOLO 3

La correlazione tra il colore dell'iride e le Abilità Visive

3.1 La funzione principale dell'Iride

All'interno del sistema oculare, l'Iride, svolge un ruolo fondamentale e cioè quello di regolare la quantità di luce in ingresso in funzione dell'apertura della pupilla, la quale si comporta da vero e proprio *Diaframma*.

La regolazione di luce in ingresso è dettata da processi di *Miosi* e *Midriasi*, i quali evitano fenomeni di abbagliamento sul piano retinico che potrebbero portare a effetti visivi disturbanti **temporanei** come:

- Riduzione della visione con conseguente perdita di sensibilità visiva;
- Immagini luminose (fosfeni) o macchie;
- Cecità: dura pochi secondi o minuti;

Ma anche a danni Retinici **permanenti**, infatti, l'esposizione diretta a fonti di luce intense come quella del Sole o un Laser potente possono portare a: Retinopatia solare o lesioni date da ustione. ⁽⁴⁾

3.2 I fenomeni ottici all'interno del sistema oculare

Quando il diaframma pupillare dell'Iride si dilata o restringe, sta aumentando o riducendo la nostra qualità visiva in funzione dell'*Aberrazione Sferica*. Questo succede perché i raggi *marginali* che incidono sulla periferia dell'Iride, vengono deviati maggiormente rispetto a quelli centrali che si trovano in prossimità dell'asse visivo, detti *parassiali*. Di conseguenza si crea una zona allungata, detta *caustica*, di aspetto imbutiforme. L'eliminazione di questo fenomeno può essere data proprio dal diaframma irideo, quando questo si restringe in condizioni

luminose, infatti, permette il passaggio ai raggi parassiali bloccando quelli marginali. È anche questo il motivo per il quale quando siamo in condizione di scarsa illuminazione ambientale, cioè visone crepuscolare e *scotopica*, la qualità visiva diminuisce drasticamente rispetto a quella *fotopica*.⁽³⁾

Nella pratica Optometrica se ad un occhio viene anteposto il *Foro Stenopeico*, un disco opaco dalle dimensioni di una lente di prova con un foro al centro di 1-2 millimetri, questo simula il diaframma dell'iride. Infatti, grazie a questo possiamo verificare se la presunta correzione data per un vizio refrattivo sia corretta o meno; inoltre è grazie ad esso che possiamo verificare la trasparenza dei mezzi diottrici oculari. Infatti, se con l'anteposizione del Foro Stenopeico, c'è peggioramento del Visus, questo potrebbe essere indice di opacizzazione dei mezzi diottrici oculari, in particolare del Cristallino e cioè: *Cataratta*.⁽³⁾

L'Iride si comporta come un *Disco di Airy*, un pattern di *diffrazione* prodotto quando un fascio di luce passa attraverso un'apertura circolare, proprio come la Pupilla. Sul piano retinico si formerà un piccolo disco luminoso centrale circondato da anelli concentrici più deboli di intensità luminosa man mano che ci si allontana dal centro.

L'Iride influisce sulla dimensione di questo disco e di conseguenza sulla qualità visiva; infatti, quando la pupilla si restringe in condizioni di intensa luminosità il disco di Airy aumenta, aumentando di conseguenza gli effetti di diffrazione riducendo la nitidezza di immagine.

Gli occhi che presentano una grande quantità di Melanina nell'Iride sono in grado di assorbire più luce e disperderne poca, mettendo in risalto un *colore scuro*. Quando invece è presente poca Melanina, il quantitativo di luce che viene assorbito è minore; quindi, l'Iride ne disperde e riflette una maggiore quantità dando vita ad un *colore chiaro*.

Quest'ultimo fenomeno, che va a scomporre la luce assorbendo più facilmente le onde a bassa frequenza (luce rossa) e riflettendo le onde ad alta frequenza (luce azzurra e verde) è definito *effetto RAYLEIGH* ed è lo stesso motivo che ci permette di vedere il cielo di colore azzurro.⁽¹⁸⁾

Il fascio di luce bianca che entra nel sistema oculare viene *diffusa* dalle minuscole particelle presenti nello stroma; quindi, questo è un effetto puramente *Fisico* e non è dato dai pigmenti presenti nell'Iride.

3.3 La sensibilità al contrasto

La Sensibilità al Contrasto è un'abilità visiva che consente di distinguere un oggetto rispetto allo sfondo a diversi gradi di illuminazione. È importante quando vogliamo valutare la discriminazione dei dettagli in condizioni di scarsa illuminazione ambientale. Nella quotidianità ci sono diverse attività che richiedono questa capacità e cioè ad esempio: guidare di notte in condizioni di scarsa visibilità.

Negli occhi scuri l'alta concentrazione di Melanina fa sì che l'iride assorba più luce, riducendo la diffusione interna. È per questo che c'è una migliore chiarezza dell'immagine e percezione del contrasto; ciò può offrire vantaggio in ambienti ad alta luminosità e con contrasti deboli.

Negli occhi chiari c'è maggiore diffusione interna della luce e questo, di conseguenza, può causare una maggiore dispersione. In questo caso ci può essere una minima riduzione della capacità di percepire differenze sottili tra aree chiare e scure, specialmente in condizione di luce intensa o abbagliante. (5,6,7)

3.4 La Visione Crepuscolare

È la capacità dell'occhio umano di riuscire a discriminare i dettagli di un'immagine in condizioni di scarsa illuminazione ambientale.

Questa funzione è regolata principalmente dai *Bastoncelli*, un tipo di fotorecettore insensibile ai colori.

Degli studi affermano che le persone con occhi scuri hanno una visione notturna più efficiente rispetto a chi ha occhi di colore chiaro.

3.5 La Sensibilità all'Abbagliamento

La *Sensibilità all'Abbagliamento* è la capacità di adattamento della *Retina* a fonti di luce intense o improvvise, come ad esempio i fari delle auto di notte.

Negli occhi scuri l'alta concentrazione di Melanina fa sì che l'Iride assorba più luce, riducendo la diffusione interna e rendendo gli occhi più resistenti all'abbagliamento.

Negli occhi chiari c'è maggiore diffusione interna della luce e questo, di conseguenza, può causare una maggiore dispersione. La luce diffusa può causare una sorta di "velo luminoso" che riduce la nitidezza dell'immagine proiettata sul piano retinico. Ciò non vuol dire che le persone con occhi chiari abbiano una visione sfocata in condizioni normali, ma possono essere più suscettibili a condizioni che alterano la qualità dell'immagine, come l'abbagliamento. ^(5,6,7)

3.5 Tempo di recupero dopo l'abbagliamento

Il Tempo di recupero all'abbagliamento è la misura del tempo necessario affinché il sistema oculare recuperi la capacità visiva dopo essere stato esposto a una forte sorgente luminosa, ad esempio, i fari di un'automobile in condizioni scotopiche.

Gli occhi chiari essendo più sensibili alla luce intensa, tendono ad avere un tempo di recupero più lungo dopo un fenomeno di abbagliamento. In questo sistema oculare, il fenomeno di dispersione è maggiore.

Gli occhi scuri tendono ad essere meno sensibili all'abbagliamento e recuperano più velocemente rispetto a quelli chiari questo perché il fenomeno di dispersione della luce è più limitato.

CAPITOLO 4

Raccolta Dati

4.1 raccolta dati e scopo

È stato opportuno raccogliere dei dati per supportare l'enunciato.

Il lavoro è stato svolto presso il Laboratorio di *Optometria* dell'Università Federico II di Napoli, nella sede di Monte Sant'Angelo, Dipartimento di Fisica.

Sono stati selezionati 30 candidati con età media: 30.

La scelta di queste persone non è stata casuale, ma determinata dal diverso *Colore degli occhi*, parola chiave di questa trattazione. Sono stati scelti 15 candidati con il colore degli occhi SCURO (marrone chiaro e scuro) e 15 con il colore degli occhi CHIARO (blu chiaro e scuro/verde chiaro e scuro).

Gli esaminati hanno raggiunto almeno 8/10 di Acuità Visiva per sostenere i Test successivi.

4.2 Materiale utilizzato

- Ottotipo digitale AOC (Advanced Ophthalmic Chart) con retroilluminazione LED e risoluzione FULL-HD, luminosità massima 250 cd/m² e contrasto 1000:1.
- Console di comando Tablet (Remote Console)
- Penna LED certificata
- Chiavetta USB su cui, a termine dell'esame è stato caricato il report di ciascun esaminato
- Paletta per Cover Test
- Luxometro portatile Urceri

- Due lampade Fluorescenti a basso consumo da 20 Watt

4.3 Esecuzione dei Test

Per confermare le teorie spiegate nei capitoli precedenti è stato opportuno fare riferimento a dei Test che tenessero conto degli effetti luminosi, come Sensibilità al contrasto e Sensibilità all'abbagliamento; quindi, non compresi in abituali screening visivi. Questi test risultano fondamentali soprattutto in condizioni reali di guida, oltre alla semplice Acuità Visiva.

Quindi, per eseguire i test ho ritenuto ragionevole fare riferimento alla linea guida preimpostata: ESAME PATENTE del sistema AOC, cosicché l'esaminato resti vigile e collaborante fino al termine della batteria dei test presentati. Quest'ultimi sono in ordine di esecuzione:

1) TEST ACUITA VISIVA OD/OS

L'esaminato è stato posto a cinque metri dalla tavola ottotipica con simboli alfabetici di Sloan (fig.8) neri su fondo bianco; la scala decimale contiene righe con cinque stimoli ciascuna con valori da 1/10 a 12/10.

La Luminanza della tavola è stata impostata a 300 (cd/m²), con Contrasto di Weber (C_w) maggiore dell'85%:

$$C_w = (L_s - L_b) / L_b$$

Dove:

L_s = è la luminanza dello stimolo presentato;

L_b = è la luminanza dello sfondo su cui è posto lo stimolo presentato.

L'illuminazione ambientale è stata resa di un valore corrispondente a circa 500 Lux.

È stato chiesto all'esaminato di riconoscere *Monocularmente* almeno tre su cinque delle lettere presenti nelle righe. ⁽²³⁾

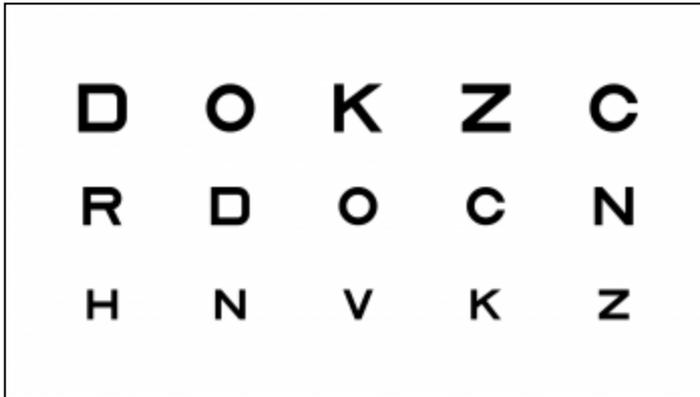


Figura 8: Simboli alfabetici di Sloan

2) TEST SENSIBILITA' AL CONTRASTO

Dopo aver proiettato la tavola di sensibilità al contrasto di Pelli-Robson (fig.9), l'esaminato è stato invitato a spostarsi ad una distanza ravvicinata rispetto a quella precedente, ossia a tre metri dall'AOC.

Le condizioni di illuminazione ambientale sono state rese tale da rendere presenti sulla tavola valori di illuminamento a 300 lux.

La Luminanza della Tavola è stata regolata in modo tale da riflettere a 85 (cd/m²).

L'esame è stato eseguito in visione *binoculare*; una tripletta di stimoli viene considerata letta correttamente quando sono state riconosciute due lettere su tre.

(23)



Figura 9: Tavola Pelli-Robson

3) TEST VISIONE CREPUSCOLARE

Dopo aver proiettato la tavola ottotipica (fig.10) l'esaminato è stato invitato a spostarsi alla stessa distanza del test: Acuità Visiva, cioè a cinque metri dalla tavola ottotipica.

In questo caso l'illuminazione ambientale deve essere oscurata in maniera tale da determinare una illuminazione di 1 o 2 lux, con un valore di Luminanza della tavola di 5 cd/m².

L'esame è stato eseguito in visione *binoculare* dopo aver ottenuto un adattamento massimo alle condizioni di luce ambientale di circa dieci minuti.

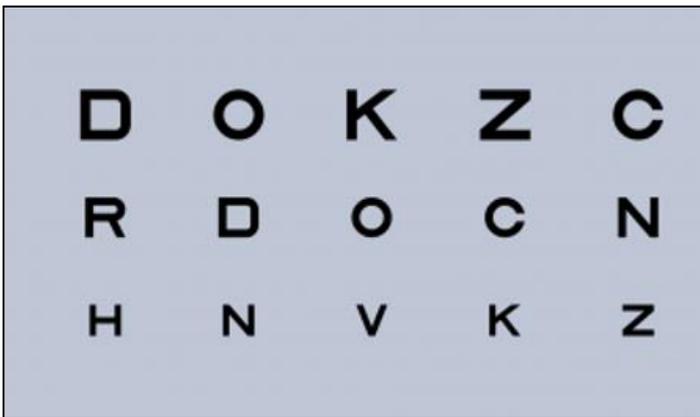


Figura 10: Test Visione Crepuscolare

4) TEST SENSIBILITA' ALL'ABBAGLIAMENTO

Dopo aver proiettato la tavola ottotipica appropriata l'esaminato è stato invitato a spostarsi alla distanza di tre metri. Sono state posizionate le due lampade a muro (fig.11) a circa un metro a destra e a sinistra dal centro della tavola ottotipica. Le lampade hanno un'emissione luminosa da 900 a 1200 lumen, tali da consentire una illuminazione da 400 a 500 Lux. Il livello di Luminanza della tavola in questo caso è stato impostato a 100 (cd/m²).

L'illuminazione ambientale, prima di accendere le due lampade, è stata tale da consentire un illuminamento intorno ai 300 Lux.

Dopo aver acceso le due lampade, è stato chiesto al soggetto di riferire fino a che riga ha riconosciuto le lettere presentate. ⁽²³⁾

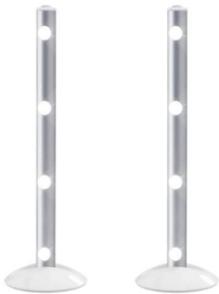


Figura 11: set di due lampade per produrre lo stimolo di abbagliamento

5) TEST TEMPI DI RECUPERO DOPO L'ABBAGLIAMENTO OD/OS

La tavola ottotipica, in questo caso, è stata posta a cinque metri dall'esaminato con le due lampade laterali accese. Una penna luminosa a LED (fig.12) ha prodotto un illuminamento di circa 200 Lux a 20 centimetri dal viso del candidato.

Le condizioni di illuminamento ambientale sono state le stesse descritte nel primo Test: Acuità Visiva. In questo caso il test è stato eseguito *monocularmente*.

Dopo l'adattamento al buio per circa un minuto, è stato coperto un occhio e posta la penna luminosa a 3 cm dall'occhio scoperto, cioè quello con miglior Visus, invitando il soggetto a fissarla per dieci secondi. Rimossa la sorgente luminosa e riacquistando la condizione ambientale descritta prima, è stato chiesto all'esaminato di leggere istantaneamente la riga presentata. ⁽²³⁾



Figura 12: penna LED certificata

Di seguito, viene riportata una tabella contenente i valori riscontrati dai test eseguiti per ciascun singolo esaminato con occhi CHIARI (**Tabella 1**).

CASI	GENERE	ETA' (anni)	AV OD	AV OS	SC (LogCS)	VC (AV)	SA (AV)	RA (s)	CORREZIONE
1	F	20	1.1	1.2	1.8	0.7	1	7	SI
2	F	22	1.2	1.2	1.8	1.0	1	5	NO
3	F	38	0.8	0.9	1.8	1.0	1	5	NO
4	M	30	1.2	1.2	1.65	1.0	1	4	NO
5	F	29	0.9	0.9	1.8	0.9	1	4	NO
6	F	30	1.2	1.2	1.65	1.0	1	5	NO
7	M	23	1.2	1.2	1.8	1.0	1	4	SI
8	F	27	0.8	0.9	1.8	0.9	1	5	SI
9	F	35	1.2	1.0	1.8	0.8	1	4	NO
10	F	25	1.2	1.2	1.8	1.0	1	4	SI
11	F	31	0.8	0.8	1.65	0.5	1	4	SI
12	F	36	1.2	1.2	1.8	1.0	1	4	NO
13	F	21	0.8	0.9	1.35	0.5	1	5	NO
14	M	67	1.2	1.0	1.65	0.9	1	5	SI
15	M	18	1.0	1.1	1.65	0.8	1	4	NO

Tabella 1: dati Occhi Chiari

Dalla tabella si evince che la maggioranza dei candidati è di genere *femminile*;

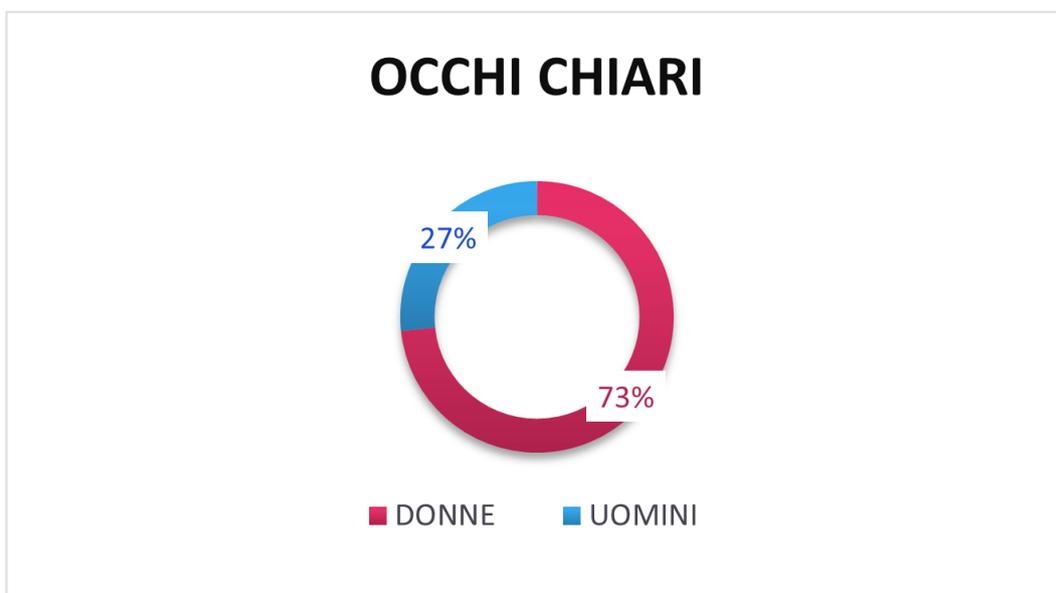


Grafico 1: Maggioranza maschile per i candidati con Occhi Scuri

Si evince, inoltre, che la maggioranza dei candidati con occhi chiari è *Emmetrope* (**Grafico 2**);

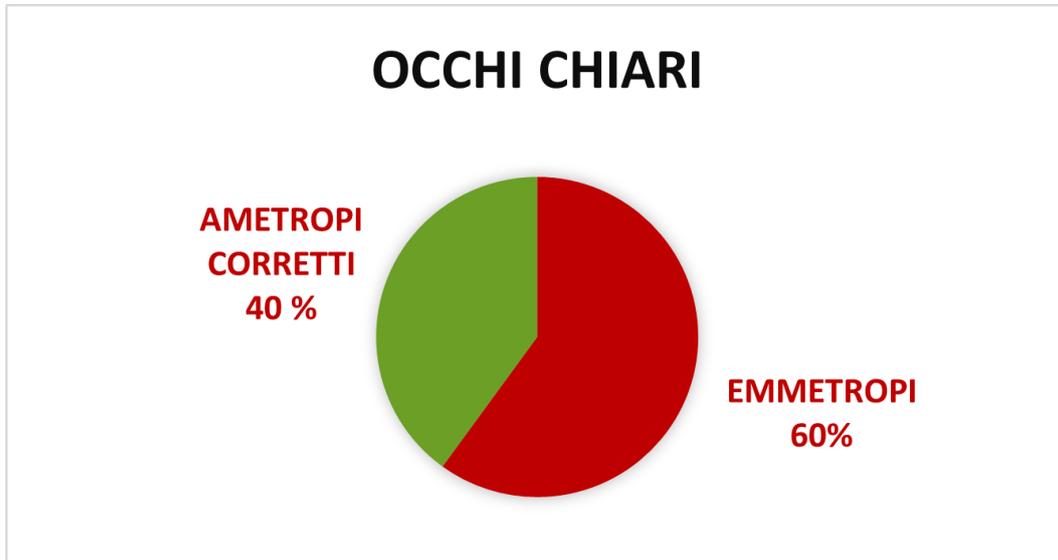


Grafico 2: Maggioranza di Emmetropi per i candidati con Occhi Chiari

Di seguito, viene riportata una tabella contenente i valori riscontrati dai test eseguiti per ciascun singolo esaminato con occhi SCURI (**Tabella 2**).

CASI	GENERE	ETA' (anni)	AV OD	AV OS	SC (LogCS)	VC (AV)	SA (AV)	RA (s)	CORREZIONE
1	M	25	9	9	1.65	1.0	1	3	SI
2	F	28	1.2	1.2	1.65	0.9	1	3	SI
3	F	36	1.2	1.2	1.8	0.9	1	4	NO
4	M	26	1.0	1.1	1.8	1.0	1	3	SI
5	M	26	1.2	1.2	1.65	0.9	1	4	SI
6	M	18	0.8	1.0	1.65	0.8	1	5	NO
7	M	28	1.0	1.0	1.8	0.9	1	4	SI
8	F	27	1.2	1.2	1.8	0.9	1	4	SI
9	F	39	1.2	1.2	1.8	1.0	1	3	SI
10	M	33	1.2	1.2	1.8	1.0	1	3	SI
11	F	20	1.1	1.0	1.8	1.0	1	4	NO
12	F	21	1.0	1.0	1.8	1.0	1	4	SI
13	M	35	1.2	1.1	1.65	0.9	1	5	SI
14	F	22	1.2	1.2	1.8	0.9	1	4	NO
15	M	23	0.8	0.9	1.65	1.0	1	4	NO

Tabella 2: dati Occhi Scuri

Da questi dati si evince che la maggioranza dei candidati è di genere *maschile* (**Grafico 3**);

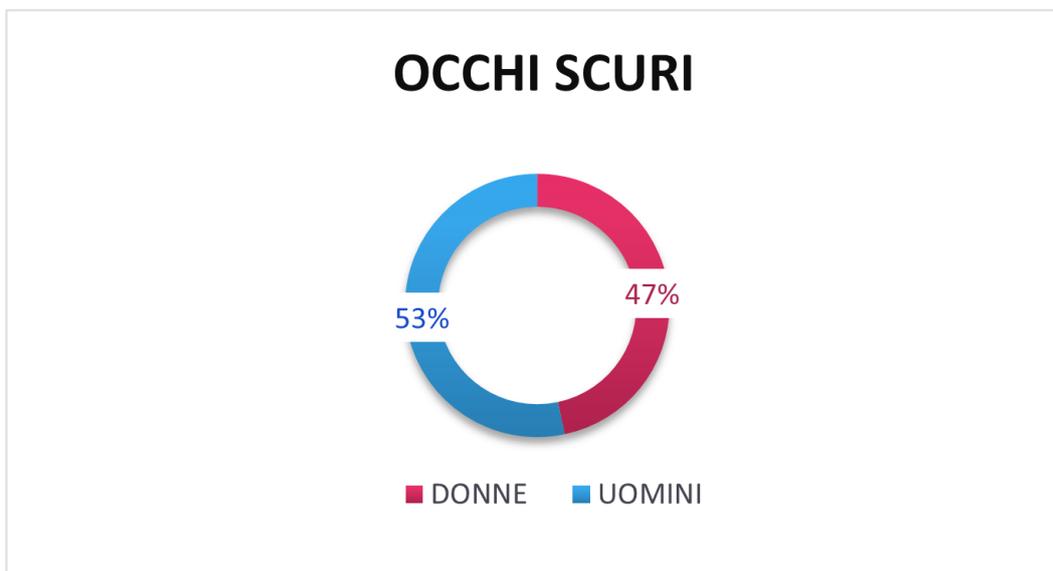


Grafico 3: Maggioranza maschile per i candidati con Occhi Scuri

Dalla Tabella si evince, inoltre, che la maggioranza dei candidati con occhi scuri è *Ametrope* (**Grafico 4**);

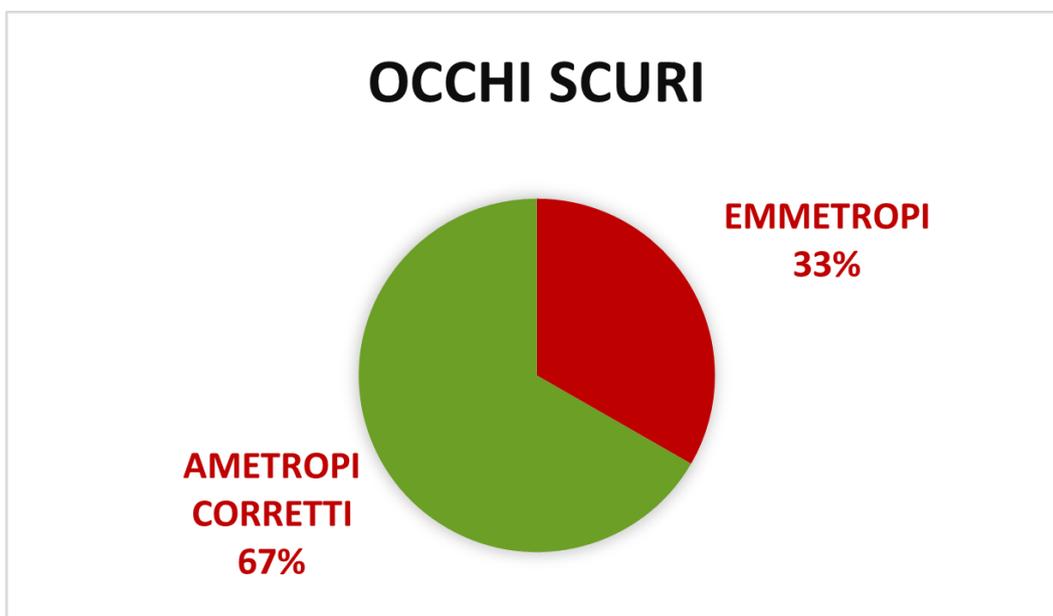


Grafico 4: Maggioranza di Ametropi Corretti per i candidati con Occhi Scuri

4.4 Analisi Dati e Considerazioni

Tutti i soggetti in esame sono stati invitati ad eseguire la batteria di test da cui è emerso che la maggioranza ha una dominanza sensoriale Destra (73%) rispetto a quella Sinistra (27%);

Dai risultati del secondo Test: *Sensibilità al contrasto* (**Grafico 5**) si evidenzia che la maggioranza dei candidati raggiunge un valore massimo di 1.8 Log (CS) (63%), rispetto a chi raggiunge un valore inferiore (37%).

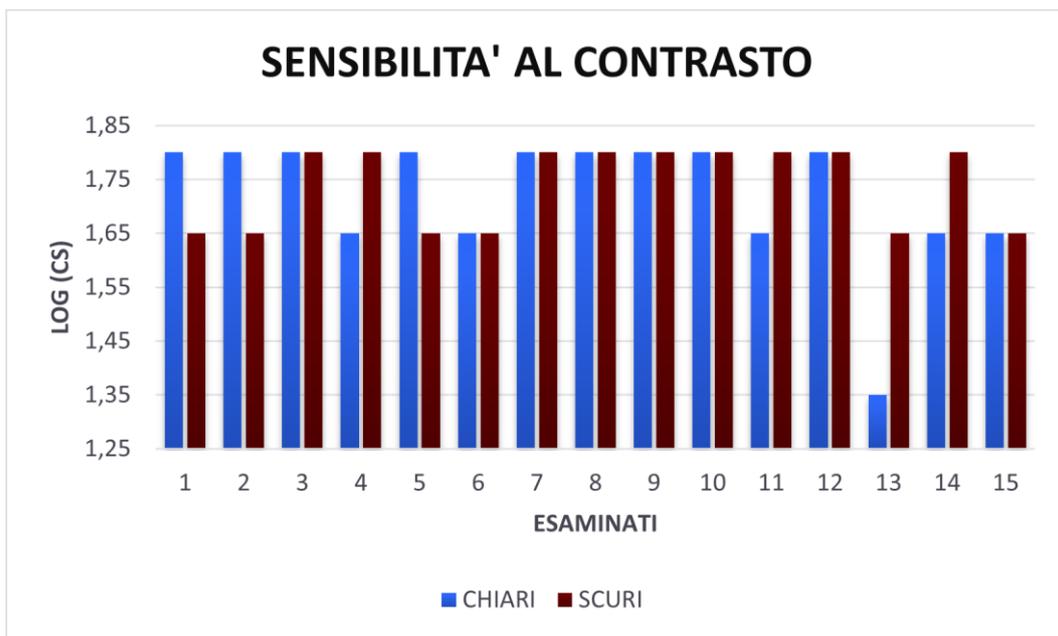


Grafico 5: Risultati del Test Sensibilità al Contrasto dei 30 esaminati

Analizzando la percentuale che raggiunge un valore inferiore a 1.8 Log (CS), si nota che la maggioranza, anche se minima, viene rappresentata dai candidati con occhi Chiari (6/15) rispetto a quelli con occhi Scuri (5/15), confermando la teoria descritta nel capitolo precedente.

Dati i risultati del terzo Test: *Visione Crepuscolare* (**Grafico 6**) si evidenzia che la maggioranza (53%) non raggiunge il valore massimo presentato, cioè 10/10;

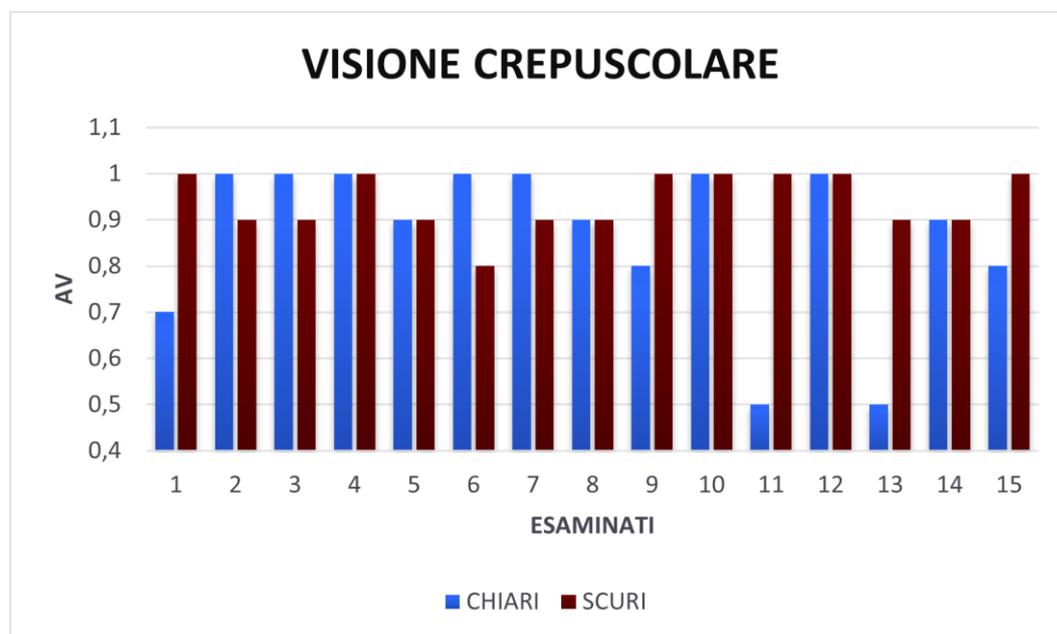


Grafico 6: Risultati del Test *Visione Crepuscolare* dei 30 esaminati

Analizzando la percentuale che denota la maggioranza, si nota che viene rappresentata in equa parte da Occhi Chiari (50%) e Occhi Scuri (50%).

In questo caso se “stringiamo il cerchio” notiamo che il gruppo di persone con occhi chiari hanno totalizzato una media di Acuità Visiva pari al valore di: 0.86 rispetto al gruppo di persone con occhi scuri, i quali hanno totalizzato un valore medio di Acuità Visiva pari a: 0.94. Quindi si osserva come è presente una minima discrepanza tra i valori trovati.

Dai risultati del quarto Test: *Sensibilità all'abbagliamento* (**Grafico 7**) si evidenzia che la totalità degli esaminati raggiunge il valore massimo, cioè 10/10 di Acuità Visiva.

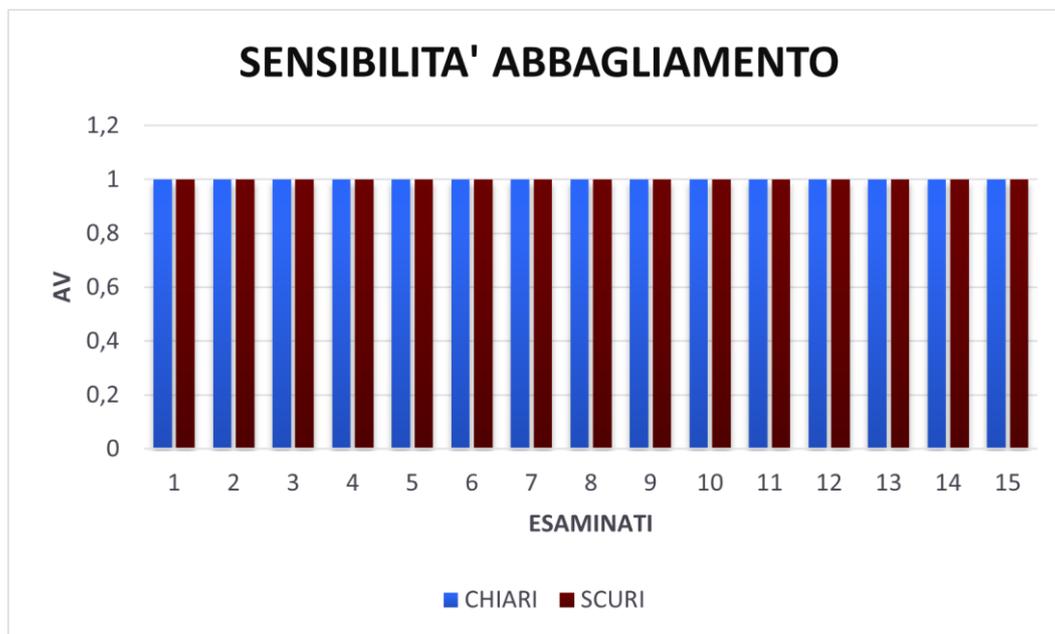


Grafico 7: Risultati del Test *Sensibilità all'abbagliamento* dei 30 esaminati

Ricordando che si tratta di una batteria di test per il rilascio della patente, è probabile che non si siano riscontrate differenze a causa della bassa entità di abbagliamento dato dall'emissione luminosa delle lampade che simulano i fari di un'automobile.

Dai risultati del quinto Test: *Tempo di Recupero dopo l'abbagliamento* (**Grafico 8**) si evidenzia che i soggetti con Occhi Chiari hanno un tempo medio di 4,6 secondi, rispetto a quelli con Occhi Scuri che raggiungono un tempo medio di 3,8 secondi.

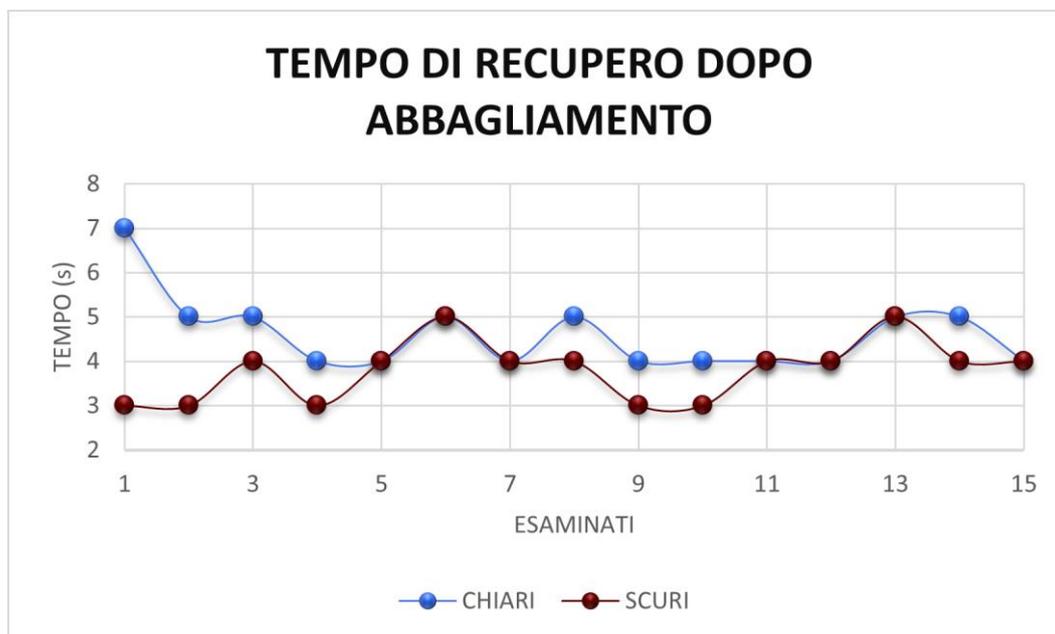


Grafico 8: Risultati del Test di Recupero dopo Abbagliamento dei 30 esaminati

È chiaramente visibile il dislivello tra i due gruppi di persone. Si nota inoltre che i candidati con occhi chiari non raggiungono mai un tempo più basso rispetto a quelli con occhi scuri o al massimo uguale.

Conclusione

Il colore degli occhi non è solo un tratto estetico, ma il risultato di complesse interazioni genetiche che influenzano anche aspetti funzionali della visione. Sebbene il gene OCA2 svolga un ruolo centrale, numerosi altri fattori genetici e ambientali contribuiscono alla variazione cromatica dell'iride e alle sue implicazioni fisiologiche.

Dai dati raccolti emerge una conferma della teoria secondo cui le persone con occhi chiari mostrano una maggiore sensibilità alla luce rispetto a quelle con occhi scuri, influenzando parametri fondamentali come la sensibilità al contrasto e il tempo di recupero dopo l'abbagliamento. Queste differenze possono avere un impatto significativo sulla qualità visiva e sulla sicurezza nelle attività quotidiane, in particolare nella guida, dove la capacità di adattarsi rapidamente ai cambiamenti di luminosità è essenziale per prevenire incidenti.

Questi risultati rafforzano l'importanza della prevenzione e della protezione visiva, specialmente per chi ha occhi chiari, che dovrebbe prestare maggiore attenzione all'uso di occhiali da sole con filtri UV per ridurre il rischio di patologie oculari legate all'esposizione solare. Allo stesso modo, chi ha occhi scuri dovrebbe monitorare la pressione intraoculare, data la possibile predisposizione al glaucoma pigmentario.

In conclusione, comprendere le implicazioni funzionali del colore degli occhi non solo aiuta a raffigurare la diversità umana, ma fornisce anche spunti preziosi per la prevenzione visiva e la sicurezza stradale. La consapevolezza di queste differenze e l'adozione di misure adeguate possono contribuire a migliorare la qualità della visione e a ridurre i rischi legati alla guida e alla salute oculare nel lungo termine.

Bibliografia e Sitografia

1. RICCARDO TORTORA, Igiene, anatomia e fisiopatologia del corpo umano, Clitt, 2012
2. ANTO ROSSETTI PIETRO GHELLER, Manuale di optometria e contattologia, seconda edizione, Zanichelli, Bologna, 2003
3. GIAN PAOLO PALIAGA, I vizi di refrazione, IV EDIZIONE, edizioni minerva medica, Torino, 2008
4. KANSKI, J. J., & BOWLING, B., Oftalmologia clinica: un approccio sistematico, 2015
5. GOLDSTEIN, E. B., Sensazione e Percezione (9° ed.), 2016
6. LEVINE, M. W., & SHEFNER, J. M., Fundamentals of sensation and perception, 2000
7. BENJAMIN, W. J., Borish's Clinical Refraction, 2006
8. <https://languages.oup.com/google-dictionary-it/>
9. <https://www.humanitas.it/visite-ed-esami/gonioscopia/>
10. <https://www.corriere.it/salute/dizionario/iride/>
11. [https://www.canadianjournalofophthalmology.ca/article/S0008-4182\(13\)00454-7/abstract](https://www.canadianjournalofophthalmology.ca/article/S0008-4182(13)00454-7/abstract)
12. <https://inoptics.it/patologie-oculari-panoramica/>
13. <https://www.clinicabaviera.it/blog/curiosita/eterocromia-occhi/>
14. <https://www.topdoctors.it/dizionario-medico/melanoma-oculare/>
15. <http://studiooculisticomellace.it/macchie-sulliride-nevi-e-lentiggini-iridei/#:~:text=Le%20macchie%20intorno%20all'iride,raggrupparsi%20e%20formare%20dei%20nevi.>
16. https://oculisticaveterinaria.it/oculistica_veterinaria/cisti_iridee_oculistica_veterinaria.php#:~:text=Le%20cisti%20iridee%20e%20le,oppure%20adese%20ai%20corpi%20ciliari.
17. <https://www.medicoverhospitals.in/it/diseases/iridodialysis/specialist/nashik>

18. <https://www.medicoverhospitals.in/it/diseases/synechiaeye/>
19. <https://fondazionecnao.it/patologie-trattabili/melanomi-oculari>
20. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1755->
21. <https://www.stileitalianoocchiali.com/il-colore-degli-occhi-in-tutte-le-sue-sfumature/>
22. <https://www.stileitalianoocchiali.com/il-colore-degli-occhi-in-tutte-le-sue-sfumature/>
23. Manuale d'uso "AOC" (Advanced Ophthalmic Charts)

RINGRAZIAMENTI