

## La percezione del contrasto

Chiara Della Libera

DSNV Università di Verona  
 Sezione di Fisiologia Umana  
 tel. 045 802 7198  
 chiara.dellalibera@medicina.univr.it

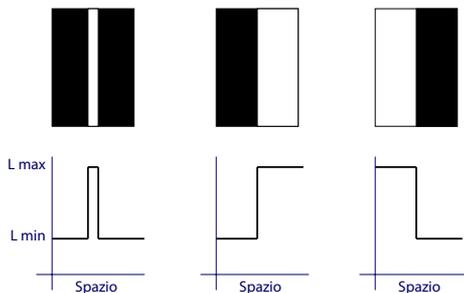
1

## Il contrasto

- E' la componente più semplice ed essenziale per la definizione della struttura della scena visiva.
- Consiste in una variazione di intensità luminosa (*luminanza*) fra zone adiacenti della scena visiva.

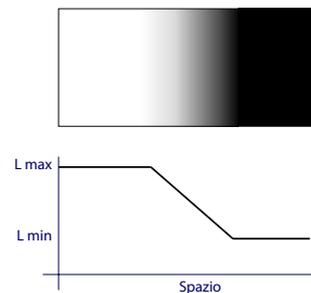
2

### Le distribuzioni di luminanza (i)



3

### Le distribuzioni di luminanza (ii)



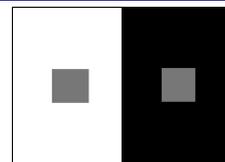
4

## Contrasto e *filling-in*

- I neuroni visivi sono poco sensibili alla presenza di superfici omogenee.
- Il contrasto è necessario per stabilire dove finisce un oggetto e ne inizia un altro.
- Il contrasto permette il rilevamento di bordi, o *edges*.
- La zona compresa fra due bordi viene percepita come appartenente ad una superficie uniforme, lo spazio "vuoto" viene *riempito*.

5

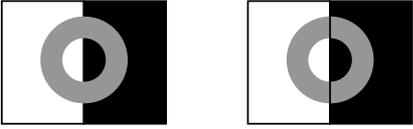
## Il contrasto simultaneo



Dimostra come la *luminanza percepita* in una zona del campo visivo non corrisponde alla luminanza assoluta ma dipende dalla luminanza delle regioni vicine.

6

## Contorni e superfici



- La presenza di un bordo fra le due metà dell'anello grigio causa una differenza nella luminanza percepita.
- Emerge l'effetto di contrasto simultaneo, che era assente quando l'anello era percepito come un oggetto unico.
- La percezione della luminanza di una superficie è influenzata dal contrasto osservato ai bordi della superficie stessa.

7

## Studiare la percezione del contrasto

Gli stimoli usati possono essere delle 'macchie', che rispetto allo sfondo consistono in un aumento o un decremento di luminanza.

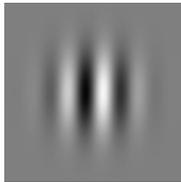


Il contrasto è originato dalla *differenza* fra la luminanza delle due superfici.

8

## Studiare la percezione del contrasto

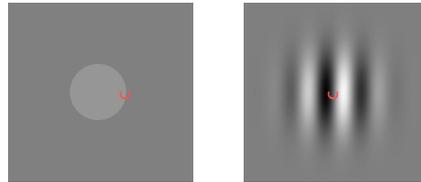
Più spesso si usano stimoli detti 'reticoli', o *gratings*, che consistono in variazioni di luminanza distribuite secondo un particolare orientamento.



Il contrasto si calcola in base alla differenza fra la luminanza media delle bande alternate.

9

## Studiare la percezione del contrasto



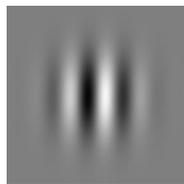
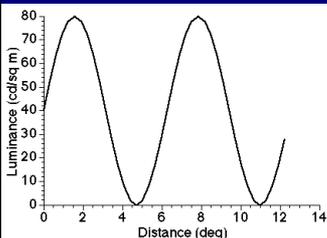
$$\text{Contrasto} = \frac{\Delta L}{L_{\text{sfondo}}}$$

$$\text{Contrasto} = \frac{L_{\text{max}} - L_{\text{min}}}{L_{\text{max}} + L_{\text{min}}}$$

Il **contrasto** di solito si esprime come una percentuale, che indica il divario fra i livelli massimi e minimi di luminanza presenti nello stimolo (o fra lo stimolo e lo sfondo).

10

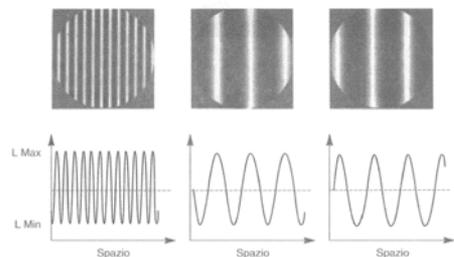
## Descrizione degli stimoli



La luminanza è distribuita nei reticoli con un profilo sinusoidale.  
Questi stimoli sono descritti come reticoli di  $n$  cicli per grado.

11

## Descrizione degli stimoli: frequenza e fase



12

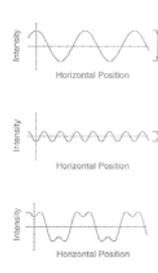
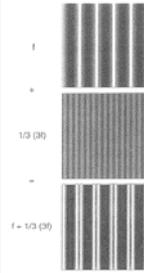
## Descrizione degli stimoli: orientamento

Orientamento di 0°  
Verticale

Orientamento di 50°  
Rotazione antioraria  
dall'asse verticale

13

## Il reticolo come stimolo ideale?



I reticoli possono essere analizzati con le serie di Fourier.

Anche in stimoli molto complessi si possono individuare le componenti sinusoidi.

14

## Il reticolo come stimolo ideale?



Stimolo originale



Informazioni in bassa frequenza



Informazioni in alta frequenza

Qualsiasi stimolo visivo bidimensionale può essere ridotto a combinazioni di sinusoidi.

15

## Il sistema visivo è lineare

- Il sistema visivo elabora le immagini complesse secondo l'analisi di frequenza, riducendole alle componenti elementari.
- Se si conosce la risposta del sistema visivo a stimoli molto semplici (come le sinusoidi) è possibile prevedere come verrà elaborato uno stimolo più complesso.
- Ciò è vero solo se il sistema a cui si fa riferimento è *lineare*, ovvero se la risposta ad uno stimolo complesso è uguale alla somma delle risposte agli stimoli semplici che lo compongono.

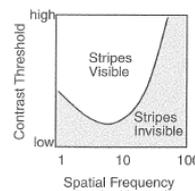
16

## La sensibilità al contrasto

- E' possibile ottenere una *funzione di trasferimento*, che descrive come uno stimolo sinusoidale di una data frequenza viene elaborato dal sistema.
- Questa funzione è conosciuta come la *curva di sensibilità al contrasto*, in funzione della frequenza spaziale degli stimoli.
- La capacità di rilevare la presenza di contrasto cambia in funzione della frequenza spaziale degli stimoli usati.
- Maggiore è la frequenza spaziale dei reticoli, e più alto sarà il contrasto minimo percepito.

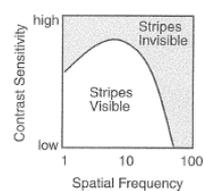
17

## Soglia e sensibilità al contrasto



A. THRESHOLD

Contrasto minimo al quale si rileva la presenza di un reticolo rispetto allo sfondo.

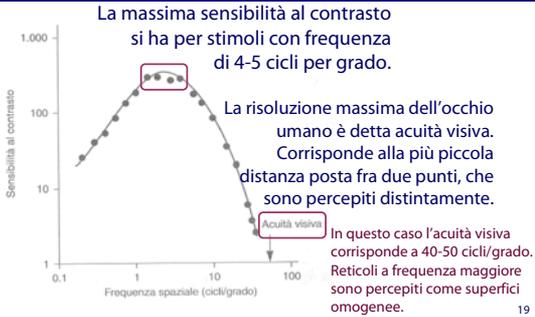


B. SENSITIVITY

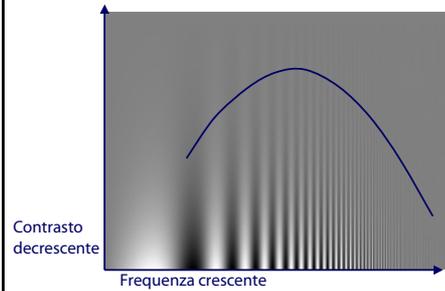
Il reciproco della soglia al contrasto è la *sensibilità al contrasto*.

18

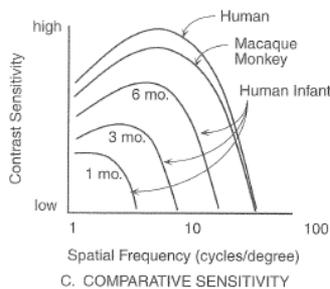
## La curva di sensibilità al contrasto



## Qual è la vostra curva di sensibilità al contrasto?



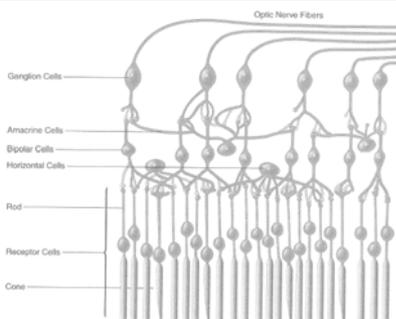
## Sensibilità a confronto



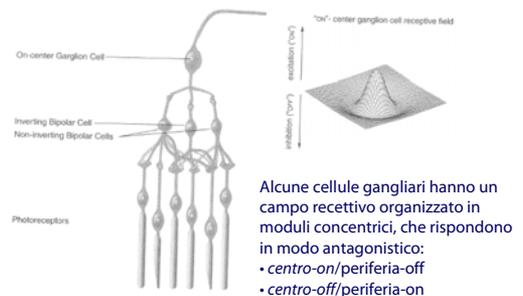
## Le basi nervose della visione del contrasto

1. Cellule *centro-on* e *centro-off*, permettono il rilevamento precoce delle *disomogeneità* nel campo visivo.
  2. Esistono dei canali di sensibilità al contrasto, che rilevano il contrasto intorno a frequenze preferenziali.
- 22

## 1. Le cellule gangliari nella retina



## Cellule gangliari *centro-on*



## Cellule gangliari *centro-on*

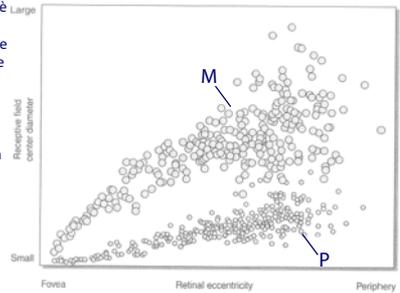


25

## Variabilità nelle dimensioni del campo recettivo delle cellule gangliari

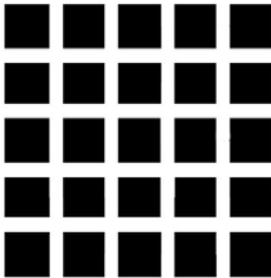
Più una cellula è lontana dalla fovea, maggiore è la dimensione del suo campo recettivo.

Esiste però una certa variabilità anche fra i campi recettivi di cellule che si trovano nella stessa zona retinica.



26

## Una dimostrazione: la griglia di Hermann

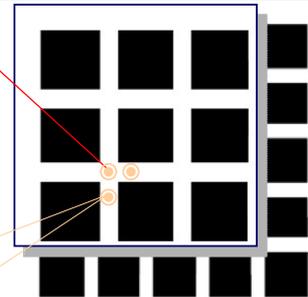


27

## Una possibile spiegazione

fissazione

In assenza di contrasto, queste cellule gangliari *centro-on* (vicine alla fovea e con un campo recettivo molto piccolo) daranno risposte scarse. La stimolazione è omogenea fra centro e periferia.

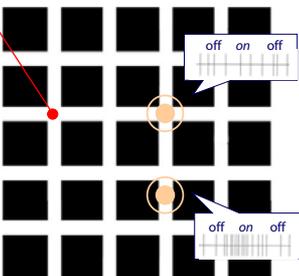


28

## Una possibile spiegazione

fissazione

Le cellule più lontane dalla fovea avranno un campo recettivo più grande. Fra queste, solo quelle con il centro-on coincidente con lo spazio fra i lati dei quadrati risponderanno in modo marcato. Di conseguenza, questi spazi verranno percepiti come *più chiari*.



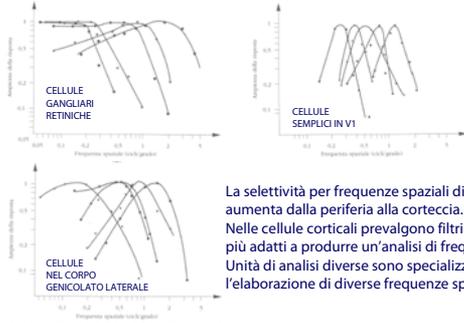
29

## 2. I canali di sensibilità al contrasto

- Le funzioni di sensibilità al contrasto delle cellule gangliari retiniche e di quelle nel corpo genicolato laterale presentano un *picco* di massima sensibilità al livello di specifiche frequenze spaziali.
- Cellule diverse sono massimamente sensibili a intervalli di frequenza diversi.
- Nel sistema visivo si possono osservare dei *canali* di elaborazione formati da singole unità sensibili a proprietà simili dell'immagine (lo stesso intervallo di frequenze spaziali).

30

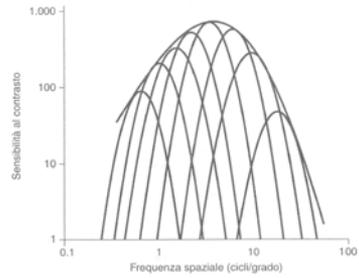
## Sensibilità al contrasto nella retina, nel CGL e nella corteccia visiva



La selettività per frequenze spaziali diverse aumenta dalla periferia alla corteccia. Nelle cellule corticali prevalgono filtri stretti, più adatti a produrre un'analisi di frequenza. Unità di analisi diverse sono specializzate per l'elaborazione di diverse frequenze spaziali.

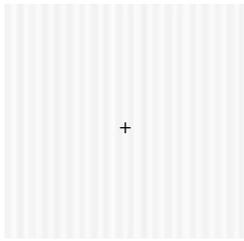
31

## L'origine della curva di sensibilità al contrasto



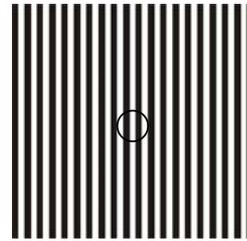
32

## Indipendenza dei canali (test)



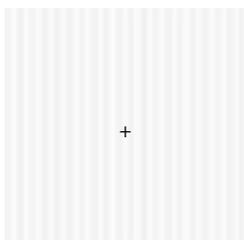
33

## Indipendenza dei canali (i)



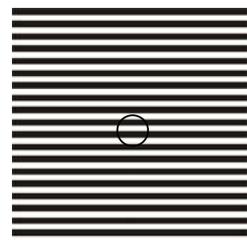
34

## Indipendenza dei canali (i)



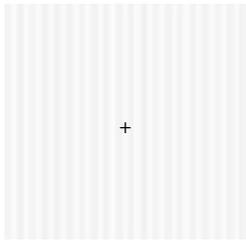
35

## Indipendenza dei canali (ii)



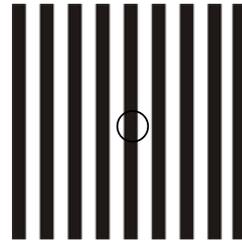
36

### Indipendenza dei canali (ii)



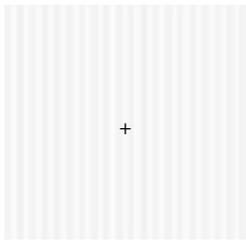
37

### Indipendenza dei canali (iii)



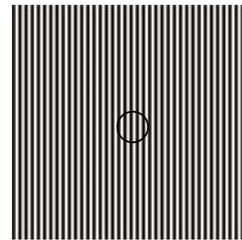
38

### Indipendenza dei canali (iii)



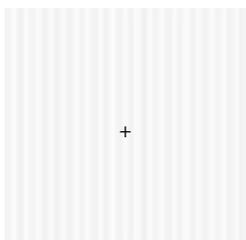
39

### Indipendenza dei canali (iv)



40

### Indipendenza dei canali (iv)



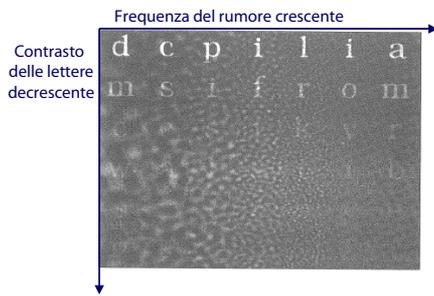
41

### L'adattamento

- L'osservazione prolungata di una stessa immagine determina una riduzione dell'attività ad essa collegata.
- La stimolazione prolungata di un canale per la frequenza spaziale ne riduce l'attività. Per questo motivo un contrasto minore di uguale frequenza non viene percepito immediatamente dopo l'adattamento.

42

## Il mascheramento



43

## Il mascheramento

- L'esposizione simultanea di informazioni con la stessa frequenza spaziale può impedire una normale percezione degli stimoli presentati.
- Stimoli come le lettere alfabetiche possono essere mascherate da un rumore dalla frequenza spaziale di circa 3 cicli/lettera.
- Anche la percezione di stimoli di forma più complessa, come le lettere, sono mediate dalla semplice detezione del contrasto...

44