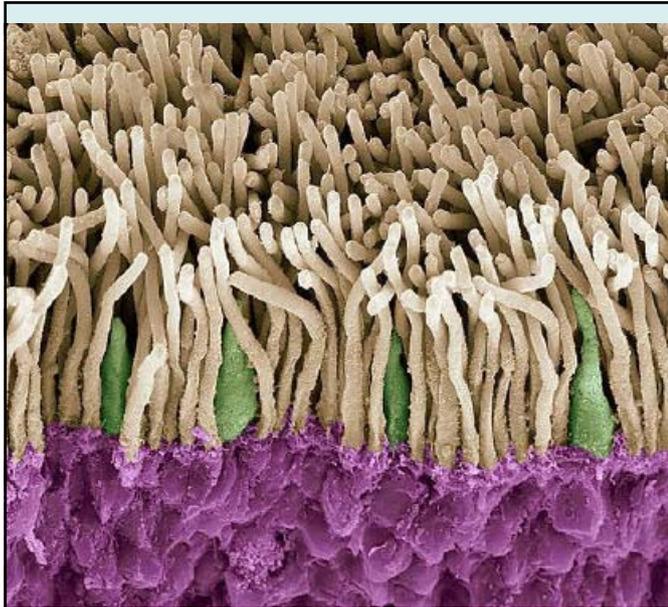
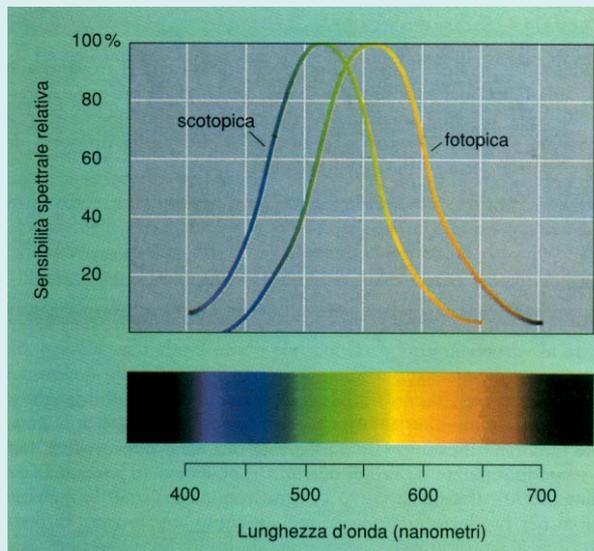


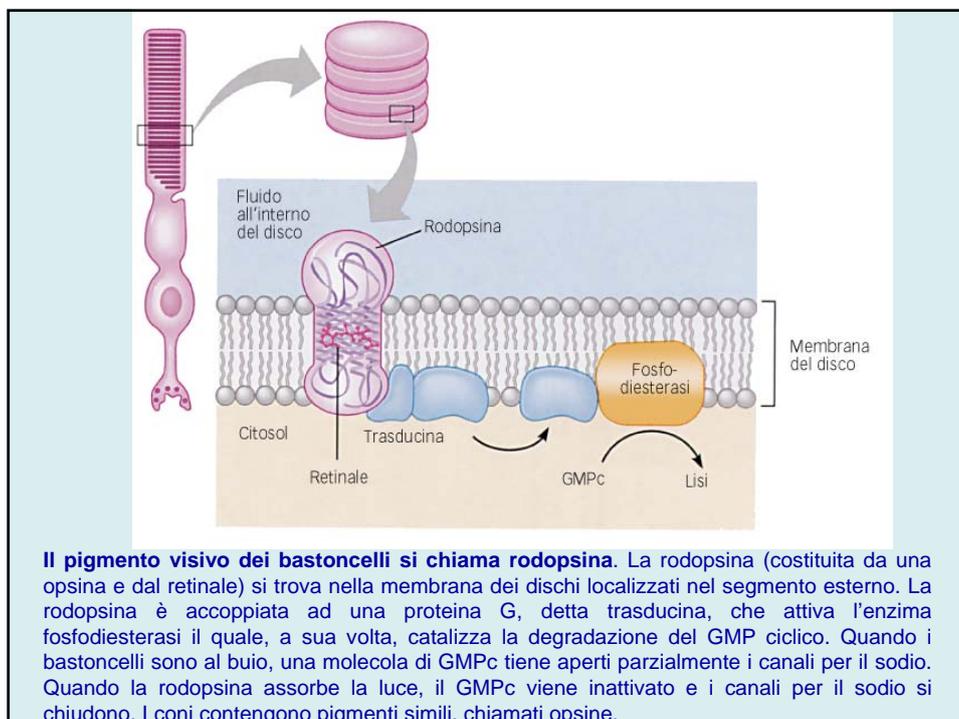
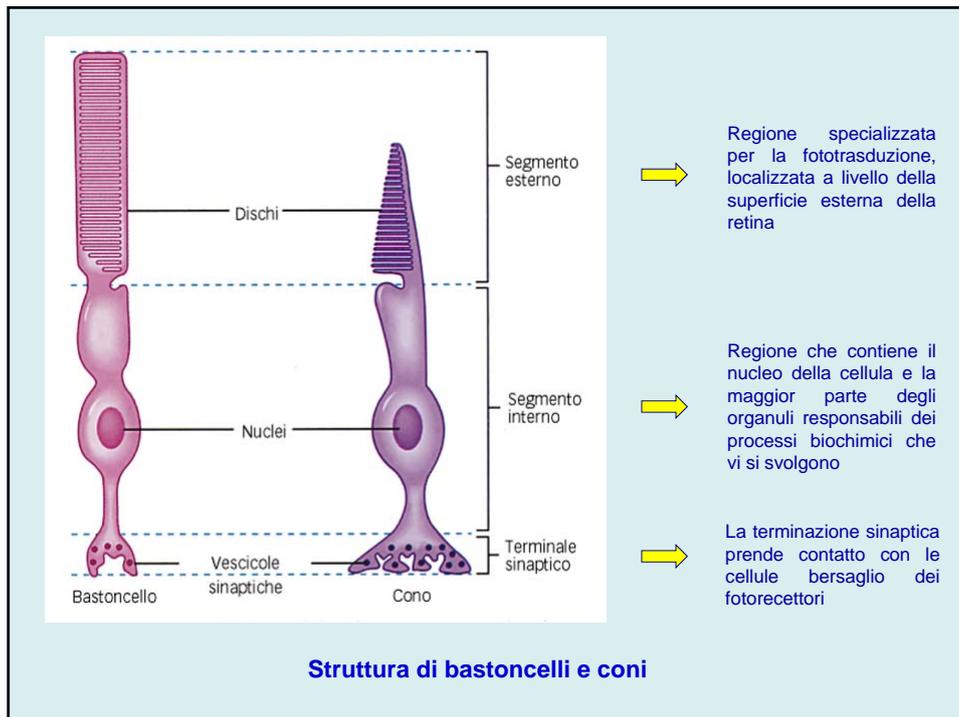
Nella figura a sinistra è illustrata la posizione della retina nell'occhio. I particolari della retina a livello della fovea sono illustrati nella figura a destra. In quasi tutta la retina, la luce deve passare attraverso gli strati delle cellule nervose coi loro processi, prima di raggiungere i fotorecettori. Nel centro della fovea, la cosiddetta foveola, gli elementi nervosi prossimali sono invece spostati lateralmente, in modo che la luce possa raggiungere i recettori direttamente. Di conseguenza, le immagini visive che si formano nella foveola hanno il minor grado di distorsione.

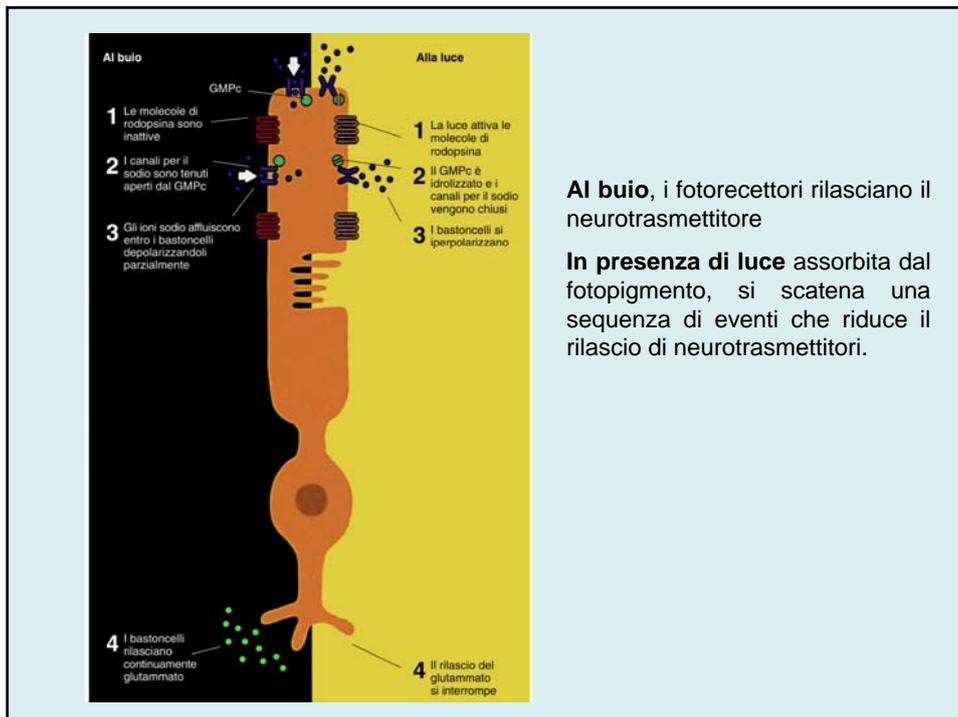


In ogni occhio umano si trovano circa 6 milioni di coni e 120 milioni di bastoncelli: una quantità di elementi fotosensibili che neanche la più sofisticata macchina fotografica può vantare. Pur essendo così numerose, queste cellule – qui al microscopio – lavorano in perfetta sincronia per garantirci una visione perfetta. I coni (in verde) sono responsabili della visione diurna e colgono con precisione dettagli e colori. I bastoncelli (in marroncino) invece veicolano un'immagine meno nitida, ma rispetto ai coni sono molto più sensibili alla luce e consentono all'occhio di vedere anche di notte, in condizioni di scarsa luminosità. In viola, lo strato esterno della retina.



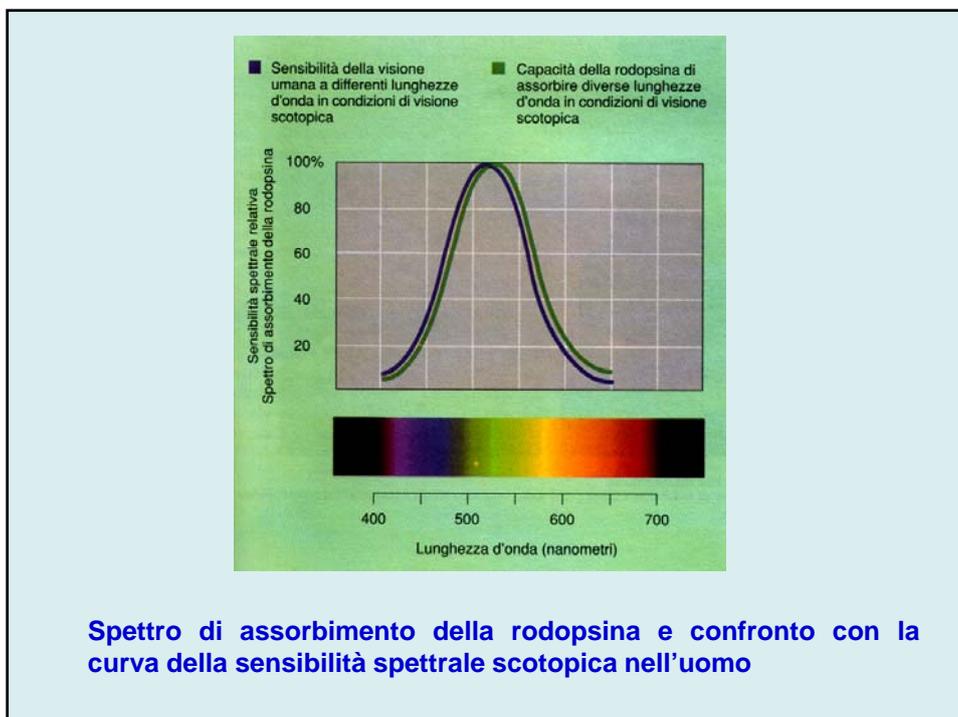
Curve di sensibilità spettrale fotopica (coni) e scotopica (bastoncelli) nell'uomo. Il grafico è determinato dal fatto che, nel nostro sistema visivo, luci di stessa intensità ma di differente lunghezza d'onda ci appaiono molto differenti in termini di luminosità





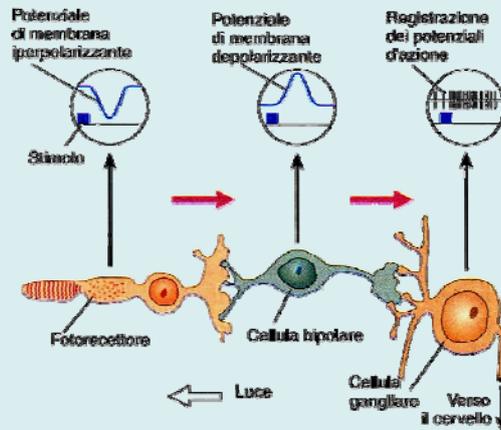
Al buio, i fotorecettori rilasciano il neurotrasmettitore

In presenza di luce assorbita dal ftopigmento, si scatena una sequenza di eventi che riduce il rilascio di neurotrasmettitori.



Spettro di assorbimento della rodopsina e confronto con la curva della sensibilità spettrale scotopica nell'uomo

I circuiti neurali della retina



Quando la luce colpisce un fotorecettore produce iperpolarizzazione; di conseguenza, il fotorecettore rilascia meno neurotrasmettitore. Poiché il neurotrasmettitore normalmente iperpolarizza la membrana della cellula bipolare, la riduzione del rilascio provoca la depolarizzazione della cellula bipolare. Questa depolarizzazione fa sì che la cellula bipolare rilasci una maggiore quantità di neurotrasmettitore, che a sua volta eccita la cellule gangliare.

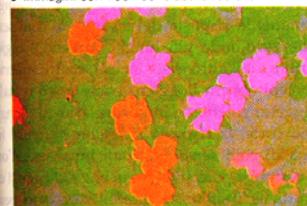
A Immagine normale a colori



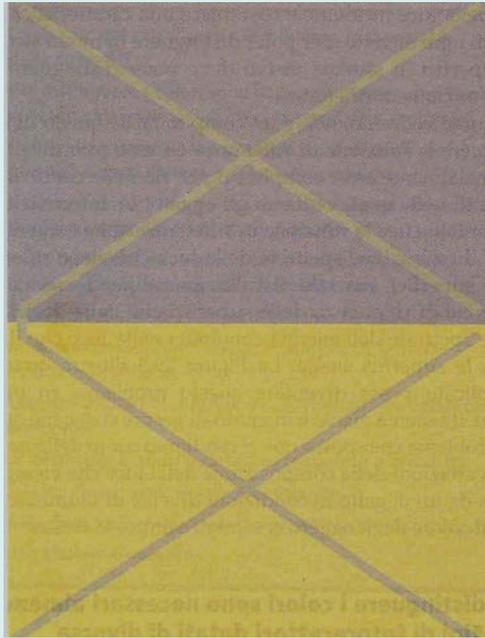
B Immagine in bianco e nero con soli contrasti di luminosità



C Immagini con i soli contrasti di colore



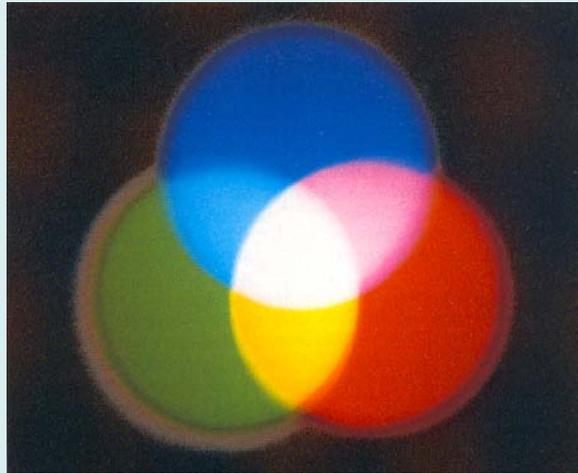
- A. Una immagine a colori normale contiene informazioni relative sia alle variazioni di luminosità che alle variazioni dei colori.
- B. Le immagini acromatiche registrano le variazioni di luminosità presenti nella scena e si formano ponderando l'energia riflessa dalla sensibilità globale dell'occhio verso lo spettro visibile. In questo tipo di immagini i particolari spaziali si distinguono facilmente.
- C. Le immagini puramente cromatiche non contengono informazioni sulle variazioni della luminosità della scena ma soltanto informazioni relative alle tinte ed alla saturazione. E' difficile distinguere i particolari spaziali.



Il contesto dello scenario influenza l'aspetto del colore. Le croci che appaiono nelle diverse parti della figura sono state tracciate con lo stesso inchiostro (controllare questo particolare guardando a sinistra della figura dove esse si uniscono) eppure sembrano diverse in quanto sono circondate da sfondi diversi. Il colore che viene percepito nelle croci tende al colore complementare a quello dello sfondo.

Teoria tricromatica di Young (1802) ed Helmholtz (1852)

Secondo tale teoria, il colore viene percepito da parte di **tre tipi di coni**, ognuno dei quali è maggiormente sensibile ad una diversa gamma di lunghezze d'onda. Siamo cioè in grado di discriminare tra le lunghezze d'onda attraverso le diverse proporzioni di attivazione dei tre tipi di coni.

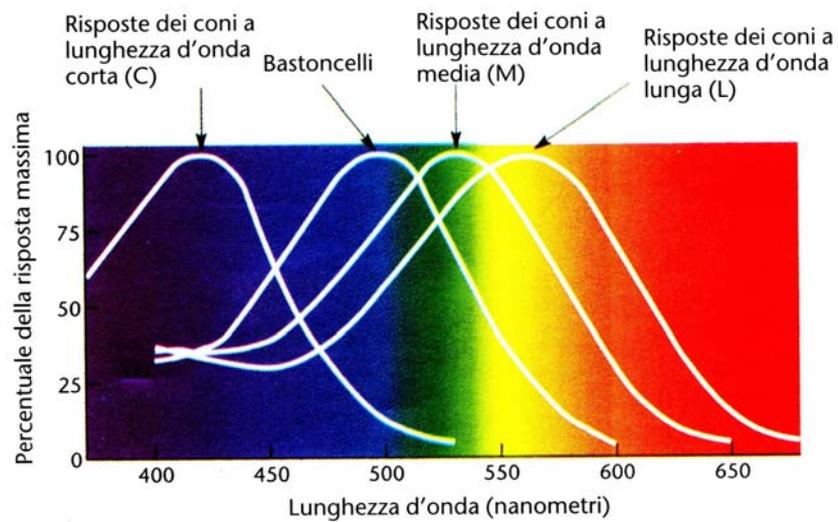


Mescolanza di luci. Siamo abituati a pensare che i colori primari siano il rosso, il giallo, e il blu, ma ciò vale solo nel mondo della pittura. Nel mondo della luce sono il rosso, il verde e il blu, che, mescolati a coppie, producono tutti gli altri colori. Una mescolanza di luci di questi tre colori dà origine a una luce che appare bianca

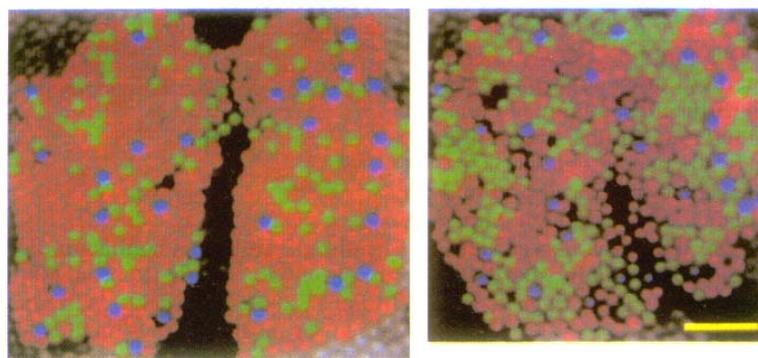
Tipi di coni

Esistono tre tipi di coni:

- ➡ Coni sensibili al blu (lunghezze d'onda corte)
- ➡ Coni sensibili al verde (lunghezze d'onda medie)
- ➡ Coni sensibili al rosso (lunghezze d'onda lunghe)



Risposte dei tre tipi di coni alle diverse lunghezze d'onda dei raggi luminosi (corte, medie e lunghe). Ogni tipo di recettore risponde ad un'ampia gamma di lunghezze d'onda, ma la risposta massima si ha in una specifica banda di lunghezze d'onda



I tre tipi di coni sono distribuiti nella retina in modo casuale. La figura mostra la distribuzione dei coni nella retina di due persone, ottenuta mediante particolari tecnologie che hanno consentito di mappare con grande precisione la distribuzione dei diversi tipi di coni nella retina vitale in situ. L'aggiunta artificiale dei colori ha lo scopo di identificare i vari tipi di coni. E' possibile notare la differenza tra le due retine, la scarsa presenza dei coni per il blu e la loro distribuzione a macchie. L'immagine è stata ottenuta mediante particolari tecnologie che hanno consentito di mappare con grande precisione la distribuzione dei diversi tipi di coni.

Teoria dell'opponenza cromatica (o dei processi antagonisti) di Hering

Secondo la teoria dell'opponenza cromatica noi percepiamo i colori in termini di coppie di colori opposti tra di loro. Nel sistema visivo esistono due classi di cellule per la codifica del colore ed una per la luminosità.

rosso-verde



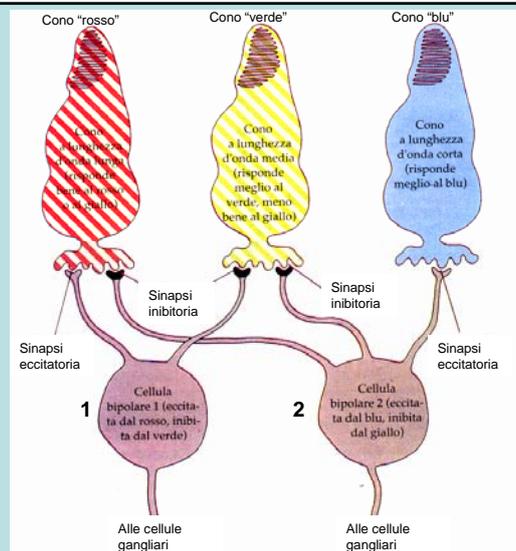
codifica del colore

giallo-blu



luminosità

bianco-nero



Le connessioni esistenti tra i tre tipi di coni e le cellule bipolari permettono alle cellule bipolari di mostrare proprietà tipiche dell'opponenza cromatica. Ad esempio, quando una luce rossa colpisce questo gruppo di recettori, eccita la cellula bipolare 1. Una luce verde, invece, inibisce la cellula bipolare 1. Una luce rossa, verde o gialla inibisce la cellula bipolare 2.

RIASSUMENDO...

Un modello della visione dei colori basato su due stadi, che concorrono entrambi alla determinazione finale del colore percepito:

il **primo stadio**, definito dalla **teoria tricromatica** (vi sono tre tipi di coni, dalla cui azione combinata dipende la determinazione del colore in base alla lunghezza d'onda della radiazione incidente);

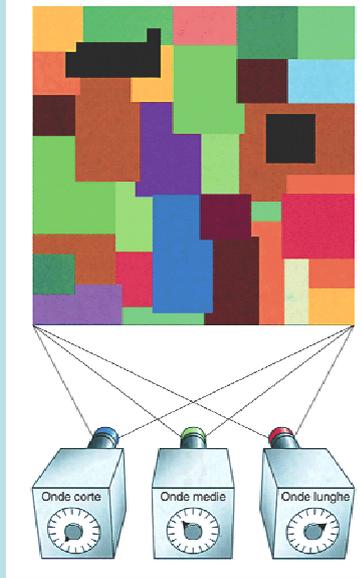
il **secondo stadio**, definito dalla **teoria dell'opponenza cromatica** (la visione di un colore dipende dall'azione combinata di due canali cromatici, costituiti ciascuno da una coppia di colori complementari antagonisti, più un canale dedicato alla luminosità).

Costanza del colore e *teoria retinex* di Land

La costanza del colore consiste nella capacità di riconoscere il colore di un oggetto nonostante avvengano, durante il corso della giornata, cambiamenti d'illuminazione.

Per spiegare la costanza del colore, Land propose la teoria retinex: la corteccia mette a confronto informazioni provenienti dalle varie zone della retina al fine di determinare la percezione del colore di ogni area.

Stimoli Mondrian e costanza del colore



L'esperimento di Land mostra due caratteristiche del colore:

- 1) Il colore di un oggetto non è una semplice funzione della lunghezza d'onda che esso riflette.
- 2) Il colore di un oggetto dipende in qualche modo dalla luce riflessa dalle superfici circostanti

Esperimento sulla visione dei colori di Land (1977). I soggetti vedevano stimoli Mondrian illuminati da varie proporzioni di luce con tre diverse lunghezze d'onda: corta, media e lunga.