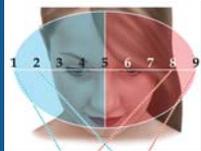


# 3

## La visione spaziale



# 3

## Visual Acuity: Oh Say, Can You See?

Il Re disse “Non ho spedito nessuno dei due Messaggeri. Sono entrambi andati in città. Dai una occhiata lungo la strada e dimmi se puoi vedere l'uno o l'altro”

“Non vedo nessuno lungo la strada” disse Alice.

“Vorrei propri avere occhi come i tuoi” osservò il Re in tono stizzito

“Per esser capace di vedere Nessuno e da questa distanza poi!”

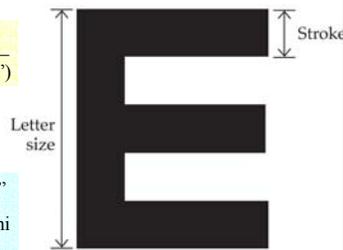
—Lewis Carroll, *Through the Looking Glass*

# 3

## Visual Acuity: Oh Say, Can You See? (cont'd)

- Herman Snellen inventò il metodo per misurare l'acuità visiva nel 1862

(distanza critica del paziente)  
(distanza critica del “normale”)

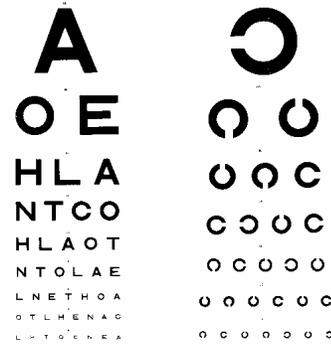


20/20 considerato “normale”  
In pratica l'acuità dei giovani adulti e' 15/20

# 3

## Snellen

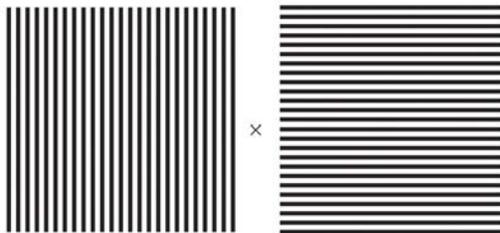
## C di Landoldt



# 3

## Visual Acuity: Oh Say, Can You See? (cont'd)

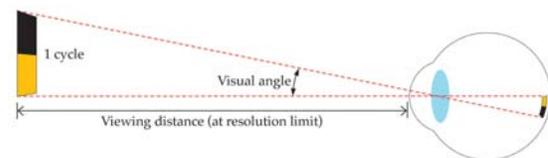
- **Acuità:** Il più piccolo dettaglio spaziale che può essere percepito



# 3

## Visual Acuity: Oh Say, Can You See? (cont'd)

- Misurare l'acuità visiva:
  - L'acuità di un reticolo è il più piccolo angolo visivo angolo risolubile



3 Sine Wave Gratings

Il sistema visivo campiona il reticolo in maniera discreta

(a) Cones

(b)

SENSATION AND PERCEPTION, Figure 5.3 © 2010

3 Visual Acuity: Oh Say, Can You See? (cont'd)

- **Frequenza Spaziale:** Il numero di cicli di un reticolo per unità di angolo visivo (usualmente misurato in gradi)

3 Reticoli sinusoidali

$$c = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}} = \frac{a}{L_0}$$

Luminanza

Spazio

$L_{\max}$

$L_{\min}$

$a$

$L_0$

$\lambda$

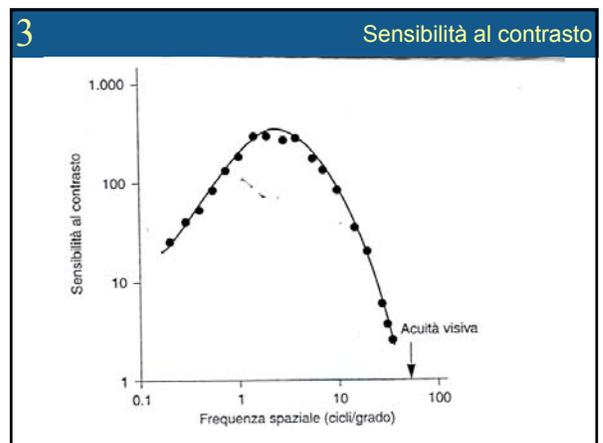
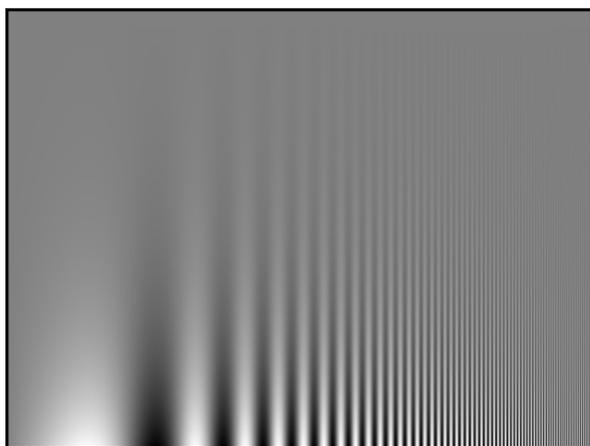
$SF=1/\lambda$

3 Esempi di reticoli sinusoidali

Frequenza spaziale

Bassa Media Alta

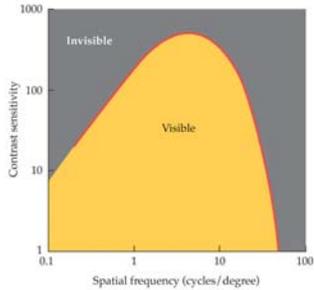
(a) (b) (c)



3

Visual Acuity: Oh Say, Can You See? (cont'd)

- **Cicli per gradi:** Il numero di modulazioni da chiaro a scuro per ogni grado di angolo visivo



3

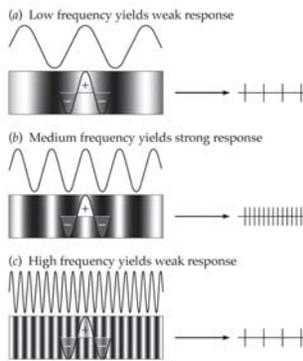
Visual Acuity: Oh Say, Can You See? (cont'd)

- Perché usare reticoli sinusoidali?
  - Patterns di strisce con "strani" bordi sono abbastanza comuni
  - Il bordo di un oggetto produce una singola striscia (spesso sfumata da un'ombra) come immagine retinica
  - Il sistema visivo sembra smembrare le immagini in un vasto numero di componenti, ognuna formata da reticoli sinusoidali di una particolare frequenza
  - Esiste un teoria matematica forte per descriverli

3

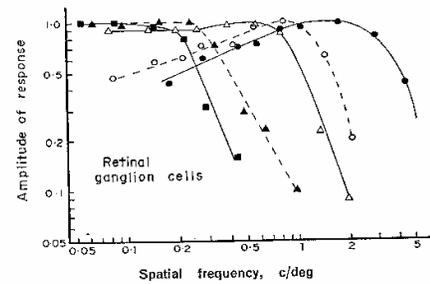
Retinal Ganglion Cells and Stripes

- Cellule retiniche: marcatori di luce



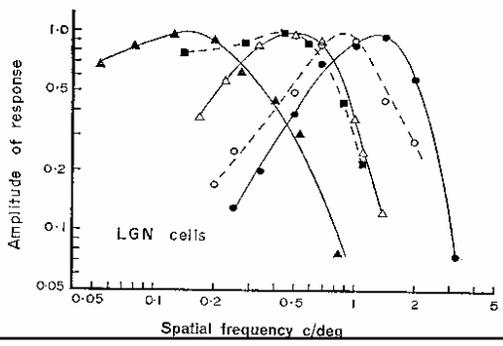
3

Selettività alle frequenze spaziali



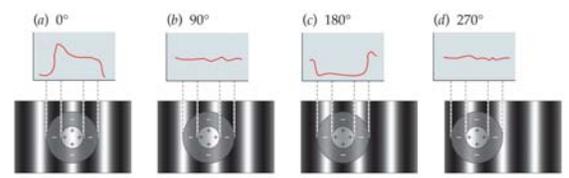
3

Selettività alle frequenze spaziali



3

Response of ON-center Retinal Ganglion Cell



3

## The Lateral Geniculate Nucleus

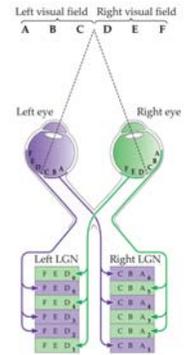
- Due nuclei genicolati laterali (LGNs): Gli assoni delle cellule gangliari retiniche fanno sinapsi con queste strutture



3

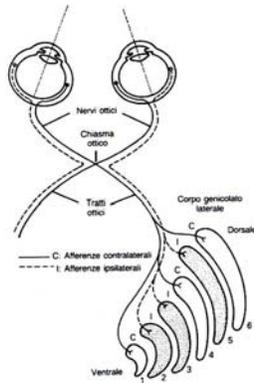
## The Lateral Geniculate Nucleus (cont'd)

- Essistono due tipi di layers nel Nucleo Genicolato Laterale: Magnocellulare vs. Parvocellulare



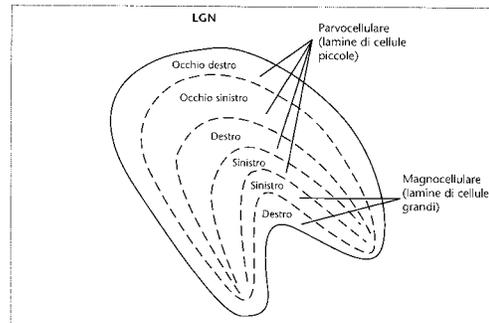
3

## Gli strati del genicolato laterale



3

## Cellule magno e parvo



3

## Le vie magno e parvo

- La retina:
  - Classe M (cellule A o P $\alpha$ ) 10%
  - Classe P (cellule B o P $\beta$ ) 90%
- Cellule ganglionari M  $\Rightarrow$  strati magnocellulari del'LGN
- Cellule ganglionari P  $\Rightarrow$  strati parvocellulari del'LGN

3

## Le vie magno e parvo

- Le cellule P:
  - sono selettive per le lunghezze d'onda
  - sono selettive per le alte frequenze spaziali (dettagli)
  - hanno una risposta lenta e sostenuta (*tonica*),
- Le cellule M:
  - **non** sono selettive per le lunghezze d'onda
  - sono selettive per le basse frequenze spaziali
  - hanno una risposta transiente (*fasica*)
  - Hanno una maggiore velocità di conduzione.
- Per ogni eccentricità, il campo dendritico delle cellule M è tre volte più largo di quello delle cellule P.

3

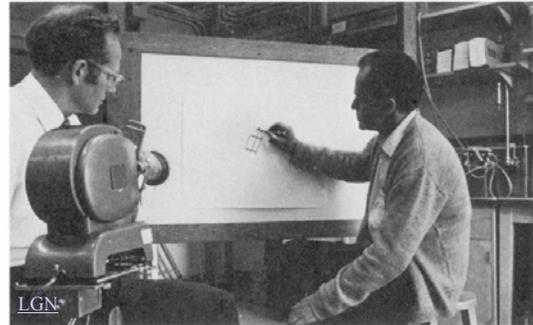
Nucleo genicolato laterale

La disposizione topografica dei campi recettivi delle cellule gangliari è riprodotta nell'LGN

Ogni strato possiede una completa mappa della emiretina.

3

David Hubel and Torsten Wiesel



3

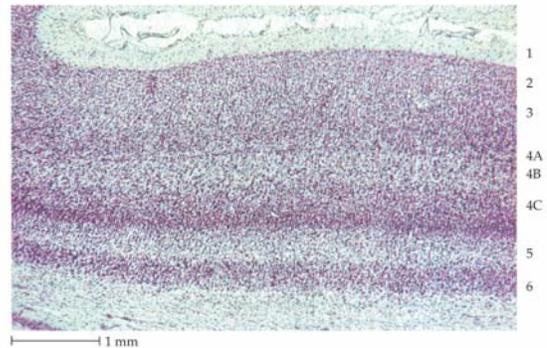
Striate Cortex

•Corteccia Striata

- Anche conosciuta come corteccia visiva primaria o V1
- Le maggiori trasformazioni dell'informazioni visiva hanno luogo nella corteccia striata
- Contiene circa 200 MILIONI di cellule!!!

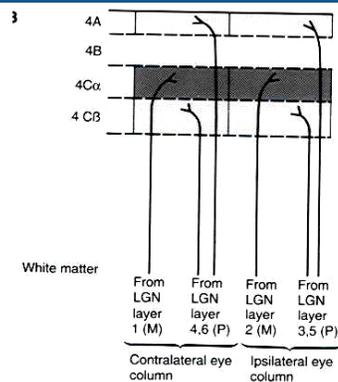
3

Striate Cortex



3

L'input alla corteccia

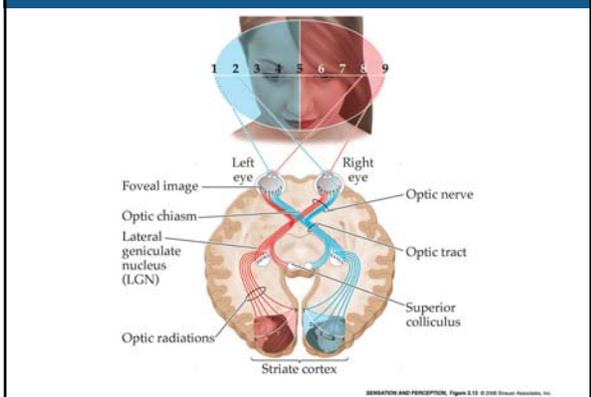


3

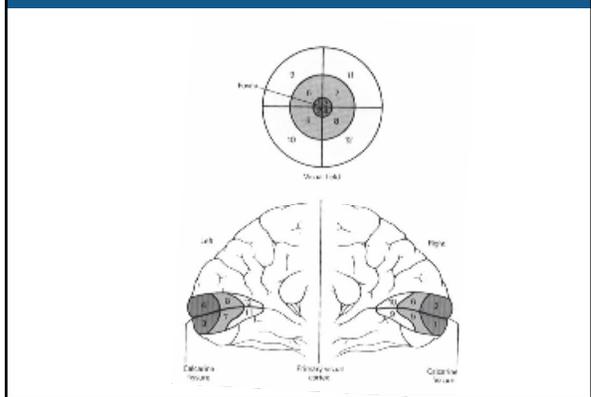
Striate Cortex (cont'd)

- Due importanti caratteristiche della corteccia striata:
  - Mappatura topografica
  - Scaling of information da molteplici parti del campo visivo

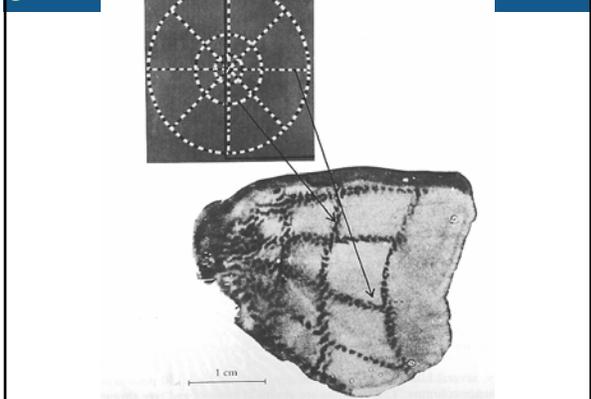
3 Mapping of Objects in Space onto the Striate Cortex



3 La topografia del area visiva primario (V1)



3



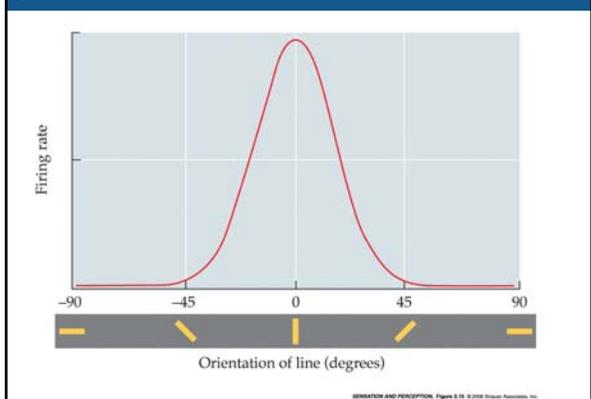
3 Striate Cortex (cont'd)

- L'acuità visiva decresce in maniera sistematica con il grado di eccentricità

3 Receptive Fields in Striate Cortex

- Risposta selettiva all'orientamento: Tendenza dei neuroni nella corteccia striata a rispondere in maniera ottimale a certi orientamenti e con meno vigore ad altri

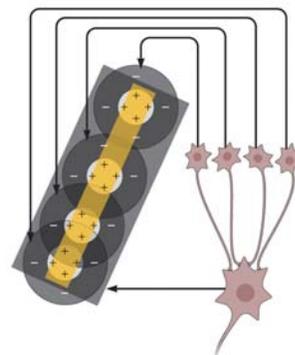
3 Orientation Tuning Function of a Cortical Cell



### 3 Receptive Fields in Striate Cortex (cont'd)

- Come possono i campi recettivi circolari del Nucleo Genicolato Laterale trasformarsi nei campi recettivi allungati della corteccia striata?
  - Hubel e Wiesel proposero una spiegazione a questa domanda davvero molto semplice

### 3 Receptive Fields in Striate Cortex (cont'd)



### 3 Receptive Fields in Striate Cortex (cont'd)

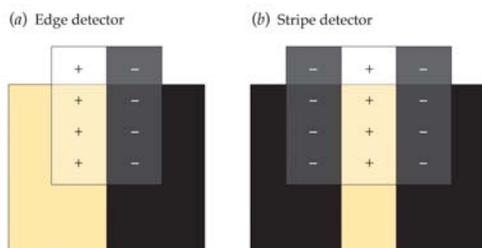
- Molte cellule corticali rispondo preferentemente a:
  - Linee in movimento
  - Barre
  - Contorni
  - Reticoli
  - Direzioni

### 3 Receptive Fields in Striate Cortex (cont'd)

- Ogni cellula in LGN risponde o ad un occhio o all'altro ma mai ad entrambi,  
*COMUNQUE*
- Ogni cellula della corteccia striata può rispondere sia ad inputs da un occhio che a quelli dell'altro occhio

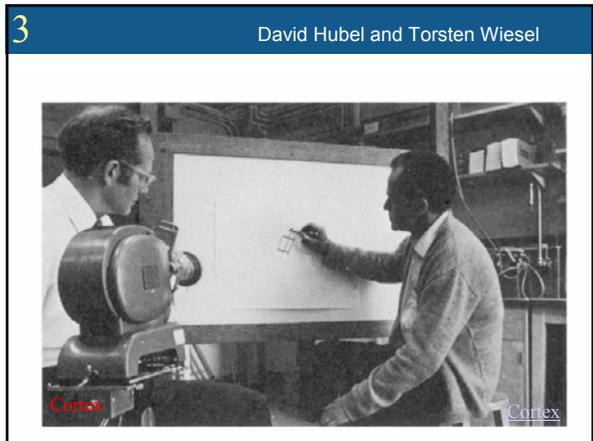
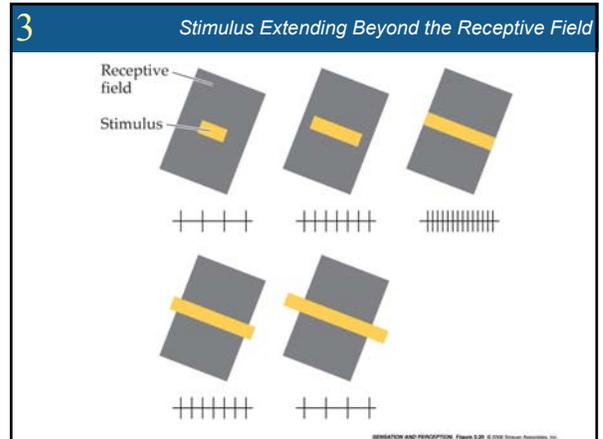
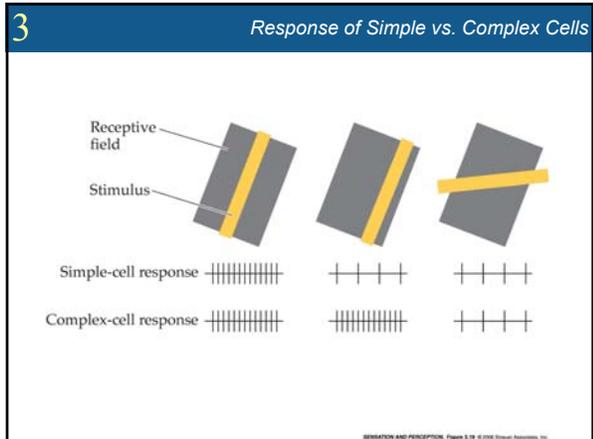
### 3 Receptive Fields in Striate Cortex (cont'd)

- Cellule semplici vs. cellule complesse

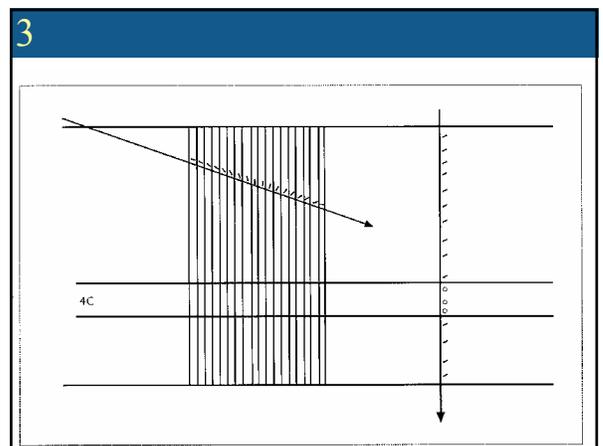
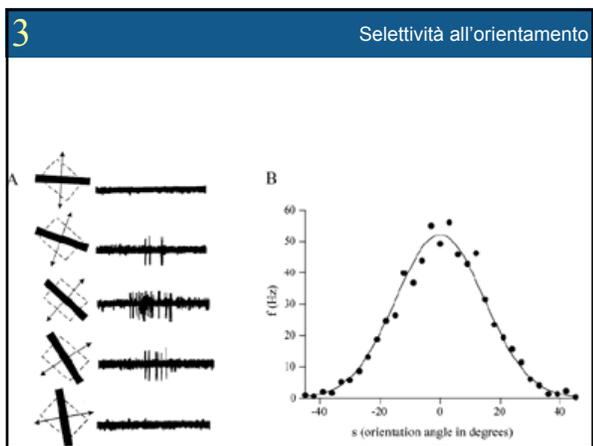


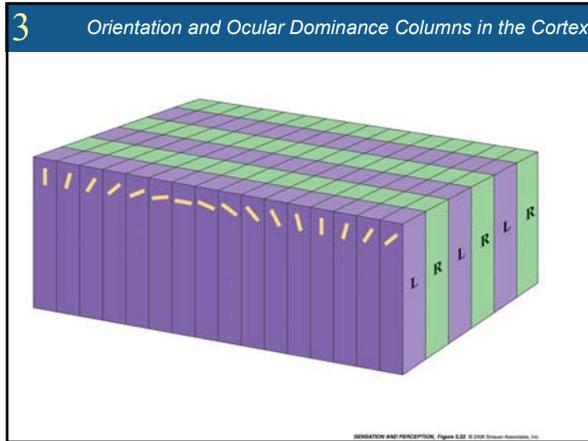
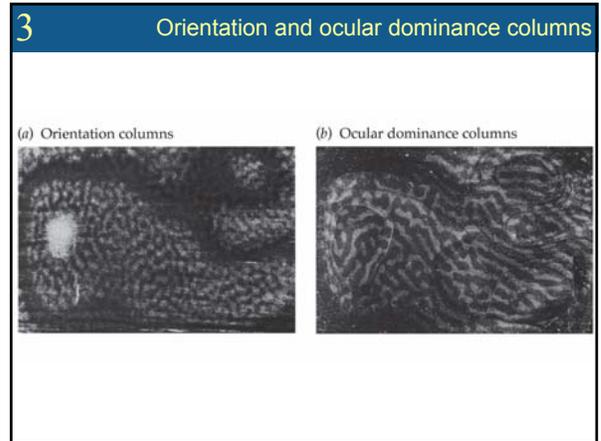
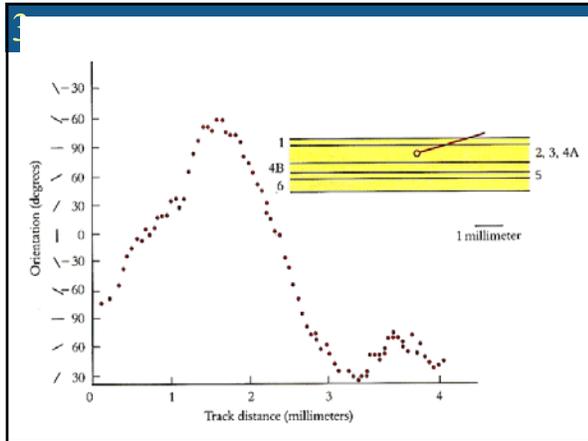
### 3 Receptive Fields in Striate Cortex (cont'd)

- Cellule con margini di arresto: Queste cellule della corteccia striata aumentano il proprio ritmo di scarica se uno stimolo barra è ingrandito fino a coprire completamente il loro campo recettivo ma diminuiscono la loro attività se lo stimolo diviene ancora più grande



- 3 Columns and Hypercolumns
- **Colonna:** Un arrangiamento verticale di neuroni
    - Hubel and Wiesel: Trovarono un sistematico progressivo cambiamento nell'orientamento preferito; tutti gli orientamenti erano compresi in una distanza di circa 0.5 mm
  - **Ipercolonna:** Un blocco di 1-mm di corteccia striata che contiene "tutti i meccanismi necessari per le analisi che la corteccia striata viene chiamata ad eseguire, in una determinata e minuscola parte del campo visivo" (Hubel, 1982)



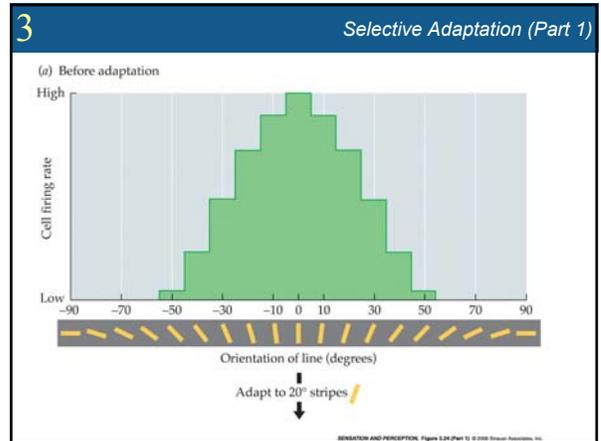


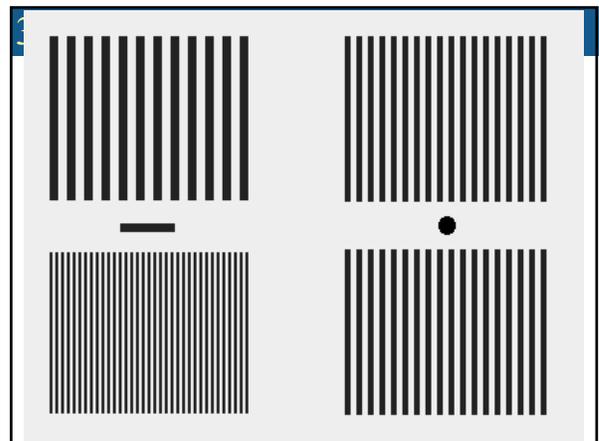
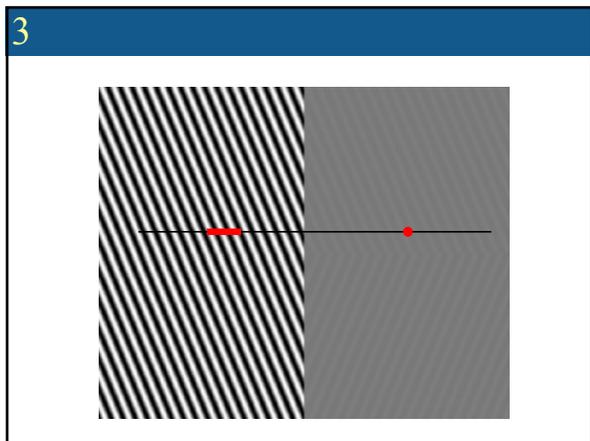
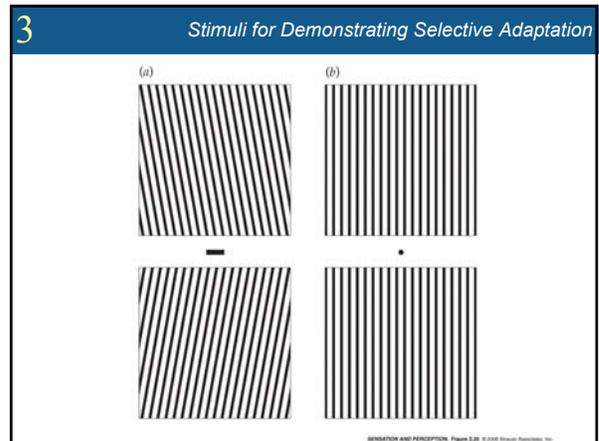
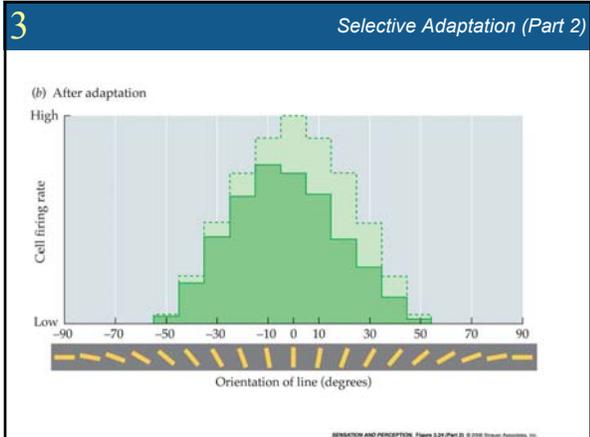
3 Columns and Hypercolumns (cont'd)

- Arrangiamento regolare di "CO blobs" in colonne (scoperto utilizzando il cytochrome oxidase come enzima colorante)

3 Selective Adaptation: The Psychologist's Electrode

- Processo di adattamento: La diminuzione della risposta di un organo di senso ad una stimolazione continuata

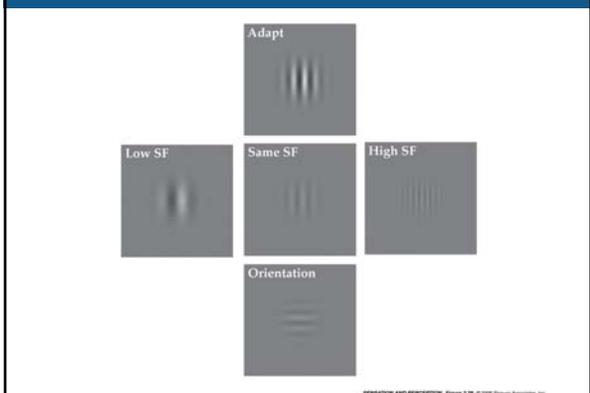




- 3 Selective Adaptation: The Psychologist's Electrode (cont'd)
- **Post-immagine di orientamento (Tilt aftereffect):** Illusione percettiva riguardante l'orientamento di uno stimolo che scaturisce dall'essersi adattati precedentemente ad un certo orientamento
    - Tale illusione supporta l'idea che il sistema visivo umano comprende singoli neuroni selettivi per orientamenti diversi

- 3 Selective Adaptation: The Psychologist's Electrode (cont'd)
- **Adattamento selettivo:** E' un indizio a favore del fatto che il sistema visivo umano contenga neuroni selettivi per la frequenza spaziale

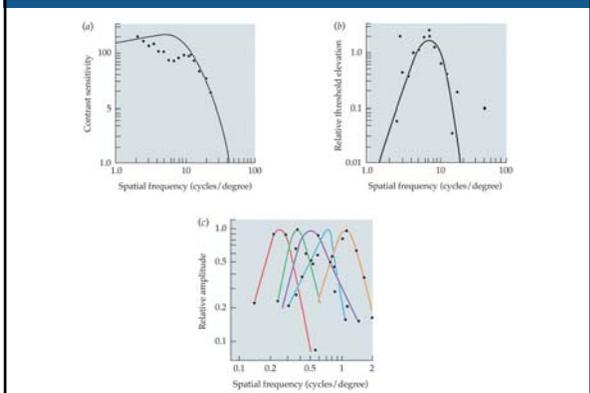
### 3 Adaptation that Is Specific to Spatial Frequency



### 3 Selective Adaptation: The Psychologist's Electrode (cont'd)

- Gli esperimenti sull'adattamento producono prove molto robuste che l'orientamento e la frequenza spaziale sono codificati dai neuroni in qualche posto del sistema percettivo umano
  - Gatti e scimmie: Corteccia striata, non nella retina o nel Nucleo Genicolato Laterale
  - La percezione degli umani risulta essere simile a quella di gatti e scimmie per quanto riguarda l'adattamento selettivo

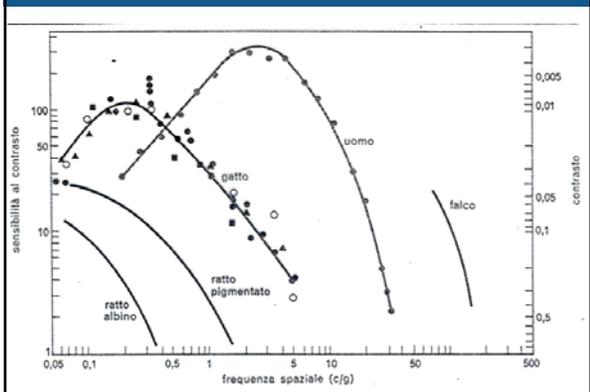
### 3 Selective Adaptation: The Psychologist's Electrode (cont'd)



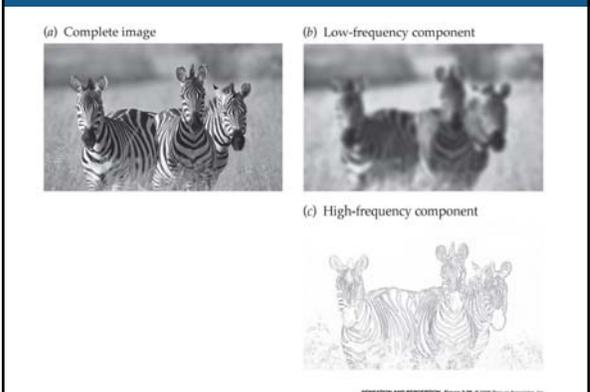
### 3 Selective Adaptation: The Psychologist's Electrode (cont'd)

- Canali distinti per frequenze spaziali distinte
- Perché il sistema visivo dovrebbe usare filtri basati sulle frequenze spaziali per analizzare le immagini?
  - Frequenze spaziali diverse enfatizzano tipi diversi di informazione

### 3 La sensibilità a contrasto varia da animale a animale

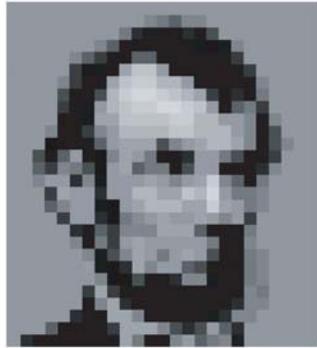


### 3 Frequency Components of an Image

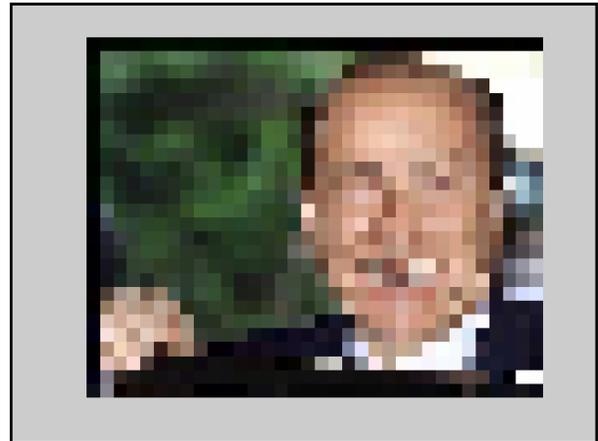


3

High-Spatial-Frequency Mask



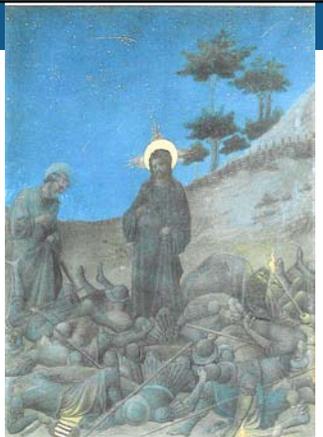
SENSATION AND PERCEPTION, Figure 1.18. © 2010 Sinauer Associates, Inc.



3

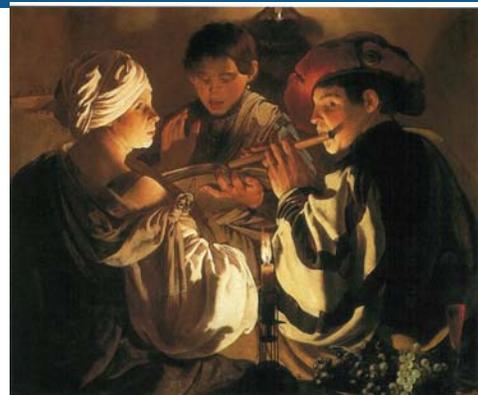
Fratelli Limbourg 1420

L'uso del contrasto nella pittura



3

Hendrick Ter Brugghen 1626



3

Gerard van Honthorst 1625



3

The Girl Who Almost Couldn't See Stripes

- La storia di Jane: esperienze percettive anomale nelle prime fasi della vita possono produrre conseguenze permanenti
- Una deprivazione monoculare può provocare drammatici cambiamenti nella fisiologia delle aree corticali, il che può alterare o far perdere del tutto la visione spaziale
- Lo strabismo può condurre a seri problemi ma una tempestiva diagnosi ed un tempestivo intervento possono prevenire future complicazioni