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

La percezione dei colori e possibili alterazioni

Relatore:
Dott. Aniello Reccia

Candidato:
Angelina Armenio
Matricola M44000555

A.A. 2019/2020

A mio Padre e mio Fratello, pilastri portanti della mia vita.

A mia Madre,che ci ha creduto ancor prima che ci credessi io.

A Me stessa e al raggiungimento di un traguardo così importante.

INDICE

INTRODUZIONE

CAPITOLO 1 : La percezione dei colori
1.1 Aspetti dal punto di vista fisico: La luce e lo spettro elettromagnetico
1.2 Classificazione e definizione dei colori
1.3 Le teorie del colore.
1.4 Mescolanze cromatiche e spazi di colore.
1.5 Concetto di metamerismo
1.6 Aspetti dal punto di vista fisiologico: Struttura della Retina ed elaborazione segnale.

CAPITOLO 2: Anomalie nella percezione dei colori
2.1 Difetti congeniti
2.2 Difetti acquisiti
2.3 Test Diagnostici

CAPITOLO 3: Metodi di compensazione
3.1 Utilizzo di filtri colorati.
3.2 Aziende produttrici
3.3 Orientamento per la scelta di filtri solari

Conclusione
Sitografia
Bibliografia

INTRODUZIONE

I colori sono parte essenziale della nostra esistenza,ci permettono di riconoscere e distinguere gli oggetti, ma come si è evoluta la loro concezione nel tempo?

Ogni cultura attribuisce un significato diverso ai colori e lo utilizza per comunicare stati d'animo. Le diverse popolazioni che si sono susseguite hanno elaborato nel corso degli anni un proprio codice cromatico, che tuttavia presenta caratteristiche similari con gli altri. [(1)]L'impiego dei colori ha un passato davvero antico e ha svolto un ruolo importante in molte civiltà. La storia dei colori è stata da sempre legata alle diverse forme di espressione artistica dell'uomo e alla comunicazione. Storicamente gli antichi greci non utilizzavano dei nomi fissi per indicare i diversi tipi di colore, ma li distinguevano più che altro in base alla loro limpidezza o tenebrosità. Con il termine *xanthos* potevano indicare tanto il giallo lucente quanto il rosso vivo del fuoco, come pure le tinte purpuree e persino il blu. Al tempo i colori fondamentali erano ricondotti a due, il bianco e il nero, simbolo della chiarezza e dell'oscurità, dalla cui mescolanza sarebbero derivati tutti gli altri. Il pensiero greco, che vedeva i colori divisi tra chiaro e scuro, rimase invariato anche durante il Medioevo. [(1)]Platone,scrittore e filosofo greco, oltre al bianco e al nero, tra i colori primari aggiungeva anche il rosso splendente. [(2)]In occidente, sin dalla preistoria, i molteplici ruoli sociali e culturali dei colori si sono da sempre basati sulla cosiddetta "triade primitiva" che era costituita dai colori rosso,nero e bianco. Il rosso rappresentava il simbolo della vita e del fuoco che allo stesso tempo era creatore e distruttore, il colore nero era il più misterioso e inquietante. Il bianco,invece, si considerava un

non-colore tanto da poterlo associare all'assenza anche se nel medioevo e per gran parte dell'età moderna è stato rivalutato ed associato alla luce intensa e alla purezza.

(1)Nel Rinascimento, Leonardo Da Vinci, continuava a vedere nel bianco e nel nero gli estremi della gamma cromatica, iniziando così un interessante studio sulla distinzione delle tinte prodotte dalla luce e dalle ombre. (3)Nell'Ottocento Goethe teorizzò che non era la luce a produrre i colori, ma che essi fossero frutto di un complesso fenomeno dato dall'interazione di due grandi poli naturali : il buio e il luce .Un tempo i coloranti venivano ottenuti dalla miscela di elementi naturali,come le terre,con oli o chiaro d'uovo. Il primo colore sintetico,invece, fu scoperto intorno al 1856 da William Henry Perkin che produsse il viola. Fin dalla nascita siamo stati abituati a catalogare i colori attraverso scale abbastanza complesse, infatti siamo in grado di distinguere il rosso dal porpora o il blu dal ciano. (4)Questo pensiero ha portato negli anni all'affermazione di una nuova corrente che prende il nome di relativismo culturale,secondo la quale ogni popolazione è in grado di definire una propria scala cromatica. Inoltre si pensava bastasse condividere lo stesso contesto culturale per poter percepire gli stessi colori, ma questo non è realmente possibile, in quanto si deve tener conto anche e soprattutto dei difetti congeniti e acquisiti. Il principale compito del colore resta quello di associare, classificare e creare dei codici in modo da poter distinguere i vari gruppi e gli individui. L'uomo tende comunque ad attribuire un colore unico ad ogni materiale, anche sapendo che variando le condizioni di illuminazione esso non ci apparirà sempre nello stesso modo. Sono molti i fattori che possono determinare o influenzare il colore di un oggetto:

1) Il colore della luce incidente: in base alla luce che utilizziamo cambia il colore del corpo illuminato.

2) La distanza ed il mezzo che si interpongono tra il punto d'osservazione e l'oggetto
3) La parte di luce riflessa
4) Il colore dell' ambiente circostante: se si pensa ad un oggetto bianco in una stanza rossa, osservando con attenzione l oggetto esso avrà inevitabilmente sfumature rosse/rosa

Sappiamo però che un oggetto è rosso e lo definiamo rosso per via della "costanza percettiva". Secondo quest'ultima, nonostante le differenti condizioni di osservazione, l'oggetto è percepito attraverso delle caratteristiche conosciute. L'occhio si limita a vedere il colore, ma è il cervello che lo crea attingendo alla conoscenza e facendolo somigliare il più possibile a qualcosa che già risiede nella nostra mente.

CAPITOLO 1

Percezione dei colori

La percezione dei colori riveste una notevole importanza per poter riconoscere gli oggetti, che, senza di essi, avrebbero un aspetto meno evidente. La percezione del colore costituisce un'evoluzione della percezione della semplice luminosità, con lo scopo di poter però evidenziare i contrasti. Ciò è dovuto dalla capacità di distinguere le diverse lunghezza d'onda della luce riflessa dagli oggetti,ma soprattutto dalla capacità di analisi di un oggetto rispetto allo sfondo. Bisogna inoltre ricordare che la visione è un complesso insieme di processi fisici,fisiologici e psicologici tanto che [(5)]la percezione del colore recepita dal cervello può avere un'influenza sulla nostra psiche. Il modo in cui percepiamo e a cosa associamo i colori dipende dalle nostre esperienze passate e dai momenti che stiamo vivendo; la visione dei colori si presenta contemporaneamente sia come un'esperienza oggettiva che come un'esperienza soggettiva: ecco perché per poter spiegare questo fenomeno bisogna soffermarsi sui vari aspetti che la determinano.

1.1 ASPETTI DAL PUNTO DI VISTA FISICO: La luce e lo spettro elettromagnetico

[(6)]Lo studio del colore ha interessato generazioni di studiosi anche se il fondatore della moderna scienza è considerato l' inglese Isaac Newton(1642-1727). Newton sosteneva che la luce del sole, ma anche quella di qualunque altra sorgente fosse composta da radiazioni diverse, ciascuna di diversa intensità. Le singole radiazioni e le relative intensità sono messe in evidenza dalla scomposizione che un prisma di vetro può fare della luce.

[27]Egli osservò che quando un raggio di luce colpiva una superficie di un prisma di vetro con un certo angolo, una parte del raggio veniva riflesso, mentre la parte restante attraversava il prisma e ne usciva scomposto in bande colorate. Newton ipotizzò che la luce fosse composta da particelle di differenti colori e che ogni colore viaggiasse con una propria velocità, compresa tra quella del rosso (il più veloce) e quella del violetto(il più lento). Ne conseguiva che ciascun colore subiva la rifrazione in maniera diversa, cambiando traiettoria e separandosi dagli altri. Newton divise lo spettro in sette colori : rosso, arancione, giallo, verde, blu, indaco e violetto. La scelta di sette colori non poggiava su basi scientifiche, ma parafilosofiche, in particolare le note musicali sono sette, i pianeti allora erano ritenuti essere sette e i giorni della settimana sempre sette. L'occhio umano d'altra parte riesce solo con difficoltà a distinguere l'indaco dal blu e dal violetto, fatto che ha spinto molti a ritenere di doverlo eliminare dallo spettro.

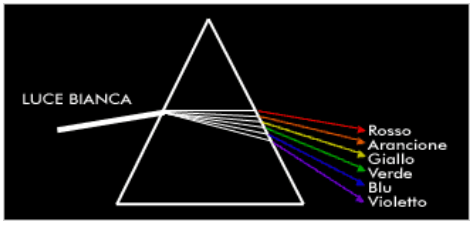

Figura 1 – scomposizione di luce bianca attraverso un prisma.

La luce visibile è una sovrapposizione di onde di vario colore che vengono percepite dal nostro occhio come bianco; una particolare luce bianca è quella solare. Utilizzando appositi strumenti,come il prisma, è possibile scomporre la luce bianca in tutti i colori che la compongono. Un prisma separa per rifrazione la luce nei colori che compongono lo spettro visibile. In fisica lo spettro visibile è quella parte dello spettro elettromagnetico che cade tra il rosso e il violetto includendo tutti i colori percepibili dall'occhio umano che danno vita dunque al fenomeno della luce osservata. I

nostri occhi solitamente sono in grado di elaborare uno spettro luminoso compreso tra i 400 e i 700 nanometri mentre non percepiscono la luce con lunghezze d'onda più corte (UV) o più lunghe (infrarossi), ovvero tutto ciò che si trova al di sotto e al di sopra dello spettro della luce visibile.

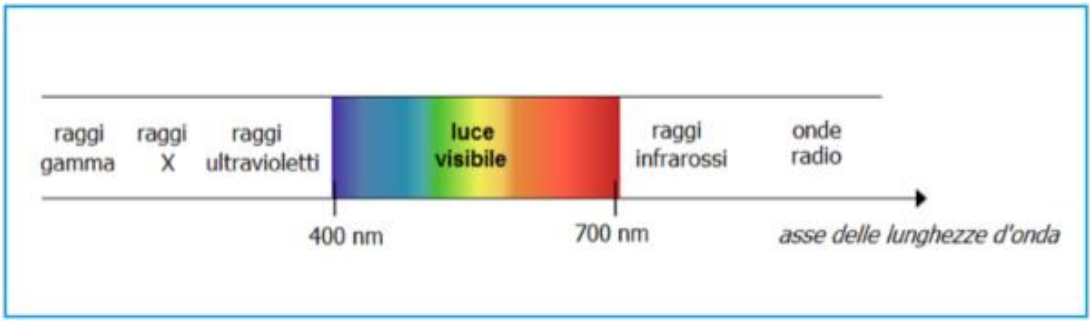

FIGURA 2 – Spettro della luce visibile.

Grazie a Newton è possibile avere anche il primo modello di rappresentazione del colore. Esso è costituito da un cerchio che ha al suo centro il bianco e lungo la circonferenza, ordinatamente disposti, i colori scomposti dal prisma. I colori identificati come principali in questo modello sono sette: rosso, arancione, giallo, verde, azzurro, indaco e violetto. I colori presenti lungo la circonferenza del cerchio di Newton sono detti colori spettrali, intendendo con ciò che essi sono componenti identificabili dello spettro cromatico. Essi sono ottenuti grazie all'interposizione di un fascio di luce bianca con un prisma e di conseguenza sono associabili ad ogni singola lunghezza d'onda che vai 400nm ai 700 nm. Esistono anche molti altri colori visibili, ad esempio il rosa e il marrone, non presenti in questo modello; si tratta dei cosiddetti colori non spettrali. Quest'ultimi non si trovano tra quelli generati da un prisma di Newton ma si ottengono dalla mescolanza di due o più colori spettrali. Mescolando ad esempio in varie proporzioni i due colori estremi dello spettro visibile, il rosso e il violetto,si ottiene tutta una gamma di colori non spettrali, detti porpore.

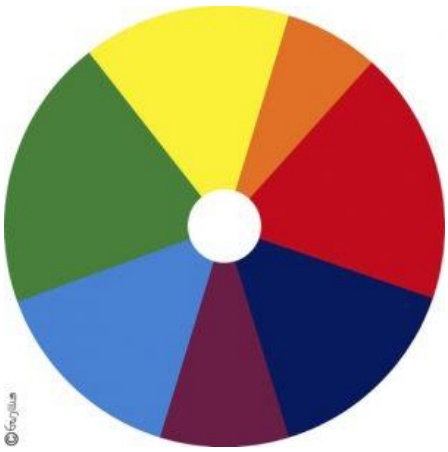

Figura 3- Disco di Newton.

Gli studi effettuati da Newton lo portarono ad affermare che il colore non è una qualità dei corpi, bensì della luce stessa ed in particolare è frutto della radiazione riflessa da un oggetto. La luce che colpisce un oggetto viene parzialmente assorbita a seconda del colore mentre la parte non assorbita viene riflessa e trasmessa ai recettori cromatici all'interno dell'occhio umano. Un oggetto che assorba tutte le onde luminose viene visto nero, mentre uno che rifletta tutte le onde luminose viene visto bianco ed infine l'oggetto che assorbe tutte le onde tranne una ha il colore corrispondente a quell'unica onda non assorbita ma riflessa (esempio: se un oggetto assorbe tutti i colori tranne il giallo,viene visto dai nostri occhi giallo).

1.2 [7]Classificazione e definizione dei colori.

La classificazione dei colori ci permette di fare confronti e darci un criterio per stabilire quali sono in equilibrio tra loro e quali invece sono in contrasto. È possibile definire una classificazione oggettiva dei colori basata sulle sensazioni ed emozioni che essi scaturiscono in chi li osserva:

- I colori freddi comprendono: blu, viola, verde ecc.
- I colori caldi comprendono: giallo, rosso, arancio ecc.;

- I colori pallidi comprendono: tutti i colori che sono mitigati da varie tonalità di bianco o grigio.

(8) Per convenzione i colori freddi sono il verde,blu,indaco e violetto. I colori freddi danno l'impressione di distacco a tal punto che l'effetto prospettico è quello di portare gli oggetti in secondo piano. Essi rallentano la percezione del tempo e quindi infondono una sensazione di tranquillità e di calma. I colori caldi,invece, sono il rosso,giallo e l'arancione; vengono associati alla felicità e al benessere fisico ed hanno l'effetto di portare testo ed immagini in primo piano. Infine abbiamo i colori pallidi come il beige o il rosa; denotano purezza e castità ma il loro significato cambia in base alla cultura. È possibile inoltre elaborare una classificazione dei colori in primari, secondari e terziari per poter poi approfondire come questi interagiscono tra loro.

I colori primari sono: Rosso, Blu e Giallo, in particolare quelli che non si possono ottenere da mescolanze di altri.

I colori secondari sono: Arancione , Verde, e Viola ovvero sono tutti quelli ottenuti mescolando due colori primari. Ad esempio il rosso e il giallo che insieme creano l'arancione, il giallo e il blu che insieme formano il verde e il blu e il rosso che insieme danno vita al viola.

I colori terziari si ottengono mescolando un colore primario con uno secondario, ad esempio: giallo + arancione, rosso + arancione, rosso + viola, blu + viola, blu + verde, giallo + verde. I colori primari, secondari e terziari, disposti in circolo, danno origine al cerchio cromatico che ci aiuta a capire come i vari colori possono essere abbinati tra loro.

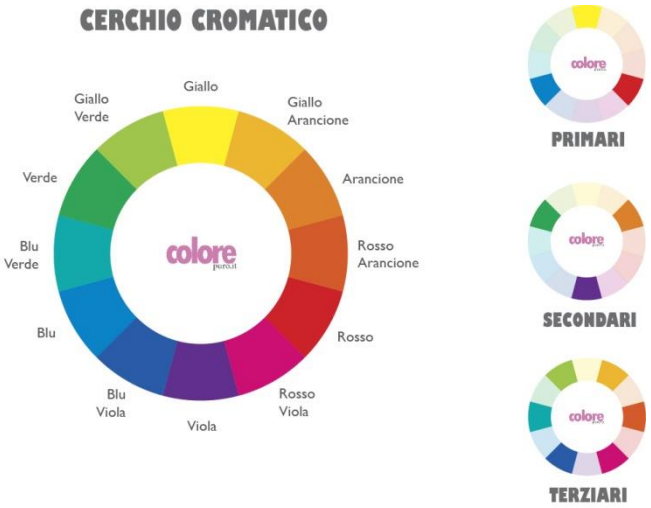

Figura 4- Cerchio Cromatico

Si definisce complementare di un determinato colore quello che gli è opposto nella ruota cromatica; sono colori complementari quelli ottenuti dall'unione di un colore primario con uno secondario e da ciò possiamo dedurre che :

- il colore complementare del giallo è il viola e viceversa.
- Il colore complementare del rosso è il verde e viceversa.
- Il colore complementare del blu è l'arancione e viceversa.

Per definire un colore ci serviamo inoltre di tre parametri: tono cromatico (o tinta), saturazione (o croma) e luminosità. La tinta si riferisce a quella qualità che permette di distinguere il verde dal rosso,dal giallo e dal blu e la grandezza fisica corrispondente alla tinta è la lunghezza d'onda. La saturazione, invece, è la misura dell'intensità di un colore ,infatti se essa diminuisce allora il colore diventa meno brillante, quando invece la saturazione arriva al valore zero allora si parla di colore acromatico. Prendono il nome di colori cromatici quelli che possiedono una tinta e acromatici quelli che non la posseggono come ad esempio il bianco,il nero e il grigio. Infine la luminosità ci permette di distinguere tra i toni cromatici più scuri e più chiari

infatti si riferisce a quanto il colore è chiaro o scuro ed è legata alla quantità di luce riflessa dalla superficie.

[9]1.3 LE TEORIE DEL COLORE:

Nel corso degli anni diversi studiosi hanno cercato di spiegare prima in modo empirico e poi in modo scientifico le manifestazioni e gli effetti della visione a colori. Le interpretazioni sono state le più disparate,per Pitagora il colore veniva determinato da particelle che si staccavano dagli oggetti per poi colpire gli occhi. Platone,invece, sosteneva che dalla pupilla partiva un fascio di luce che colpiva l'oggetto e rimbalzando riportava il colore all'occhio. Le più importanti teorie sui colori sono state esposte da Newton,Goethe,Steiner,Itten, Hering, Young.

[9]LA TEORIA DI ISAAC NEWTON:

La teoria di Isaac Newton è alla base della moderna ricerca scientifica e venne esposta nel libro scritto nel 1660 "La teoria dei colori".In questo suo scritto egli sostenne che i colori sono manifestazione della luce,che sono composti da una miscela di corpuscoli colorati di spessore diverso e che vengono evidenziati nel momento in cui la luce incontra un materiale diverso dall'aria. Secondo il fisico inglese esiste una rifrazione diversa per ogni componente cromatica,egli partiva dal presupposto che la luce fosse bianca e che i colori fossero frutto della sua interazione con la materia inanimata. Con gli strumenti del tempo ,Newton, riuscì solo a intuire una relazione tra la luce ed apparato visivo (occhio-cervello),senza però riuscire ad elaborare una teoria organica.

[9]LA TEORIA DI JOHANN WOLFGANG GOETHE:

Goethe,scrittore e poeta tedesco, era convinto invece che la teoria di Newton presentasse notevoli lacune,in realtà egli era convinto che ad essere sbagliato fosse proprio il presupposto dal quale partiva la teoria newtoniana. Goethe sosteneva che il colore non fosse frutto dell'interazione tra luce e materia, ma che la luce fosse solo una condizione necessaria affinché lo studio del colore sia possibile. Inoltre per Goethe,a differenza di Newton,era inconcepibile trattare in modo esclusivamente fisico qualcosa di vivo e di umano come i colori. Uno dei più grandi meriti di Goethe è quello di avere posto in relazione la luce con l'occhio, sostenendo che la visione,pur partendo da dati oggettivi, non può che essere soggettiva ed esperienziale. Lo scrittore tedesco inoltre ha indagato su come il contesto modifichi le sensazioni dei colori e sul modo in cui l'uomo lo percepisce a livello sensoriale ed emotivo. Secondo le teorie di Goethe,le due estremità dei colori erano la luce (il bianco) e l'oscurità (il nero) e di conseguenza la nascita di un colore ha bisogno di luce e di oscurità. Il colore però, non può nascere direttamente dalla mescolanza di queste due estremità in quanto la presenza di una esclude l'altra. Ai confini,tra la luce e l'oscurità, c'è una zona ombreggiata data dalla mescolanza del bianco con il nero, infatti quest'ombreggiatura risulta essere grigia e secondo Goethe sarebbe il colore che fonde in sé tutti gli altri. Per Goethe ogni singolo colore ha in sé una propria particolare natura, ed è per questo che suscita uno specifico stato d'animo nell'osservatore. Per aiutarci a comprendere la complessità della percezione cromatica, Goethe distingue i colori in:

-Colori fisiologici: sono i colori che rimangono impressi sulla retina quando guardiamo un colore o una zona luminosa e poi spostiamo lo sguardo su una zona bianca-chiara. È cosi che avviene il fenomeno dell'immagine residua: se si guarda per un certo lasso di tempo un oggetto rosso e poi si sposta

velocemente lo sguardo su una parete bianca, ecco che sulla parete si "proietterà" l'immagine dell'oggetto (immagine residua), non però nel suo colore originario (il rosso) ma in quello ad esso complementare, quindi l'immagine che si vedrà sarà verde.

-Colori patologici: consiste nel vedere lampi di luce, scintille, ombre, bolle o bastoncini.

-Colori fisici: sono dati dall' azione transitoria di corpi incolori, traslucidi, trasparenti. Nascono grazie a fattori esterni che possono essere di varia natura(come ad esempio nebbia, acqua,gas,vetro ecc).

-Colori chimici: Si pone l'attenzione su una vera e propria qualità dei corpi infatti si tratta di colori che appartengono agli oggetti.

[(9)]La teoria di Rudolf Steiner:

Rudolf Steiner (1861-1925) partì per i suoi studi dalle ricerche svolte da Goethe, soprattutto per quanto riguarda l'ultima parte della sua teoria, quella che si basa sulle emozioni e sensazioni che i colori suscitano in chi li percepisce. Steiner sviluppò la teoria dell'euritmia,affermando che i ritmi dell'essere umano dovrebbero essere in sintonia con i ritmi della natura e del cosmo. Attraverso l'euritmia si può conoscere la vera natura dei colori e il sentimento ad essi associato.

Steiner ha diviso i colori in due gruppi che ha chiamato colori immagine e colori splendore:

- i colori immagine comprendono il bianco,il nero, il verde,il fiore di pesco.

-i colori splendore sono invece il rosso, che simboleggia lo splendore del vivente,il giallo che simboleggia lo splendore dello spirito e il blu che simboleggia lo splendore dell'anima.

[9]La teoria di Itten:

Figura 5 – Disco cromatico di Itten

Johannes Itten è stato un pittore svizzero e la sua teoria si basa sui processi di percezione del colore da parte dell'essere umano,sulla conseguente ripercussione a livello fisico, emotivo e psicologico. A questo proposito Itten cita come esempio un esperimento eseguito su un gruppo eterogeneo di persone sedute davanti a una tavola imbandita, che venne illuminata prima con una luce rossa, poi con una blu, infine con una gialla. Le pietanze, sotto l'effetto delle luci colorate persero completamente la loro appetibilità, fino a quando non fu ristabilita la luce bianca. La teoria del pittore svizzero ha segnato il passaggio fra le teorie scientifiche e quelle psicoanalitiche riguardanti il colore. Inoltre ad Itten si deve l'invenzione del disco cromatico, una vera e propria classificazione dei colori in primari,secondari e terziari. Al centro del disco vi è un triangolo nel quale sono collocati il rosso, il giallo ed il blu (i cosiddetti colori primari) ma mescolando questi tre colori si ottengono il verde, l'arancione e il viola (detti colori secondari) .Ai colori secondari Itten assegna tre triangoli costruiti sui lati del triangolo centrale, creando così un esagono. Infine c'è il cerchio vero e proprio che rappresenta i 12 colori (primari, secondari e terziari) ottenuti mescolando le varie tonalità contenute all'interno del disco.

[9]La teoria del processo opponente:

La teoria del processo opponente proposta da Ewald Hering nel 1872 sostiene che il sistema visuale interpreta il colore in maniera antagonistica: rosso contro verde,blu contro giallo,nero contro bianco. Hering presentò il suo lavoro, in cui veniva formulata la teoria dell'opponenza cromatica e del contrasto simultaneo, all'Accademia delle Scienze di Vienna fra il 1872 e il 1874. Al fenomeno di opponenza cromatica si assiste osservando come rispettivamente le sensazioni di verde e rosso, giallo e blu e bianco e nero sembrino in antagonismo fra loro, tendano, cioè a cancellarsi reciprocamente. Come aveva fatto osservare Hering, non è possibile avere la percezione di un verde-rossastro o di un giallo-bluastro, ovvero certi abbinamenti non possono essere mai percepiti. La luce rossa e quella verde possono venir mescolate in modo tale che ogni traccia del rosso e del verde scompaiano e si percepisca un giallo puro. Il fenomeno del contrasto cromatico simultaneo si osserva, invece,a livello dei margini della sagoma di un oggetto, piuttosto che al suo interno. Un oggetto grigio, ad esempio, visto su uno sfondo rosso acquista una sfumatura di verde; se invece è visto su uno sfondo verde, acquista una sfumatura di rosso. In queste condizioni, i colori delle tre coppie rosso-verde, giallo-blu e bianco-nero si facilitano reciprocamente, anziché entrare in competizione fra loro.

[10]LA TEORIA TRICROMATICA:

Questa teoria fu elaborata ai primi dell'800 dal medico inglese Thomas Young il quale si rese conto dell'impossibilità di avere infiniti tipi di fotorecettori a livello retinico. Il medico inglese teorizzò l'esistenza di soli tre tipi di fotorecettori ognuno sensibile ad un colore primario rivelando così 3 stimoli (da qui il nome TRISTIMOLO), che poi il cervello univa per poter

generare il colore. Si possono individuare tre tipi di coni sensibili a tre colori dello spettro: rosso, verde, blu (colori primari e dall'eccitazione in diverse proporzioni dei tre tipi di recettori deriva la percezione di tutta la gamma cromatica). La sensazione di colore deriva dalla sintesi additiva di tre luci monocromatiche,corrispondenti alle radiazioni assorbite dai tre tipi di coni alle lunghezze d'onda del rosso del verde e del blu , tale funzionamento dell'occhio umano costituisce la base della teoria tricromatica.

L'esperienza fondamentale della colorimetria consiste nello studio delle condizioni in cui due sensazioni cromatiche siano indistinguibili tra loro per l'osservatore medio.

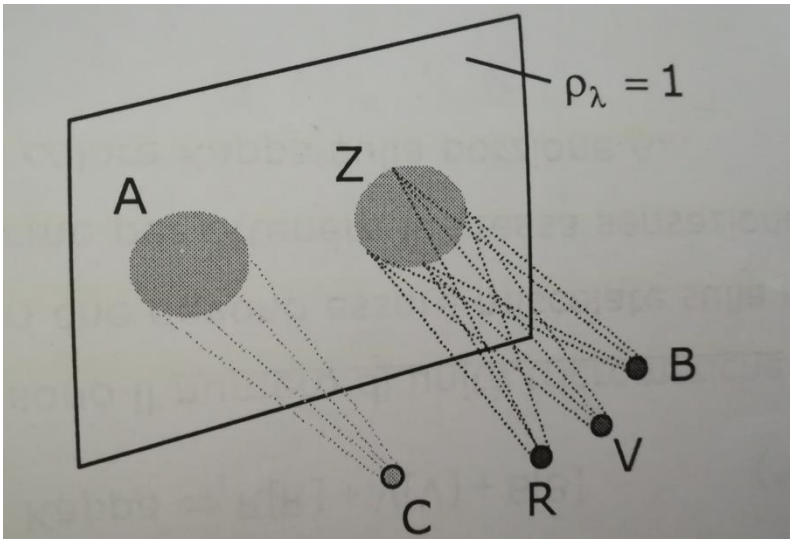

Figura 6 – Superficie completamente riflettente

Si illumina la porzione A di una superficie completamente riflettente mediante una sorgente policromatica C. Si illumina la porzione Z,appartenente alla stessa superficie e prossima ad A, mediante tre sorgenti monocromatiche (sorgenti primarie) R,V,B agenti contemporaneamente. R,V,B sono sorgenti luminose monocromatiche che emettono rispettivamente nella regione del rosso,del verde e del blu (ʎv≠ʎb≠ʎr).Regolando

opportunatamente i flussi luminosi ϕ(ʎr),ϕ(ʎb),ϕ(ʎv), emessi da sorgenti primarie , è possibile ottenere da parte dell'osservatore medio giudizi di "equivalenza cromatica" tra le due porzioni illuminate. Chiamiamo colore KAPPA la sensazione cromatica prodotta dalla porzione A di schermo illuminata dalla luce proveniente dalla sorgente policromatica C, equivalente a quella ottenuta per sintesi additiva dai flussi luminosi emessi dalle sorgenti monocromatiche R,V,B. Per quantificare la sensazione cromatica, si introducono unità particolari dei colori primari dette Unità tricromatiche di rosso [R], di verde [V] e di blu [B].

Le unità tricromatiche corrispondono a flussi luminosi e il colore KAPPA può essere ottenuto per sintesi additiva dei tre colori primari :

KAPPA⇔ R[R]+V[V]+B[B]

Dove R,V, B sono il numero di unità tricromatiche dei tre colori primari che devono essere miscelate sulla porzione Z dello schermo per ottenere la stessa sensazione prodotta dal colore KAPPA sulla porzione A.

KAPPA ⇔R[R]+V[V]+B[B]

[26]Rappresenta la prima legge di Grassman e deve essere intesa nel seguente modo: una certa sensazione cromatica KAPPA equivale (risulta cioè cromaticamente indistinguibile) alla sensazione cromatica prodotta da una miscela composta da R unità tricromatiche [R] di primario rosso, da V unità tricromatiche [V] di primario verde e da B unità tricromatiche [B] di primario blu. Le quantità R,V, B sono dette componenti cromatiche o valori di tristimolo. Indicando con [K] l'unità tricromatica del colore KAPPA e con K il numero di tali unità si può scrivere l'espressione matematica della 1° legge di Grassman:

K[K]=R[R]+V[V]+B[B]

l’unità tricromatica [K] è definita per convenzione in modo tale che risulti K=R+V+B. Si assume per convenzione che un’unità tricromatica di colore bianco di uguale energia [W] si ottenga mescolando eguali quantità primarie e cioè 1\3 di unità tricromatica [R], 1\3 di unità tricromatica [V] e 1\3 di unità tricromatica [B]. Sono state inoltre definite le seguenti corrispondenze tra flussi luminosi e unità tricromatiche:

1unità tricromatica di rosso [R] = 1.0 lm

1 unità tricromatica di verde [V] = 4.5907 lm

1 unità tricromatica di rosso [R] = 0.0601 lm

lm sta ad indicare lumen,unità di misura del flusso luminoso emesso da una sorgente isotropa.

1.3 [11]LA MESCOLANZA CROMATICA:

Si distinguono due principali tipi di mescolanza cromatica: la mescolanza cromatica additiva e quella sottrattiva. La legge di Mescolanza cromatica additiva fu usata per la prima volta da Maxwell nel 1860 ed il termine additivo sta ad indicare come sia possibile ottenere qualsiasi colore mescolando nelle giuste proporzioni luce di colore rosso,verde e blu infatti se quest’ultime vengono mescolate in uguale quantità si ottiene luce bianca. La mescolanza cromatica additiva trova impiego soprattutto nei settori dell’elettronica e della tecnologia televisiva dove i fosfori luminosi rossi,blu e verdi sono disposti sullo schermo tanto che i minuscoli punti luminosi non sono distinguibili singolarmente e l’osservatore percepisce un unico colore dovuto proprio da una mescolanza cromatica additiva. Mescolando il colore ciano,magenta e giallo si otterrà il colore nero e si parla allora in questo caso di mescolanza cromatica sottrattiva in quanto i pigmenti assorbono parte della luce incidente sottraendola alla luce riflessa. Un esempio semplice di mescolanza cromatica sottrattiva si ha

sovrapponendo più filtri colorati. Ogni filtro sottrae una parte della luce che lo attraversa e il colore che giunge ai nostri occhi è quello che riesce ad attraversarli tutti. La sintesi sottrattiva è utilizzata per le pellicole foto e cinematografiche a colori proprio perché le pellicole sono ricoperte da tre strati sovrapposti uno giallo,uno magenta e uno ciano. Questo tipo di mescolanza viene utilizzato anche per colorare materiali come stoffe,plastica o vetro.

[12]Cos'è uno spazio colore?

Lo spazio di colore non è altro che una mappatura dei colori; ogni spazio colore definisce esattamente come ciascun colore deve essere rappresentato dai suoi colori componenti,come dovrebbe apparire la miscela dei colori primari e quale luminosità dovrebbe avere ogni singolo colore. Uno spazio di colore si basa poi a sua volta su un modello di colore che è invece una rappresentazione astratta del colore e per questo viene perfezionato da specifiche regole adatte all'utilizzo che se ne andrà a fare,creando uno spazio di colori. Cosi,ad esempio,spazi di colore come Adobe RGB e SRGB sono diversi,pur basandosi entrambi sullo stesso modello di colore RGB. Adobe RGB e SRGB vengono utilizzati come piattaforme di lavoro nell'ambito della fotografia digitale ed in particolare per la codifica delle immagini. I due spazi di colore si differenziano in base alla precisione con la quale permettono di percepire i colori di un'immagine. In particolare diversi dispositivi che utilizzano tutti SRGB presentano tra di loro una differenza di colori minima. Ciò sta ad indicare che considerando una foto,nonostante il suo passaggio attraverso vari dispositivi (cellulare,schermo e stampante),questa risulterà avere minime variazioni di colore dall'inizio alla fine. Lo spazio di colore Adobe Rgb consente di avere maggiori dettagli e colori più brillanti e accesi,viene utilizzato nell'ambito della stampa industriale.

Modelli di colori :

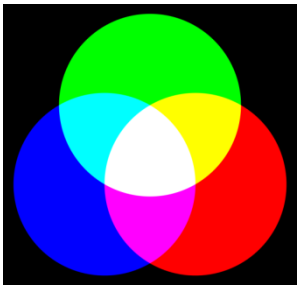

Figura 7- modello RGB

Il nome di questo modello deriva dalle iniziali dei tre colori che vengono utilizzati per poter ottenere tutti gli altri; in particolare RGB è l'acronimo di *Red,Green e Blue*. L'RGB è un modello additivo in quanto unendo i tre colori primari ,alla loro intensità massima, si ottiene il bianco. Per le sue caratteristiche,è un modello particolarmente adatto per la visualizzazione di immagini in dispositivi elettrici,infatti viene applicato su sfondo nero ,e grazie ai raggi di luce,vengono generati i colori per le Tv.

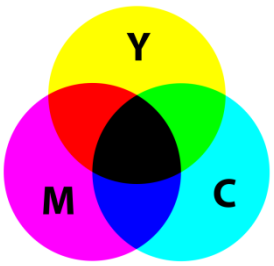

Figura 8 - Modello CMYK

Il modello CMYK è un metodo colore a **sintesi sottrattiva**, ovvero la definizione del colore avviene tramite la **regolazione della luminosità di ciascuno**, così si ottengono gli altri colori.

È il metodo colore chiamato **quadricromia** perché composto da **4 canali** colore **Ciano**, **Magenta**, **Yellow** e **black**. La somma dei tre colori

CMY da il Bistro, ovvero un colore marrone, per questo è stato aggiunto il nero.

[12]DIAGRAMMA COLORIMETRICO CIE :

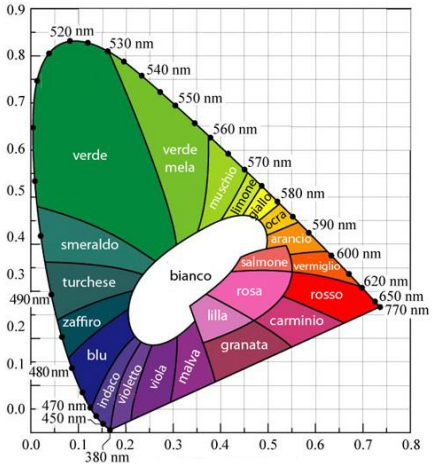

Figura 9 – Diagramma di Cromaticità

Nel 1931 la commissione internazionale per l'illuminazione definì uno spazio di colore bidimensionale che comprendeva tutte le tinte visibili dall'occhio umano. Se si tiene conto anche della luminanza, grandezza fisica che esprime l'intensità luminosa di una sorgente, lo spazio così definito diviene tridimensionale e può essere rappresentato mediante coordinate XYZ. Il modello CIE del 1931 si basa sull'utilizzo dei tre colori primari che ben miscelati tra loro permettono di ottenere tutti i colori percepibili dall'occhio umano. I colori primari che sono stati scelti per generare tutte le sfumature visibili sono alla base tinte ipersature ovvero colori più saturi di quanto i nostri fotorecettori retinici siano in grado di decifrare. I tre "primari immaginari" sono stati denominati X,Y,Z ed in particolare: X corrisponde ad un rosso violaceo, con lunghezza d'onda intorno ai 600 nm, Y ed Z sono invece tinte con lunghezze d'onda di 520 nanometri e 477 nanometri di conseguenza Y corrisponde al verde e Z al blu. Scelti i tre colori

primari,tramite i quali è possibile ottenere qualsiasi tinta reale per sintesi additiva, è possibile allora utilizzare uno spazio tridimensionale dove i tre assi sono rispettivamente X, Y e Z scelti precedentemente. Per non ricorrere sempre ad un diagramma tridimensionale è possibile normalizzare le tinte facendo in modo che la loro somma sia sempre pari a 1. Se X,Y,Z sono i tre valori che identificano un colore e X+Y+Z la loro somma , se poniamo :

$x=X/(X+Y+Z)$

$y=Y/(X+Y+Z)$

$z = Z/(X+Y+Z)$

risulta allora che x+y+z è sempre uguale a 1. Si ottiene allora che z=1-x-y, questo ci permette di utilizzare solo due coordinate cromatiche (x ed y, ad esempio) per poter identificare un colore essendo la terza coordinata (z) ricavabile sottraendo all'unità le altre due. Tutti i colori generabili con i primari x e y si trovano all'interno di un triangolo rettangolo avente come vertici (x=0, y=0) (x=1, y=0) e (x=0, y=1) i quali corrispondono ai colori immaginari. All'interno di questo triangolo è tracciato il diagramma CIE dei colori reali, una vera e propria campana che racchiude tutte le tinte possibili mentre al di fuori ci sono tutti i colori non visibili o non distinguibili.

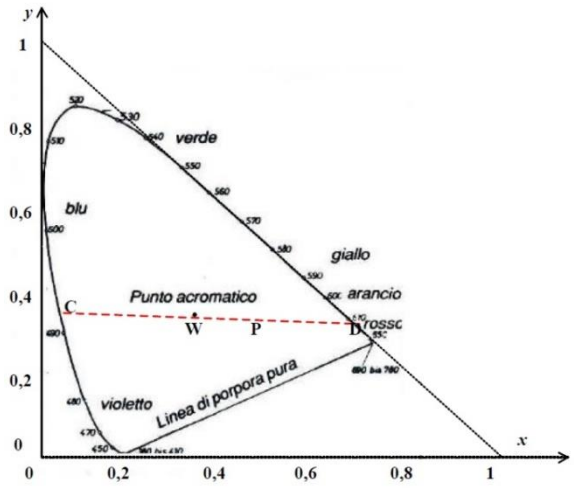

Figura 10- Diagramma CIE

Nel diagramma è possibile notare un punto indicato con la lettera C'è il cosiddetto "Illuminante CIE", corrispondente alla radiazione emessa da una superficie bianca illuminata da luce diurna media. Lungo il perimetro della campana si trovano tutte le tinte spettrali; nella parte alta del diagramma vivono le famiglie dei verdi,in basso a sinistra i blu ed in basso a destra i rossi. Sul segmento rettilineo che congiunge i due vertici inferiori della campana si trovano invece i colori porpora. Per come è costruito il diagramma, considerando due tinte qualsiasi, il segmento che le unisce rappresenta tutte le possibili mescolanze additive dei due colori prescelti. In particolare la posizione relativa lungo il segmento di congiunzione rappresenta la percentuale di mescolanza delle tinte infatti nel baricentro del segmento è possibile trovare la tinta formata dal 50% del primo colore e dal 50% del secondo colore. Spostandosi ad esempio ai "tre quarti" del segmento, la tinta individuata corrisponde alla somma del 75 % del primo colore e al 25% del secondo colore e cosi via. Inoltre un colore che appartiene al perimetro esterno è al suo massimo grado di purezza mentre se il punto C "cade" nel baricentro del segmento le tue tinte hanno allora la medesima saturazione (in quanto è uguale la loro distanza dall'illuminante CIE) e sommandole tra di loro si ottiene il colore bianco.

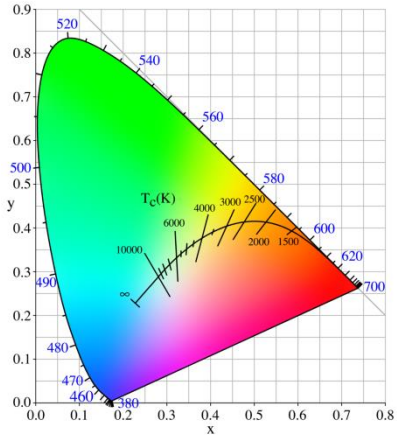

Figura 11- Diagramma CIE e temperatura di colore

La temperatura di colore di una sorgente luminosa è definita come la temperatura, espressa in gradi Kelvin,di un corpo nero,che emette radiazioni luminose di caratteristiche cromatiche eguali a quelle della sorgente in esame. Dire che una lampada ha una temperatura di colore di 3000 K significa che la luce da essa prodotta ha la stessa tonalità di quella generata dal corpo nero portato alla temperatura di riferimento di 3000 K. Da notare inoltre che la temperatura di colore di una sorgente luminosa non coincide con la sua temperatura effettiva,a meno che la sorgente non sia un corpo nero.

Sempre più spesso si definisce il colore di una sorgente luminosa in termini di temperatura di colore. L'aspetto cromatico di una sorgente può essere descritto prendendo come riferimento il colore della radiazione emessa da un corpo nero. Come si può osservare nel diagramma CIE,maggiore è la temperatura di emissione del corpo nero e più il colore della luce tende al Blu mentre minore è la temperatura più tende verso il rosso e il giallo.

Osservazione:

A 1000 K il corpo nero emette radiazioni rossastre.

A circa 3000 K la luce appare bianca con una tonalità "calda".

A circa 6000 K la luce appare bianca con una tonalità "fredda".

1.5 [13]IL METAMERISMO:

Ciascuno di noi conosce il fenomeno per cui un oggetto colorato osservato sotto una determinata sorgente di luce presenta un colore diverso da quello visto sotto un'altra sorgente; tale cambiamento cromatico prende il nome di metamerismo. Il metamerismo può essere descritto in termini di variazioni di tristimolo (X,Y,Z),che quantificano la percezione del colore. Due campioni si presentano uguali sotto una determinata sorgente di luce quando si presentano identici i valori di XYZ. I valori, però,possono anche essere diversi tra loro ed in questo caso i due campioni esaminati risultano di colore diverso. Esistono quattro tipi di metamerismo:

1) Metamerismo dell'illuminante: Si ha quando gli oggetti sembrano dello stesso colore sotto una determinata luce e di colore diverso sotto una luce diversa.
2) Metamerismo geometrico: Si ha quando osservando degli oggetti sotto lo stesso angolo questi appaiono dello stesso colore mentre cambiando l'angolo di osservazione,cambia anche il colore degli oggetti.
3) Metamerismo dell'osservatore: differenze di colore percepite da sistemi visivi di due osservatori, la natura è prettamente biologica.
4) Metamerismo di Campo: si ha perché la proporzione dei tre coni non solo varia tra osservatori diversi ma anche perché,per lo stesso osservatore,questa proporzione varia anche all'interno della retina stessa. Un oggetto piccolo può illuminare solo la parte centrale della retina dove magari mancano i coni sensibili a una certa lunghezza d'onda ma aumentando le dimensioni dell'oggetto aumenta la parte illuminata della retina. Si attivano così una serie di coni sensibili a quella determinata lunghezza d'onda ed è possibile allora che due oggetti possano presentare lo stesso colore ad una distanza e colori diversi a distanza diversa. [13]

1.8[14]VISIONE DEL COLORE DAL PUNTO DI VISTA FISIOLOGICO:

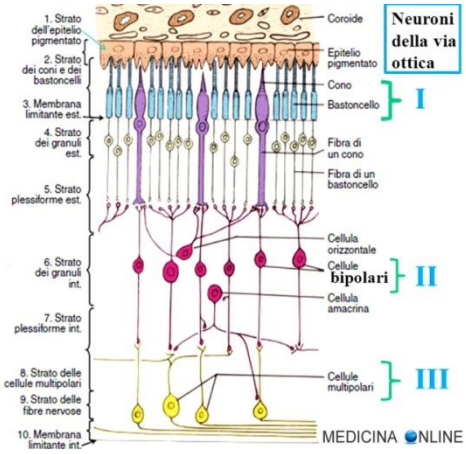

Figura 12 – Struttura anatomica della retina

La visione dei colori da parte del nostro sistema visivo avviene a livello della retina,membrana sottile dell'occhio nella quale vengono generati i segnali nervosi in risposta allo stimolo visivo.[28] La retina presenta uno spessore di circa 0.4 mm,ed è possibile farne una differenziazione in 10 strati:

1)il primo strato è chiamato "strato dell'epitelio pigmentato" in quanto costituito da cellule che fungono da "camera oscura" per i fotorecettori. Segue poi la porzione nervosa, distinta in ulteriori 9 strati:

2) Il secondo strato,più vicino a quello pigmentato, è quello dei coni e bastoncelli chiamati anche fotorecettori perché capaci di captare i fotoni,cioè le unità base della luce visibile. Il segmento esterno di un fotorecettore contiene da centinaia a migliaia di dischi membranosi appiattiti,ed il termine "cono o bastoncello" si riferisce proprio alla forma del segmento esterno. I dischi membranosi del segmento esterno,sia dei coni che dei bastoncelli, contengono pigmenti visivi che assorbono dando cosi vita alla prima fase di rilevamento della luce. Il segmento interno di un fotorecettore,invece, contiene gli organuli cellulari e si mette in rapporto sinaptico con altre cellule. I bastoncelli sono responsabili della visione periferica in quanto si trovano al

di fuori della parte centrale della retina. Sono molto numerosi, circa centoventi milioni, e sono responsabili della visione notturna in quanto molto sensibili alla luce anche di bassa intensità. I bastoncelli forniscono al sistema nervoso centrale informazioni riguardo la presenza o l'assenza di fotoni, senza però alcun riferimento alla lunghezza d'onda e per questo motivo non sono in grado di distinguere i colori danno luogo cosi ad una visione acromatica. I coni invece, in numero variabile tra sei a sette milioni, permettono all'occhio umano di avere una sua acuità visiva e di distinguere i colori. Osservando un tramonto è possibile percepire la differenza tra le due visioni: la visione dovuta ai coni fornisce un'immagine colorata e nitida,mentre la visione dovuta ai bastoncelli ci permette di avere un'immagine più sfumata in bianco e nero. I coni sono circa 6,4 milioni e , a differenza dei bastoncelli,sono concentrati nella piccola parte centrale giallastra della retina conosciuta come macula. Più dettagliatamente nella cosiddetta fovea, una zona di 0,3 millimetri ,centro della visione a colori e sede della visione nitida.

Esistono tre tipi di coni:

– Coni rossi, il 64% dei coni totali, sono anche detti Coni L (sensibili alla luce di lunghezza d'onda Lunga, che è rossa).

– Coni verdi, il 32% dei coni totali, sono anche detti coni M (sensibili alle lunghezze d'onda Medie, quelle del verde).

– Coni blu, tra il 2% e il 7% dei coni, sono anche detti coni S (sensibili alla luce di lunghezza d'onda corta S=Short, che è quella del blu).

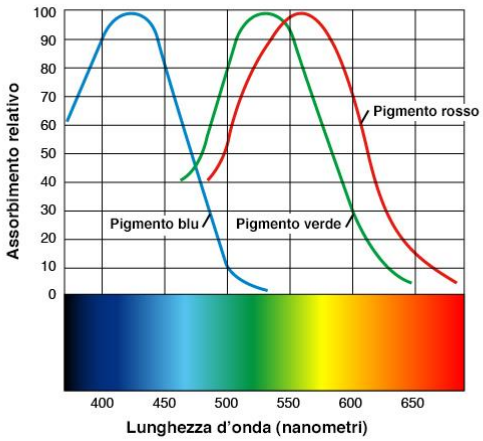

Figura 13-Curva di sensibilità dei tre coni

Nella figura precedente è possibile osservare il picco di assorbimento dei tre tipi di fotorecettori. Per i coni rossi il picco è intorno ai 565 nm, per i coni verdi è vicino ai 535 nm e mentre per i coni blu è a 430 nm. In base alla composizione spettrale della radiazione emessa dall'oggetto osservato, i tre tipi di coni sono attivati in varie combinazioni e percentuali. Da questa interazione e dell'elaborazione finale a livello cerebrale risulta, quindi, la capacità di distinguere i vari colori. Il colore infatti è una "sensazione" che si crea nel nostro cervello quando i fotorecettori della retina sono stimolati dalla luce rimessa da un oggetto. Lo stimolo contemporaneo e massimo dei tre coni fornisce la percezione del bianco. Un oggetto "bianco" è tale perché riflette tutte le lunghezze d'onda,quello "rosso" perché riflette solo il rosso mentre l'oggetto "nero" assorbe tutta la luce incidente. Persone prive di uno specifico tipo di cono perdono ovviamente la capacità di percepire alcuni colori, come accade nelle discromatopsie.

Segue poi nella struttura della retina:

3) membrana limitante esterna: è sottile e regolare ed è formata dalle giunzioni presenti tra le fibre esterne dei recettori e le espansioni terminali

delle cellule di Müller. Inoltre la membrana limitante esterna separa il fotorecettore con il corpo cellulare dello stesso.

4)strato dei granuli esterno o nucleare esterno: Tale strato è formato dai corpi cellulari delle cellule recettoriali ed ha uno spessore di 30-40 µm.

5) Strato plessiforme esterno: è formato da un intreccio di sottili fibre che decorrono in vari sensi. All'interno si trovano le estremità finali delle cellule recettoriali con i loro i rigonfiamenti terminali (sferule nei bastoncelli e pedicelli nei coni) e quelli delle cellule bipolari, le espansioni delle cellule orizzontali e cellule di Müller.

6)strato dei granuli interno o nucleare interno: è formato dalla parte nervosa delle cellule bipolari, orizzontali, di Müller e amacrine.

7) strato plessiforme interno: strato nel quale la cellula bipolare contrae sinapsi con le cellule gangliari (o multipolari) infatti è costituito da tre bande:

- serie di sinapsi fra le cellule bipolari dei coni e le cellule gangliari (off);
- serie di sinapsi fra le cellule bipolari dei coni e le cellule gangliari (on);
- serie di sinapsi fra le cellule bipolari dei bastoncelli e le cellule gangliari (off), detta anche stria dei bastoncelli.

[15]Le cellule bipolari trasmettono segnali da diversi fotorecettori alle cellule gangliari. Se consideriamo una sorgente di luce puntiforme,si può evidenziare, che la porzione di campo visivo sul quale lo stimolo luminoso produce una risposta prende il nome di campo recettivo.

I campi recettivi delle cellule gangliari sono di forma circolare e possono essere di due tipi : centro on-periferia off oppure centro off-periferia on. Una cellula gangliare con campo recettivo centro on-periferia off sarà stimolata quando il fascio luminoso colpirà la zona centrale del campo recettivo. Di conseguenza una cellula con centro off viene stimolata quando al centro del suo campo recettivo viene presentata una zona scura mentre viene illuminata la restante zona periferica. Coni e bastoncelli fanno sinapsi con circa 6 milioni di cellule bipolari che a loro volta fanno sinapsi con le cellule gangliari adiacenti;gli assoni di quest'ultime,inoltre, trasportano informazioni visive al cervello. Nella retina vi sono anche cellule orizzontali e le cellule amacrine che regolano la comunicazione tra i fotorecettori e le cellule gangliari.

8)Strato delle cellule gangliari (o multipolari): strato di cellule che effettuano una "pre-elaborazione" del segnale proveniente dai recettori. Le cellule gangliari possono essere distinte in cellule M (per magnae o grandi) e cellule P (per parvae o piccole). Le cellule M sono connesse con un gran numero di coni e bastoncelli e per questo sono in grado di fornire informazioni sul movimento di un oggetto o su rapide variazioni del contesto luminoso mentre le cellule P sono connesse con un minor numero di recettori e sono adatte a fornire informazioni sulla forma e sul colore di un oggetto. Molte cellule gangliari della retina vengono eccitate da un tipo di cono,mentre vengono inibiti altri e queste tre interazioni antagonistiche dei tre sistemi di coni sono alla base dei fenomeni dell'opponenza cromatica.

9)Strato delle fibre nervose: strato in cui decorrono le fibre nervose del nervo ottico. Nella parte anteriore della parte ottica è molto sottile e si inspessisce fino ad arrivare a 20 μm in prossimità della papilla,quest'ultima accoglie al

suo centro le fibre provenienti dalle regioni più periferiche e nella periferia quelle provenienti da porzioni più vicine.

10) Membrana limitante interna: membrana di appoggio a contatto internamente col corpo vitreo.

(15)Attraverso i percorsi nervosi, gli stimoli dei colori dalla retina raggiungono il cervello, dove effettivamente i colori vengono percepiti. Gli impulsi nervosi generati dalla stimolazione dei coni e dei bastoncelli subiscono già un primo grado di elaborazione all'interno della retina: basti pensare dai coni e dai bastoncelli l'informazione nervosa passa a 3,5 milioni di cellule bipolari e ad 1 milione di cellule gangliari che danno origine alle fibre del nervo ottico. Gli impulsi che viaggiano lungo il nervo ottico si portano verso l'encefalo; le fibre che originano dalla parte mediale di entrambe le retine si incrociano sul davanti dell'ipofisi, formando il chiasma ottico, mentre le fibre che originano dalla parte laterale o temporale delle due retine si uniscono successivamente alle fibre mediali controlaterali (che si sono incrociate nel chiasma) per formare il tratto ottico che raggiunge il mesencefalo e il talamo (corpi genicolati laterali). Dal talamo le informazioni visive vengono proiettate alla corteccia cerebrale del lobo occipitale (corteccia visiva primaria), dove gli impulsi visivi vengono rielaborati, per dare origine alla visione dei colori.

[16] CAPITOLO 2

ANOMALIE NELLA VISIONE DEI COLORI

La visione dei colori scaturisce soprattutto da esperienze soggettive. In particolare l'oggetto non ha un colore in sé, ma quest'ultimo viene percepito grazie al processo che compie la luce riflessa,arrivando al nostro sistema nervoso.[17] Negli anni le donne si sono presentate più abili nel distinguere diverse gradazioni di colore rispetto agli uomini ed in particolare la diversa sensibilità è stata evidenziata soprattutto per le tonalità di verde e di giallo. [17]Gli uomini si sono dimostrati meno abili nel riuscire a distinguere le varie sfumature di colore che ricadono nel centro dello spettro elettromagnetico come il giallo, il verde ed il blu. Sembra infatti che gli uomini abbiano bisogno di lunghezze d'onda più lunghe per percepire le stesse tonalità delle donne, infatti le tonalità che per le donne erano percepite come arancione dagli uomini erano percepite come giallo. La spiegazione nella differente capacità di percepire i colori tra uomini e donne dipende dai fotorecettori e dai geni che li codificano. I geni che codificano i due fotorecettori, i coni L ed M, sono localizzati nel cromosoma X dove possono avvenire diverse mutazioni genetiche. Se negli uomini si modificano i geni del cromosoma X si verifica una mancanza di visione dei colori mentre le donne se ereditano un cromosoma X normale e un cromosoma X mutato diventano portatrici di un difetto nella visione dei colori con probabilità al 50% di trasmetterlo ai figli. Inoltre se i coni non funzionano bene (ad esempio in caso di distrofia) si ha una ridotta acuità visiva, nistagmo (movimento involontario degli occhi), fotofobia (intolleranza alla luce) e poca o nessuna percezione dei colori. Nel caso della distrofia dei bastoncelli si ha una progressiva perdita della visione periferica fino alla cecità notturna.

Si stima inoltre che gran parte della popolazione manifesti anomalie nella visione dei colori, che si suddividono in acquisiste e congenite.

2.1 Difetti congeniti nella visione dei colori. [16]

Le discromatopsie congenite vengono considerate malattie ereditarie legate ai cromosomi sessuali ed una particolare forma discromatopsia di natura ereditaria è il daltonismo. Questo difetto della vista deve il suo nome a John Dalton,chimico e fisico inglese che ne era affetto e che lo descrisse per primo nel 1794. Il daltonismo consiste nell'incapacità ,totale o parziale,di distinguere i colori infatti le alterazioni della percezione cromatica vengono distinte in due principali gruppi:

-discromatopsie: quando la percezione cromatica è presente ma è differente dal normale

-acromatopsia: quando la percezione del colore è assente.

I diversi tipi di anomalia fanno riferimento a quale dei fotorecettori è coinvolto nell'anomalia:

-protananomali : assorbimento lunghezze d'onda elevate (primo tipo fotorecettore,"rosso")

-deutanomalia.: assorbimento lunghezze d'onda medie (secondo tipo di fotorecettore,"verde")

-tritananomalia.: assorbimento lunghezze d'onda brevi (terzo tipo di fotorecettore "blu").

La forma più comune di anomalia nella percezione dei colori è la cecità al rosso-verde tanto che i soggetti non sono in grado di distinguere i due colori perché la lunghezza d'onda del rosso (700 nm) e quella del verde (540 nm) vengono percepite come identiche.

Un soggetto senza deficit cromatici viene detto Tricromate Normale mentre un soggetto con scarsa sensibilità solo su una banda cromatica viene detto

Tricromate: Anomalo ed in base alla banda deficitaria si distinguerà in:

-Protanomalo: deficit nel rosso e percepisco male il giallo.

-Deuteranomalo: deficit nel verde e percepiscono male il giallo

-Tritanomalo: deficit nel blu.

I soggetti con assenza totale di un tipo di fotorecettore hanno una visione bicromatica (vedono solo due colori), poiché non riescono a percepire rispettivamente la luce blu, verde o rosso-gialla. Quando invece che un'anomalia vi è un'assenza totale di fotorecettori allora si parla di acromati.I bicromati sono coloro che mancano di uno dei pigmenti visivi della retina infatti la loro particolarità sta nel denunciare nello spettro visibile una banda "neutra", dove non c'è percezione di colore ma solo un stimolo luminoso.

Essi si dividono in:

Protanopi: soggetti nei quali c'è l'assenza del cono sensibile al rosso infatti il rosso spettrale appare nero mentre le varie tonalità di rosso sono costituite da una scala di grigi; la banda di colore verde-blu sarà percepita incolore infatti il verde cupo sarà spesso scambiato con il rosso mentre il violetto ed il porpora vengono viste azzurre.

Deuteranopi: soggetti nei quali viene a mancare il cono sensibile al verde infatti quest'ultimo viene spesso interpretato come grigio, il porpora viene confuso con il verde ed il grigio mentre il verde chiaro viene confuso con rosso,azzurro,violetto. È importante notare che in entrambe le alterazioni sopra citate la confusione dei colori è quasi la stessa infatti questa similitudine li accomuna sotto un'unica dicitura: "cecità al rosso-verde" o daltonismo.

Abbiamo inoltre i Tritanopi : Soggetti affetti dall'assenza del cono sensibile al blu infatti il soggetto presenza difficoltà nel percepire lunghezze d'onda

corte mentre vede bene il verde ed il rosso. Si parla, invece,di acromasia o acromatopsia quando il soggetto è affetto da una totale cecità nella percezione dei colori. Quando il deficit interessa tutti e tre i tipi di coni (rosso, blu e verde), il soggetto non percepisce alcun colore, ha cioè del mondo una visione "in bianco e nero" si parla allora di monocromatismo. Circa l'8% dei maschi è affetto da una discromatopsia, ma solo il 4-6% dei soggetti lamenta difficoltà mentre la popolazione femminile risulta essere affetta per uno 0.25-0.4%.

2.2 Dicromatopsie acquisite

Le forme acquisite, sono spesso un sintomo di una lesione a carico delle vie ottiche, della coroide, della macula o della retina. La discromatopsia, ad esempio, può comparire in caso di una retinopatia, di una neuropatia o di un ictus che ha colpito i centri visivi. I disturbi dipendono dalla localizzazione della lesione: un danno al nervo ottico tende ad influenzare la visione del rosso e del verde; se la lesione interessa la retina, invece, è compromessa soprattutto la percezione del blu e del giallo.

Le anomalie acquisite hanno caratteristiche differenti da quelle congenite perché:

- Iniziano dopo la nascita in qualsiasi momento
- La gravità varia con il tempo
- Classificazione e risultati ai test possono differire dalle forme congenite
- Incidenza simile per maschi e femmine

Classificazione:

Birch (1993) classifica le forme acquisite in:

TIPO 1 (ROSSO-VERDE): simile alla forma protan congenita, il picco della curva di efficienza luminosa è spostato verso le lunghezze d'onda brevi. Causa: distrofia dei coni o dell'epitelio retinico pigmentato.

TIPO2 (ROSSO-VERDE): simile alla forma deutan congenita, ma con maggiori riduzioni della sensibilità spettrale a lunghezze d'onda brevi. Causa: neurite ottica

TIPO 3 (BLU-FORMA A): simile alla forma tritan congenita,ma con picco della curva di efficienza luminosa spostato verso le lunghezze d'onda brevi. Causa: degenerazione maculare.

TIPO 3(BLU-FORMA B): simile alla forma tritan congenita. Causa: distrofia di coni o bastoncelli,disordini vascolari retinici (es: a causa di diabete),glaucoma.

2.3 TEST DIAGNOSTICI:

I soggetti sottoposti alla valutazione della percezione cromatica sono di solito i bambini in età prescolare o soggetti in cui sono evidenti problematiche nella visione cromatica. Solitamente vengono effettuati in maniera binoculare perché i difetti sono di tipo congenito però se dovessero essere di tipo acquisito allora si può lavorare anche monocularmente.Spesso i test si basano sull'appaiamento dei tre colori che possono essere differenziati o confusi e la sorgente di illuminazione deve prevedere un illuminamento di $\geq$ 200 lux.

Tra i test più comuni troviamo:

Il Test delle lanterne:

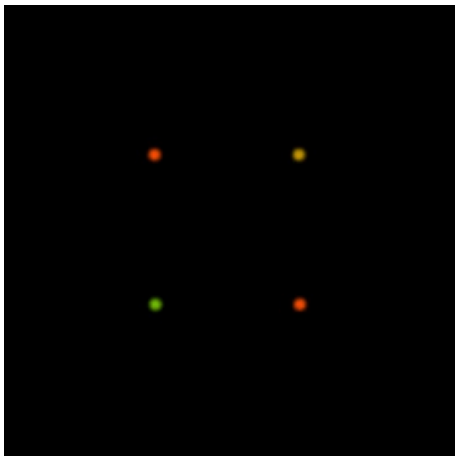

Figura 14 : Immagine ed Esempio del test delle lanterne

Il Test delle lanterne fu sviluppato dal Dr. Dean Farnsworth per identificare delle luci per segnalazioni di notte.

Nel 1954 fu poi utilizzato come test standard per esaminare la capacità di discriminare dei colori da parte di marinai,piloti di compagnie aeree o personale ferroviario. Il test consiste nel mostrare coppie di luci orientate verticalmente e le combinazioni possono essere rosso, verde o giallo chiedendo così al soggetto di riconoscerle. Ogni stato nel quale viene effettuato utilizza un tipo di lanterna diversa infatti si parlerà di lanterne di Holmes-Wright (Uk) o di Farnsworth (USA).

[18]TAVOLE DI ISHIHARA:

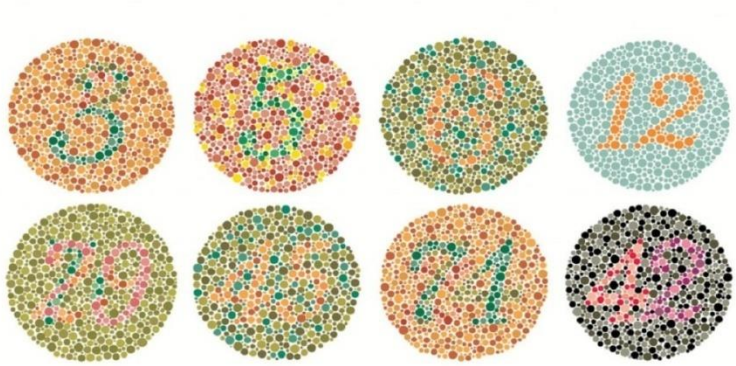

Figura 15 : Esempio tavole di Ishihara

Sono 38 tavole raccolte in un libro a sfondo nero,ogni tavola riporta dei cerchietti di colore diverso ma con la stessa luminosità. Il soggetto esaminato deve a sua volta riconoscere numeri o percorsi che risultano essere evidenti a chi non possiede anomalie nella visione cromatica. Queste tavole solo utili per diagnosticare difetti congeniti nella visione dei colori soprattutto per la visione del rosso/verde. La prima tavola contiene il numero 12 ma non è pseudo isocromatica infatti serve per dimostrare il funzionamento del test e viene letta anche da chi non percepisce i colori. Dalla tavola 2 alla 17 i numeri vengono letti male se il soggetto ha un'anomalia nella visione del rosso/verde. Nelle tavole 18-21 non ci sono numeri, che invece vengono letti da chi ha non riesce a percepire il rosso/verde. Le tavole 22-25 permettono invece di evidenziare la cecità per un colore dalla cecità parziale. Nelle tavole dalla 27 alla 38 invece i numeri sono sostituiti da percorsi. Questa tavole vengono lette ad una distanza di 30-40 cm e con un'illuminazione adeguata. Il test purtroppo non serve a valutare i soggetti con tritan, cioè con deficit giallo/blu che però vengono valutati dal test HRR,costituito da 26 tavole nelle quali sono rappresentate cerchi,triangoli e stelle. Attraverso questo test le varie anomalie vengono anche classificate in lievi,medie e severe.

[19]TEST DI MUNSELL-FARNSWORTH :

FIGURA 16: Caselle colorate utilizzate nel test di munsell

La nascita del test risale agli anni 40’ ad opera di Dean Forsworth che durante la seconda guerra mondiale iniziò a lavorare su una categorizzazione dei colori già iniziata da Albert Munsell. Questo test consiste in cento caselle colorate divise in quattro gruppi ognuno dei quali possiede 25 caselle. Nel primo gruppo è possibile trovare tutte le caselle dedicate alle tonalità che vanno dall’arancione al magenta, nel secondo gruppo quelle che vanno dal giallo al verde, nel terzo gruppo quelle dal blu al viola e nel quarto gruppo dal viola al magenta. Durante il test viene chiesto di riordinare le caselle nei vari gruppi in base alla loro tonalità ed una volta terminato il test è possibile capire quanta accuratezza ha il soggetto nel distinguere le varie tonalità.

Zero è il massimo, e corrisponde alla capacità di distinguere perfettamente tutte e 100 le tonalità, mentre 100 è il risultato peggiore che corrisponde ad un daltonismo totale.

[20]Anomaloscopio di Nagel:

L'anomaloscopio è uno strumento utilizzato per la valutazione della visione dei colori, esistono due tipi di strumento infatti il primo viene utilizzato per i soggetti che hanno difficoltà nella visione del colore rosso/verde mentre il secondo viene utilizzato per esaminare i soggetti che non sono in grado di discriminare le lunghezze d'onda più corte di quelle del rosso/verde. Nel test del primo strumento è possibile notare un campo separato in cui è possibile evidenziare una parte di luce gialla e una parte data dalla miscela di luce verde e rossa. Al soggetto viene chiesto di eguagliare le due parti del campo bipartito variando l'intensità della luce gialla oppure variando l'intensità della parte rosso/verde. Il vantaggio sta nel fatto che nel modo in cui il soggetto bilancia il rosso/verde è possibile evidenziare se è tricromatiche o dicromate. Nel secondo strumento il test invece è molto simile con la differenza che la luce gialla è sostituita da una bianca-azzurra e la miscela rosso-verde e sostituta da una miscela viola e blu-verde. L'anomaloscopio è l'unico strumento in grado di fornire una diagnosi completa per la quanto riguardo le anomalie nella percezione dei colori ma essendo molto costoso,viene difficilmente usato nella pratica comune.

Test di Holmgren :

Figura 17: Matassine utilizzate per test di holmgreen

Per poter eseguire questo tipo di test si utilizzano tre matassine come riferimento e sono individuate da “A” per il verde, “B” per il viola e “C” per il rosso. Le matassine hanno un disco numerato da 1 a 40 infatti il test va preparato disponendo le 40 matassine con il numero coperto e il soggetto esaminato dovrà poi scegliere le dieci matassine che, a suo parere, assomigliano maggiormente a quella contrassegnata dalla lettera “A”,poi, deve scegliere le 5 più simili alla “C” e altre 5 simili alla “B”. Come ultimo step, il soggetto deve ordinare ciascuno dei tre insiemi ponendo le matassine in ordine degradante di colori,a partire da quella di riferimento. L’esaminatore insieme al soggetto verificheranno poi tutti i numeri.

Test dei colori di Luscher:

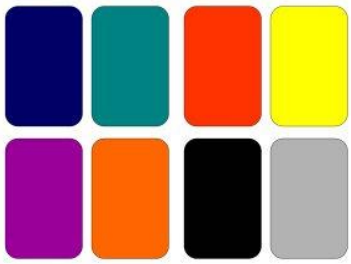

Figura 18-Colori specifici utilizzati per il test di Luscher

Attraverso l'utilizzo dei colori è possibile acquisire una conoscenza personale dei soggetti che ci circondano. Questo tipo di test è stato inventato da Max Luscher nel 1974 e presentato per la prima volta al Congresso Internazionale di Losanna,diventando così un test sia per la valutazione degli adulti ma soprattutto per quella dei bambini che utilizzano i colori come un vero e proprio linguaggio. La scelta o la preferenza di un colore rispetto ad un altro riveste un'importanza fondamentale dal punto di vista psicologico in quanto è legata ad un momento particolare della nostra giornata o della nostra vita. Il test si avvale di sei colori significativi sia nella scelta che nell'esclusione di uno di essi. Chi scegli il grigio in prima posizione vuole separarsi da tutto il resto ponendo un muro, il grigio è un colore né chiaro né scuro ed è privo di ogni tendenza psicologica. Chi scegli il Blu scuro, invece,evidenzia un bisogno di tranquillità e soddisfazione. Il colore verde rappresenta un soggetto con carattere dominante mentre il colore rosso sottolinea la forza di volontà e vitalità. Il colore giallo è il più luminoso di tutto il test infatti non a caso rappresenta un soggetto con personalità aperta; abbiamo poi il violetto simbolo di carattere fantasioso,il marrone che rappresenta il bisogno da parte del soggetto di circondarsi di maggiori elementi che gli possano trasmettere sicurezza ed infine abbiamo il nero simbolo di rinuncia e protesta contro una situazione che non è come il soggetto vorrebbe che fosse.

CAPITOLO 3

Metodi di compensazione

[21]La vita di tutti i giorni si presenta ricca di colori anche se non tutti riescono a percepirli allo stesso modo, infatti compiti semplici come la selezione di frutta matura o la scelta di abbigliamento può risultare difficile. Molte professioni richiedono una visione perfetta dei colori e non accettano candidati affetti da daltonismo o altre discromatopsie. Tra questi citiamo il verniciatore, gli elettricisti e i decoratori ma una visione perfetta dei colori è un requisito obbligatorio anche in molte professioni nel settore dell'arte e nell'industria della moda. Un soggetto affetto da una ridotta percezione dei colori presenta anche una risposta non tempestiva agli stimoli. Ad esempio se un soggetto dovesse presentare una ridotta capacità di percepire il rosso potrebbe notare la luce rossa del semaforo con ritardo rispetto agli altri autisti. Il soggetto può essere aiutato nel distinguere agevolmente alcuni colori da altri, sacrificando in parte la restante discriminazione cromatica. La correzione viene ottenuta con filtri cromatici il cui uso è monoculare o con altri dispositivi in relazione alle necessità.

3.1 UTILIZZO DI FILTRI COLORATI.

Per i deficit riguardanti la visione dei colori non esiste un trattamento compensativo definitivo ma si è raggiunto un interessante risultato attraverso l'utilizzo di filtri colorati. Per quanto riguarda la colorazione bisogna ricordare che il colore del filtro corrisponde alla banda di lunghezze d'onda che viene fatta passare mentre tutte le altre vengono tagliate. [9]È importante però che i filtri non debbano alterare la percezione cromatica dell'ambiente, i filtri più idonei sono quelli denominati a "banda larga" in quanto permettono il passaggio di un ampio intervallo di lunghezze d'onda, a differenza invece

dei filtri a “banda stretta”. Laddove un filtro determina un miglioramento,viene testato dettagliatamente e poi prescritto .[22]Le aziende produttrici forniscono già un consiglio sull’utilizzo del filtraggio adatto in relazione alla patologia oculare di cui è affetto il soggetto, ma esso rimane appunto un consiglio: la prova soggettiva rimane sempre indiscutibile.

Taglio Luce	Patologie
450 nm	Degenerazione maculare, atrofia ottica
511 nm	Degenerazione maculare, atrofia ottica, cataratta incipiente, afachia, glaucoma, retinite pigmentosa
527 nm	Glaucoma, cataratta, retinopatia diabetica, fotofobia, albinismo, distrofia corneale
550 nm	Retinite pigmentosa, aniridia
585 nm	Retinite pigmentosa

Figura 19-Filtri colorati da utilizzare per singole patologie

La scelta di una diversa colorazione dei filtri potrebbe essere legata ,oltre i ai motivi estetici,anche e soprattutto a ragioni refrattive. Per i soggetti emmetropi non c’è una particolare preferenza cromatica infatti si possono scegliere filtri sia marrone,verde,grigio. Un filtro grigio attenua più uniformemente le radiazioni di tutte le lunghezze d’onda, in modo tale da non alterare in modo esagerato la percezione cromatica dell’ambiente circostante. [23]Tutto il discorso cambia in caso di ametropie refrattive. Per un soggetto ipermetrope è consigliato usare filtri di colore verde-grigio in quanto aiutano a focalizzare meglio lo spettro di luce più vicino all’ultravioletto. Per i miopi ,invece, la lente di colore marrone li porta a focalizzare meglio la parte dello spettro elettromagnetico più vicino all’ Infrarosso. Nell’ipovisione vengono utilizzati dei filtri fotoselettivi sulle tonalità dal giallo al rosso, che ‘tagliano’ le emissioni fino ai 500-550 nm circa, eliminando quindi tutto l’UV e

la radiazione blu del visibile, ottenendo anche l'effetto di migliorare il contrasto e quindi di permettere una visione più confortevole.

3.2 Tra le aziende produttrici più importanti ricordiamo Enchroma e Colorlite:

ENCHROMA è un'azienda californiana che produce occhiali e lenti a contatto per daltonici. Per il daltonico il rosso ed il verde non appaiono come due colori distinti, allora Enchroma ha studiato un sistema che lavora su questo tipo di sovrapposizione di banda per consentire al soggetto di avere una visione quanto più vicina possibile alla normalità. Il risultato è stato quello di ottenere lenti che vanno a "tagliare" alcuni intervalli di frequenza e separano la sovrapposizione dei fotopigmenti rossi e verdi in modo da poterli discriminare in modo ottimale.

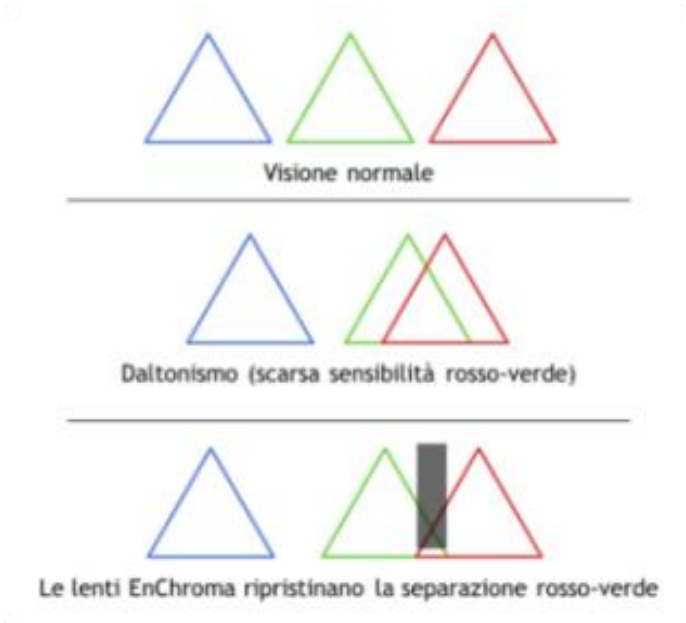

Figura 20- Funzionamento delle Lenti Enchroma

COLORLITE: La colorlite S.r.l ha elaborato delle lenti per migliorare la percezione dei colori nei daltonici. Siccome ogni persona affetta da daltonismo ne presenta grado e tipo differenti allora la correzione può essere fatta con occhiali personalizzati, in quanto lo spettro dei colori che arriva agli

occhi può essere cambiato in modo corretto solo con lenti colorate. Sulle lenti per la compensazione del daltonismo è consigliata la protezione UV in quanto le lenti per la correzione dell'alterata percezione dei colori assorbono circa il 40% della luce entrante. Quando si indossano gli occhiali,bisogna dare agli occhi il tempo di adattarsi al nuovo ambiente colorato e questo potrebbe richiedere alcuni minuti inoltre in un primo momento i colori sembreranno tingersi di rosso finché non si giunge all'equilibrio. L'adattamento richiede 90-120 secondi in un ambiente ben illuminato ed il nuovo bilanciamento dei colori si avrà dopo circa 2 minuti.

3.3 [24]Comunemente siamo esposti ad una fonte principale di energia: la luce solare. Quest'ultima si presenta costituita da una serie di radiazioni che vanno dalle micro onde fino ai raggi gamma. L'apparato visivo,così come tutto l'organismo,interagiscono con la luce solare ma è noto a tutti che abusare di tale interazione può causare dei danni. Riguardo alle strutture oculari un'eccessiva esposizione al sole potrebbe causarne secchezza. In questi casi un sistema di protezione è rappresentato dagli occhiali da sole aventi filtri colorati. [25]Bisogna ricordare che non sempre il colore del filtro è indice delle sue proprietà protettive. In molti pensano che ,quando si parla di occhiali da sole,più scuri sono i filtri ,maggiore sia la protezione per gli occhi. In realtà i filtri scuri provocano maggiore dilatazione della pupilla,e nel caso in cui non siano dotate di un filtro adeguato ,ciò porterebbe l'occhio ad assorbire una grande quantità di raggi UV. Ecco perché più neutro è il colore dei filtri solari , meno questi influenzano la visione dei colori. Durante la produzione di un occhiale da sole l'obiettivo è quello di attenuare in maniera ottimale la luce e di consentire una visione naturale dell'intero spettro dei colori.[21] La scelta del colore dei filtri deve prevedere alcune considerazioni e non va lasciata al

caso infatti vengono utilizzate lenti da sole di colore diverso in base alle esigenze:

- Grigi: sono filtri molto riposanti,che non alterano i colori dell'ambiente in quanto riescono a tagliare bene l'ultravioletto e l'infrarosso mantenendo un equilibrio cromatico.
- Marroni: sono filtri che aumento il contrasto e migliorano la percezione del colore verde e sono consigliate per i soggetti miopi,grazie alla buona trasmittanza nella banda rossa.
- Verdi: anch'essi sono filtri riposanti ma possono peggiorare il contrasto delle immagini. Fanno risaltare il colore blu,sono sconsigliati per i miopi perché possono falsare la messa a fuoco degli oggetti sono invece consigliati per gli ipermetropi.
- Blu: Tranne casi particolari sono filtri utilizzati esclusivamente per ragioni estetiche, non c'è protezione dagli UV e per i soggetti ipermetropi può causare una riduzione delle capacità visive, inducendo una condizione simile a quella miopica.

Conclusioni:

I colori hanno avuto da sempre una grossa importanza nella vita degli uomini in quanto grazie ad essi è possibile comunicare emozioni e sensazioni. Nel corso degli anni sono stati diversi gli studi effettuati ponendo attenzione a come i colori possano influenzare ogni minima scelta dell'essere umano; dall'alimentazione, all'abbigliamento fino alla scelta dell'arredamento. Non meno importanti sono stati gli studi effettuati sulle anomalie nella percezione dei colori ed in particolare come i soggetti affetti possano trovare difficoltà nella vita quotidiana. Molto spesso il non riuscire a percepire i colori risulta per l'individuo un vero e proprio handicap che può portarlo ad isolarsi in età infantile e a diventare poi un adulto insicuro. Per far fronte a queste problematiche sono state elaborate una serie di strategie compensative. Diverse aziende hanno lavorato per la produzione di filtri colorati affinché possano migliorare la percezione dei colori. Nella vita quotidiana i colori vengono usati spesso per comunicare informazioni,come ad esempio alcune segnaletiche che sfruttano i contrasti cromatici; per i soggetti affetti da anomalie nella percezione dei colori risulta difficile anche poter sapere quando un semaforo risulta essere verde o rosso. Per far fronte alle loro esigenze,sono stati pensati dei dispositivi con appositi segnali acustici in modo da ricevere le stesse informazioni di chi ha una normale percezione dei colori. Risulta utile,inoltre,conoscere i benefici dei filtri solari in base alla loro colorazione,in modo che la scelta non sia prettamente estetica. La vita di chi non ha percezione corretta dei colori non risulta essere alquanto semplice,infatti a loro non è permesso fare qualsiasi mestiere o praticare qualsiasi sport. Lo scopo dei metodi di compensazione è quello di migliorare le condizioni e la qualità di vita dei soggetti.

Sitografia:

(1)http://www.fabishoes.it/blog/storia-colore-dallantichita-ad-oggi/#.XomXqYgzbIU.

(2)https://www.giuntiscuola.it/lavitascolastica/magazine/articoli/colori-nella-storia/

(3)https://asclepiosalus.wordpress.com/2015/08/29/la-visione-goethiana-del-colore/

(4)https://www.antrodichirone.com/index.php/it/2017/01/18/percezione-visiva-qual-e-il-vero-colore-della-realta/

(5)https://claudiotroisi.it/psicologia-del-colore/

(6)https://digilander.libero.it/ciaocciao/fisica_del_colore.htm

(7) http://www.colorepuro.it/impariamo-ad-abbinare-i-colori/teoria-dei-colori

(8) http://www.siteinside.com/la-classificazione-dei-colori#.Xr0TEGgzbIU

(9) https://best5.it/post/i-colori-e-le-principali-teorie-per-conoscerli/

(11)http://www.urai.it/FTP/app/COLORIMETRIA/CORSO/colore.pdf

(13) https://www.aristidetorrelli.it/Articoli/Metamerismo/Metamerismo.htm

(14)https://medicinaonline.co/2018/01/28/retina-dellocchio-anatomia-strati-funzioni-e-patologie-in-sintesi/

(17)https://www.oculistaitaliano.it/articoli/differenze-nella-visione-uomini-donne-le-basi-genetiche-fisiologiche/

(18)https://www.inran.it/tavole-di-ishihara/

(19)https://www.hisour.com.it/farnsworth-munsell-100-hue-test-26911/

(20)http://www.daltoneyes.it/i-test_gli-anomaloscopi-di-nagel.html

(21)http://www.zeiss.it

(22)https://www.viggiottici.com/luce-e-filtri-fotoselettivi/

(23)http://www.assoptomilano.it/index.php?pagina=vista_e_visione/occhiali_sole.html

(24)https://www.centrostudisalmoiraghievigano.it/sites/default/files/visioncare_2019.pdf

(25)https://blog.ciaroni.it/lenti-colorate-per-occhiali-da-sole-i-nostri-consigli

BIBLIOGRAFIA:

[10]Appunti Del Corso di Ottica visuale; Prof.Aniello Reccia

[12] Appunti Del Corso di Fisica della visione; Prof. Fulvio Peruggi

[15] Appunti del corso di Fisiologia;Prof.ssa Raffaella De Crescenzo

[16] Appunti del Corso di Ottica e Optometria ; Prof. Paolo Carelli

[26]Anto Rossetti,PietroGheller (2003).*Manuale di Optometria e Contattologia*.

[27]John W. Jewett,Rajmond A.Serway .(1994)*Principi di Fisica.*

[28]FedericH.Martini,EdwinF.Bartholomew (2007). *Elementi di Anatomia,Istologia e Fisiologia dell'uomo.*

Ringraziamenti:

Al mio Papà, che mi ha dato la possibilità di guardare il mondo esterno attraverso i suoi occhi affinché niente potesse farmi paura. Grazie per avermi insegnato dei valori che mi hanno permesso di affrontare tutte le avversità della vita.

Alla mia Mamma premurosa , amorevole e sempre attenta ai miei bisogni. Grazie per aver pregato CON ME e PER ME per poter far si che tutto questo potesse realizzarsi.

A mio Fratello,Bruno, per essere stato spiraglio di luce nei miei momenti difficili ; è bastato poggiarmi sulla tua spalla per ritrovare la forza che cercavo.

A Ciro..Grazie per avermi supportato e sopportato,per avermi incoraggiata e mai lasciata sola. Sei per me un luogo sicuro dove potermi riparare dalle intemperie della vita e dove poter brindare ai traguardi raggiunti. Grazie per avermi insegnato che nella vita vince la determinazione ma soprattutto chi ci mette il cuore,non avrei potuto desiderare di meglio.

A Te..oggi avrei preferito abbracciarti ma mi accontento di alzare gli occhi al cielo. Grazie per esserti manifestato nelle forme più impensabili affinché non mi sentissi mai abbandonata.

Alle mie Care ragazze Archetta,Federica,Carmela,Alessandra e Giovanna siete per me un dono dal valore inestimabile. Grazie per avermi regalato momenti di leggerezza quando il peso dello studio non lasciava scampo,per avermi dato la possibilità di stringervi la mano quando l'ansia e la paura prendevano il sopravvento. Grazie soprattutto per avermi aperto le porte dei vostri cuori.

Alle amiche di una vita Gelsomina e Mela per avermi dedicato parte del loro tempo prezioso nonostante lo scorrere veloce e frenetico della vita.

A Giovanna per esserci scelte e tenute per mano,per te ogni parola sarebbe superflua..mi basta dirti Grazie!

A me stessa, per avermi concesso sempre una seconda possibilità ritrovando sempre la forza per mettermi in gioco..Ad oggi posso dire di esserne uscita vincitrice.

..Grazie a tutte le persone che la vita ha voluto incrociassi lungo questo intenso percorso,solo così posso avere la consapevolezza di poter sempre migliorare.