

## Le immagini sensoriali: percezione e rappresentazione mentale

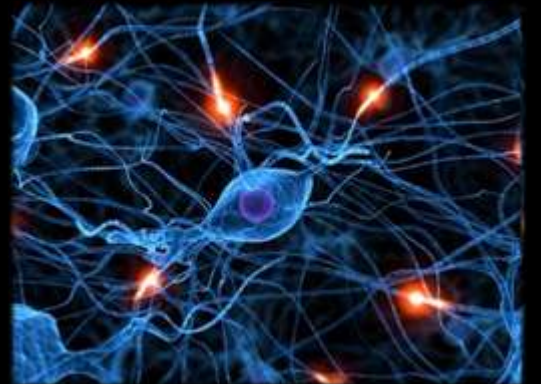
**Emiliano Ricciardi**

Laboratorio di Biochimica Clinica e Biologia Molecolare Clinica

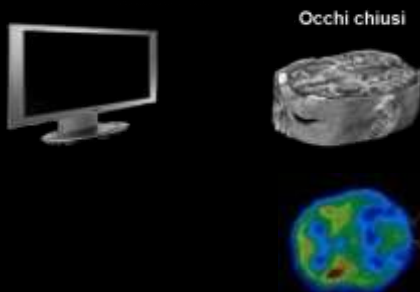
Università di Pisa

emiliano.ricciardi@bioclinica.unipi.it

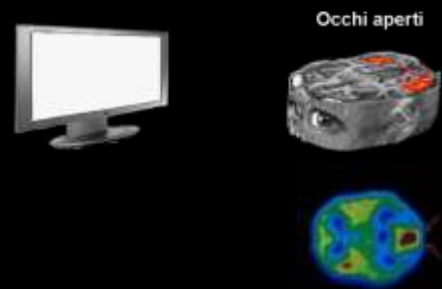
## Esplorazione funzionale in vivo del cervello



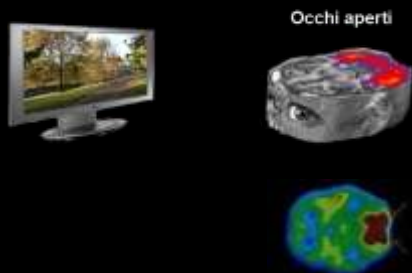
## Flusso ematico e consumo energetico nel cervello in relazione all'attività cerebrale



## Flusso ematico e consumo energetico nel cervello in relazione all'attività cerebrale



## Flusso ematico e consumo energetico nel cervello in relazione all'attività cerebrale

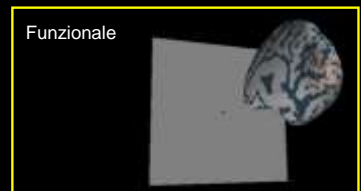


## La risonanza magnetica nucleare

Strutturale



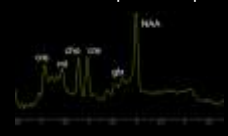
Funzionale



Diffusione



Spettroscopia



## Esplorazione funzionale in vivo del cervello



## Psicodiagnostica delle abilità cognitive

- Gli esseri umani, come la maggior parte delle creature diurne, dipendono dal senso della vista
- Le informazioni visive dominano le nostre percezioni e strutturano il nostro pensiero (e.s. influsso sul linguaggio "Vedo" come capisco; "Le tue idee sono poco chiare" come descrizione di stati cognitivi)
- Grande quantità di tessuto anatomico coinvolto nella percezione visiva (è proprio vero?)
- Telerilevamento o percezione extracettiva
- Elaborazione in parallelo e analitica

## L'inganno delle immagini...



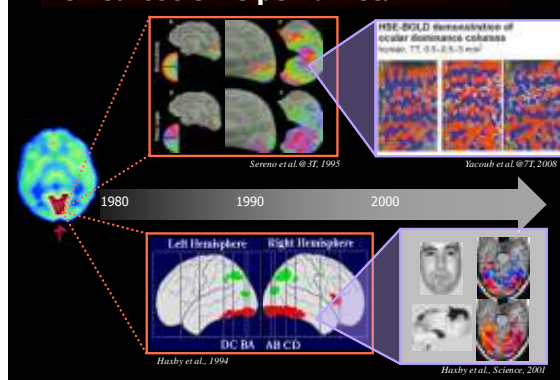
## La forza della vista!

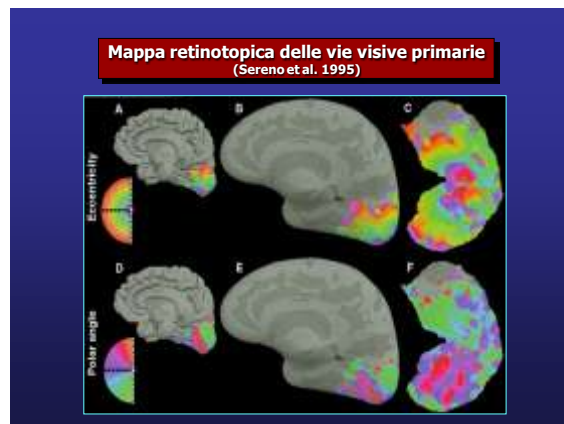
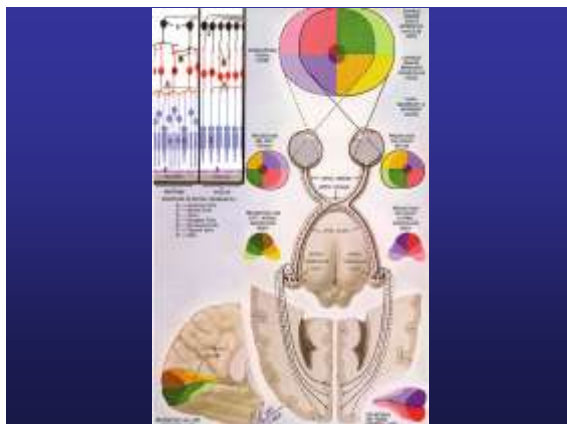


## Il dominio delle immagini...anche nella tecnologia!

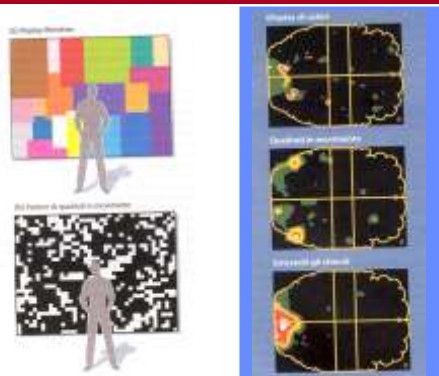


## Le neuroscienze per la vista

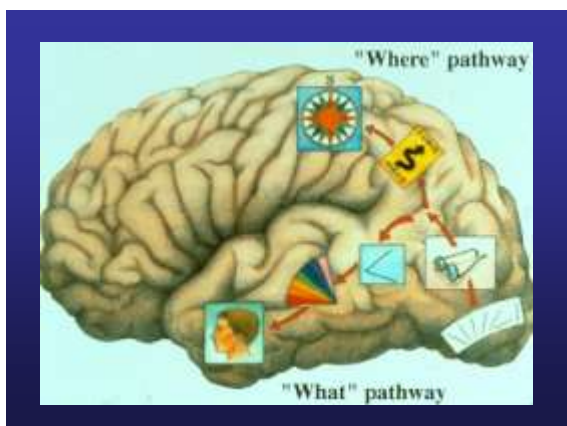
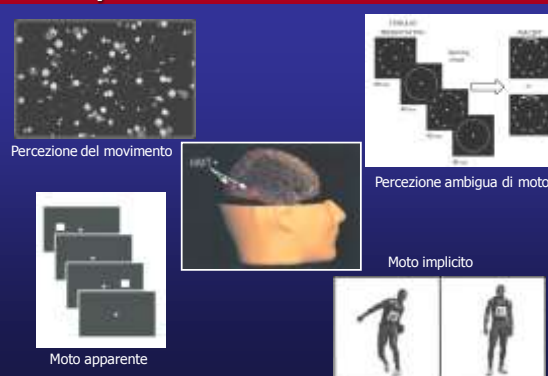




### Il riconoscimento dei colori



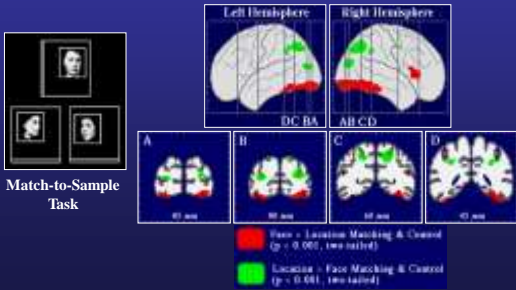
### La percezione del movimento - MT



### Caratterizzazione dei sistemi corticali visivi

- "what" e "where" di Ungerleider e Mishkin: discriminazione e riconoscimento di oggetti (via ventrale occipito-temporale inferiore) vs localizzazione spaziale (via dorsale parieto-occipitale)
- "what" e "how" di Milner e Goodale: riconoscimento dell'oggetto (via ventrale occipito-temporale inferiore) vs trasformazione delle caratteristiche percettive dell'oggetto in coordinate egocentriche finalizzata all'azione (via dorsale parieto-occipitale)
- "semantico" e "pragmatico" di Jeannerod: distinzione funzionale senza particolari caratterizzazioni anatomiche

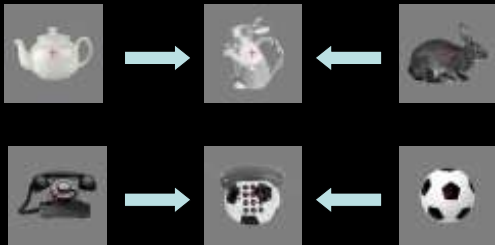
### Studi PET-rCBF sulla percezione degli oggetti e localizzazione spaziale



### L'inganno delle immagini...



### Forma o funzione?

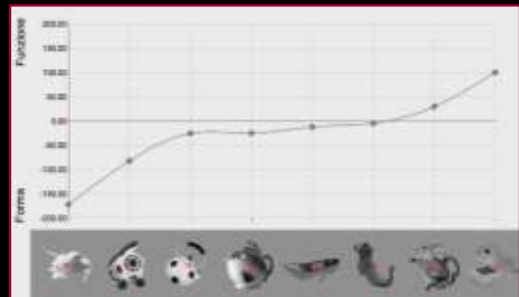


Funzione

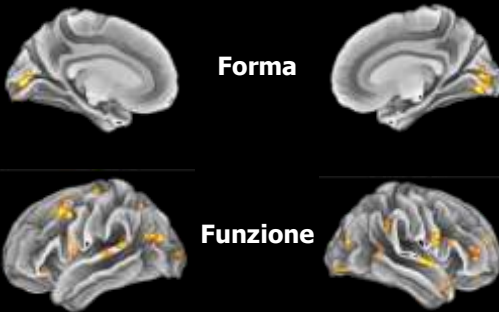
??

Forma

### Forma o funzione?



### Forma o funzione?



### La salienza di alcune immagini...

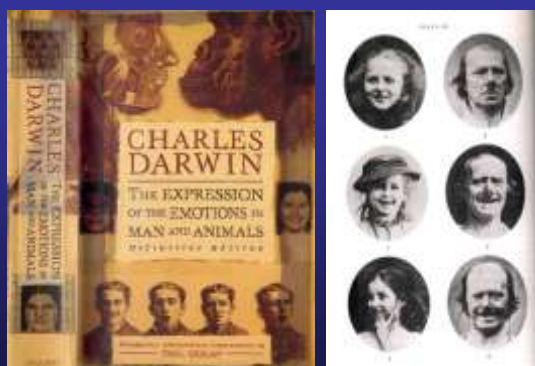






## Il riconoscimento visivo di volti

- Sono i volti speciali?
  - sviluppo
  - effetti cognitivi
  - espressioni
  - neuropsicologia
  - neurofisiologia
  - effetti sociali



## Percezione dei volti



## Percezione dei volti – Rappresentazione invariante dell'identità



## Percezione dei volti – Rappresentazione invariante dell'identità



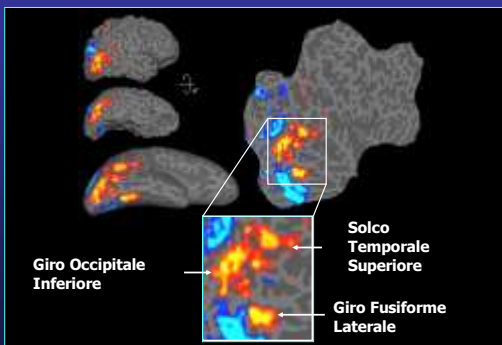
### Rappresentazione invariante dell'identità indipendentemente dall'età



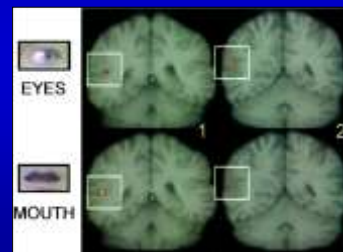
### Il riconoscimento visivo di volti

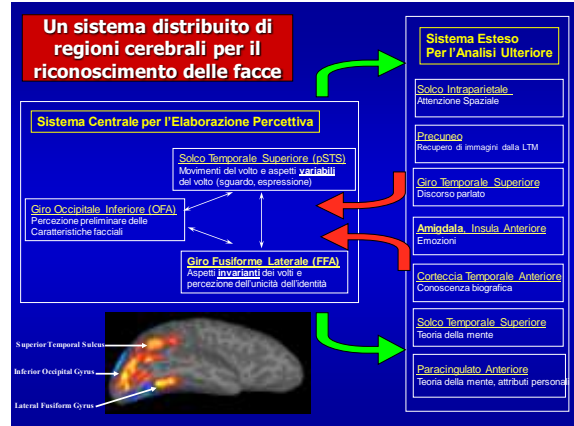
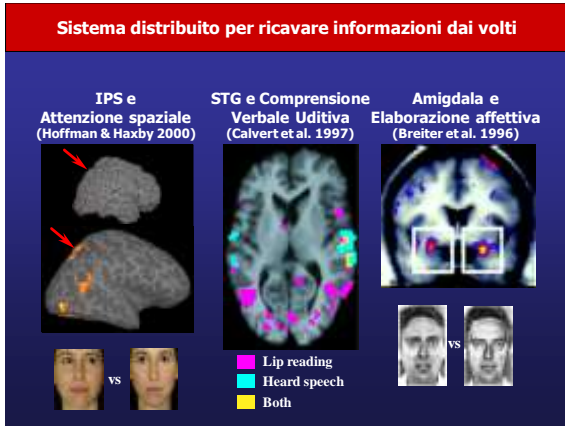
- La percezione di volti è forse l'abilità percettiva visiva più evoluta: ha un ruolo fondamentale nelle interazioni sociali
- La percezione di facce attiva diverse regioni della corteccia visiva extrastriata così come altre regioni della corteccia non visiva
- Diverse componenti del sistema percettivo delle facce mediano aspetti relativamente indipendenti della percezione
- È necessario distinguere il riconoscimento (capacità di processare l'informazione visiva di una faccia), dall'identificazione (riconoscimento di una singola faccia) e dalla detezione (capacità di individuare il pattern di una faccia indipendentemente dall'identità) dei volti
- Riconoscimento olistico

### Regioni selettive per il riconoscimento di facce



I movimenti degli occhi e della bocca attiva il solco temporale superiore (Puce et al. 1998)





### Che cosa è l'imagery?

- Immaginate che state camminando lungo una spiaggia al tramonto. Sull'orizzonte, uno splendido sole arancione sta baciando il confine lontano dell'oceano e il cielo, striato di nubi, esplose in una tavolozza di rossi, viola e blu...



### Che cosa è l'imagery?

- Non solo recupero di immagini mentali visive di tipo qualitativo?
- Ma anche localizzazioni spaziali...Dove si trovano rispetto a Pavia: Trento? Bologna? Genova?
- Non solo visive... Immaginate il sapore e l'odore della colazione di questa mattina
- Non solo aspetti percettivi ma collegamento con altre abilità cognitive e soprattutto la memoria a breve e a lungo termine...

$$\begin{array}{r} 27 \times \\ \underline{3} = \\ 81 \end{array}$$

### Che cosa è l'imagery?

- L'imagery è "l'invenzione o il recupero mentale di un'esperienza che almeno in alcuni aspetti assomiglia all'esperienza della percezione reale di un oggetto o di un evento, in congiunzione con o in assenza di, una stimolazione sensoriale diretta" (Finke, 1989)

### Che cosa è l'imagery?

- ...invenzione o recupero mentale...
  - costruzione dell'immagine mentale
    - basata sulla memoria
    - combina elementi distinti
  - ispezione dell'immagine
    - uso dell'immagine costruita
  - modifica dell'immagine
    - alternative nella costruzione e uso dell'immagine

### Che cosa è l'imagery?

- ...di un'esperienza
  - abilità cognitiva
    - diverso dall'esperienza!
  - misurazione indiretta
  - sono le immagini "reali"?
  - quali modalità di creazione delle immagini mentali?
  - chi "guarda" all'immagine mentale?

### Che cosa è l'imagery?

- ...percezione visiva...
- L'imagery è strettamente legato alla modalità sensoriale
  - imagery con percezione
    - combinazione di elementi percepiti e costruiti mentalmente
  - imagery senza percezione
    - pura costruzione dalla memoria
  - percezione senza imagery
    - imagery precondizione per la percezione

### Le immagini mentali

- Costruzione delle immagini da elementi verbali o d'immagine
- Non recuperate in forma "già pronta"
  - costruzione mentale
  - modalità di memorizzazione diversa dalle modalità di elaborazione
- "Encoding" implicito
- Equivalenza
  - percettiva
  - trasformazionale
  - spaziale
  - strutturale

### Equivalenza percettiva

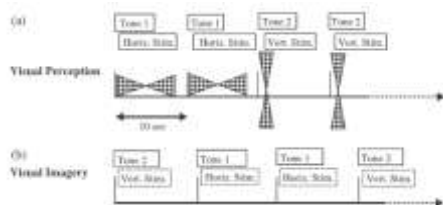
- "Quasi-perceptual experience"
- L'imagery è funzionalmente equivalente alla percezione nel senso che meccanismi neuronali simili vengono reclutati quando gli oggetti o gli eventi vengono immaginati come se gli stessi oggetti o eventi fossero realmente percepiti



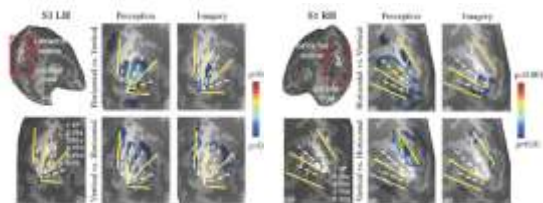
### Equivalenza percettiva

- Studi comportamentali
- Indicazioni dagli studi di lesione clinica
- Il contributo dell'esplorazione funzionale in vivo del cervello
- Gli studi di lesione "funzionale" con TMS

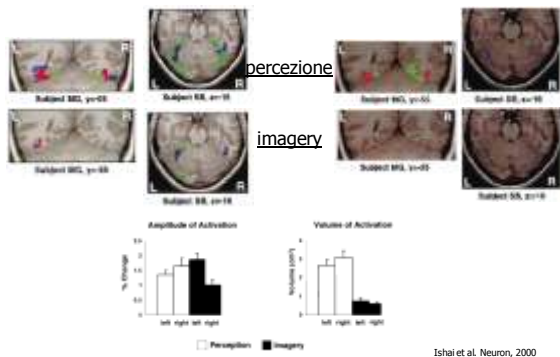
### Equivalenza percettiva: organizzazione retinotopica



### Equivalenza percettiva: organizzazione retinotopica

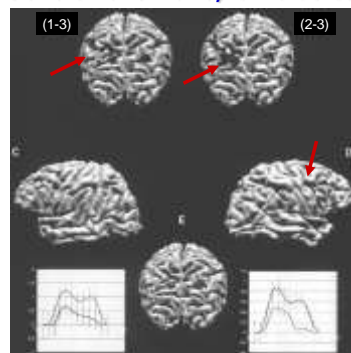


### Imagery visivo: organizzazione funzionale delle due vie di elaborazione visiva, la via ventrale



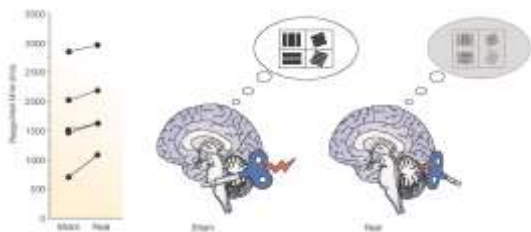
### Imagery visivo: organizzazione funzionale delle due vie di elaborazione visiva, la via dorsale

- Compito di imagery spaziale - mental clock task (MCT):
1. Compito di coordinate (input uditivo, imagery di angoli)
  2. Compito categoriale (input uditivo, diverso task)
  3. Controllo fonologico (input uditivo, sillabazione)

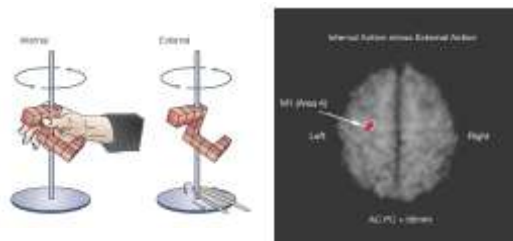


Ischal et al. Neuron, 2000

**Equivalenza percettiva:  
il ruolo della corteccia occipitale negli  
studi di lesione funzionale**



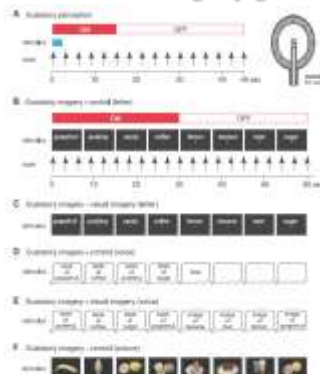
**Oltre la vista: implicazioni motorie nella  
"mental rotation"**



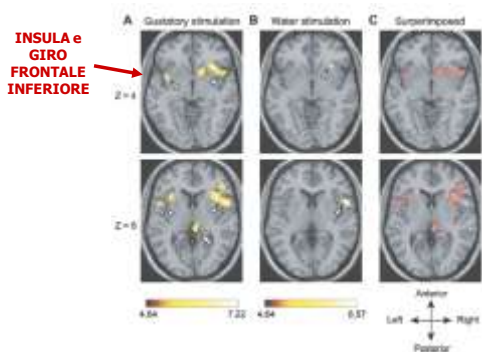
**Oltre la vista: imagery uditivo**



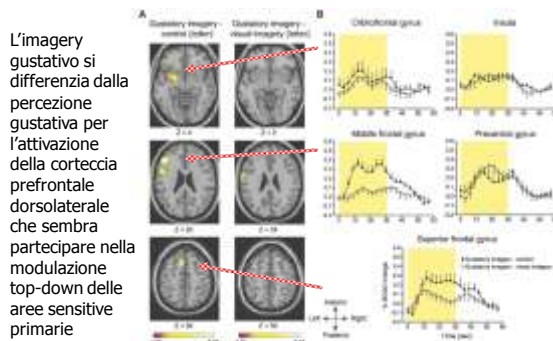
**Oltre la vista: imagery gustativo**



**Oltre la vista: imagery gustativo**

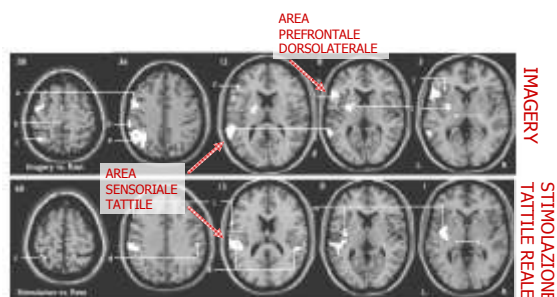


**Oltre la vista: imagery gustativo**



L'imagery gustativo si differenzia dalla percezione gustativa per l'attivazione della corteccia prefrontale dorsolaterale che sembra partecipare nella modulazione top-down delle aree sensitive primarie

## Oltre la vista: imagery tattile



## Equivalenza percettiva

- “Quasi-perceptual experience”
- L’imagery è funzionalmente equivalente alla percezione nel senso che meccanismi neuronali simili vengono reclutati quando gli oggetti o gli eventi vengono immaginati come se gli stessi oggetti o eventi fossero realmente percepiti

## Equivalenza percettiva

- “Quasi-perceptual experience”
- L’imagery è funzionalmente equivalente alla percezione nel senso che meccanismi neuronali simili vengono reclutati quando gli oggetti o gli eventi vengono immaginati come se gli stessi oggetti o eventi fossero realmente percepiti

## La plasticità cerebrale

Emiliano Ricciardi

Laboratorio di Biochimica Clinica e Biologia Molecolare Clinica

Università di Pisa

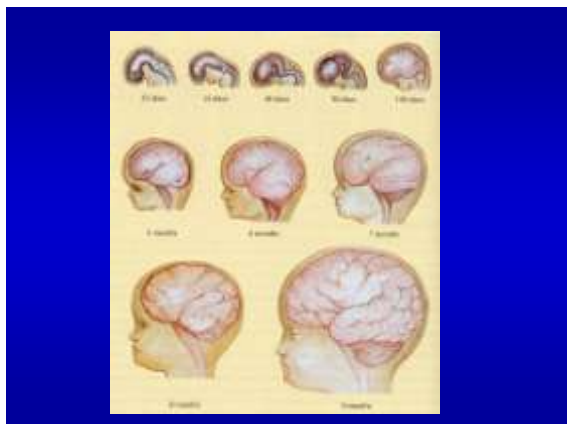
emiliano.ricciardi@bioclinica.unipi.it

## La plasticità cerebrale

- La plasticità è una proprietà intrinseca del cervello umano e rappresenta “un’invenzione dell’evoluzione” per consentire al sistema nervoso di superare le restrizioni imposte dal proprio genoma e quindi di adattarsi alle pressioni ambientali, ai cambiamenti fisiologici, e all’esperienza
- La plasticità è il meccanismo per lo sviluppo e l’apprendimento delle abilità cognitive, ma anche causa di patologia

## La plasticità cerebrale

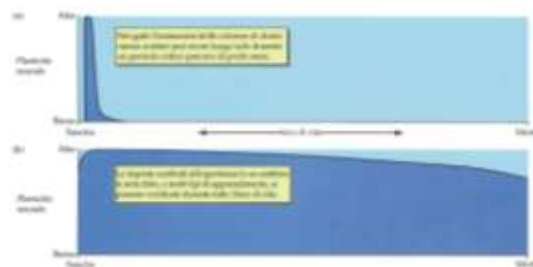
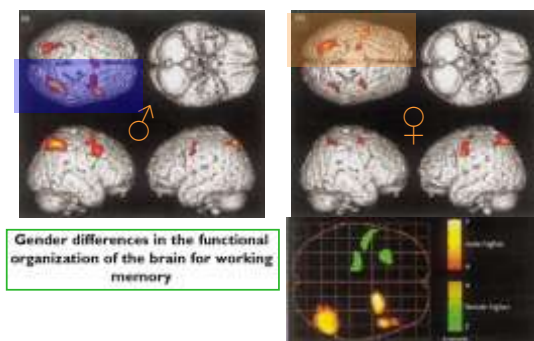
- È **la capacità dei circuiti nervosi di poter variare struttura e funzione in risposta agli stimoli** sia durante lo sviluppo che nel corso della vita adulta
- Durante il primo periodo di sviluppo del cervello, la plasticità è molto alta: si verifica una selezione di alcuni circuiti neuronali con l’eliminazione di altri
- Nel corso della vita adulta molti circuiti rimangono sostanzialmente stabili, ma le popolazioni di neuroni continuano a mantenere una loro dinamicità, riorganizzandosi sotto l’influenza del mondo esterno per rispondere a particolari esigenze motorie, sensoriali, cognitive o affettive



**Revisione dei tempi... la plasticità è rapida!**

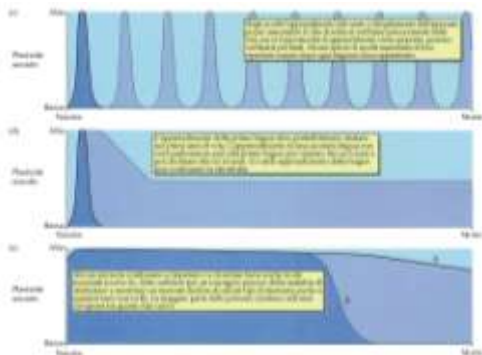
**Il ruolo degli ormoni...**

La plasticità neuronale cambia nel corso della vita, in maniera diversa a seconda del tipo di compito e della specie



La plasticità neuronale cambia nel corso della vita, in maniera diversa a seconda del tipo di compito e della specie

**La plasticità cerebrale: apprendimento**



- "...cambiamenti permanenti nel comportamento prodotti dall'esperienza"
- L'apprendimento coinvolge dei cambiamenti nel sistema nervoso prodotti dall'esperienza
- I cambiamenti nel sistema nervoso sono fisici
- L'apprendimento ci permette di adattarci all'ambiente
- L'apprendimento richiede interazioni tra il sistema sensoriale, motorio e mnesico

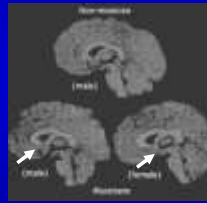


## Plasticità dello sviluppo: come avviene?

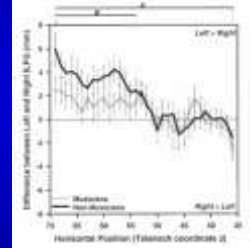
- La differenziazione anatomica del cervello è strettamente legata all'esperienza
  - La natura fornisce i processi di base, mentre l'ambiente fornisce le esperienze per selezionare le reti di connessioni più adatte, basandosi sull'uso e funzione
- Alcune connessioni vengono rafforzate e più definite grazie all'uso, mentre molte altre regrediscono o scompaiono
- La maturazione del cervello è un processo organizzato e gerarchico

## Il cervello dei musicisti...

- Cambiamenti plastici legati all'apprendimento di specifici schemi motori



Aumento delle dimensioni della commissura anteriore



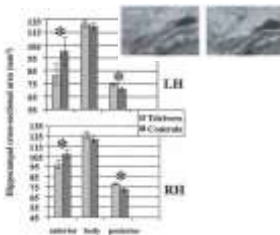
Variazione della morfologia della corteccia motoria

## Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers

Hassan A. Wagenaar, Christa van der Lely, & Vincent D. Calton. *PLoS ONE* 2012, 7(12): e44111. doi:10.1371/journal.pone.0181111



Ippocampo anteriore: > controlli



100-000 | PLoS | April 2012 | 1 of 17 | 10

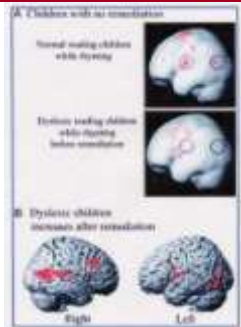
## Ippocampo posteriore e corpo: > tassisti professionisti



## La plasticità cerebrale

- **Mascheramento compensatorio** (in seguito a lesione o apprendimento, avviene un cambiamento implicito o esplicito nella strategia nell'esecuzione di un compito, che consente ad un processo cognitivo secondario, che normalmente ha un ruolo minore nell'esecuzione del compito, di assumere un ruolo primario)
- **Espansione della mappa funzionale** (in seguito a lesione, una regione funzionale che si trova vicino ad un'area danneggiata estende la sua sfera funzionale/neuronale nella corteccia adiacente. Anche l'apprendimento può indurre un ampliamento nell'estensione funzionale di una regione funzionale nelle aree corticali adiacenti)
- **Adattamento delle regioni omologhe** (in seguito a lesione, regioni funzionalmente omologhe dell'emisfero controlaterale possono vicariare le funzioni lese)
- **Riorganizzazione cross-modale** (in seguito a deprivazione sensoriale, le aree sensoriali primarie e secondarie deputate allo stimolo percettivo di tale senso vengono a riorganizzarsi per rispondere ad altre modalità sensoriali)

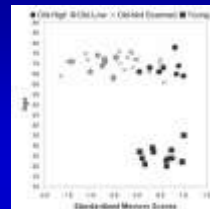
## Mascheramento compensatorio e reclutamento delle regioni omologhe



La pratica fonologica in bambini con dislessia induce una maggiore attivazione in regioni critiche del linguaggio sia dell'emisfero sinistro che destro

Temple et al. (2003) *PNAS*, 100, 2860-2865

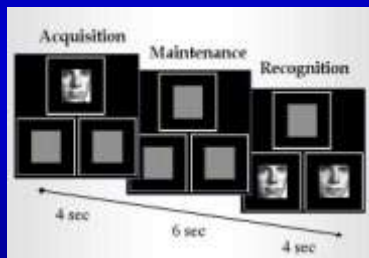
## Plasticità dell'invecchiamento



- Aree distinte del cervello possono essere "reclutate" per compensare o vicariare alcune abilità cognitive deficitarie
  - Regioni corticali che partecipano al compito
  - Le regioni corticali tendono a compensare quando il compito diventa più difficile

## Plasticità dell'invecchiamento: working memory

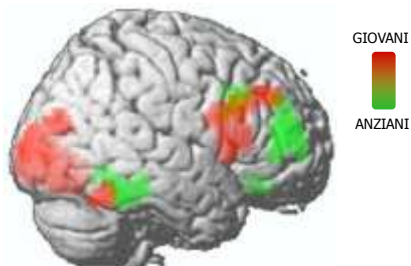
Un processo che mantiene un'informazione in maniera temporanea e attiva per una successiva elaborazione o richiamo



## Differente reclutamento corticale durante un compito di memoria di lavoro in soggetti giovani e anziani



La somministrazione di un farmaco che potenzia il sistema colinergico (fisostigmina) interessa in maniera specifica quelle regioni corticali reclutate selettivamente dai due gruppi prima della somministrazione del farmaco: **compenso effettivo**



## Espansione della mappa funzionale

- In seguito a lesione, una regione funzionale che si trova vicino ad un'area danneggiata estende la sua sfera funzionale/neuronale nella corteccia adiacente
- Anche l'apprendimento può indurre un ampliamento nell'estensione funzionale di una regione funzionale nelle aree corticali adiacenti

## Plasticità compensatoria



**Espansione della mappa funzionale**



## Plasticità compensatoria: arto fantasma



- Arto fantasma
  - Qualsiasi sensazione percepita a livello dell'arto
  - Una regione corticale responsiva alla mano può diventare responsiva alla stimolazione del volto o della spalla
- Dolore fantasma
  - Sensazioni dolorose riferite all'arto amputato o al moncone

## Ramachandran's procedure



**Cosa accade nella  
deprivazione sensoriale  
visiva alla corteccia  
calcarina ?**

## Lettura Braille

How the Blind "See" Braille: Lessons From  
Functional Magnetic Resonance Imaging

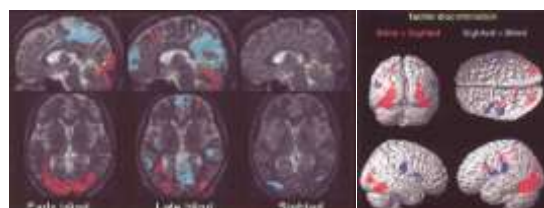
SCIENTIFIC PAPERS  
National Institute for Advanced Industrial Science and Technology Corporation, 1-1-1 Higashi,  
Tsukuba, Ibaraki 305-8565, Japan



Are attivate dai non vedenti congeniti (*sinistra*) e dai vedenti (*destra*) durante un compito di discriminazione tattile di stimoli Braille

- I non vedenti reclutano il lobo occipitale, compresa l'area extrastriata visiva primaria (V1)
- Al contrario nei vedenti non ci sono attivazioni nel lobo occipitale

## Lettura Braille



Statistical parametric maps of individual analysis of neural activity in early-onset blind, late-onset blind, and sighted subjects during a Braille discrimination task compared with that during the rest period

Areas more activated during tactile discrimination in all blind subjects compared to sighted subjects (red) and in sighted subjects compared to blind subjects (blue).