

UNITE UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TERAMO

Visione



Prof.ssa Pia Lucidi

Laboratorio di Cognizione e Benessere Animale
RICEVIMENTO plucidi@unite.it

1

Cosa può vedere un animale?

- La luce visibile si compone di onde elettromagnetiche con lunghezze d'onda tra 400 700 nm.
- Le fonti luminose (sole, lampade) emettono luce propria
- Tutti gli altri oggetti diventano visibili quando riflettono la luce
- Un oggetto appare di un determinato colore a seconda delle lunghezze d'onda che vengono riflesse rispetto a quelle che vengono assorbite

2

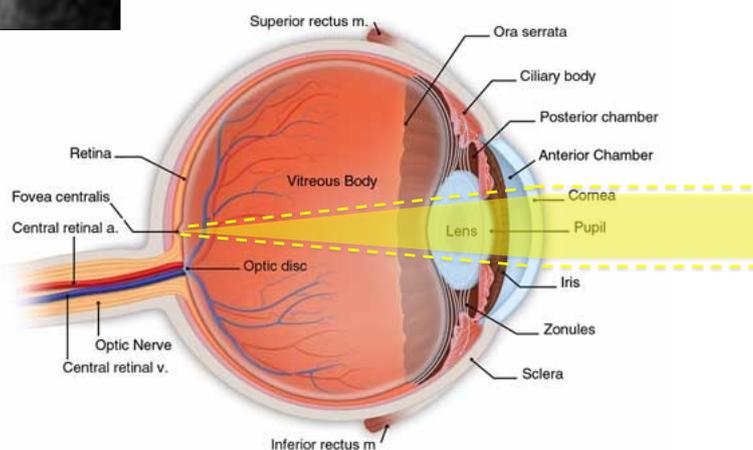
Apparato visivo

- **Visione:** processo tramite il quale la luce riflessa da un oggetto viene trasformata in un'immagine mentale
- Sensi speciali: recettori confinati in un organo specifico e associato a nervi cranici (insieme a udito, equilibrio, sensi chimici)
- **Occhio:** funziona come una macchina fotografica mettendo a fuoco la luce sulla retina, usando una LENTE e una APERTURA (pupilla), le cui dimensioni possono variare per cambiare la quantità di luce che entra

3

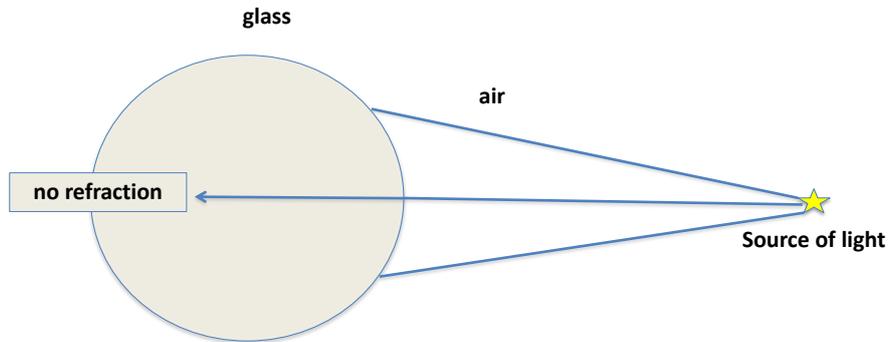


Occhio dei mammiferi

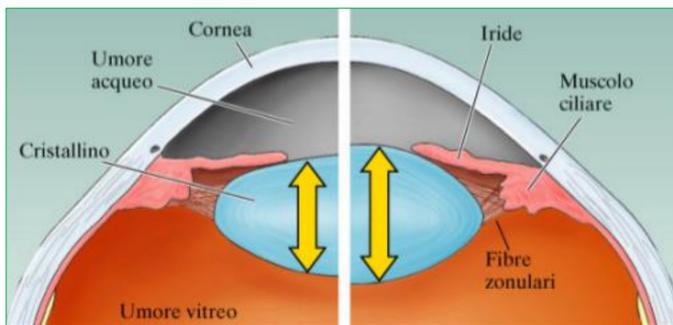


4

Rifrazione della luce



5



https://www.scienzemfn.unisalento.it/c/document_library/get_file?folderId=984091&name=DLFE-322018.pdf

Accomodazione del cristallino

Quando il corpo ciliare si contrae, si avvicina alla camera anteriore permettendo il rilassamento delle fibre della zonula – il cristallino diventa globoso → visione miopica (aumenta l'indice di rifrazione perché è un corpo più denso rispetto al liquor)

Quando il corpo ciliare è in posizione di riposo (fibre rilassate), è spostato più indietro e «tira» le fibre della zonula appiattendolo → visione di oggetti distanti

6

6

Riassumendo

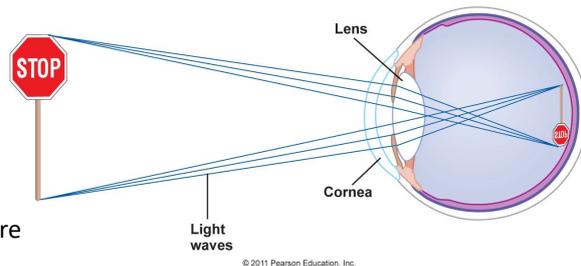
La luce attraversa la **CORNEA** dove avviene la rifrazione.

L'**IRIDE** può aumentare o diminuire il diametro pupillare controllando la quantità di luce che entra.

Altre strutture rinfrangono la luce, ad es. il **CRISTALLINO**, che può cambiare la forma a seconda della contrazione o rilassamento dei muscoli del corpo ciliare (lisci) che si attaccano sul legamento sospensore.

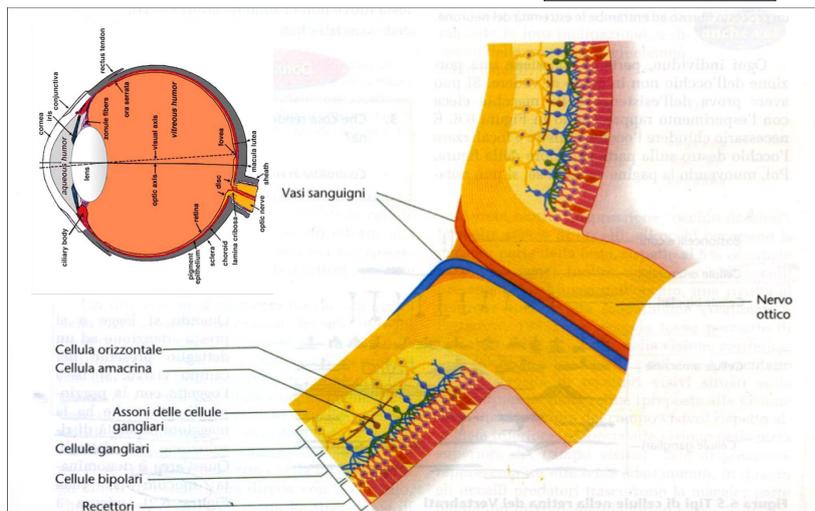
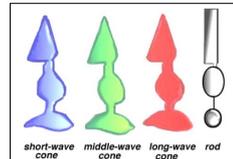
Il liquido presente nelle camere anteriore e posteriore ha un impatto minimo sulla rifrazione.

Idealmente, la luce viene messa a fuoco esattamente su un punto della **RETINA**

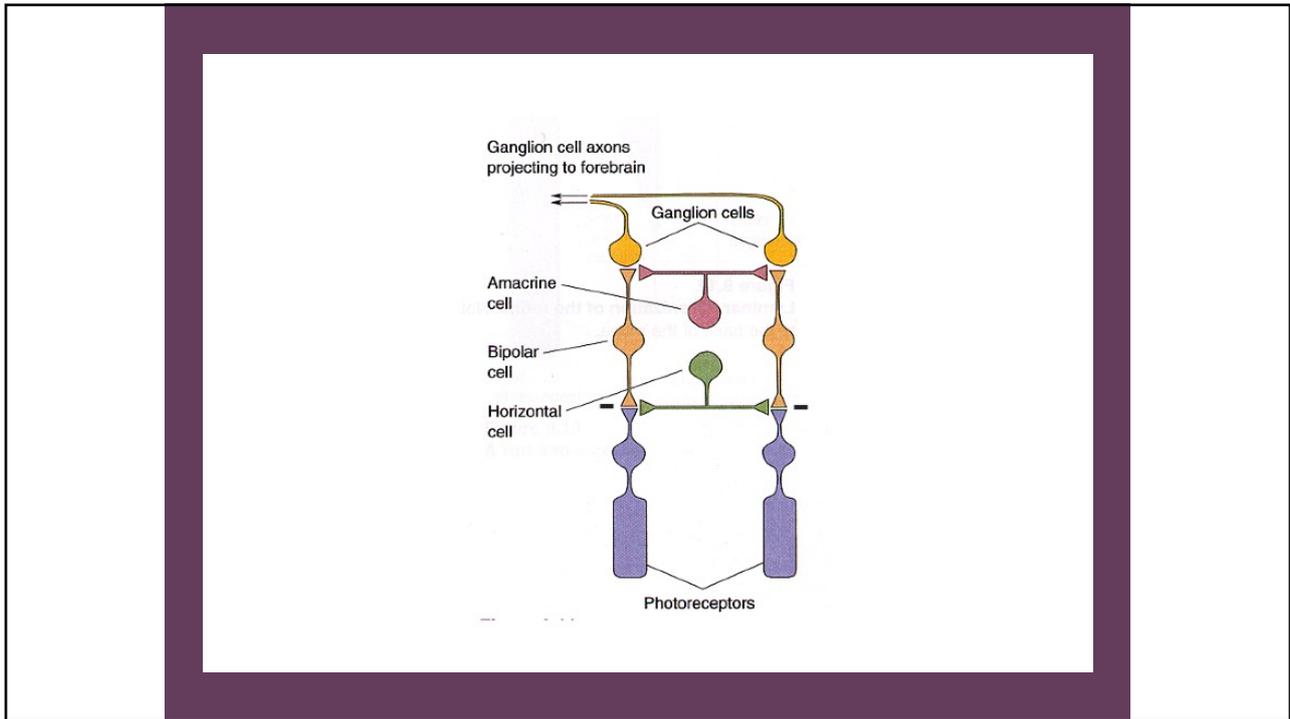


7

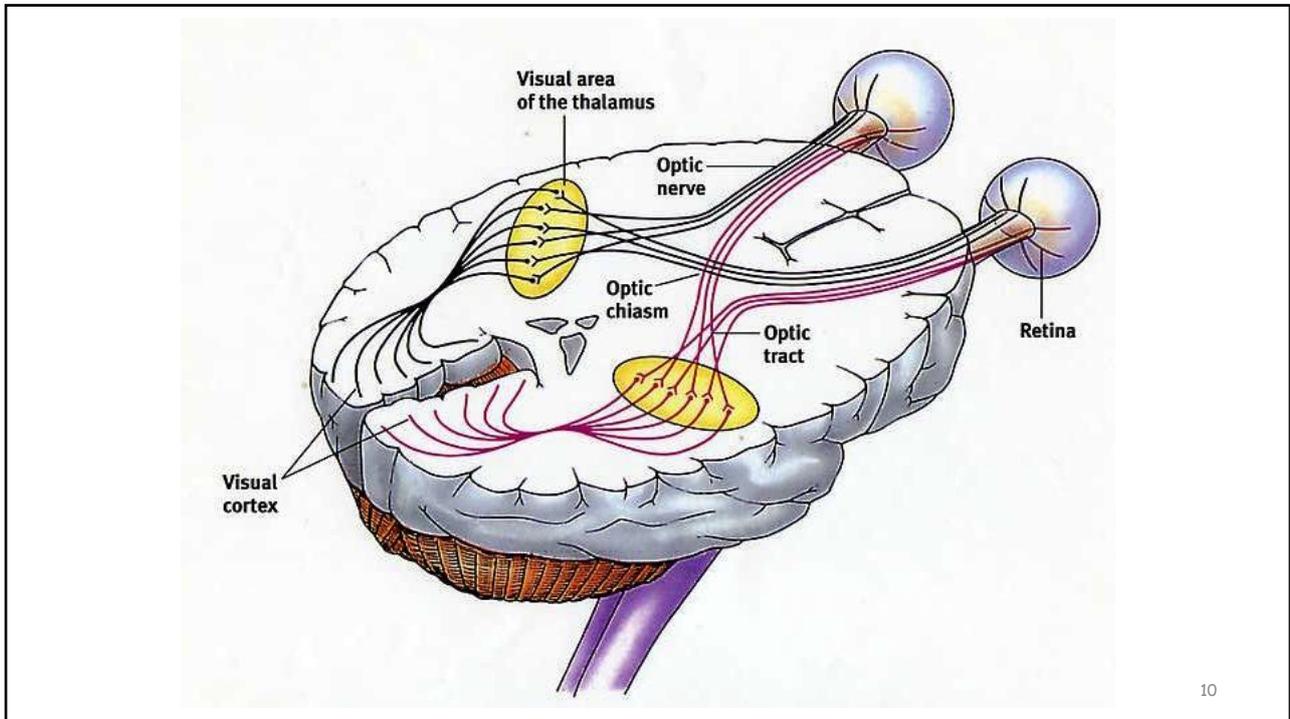
Percorso visivo



8



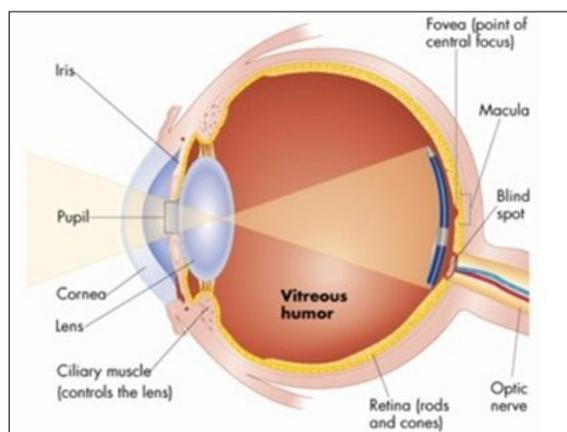
9



10

10

Macchia cieca



11

Acuità visiva



- Capacità di discriminare due punti come due punti (separati)
- Negli uccelli l'acuità visiva è 2-3 volte superiore a quella umana
 - Il gheppio può riconoscere insetti di 2 mm da una distanza di 18 metri (Fox et al. 1976)



man



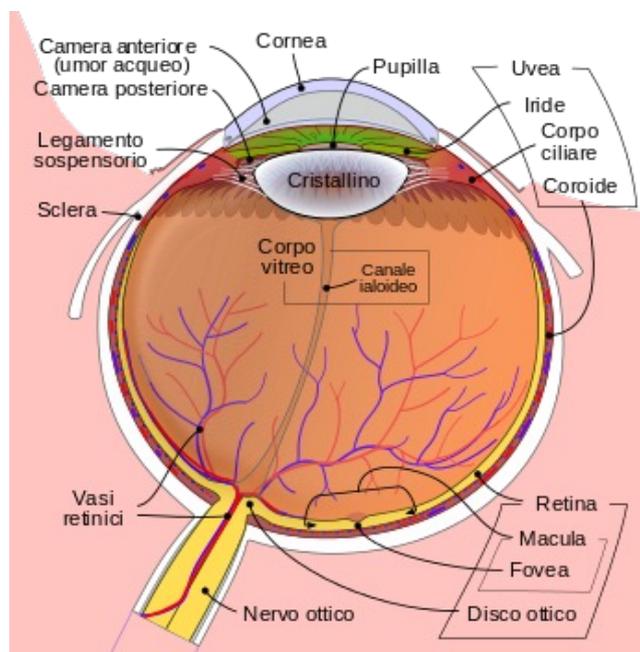
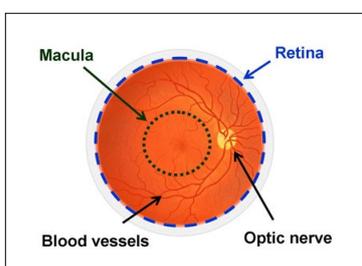
dog

L'acuità visiva di cani, gatti e cavalli è inferiore a quella umana

12

Acuità visiva

Dipende dalla **macula**,
un'area della retina la cui
risoluzione
è più alta rispetto alle altre
regioni

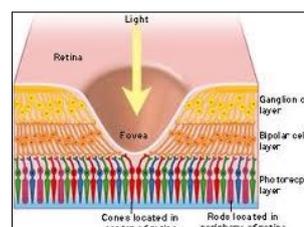


13

Macula e fovea

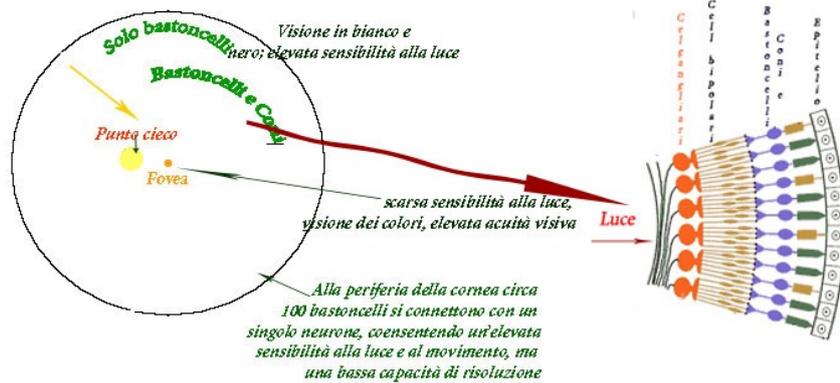
- Macula è il nome di una piccola porzione di pochi millimetri al centro della retina
- Quando l'occhio guarda direttamente un oggetto, l'immagine dell'oggetto viene messa a fuoco direttamente sulla macula, che è responsabile della visione centrale più dettagliata
- La macula ha un'elevatissima concentrazione di coni
- La porzione centrale della macula è la **FOVEA** (depressione) o punto focale

La fovea è un punto dell'occhio dove la luce colpisce direttamente i fotorecettori senza dover attraversare vasi sanguigni o cellule. Questa regione, chiamata **fovea**, è **popolata da moltissimi coni**, non ci sono bastoncini.



14

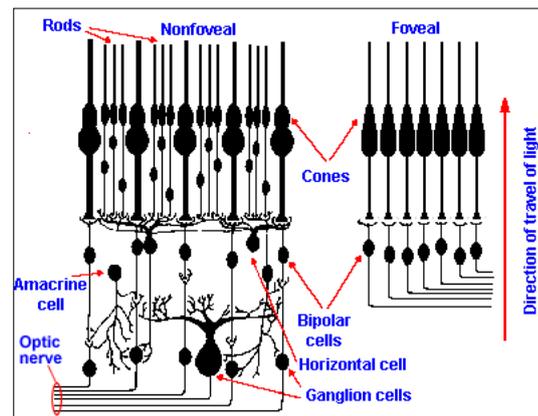
Distribuzione fotocettori e rapporto con le cellule gangliari



15

15

Ogni recettore della fovea si connette a **UNA** cellula bipolare, che a sua volta si connette a **UNA** singola cellula gangliare →
 pertanto ogni cono della macula è direttamente connesso al cervello!



16

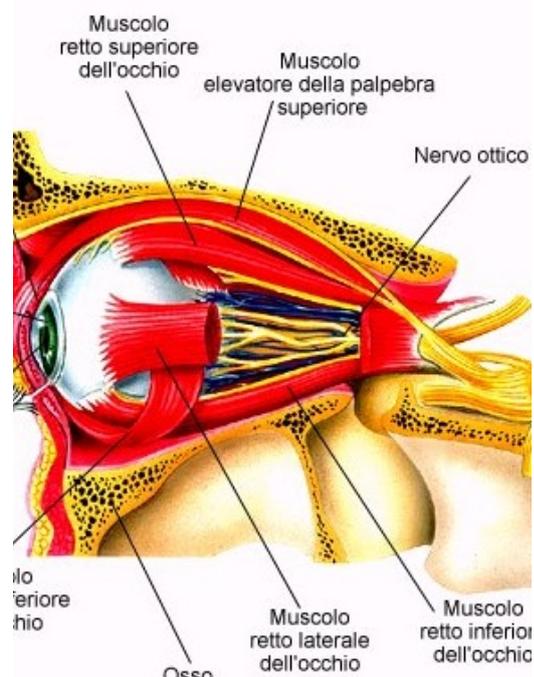
16

Saccadi

I movimenti saccadici, o saccadi, sono movimenti dell'occhio che hanno la funzione di spostare nella zona retinica di massima sensibilità, cioè nella fovea, i vari punti importanti dell'ambiente esterno che stiamo osservando.

L'occhio riesce a muoversi all'interno del suo alloggiamento grazie a tre coppie di muscoli:

- retti mediale e laterale,
- retti superiore e inferiore,
- obliqui superiore e inferiore



17

Riflesso optocinetico

- Come le saccadi
- Ha bisogno di un «bersaglio» da guardare
- I movimenti oculari riportano il bersaglio sulla fovea
- Es: quando si guarda dal vetro del treno il paesaggio che cambia



18

Visione periferica

Al di fuori della macula molti recettori convergono su poche cellule bipolari e gangliari

Ne consegue che:

Il cervello non può determinare precisamente la posizione o la forma della fonte luminosa

Tuttavia la somma degli stimoli in entrata fa sì che l'animale sia capace di percepire anche fonti di luce molto tenui

19

Visione mono / binoculare

Monoculare: occhi laterali, campo visivo molto vasto, scarsa percezione della profondità (es. piccione)

Binoculare: occhi frontali, campo visivo vasto (fino a 180°)

La visione monoculare consente un campo visivo più vasto:

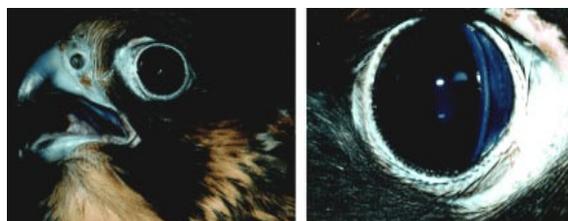
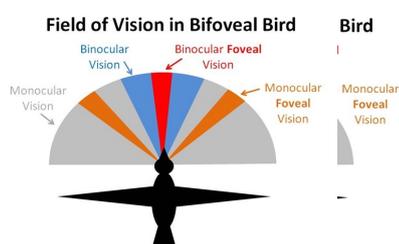
es. nel piccione fino a 300° senza girare la testa; altri uccelli possono raggiungere i 360° (beccaccia).

Tuttavia la visione monoculare non permette di stimare bene la distanza e percepire la profondità

20

Visione negli uccelli

- Occhi molto grandi, occupano la maggior parte del cranio
- A seconda del n. di fovee:
 - Senza fovea ma con *area centralis* ricca di coni: pollo domestico
 - Monofovea (centrale o temporale): la > parte degli uccelli
 - Bifovea (centrale + temporale): passeriformi, predatori diurni
- La seconda fovea viene usata per mettere a fuoco sui dettagli anche nella visione periferica



http://www.people.eku.edu/nitchisong/Avian_eye2.jpg

21

Gufi



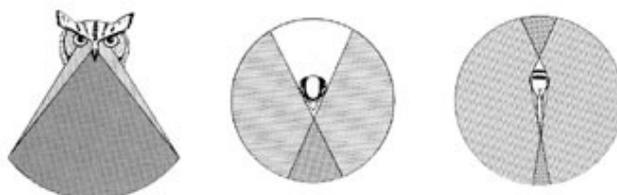
- Occhio tubulare con scarsa muscolatura intorno, per massimizzare la grandezza
- Per compensare la scarsa possibilità di movimento, molti gufi riescono a ruotare la testa molto rapidamente fino a 270° sulla colonna cervicale (la velocità è così elevata che un tempo si credeva raggiungesse i 360°).
- Gli occhi sono frontali e la visione è binoculare, un aspetto tipico dei predatori

(British Journal of Ophthalmology, Sept. 2000 issue).

22

Campo visivo uccelli

<http://www.people.eku.edu/ritchison/birdeyes.jpg>



Questi animali hanno un piccolo campo visivo frontale, in cui il campo visivo di ciascun occhio si sovrappone all'altro, ma la beccaccia ha anche un piccolo campo visivo binoculare dietro la testa.

Altri uccelli, come i gufi, hanno occhi frontali, che conferiscono loro un campo binoculare più vasto; questi uccelli hanno fino a 180° di visione totale, la maggior parte dei quali binoculare.

23

Campo visivo cane



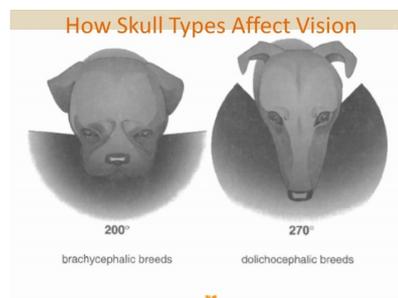
Photographic representations of brachycephalic (A), mesocephalic (B), and dolichocephalic (C) dog breeds

circa 150° totali; 85° binoculare

La visione binoculare (stereoscopica), si ha quando i campi visivi dei due occhi si sovrappongono.

Nella visione binoculare la percezione della profondità è migliore e anche la visione.

Cani e gatti hanno un campo visivo binoculare di 85, l'uomo 120°



24

Occhio del cavallo

Una particolarità nel cavallo è la presenza dei *granuli iridei* o *corpora nigra* (*grani di fuliggine*), protuberanze più spesse sul margine dorsale della pupilla e più piccole sul margine inferiore. Originano da una proliferazione dell'epitelio posteriore pigmentato dell'iride. Probabilmente, insieme alle lunghe ciglia, riparano la retina da un eccesso di luce veicolato dall'alto (come una visiera per il sole). Un tempo scambiati per patologie oculari «frequentissime nel cavallo»



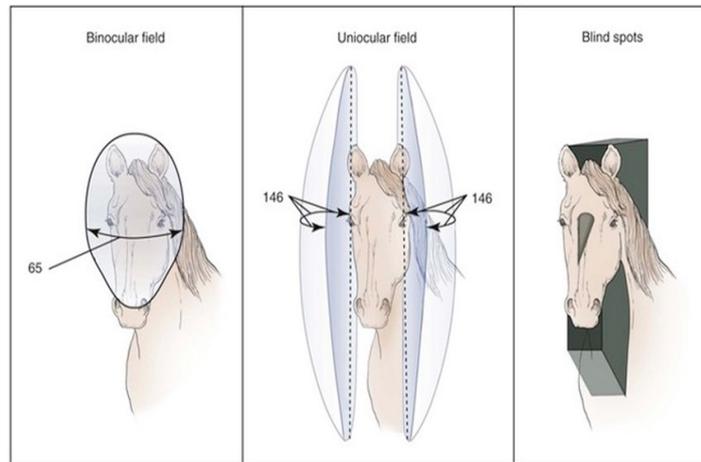
25

**LA PUPILLA A FESSURA
ORIZZONTALE RIMANE TALE
IN TUTTE LE POSIZIONI
DELLA TESTA**



26

Campo visivo cavallo



27

27



28

28

Visione tridimensionale

- Gli animali sono in grado di vedere immagini tridimensionali grazie alla visione stereoscopica, utilizzando i due occhi in modo simultaneo
- Ogni occhio ha una visione leggermente diversa che il cervello usa per stimare la distanza
- Es: foto/film con visione tridimensionale

29

29

Non tutti gli animali utilizzano la visione tridimensionale

Molti pesci preferiscono guardare intorno piuttosto che stimare l'esatta distanza del predatore (i campi visivi non si sovrappongono)

Gli scimpanzé hanno bisogno di mettere bene a fuoco la distanza di un ramo prima di saltare dal un albero all'altro (la visione stereoscopica è un must anche per molte scimmie)

Gli occhi tuttavia possono stimare la distanza anche in modo focale, come una macchina fotografica, per rendere più nitidi i dettagli.

Il modo in cui l'occhio "accomoda" viene usato dal cervello per stimare la distanza dell'oggetto. Questo modo "focale" tuttavia non è accurato quanto la visione stereoscopica

30

Fotorecettori

CONI

Visione fotopica

- Più abbondanti intorno alla fovea e al centro della retina
- Meno attivi in condizioni di luce scarsa
- Visione cromatica (diurna)
- Visione dettagliata: ciascun cono (o pochi coni) converge in modo indipendente sul SNC

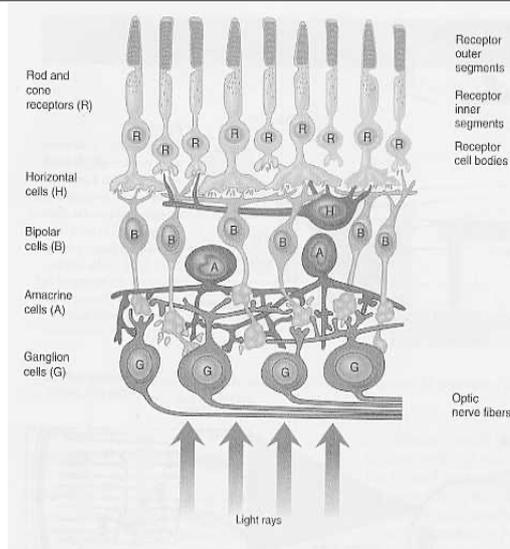
BASTONCELLI

Visione scotopica

- Assenti nella fovea, sono i recettori più numerosi
- Vengono stimolati da luci deboli
- Non molto utili nella visione diurna (vengono inibiti dalla luce forte)
- Scarsa acuità (no visione dettagliata)

31

Fototrasduzione



I fotorecettori e le cellule bipolari generano potenziali graduati

Le cellule gangliari generano potenziali di azione

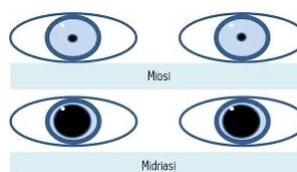
Il rapporto fotorecettori/cellule bipolari è responsabile della risoluzione dell'immagine

32

Adattamento

Esistono due meccanismi di adattamento all'intensità luminosa

- Sensibilità dei recettori
- Riflesso pupillare



33

33

Adattamento fotocettori

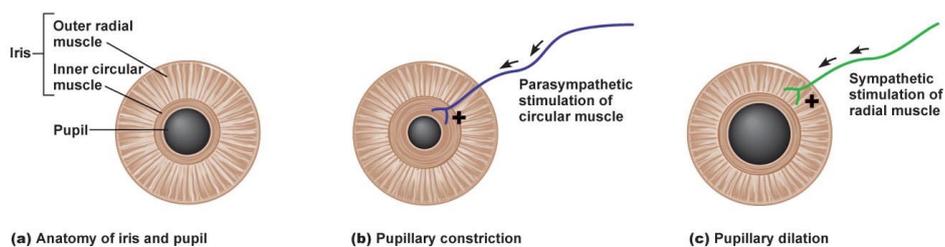
- se la quantità di luce ambientale aumenta, la sensibilità dei fotorecettori diminuisce rapidamente (adattamento alla luce);
- se la quantità di luce diminuisce, la sensibilità dei fotorecettori aumenta progressivamente (adattamento al buio)
- l'adattamento alla luce è più veloce dell'adattamento al buio



34

34

Innervazione iride: riflesso pupillare



35

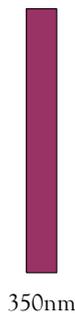
SENSIBILITÀ ALLA LUCE

- Gatti e cani possono adattare la visione a condizioni di scarsa luminosità
- La pupilla può dilatarsi notevolmente, inoltre c'è il tappeto lucido, che permette alla retina di avere una doppia possibilità di catturare i fotoni
- Il tappeto lucido del gatto riflette la luce 130 volte di più rispetto alla visione dell'occhio umano
- Cani, cavalli e soprattutto gatti possono anche vedere in condizioni di scarsa visibilità rispetto all'uomo

36

Visione dei colori

- Come fanno i coni a discriminare i colori?
- Dipende dal tipo o dai tipi di coni attivati e dal confronto della loro attivazione



Nel sistema visivo umano, la lunghezza d'onda più corta nel range visibile è circa 350 nm e viene percepita come viola (purple)

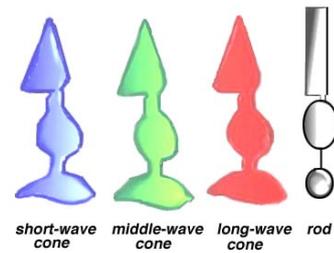
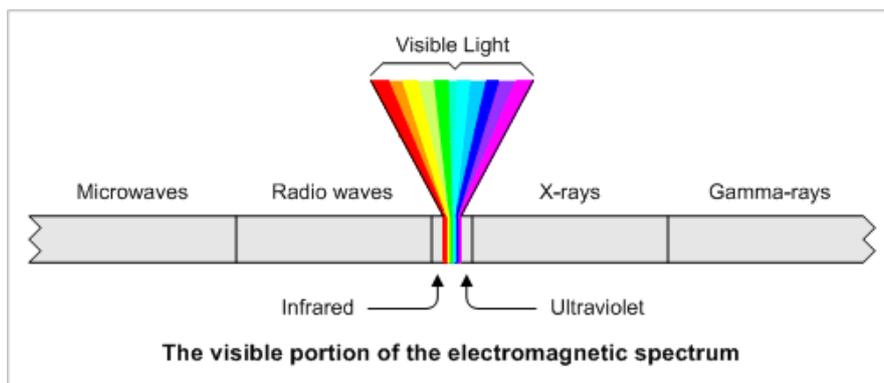


Fig. 13. There are four photoreceptor types in the human retina. Short-wavelength cones (blue), medium wavelength cones (green), long wavelength cones (red) and rods.

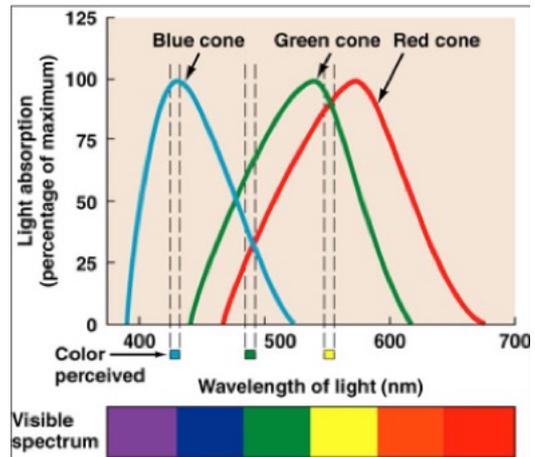
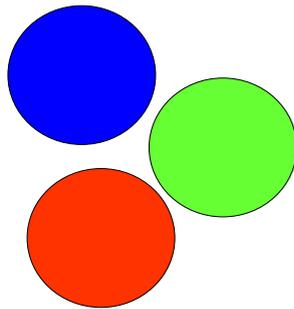
37

Spettro elettromagnetico



38

Sensibilità dei coni



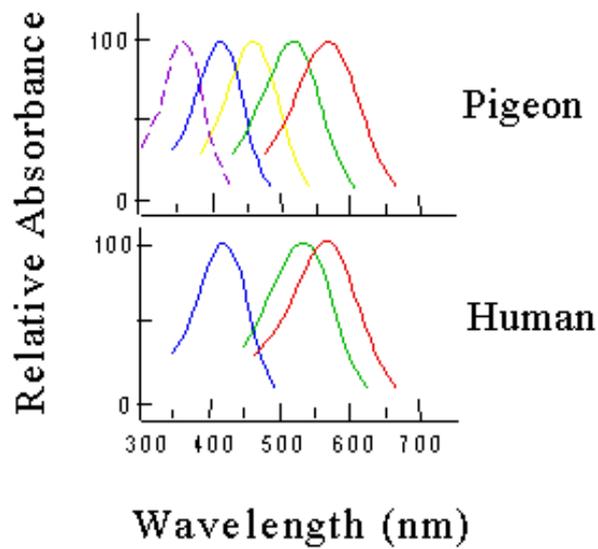
NB: tutti gli altri colori vengono percepiti attraverso il confronto tra le risposte (o le velocità di risposta) dei recettori attivati dalle 3 lunghezze d'onda principali

39

I ratti hanno un solo tipo di coni: visione diurna buona ma non hanno possibilità di discriminare i colori



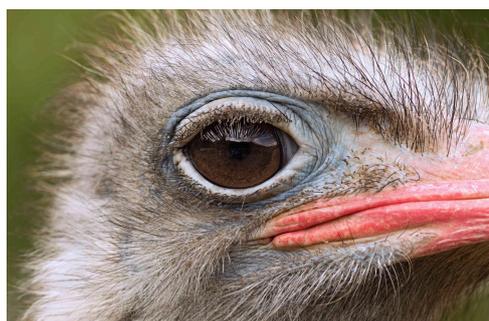
http://www.mtuk.org/content/mammal/rodents/brown_rat.jpg



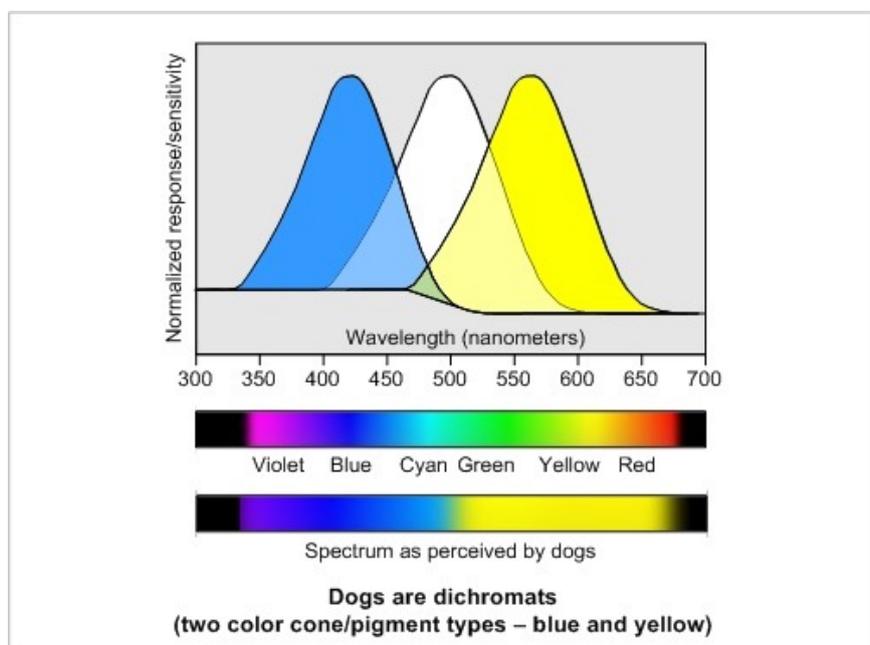
<http://www.pigeon.psy.tufts.edu/avc/ husband/images/pigment.gif>

40

- Gli uccelli hanno un'ottima visione dei colori, probabilmente dovuta alla presenza di 4-5 fotopigmenti, contro i tre pigmenti dei coni dei primati.
- L'evidenza della visione tetra- o penta-cromatica negli uccelli viene da analisi delle proprietà chimiche dei pigmenti visivi e di discriminazione comportamentale.
- I piccioni possono discriminare lunghezze d'onda verso l'UV.



41



42

Visione dicromatica del cane

