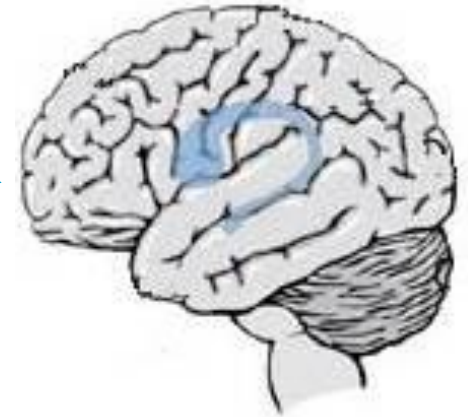


Sistemi sensoriali e percezione

Stimoli esterni



Percezione

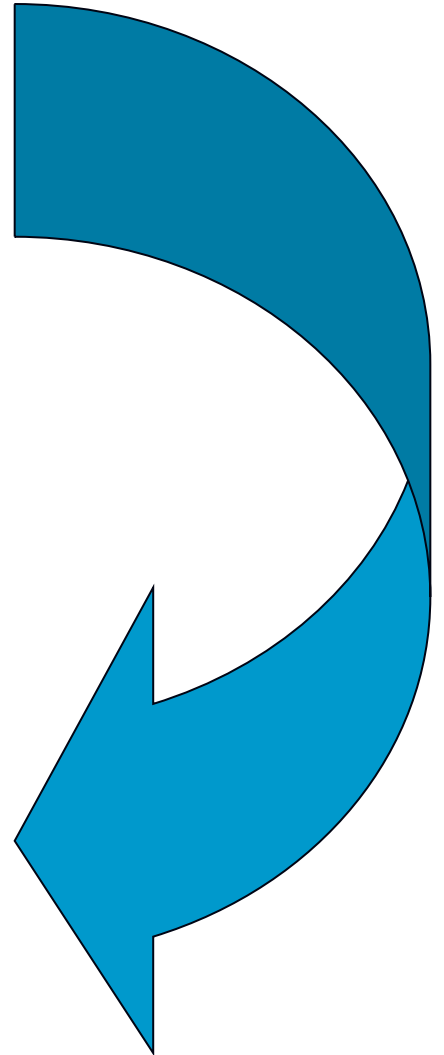


- Visivo
- Somatosensoriale
- Uditivo
- Olfattivo
- Gustativo

Sistemi sensoriali









Percezione

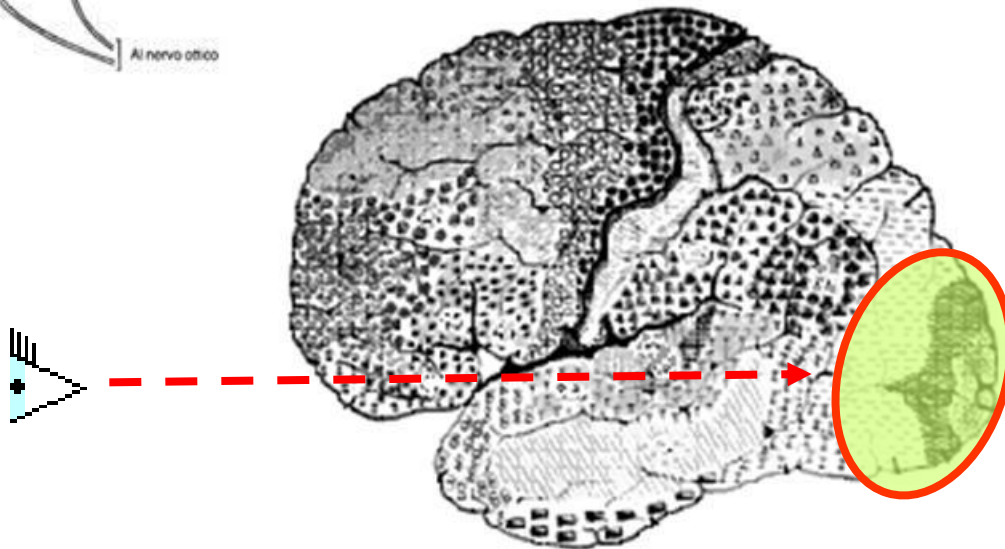
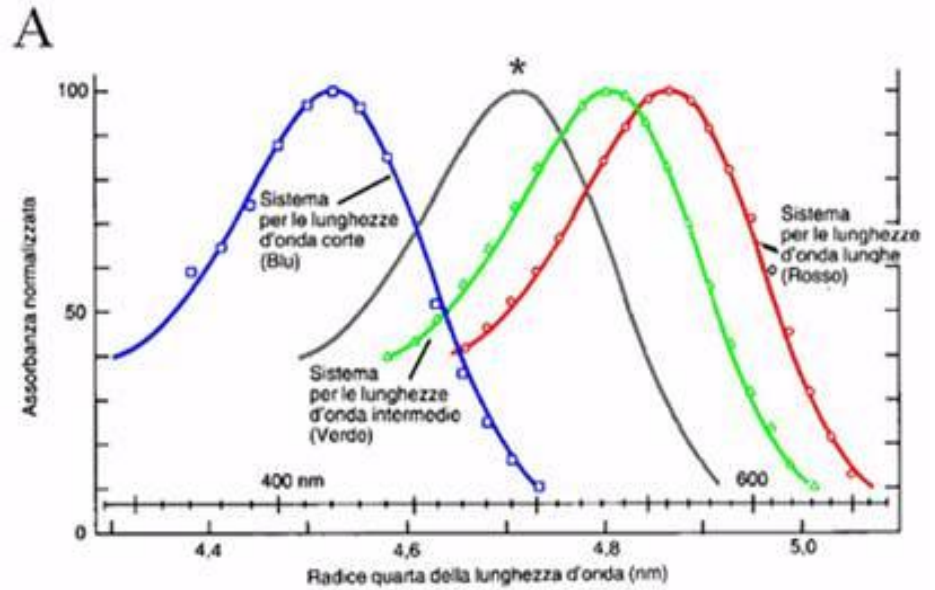
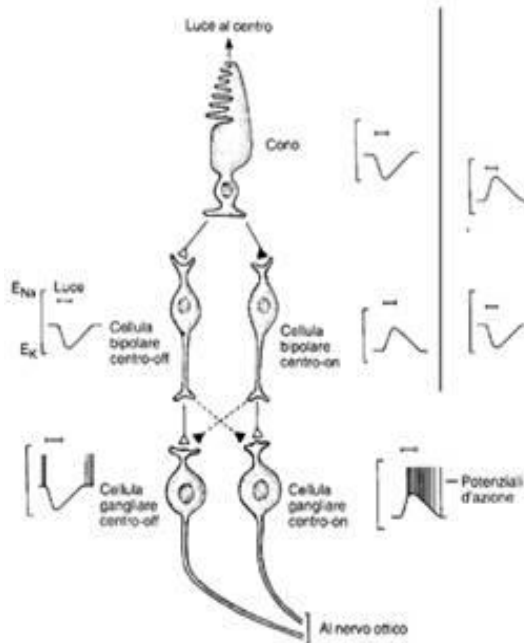


Recettori

Il primo contatto di tutti i sistemi sensoriali con il mondo esterno avviene attraverso i **recettori**. Ogni recettore è sensibile a una particolare forma di energia.

| Modalità | Recettore | Nervo periferico | SNC | Lunghezza |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----|-----------|
| Mecanocettore (dolore, temperatura, propriocezione) |  | | | >1000 mm |
| Propriocezione (mandibola) |  | | | 100 mm |
| Olfatto |  | | | 1 mm |
| Gusto |  | | | 100 mm |
| Udito |  | | | 100 mm |
| Visione |  | | | 100 mm |

Sistema visivo



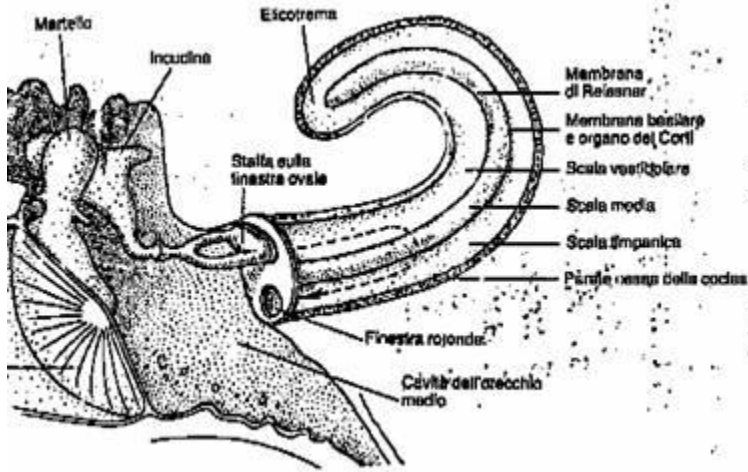
Recettori: coni e bastoncelli

Vie: dorsale e ventrale

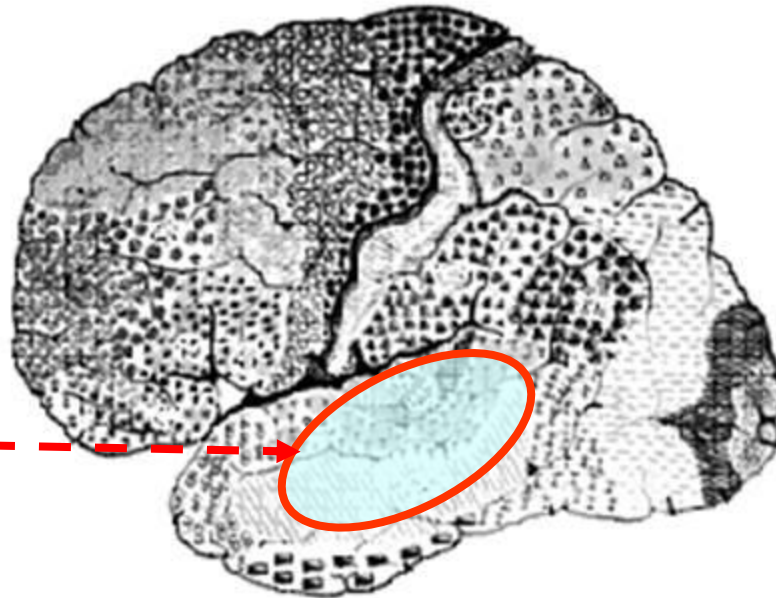
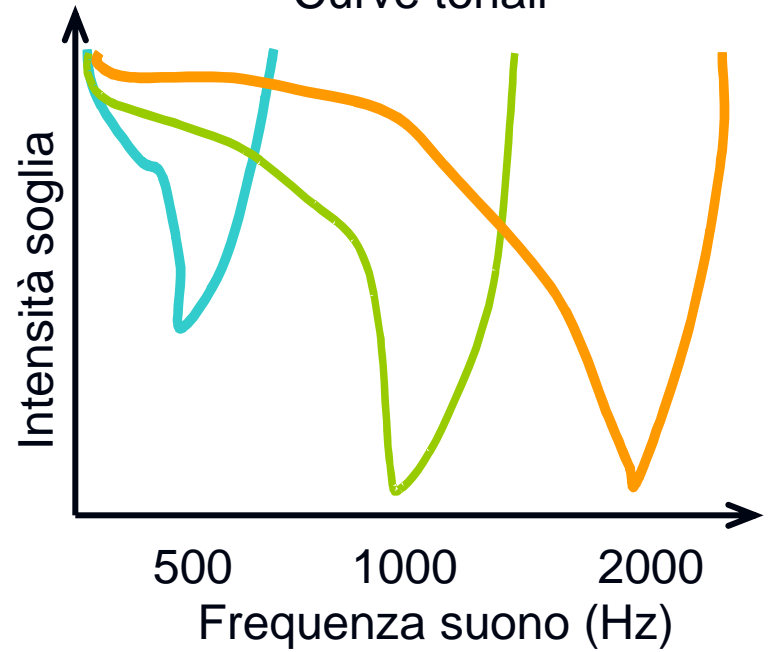
Aree: V1, V2, V4

Sistema uditivo

Orecchio umano



Curve tonali

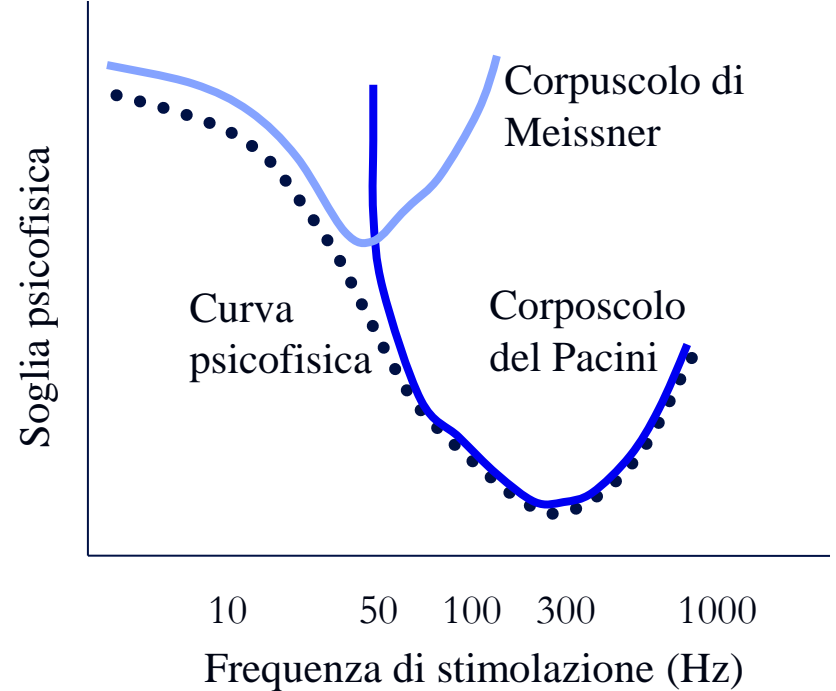
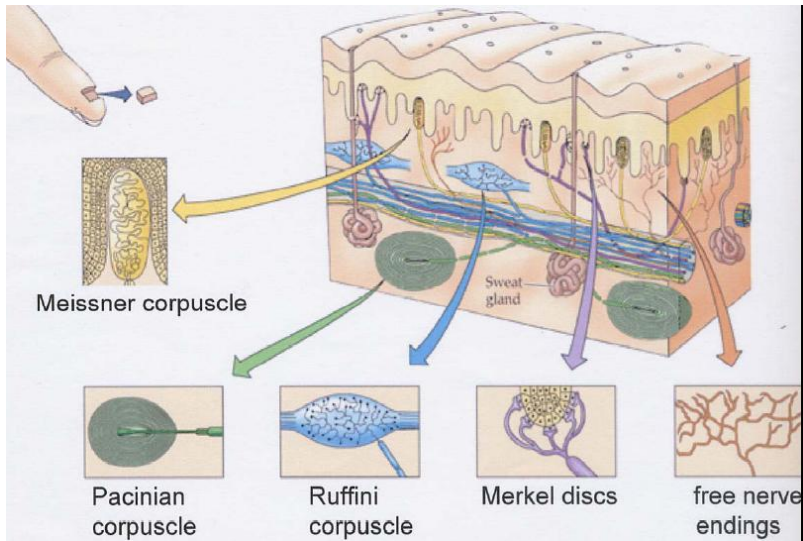


Recettori: cellule ciliate cocleari

Vie uditive

Area: corteccia uditiva

Sistema tattile



Trasduzione dello stimolo

Il recettore ha il compito di trasformare l'energia dello stimolo in **energia elettrochimica** che viene riconosciuta dal sistema nervoso.

Le informazioni sullo stimolo vengono rappresentate con **potenziali d'azione** e trasmesse alle aree corticali.

I potenziali d'azione insorgono nelle fibre afferenti solo quando l'intensità dello stimolo raggiunge il valore di soglia fisiologica assoluta.

Perché lo stimolo sia percepito occorre che le informazioni dal recettore siano trasmesse al sistema nervoso centrale.

Catena psicofisica:

Stimolo distale ----- Stimolo prossimale ----- Percetto



Esperienza soggettiva dovuta all'elaborazione e interpretazione delle modificazioni che lo stimolo prossimale ha creato negli organi di senso

Processi percettivi di base in visione

- Energia luminosa: condizione necessaria ma non sufficiente per la visione.
- Informazione ottica: una variabile cruciale.

Esempio: condizione di nebbia: è presente l'energia luminosa, però si distribuisce in maniera omogenea nello spazio e questo toglie importanti dettagli all'immagine che arriva agli occhi, cioè all'informazione ottica.

Informazione ottica

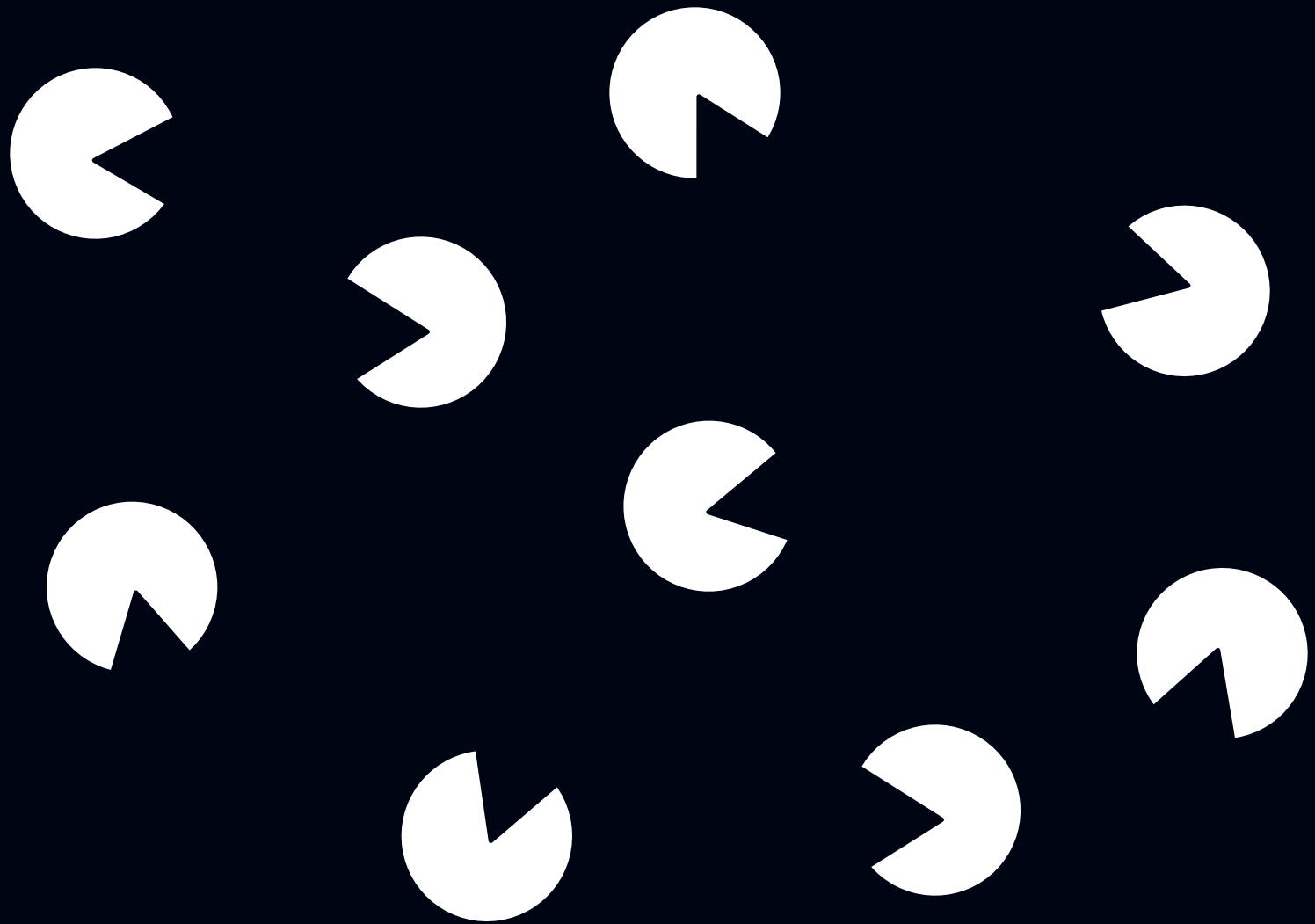
- Grazie alle disomogeneità presenti nella distribuzione della luce si forma un'immagine della scena visiva che arriva agli occhi.
- Se la luce invece fosse distribuita in maniera omogenea non riusciremmo a percepire i dettagli (fenomeno detto *Ganzfeld*, vedi esempio nebbia).

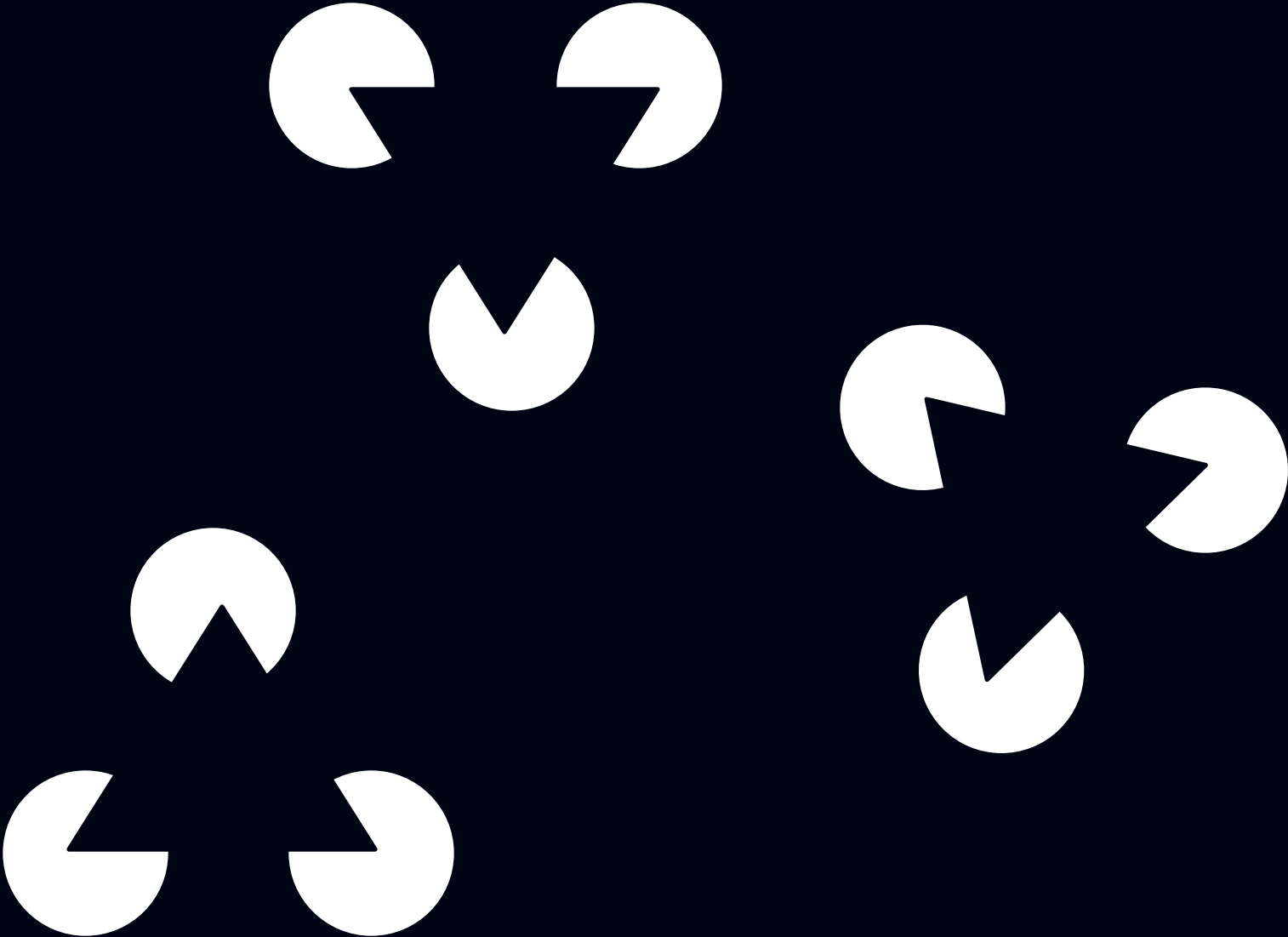
Percezione: processo attivo

La percezione non è una semplice registrazione passiva e fedele degli stimoli del mondo esterno.

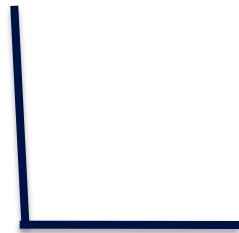
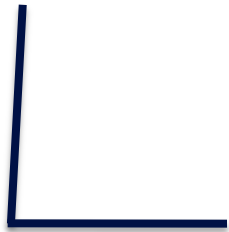
È un processo creativo che agisce in modo attivo secondo delle regole e in base all'esperienza precedente.

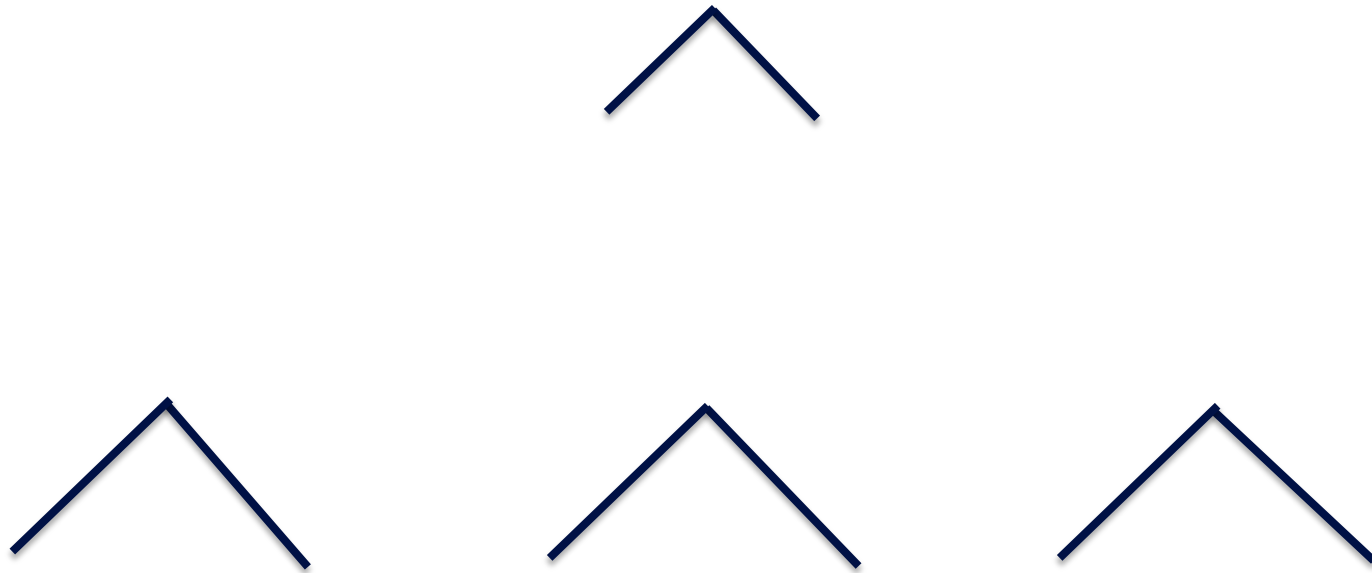
Questo porta anche al prevalere di alcuni “**vincoli**” percettivi sulla reale composizione dello stimolo distale.





- Nel caso dell'orientamento, fanno da riferimento gli **assi verticali e orizzontali**.
- La percezione è ancorata agli assi verticali e orizzontali e questo ha conseguenze anche sulla percezione degli angoli.





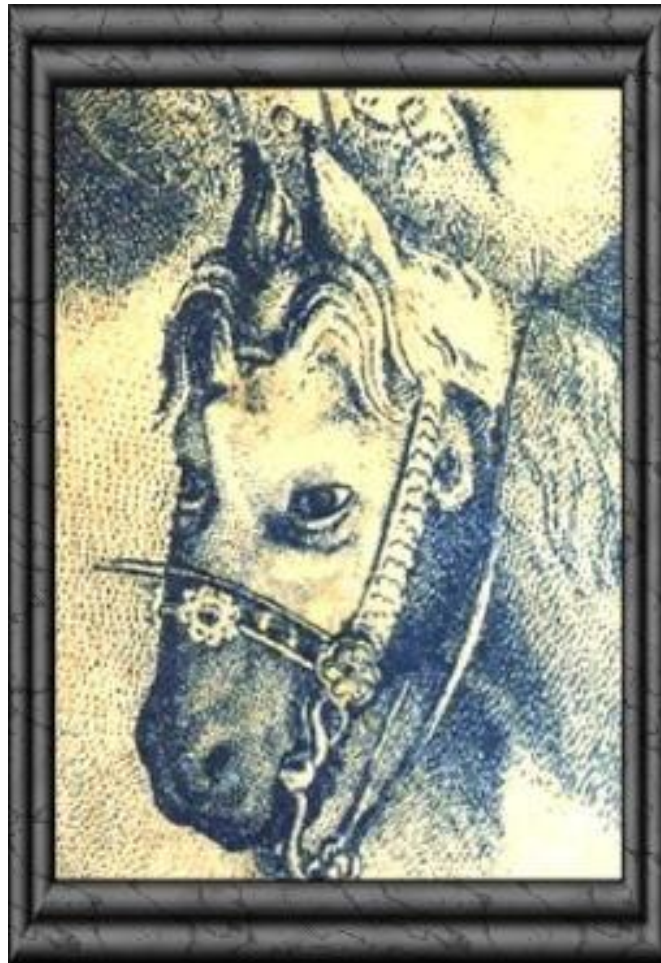
Qui abbiamo segmenti obliqui che non godono di una specifica identità. La differenza tra questi tre angoli appare meno evidente, eppure sono gli stessi angoli di prima ruotati. Per percepire un angolo di 90° esso deve avere i lati allineati con gli assi cardinali dello spazio visivo.

Mondo fisico vs. mondo fenomenico

- Nel mondo **fisico** gli oggetti non cambiano al variare del loro orientamento (sono gli stessi angoli).
- Nel mondo **fenomenico** uno stesso oggetto (l'angolo di 90°) può apparire speciale oppure no, in funzione dell'orientamento.

Polarità sopra/sotto

- Questi esempi dimostrano che la percezione dello spazio possiede una direzione (*verticale/orizzontale*).
- Oltre alla direzione, c'è anche una polarità (*diritto/capovolto* o *sopra/sotto*) ben precisa.
- Ad esempio lo schema percettivo di una *faccia* è *mono-orientato*, cioè è dato per scontato che gli occhi si trovano sopra e la bocca sotto, quindi tutto ciò che “capovolge” questo *vincolo*, non viene percepito come un volto.

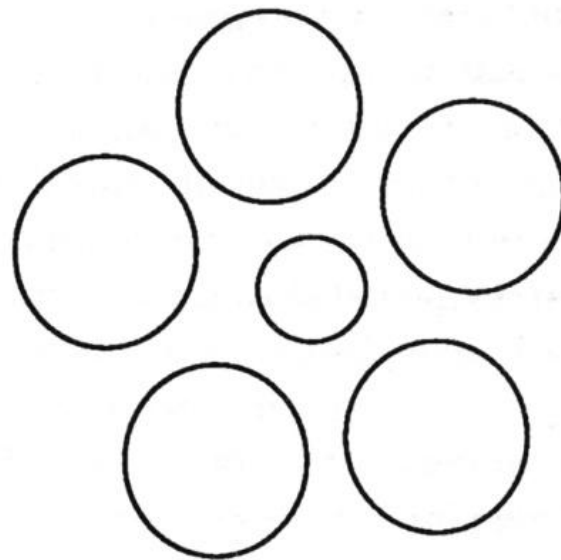
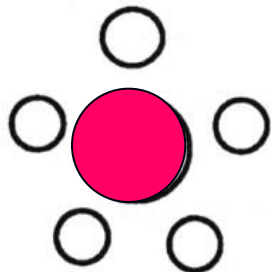




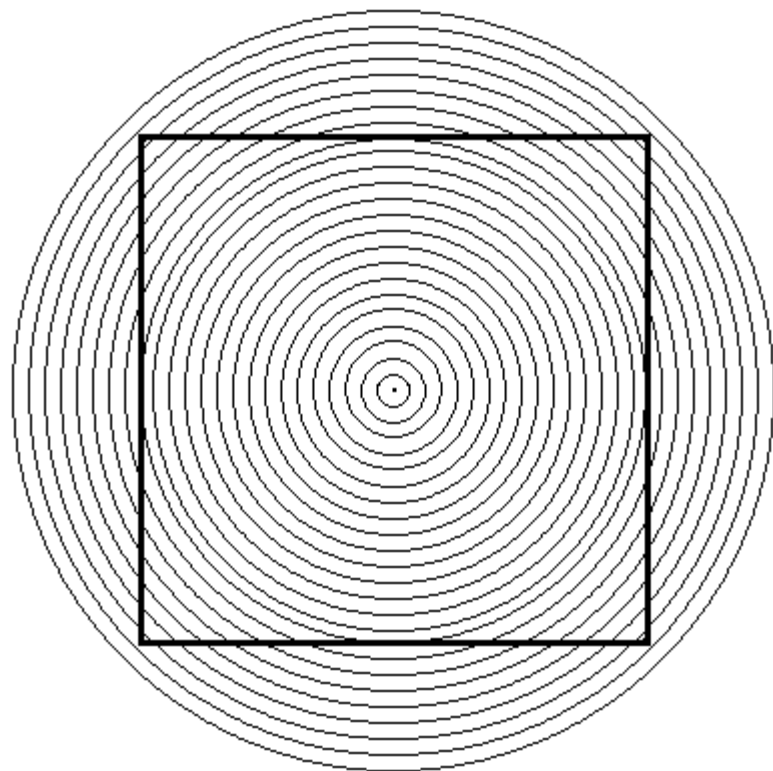
- Gli stessi segni grafici assumono significati percettivi diversi a seconda di come si collocano rispetto alla polarità sopra/sotto.

- I ***vincoli*** percettivi sono più potenti anche delle ***conoscenze*** stesse del soggetto riguardo alle caratteristiche dell'oggetto che sta guardando (v. illusioni).

Illusioni

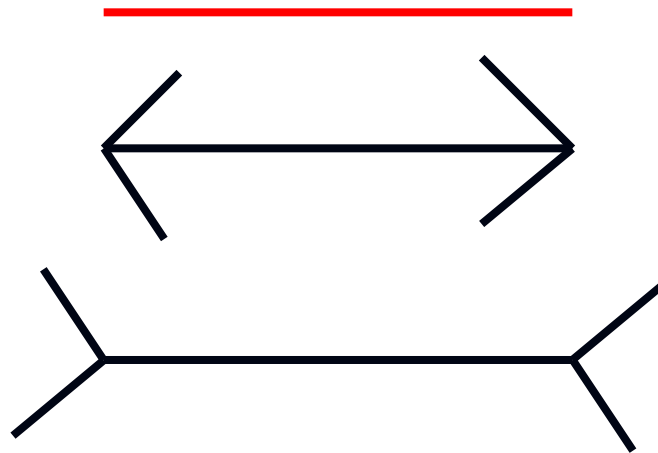


Illusioni



Illusioni

Illusione di Mueller-Lyer



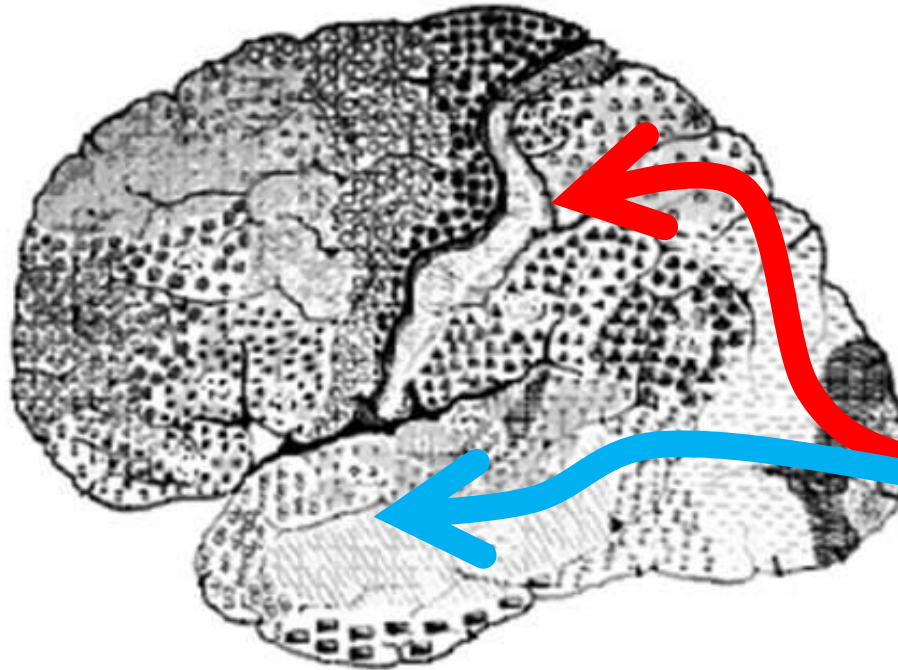
Percepire per riconoscere e percepire per agire

- Le informazioni sensoriali non servono solo a riconoscere, identificare e comprendere il mondo.
- Servono anche per pianificare le azioni, interagire con gli oggetti e comunicare con gli altri.
- Le basi anatomiche della percezione per il 'riconoscimento' e della percezione per 'l'azione' sono distinte.

Sistema visivo e azione

Percepire per riconoscere o percepire per agire?

Via dorsale '**DOVE**': elabora l'informazione spaziale



Via ventrale '**COSA**': elabora le caratteristiche degli oggetti

Via visiva dorsale e via visiva ventrale

Teorie a confronto

- Ungerleider e Mishkin (1982): le due vie elaborano informazioni diverse degli stimoli (una la posizione spaziale e una le caratteristiche fisiche).
- Goodale e Milner (1995): le due vie elaborano le stesse informazioni (entrambe posizione e attributi) ma per scopi diversi (la dorsale per l'azione senza riconoscimento consapevole e la ventrale per il riconoscimento consapevole).

Via visiva dorsale e via visiva ventrale

Teorie a confronto

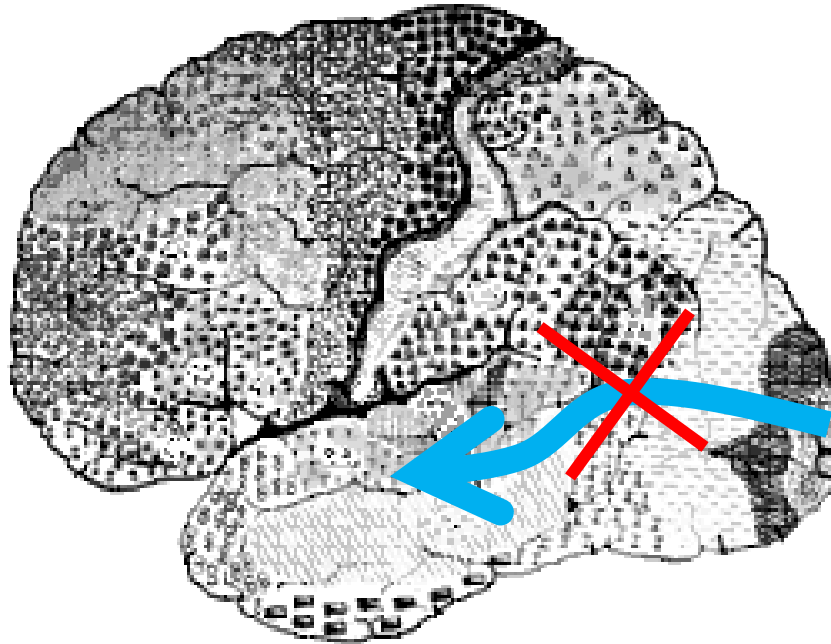
Prove sperimentali da studi **neuropsicologici**:

Ci sono pazienti con danno cerebrale a un sistema e non all'altro.

Questo ha permesso di distinguere i due sistemi e le loro funzioni.

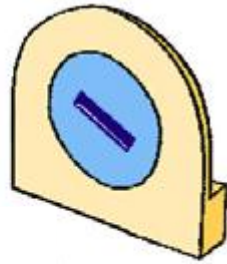
Lesione alla via ventrale

Agnosia visiva



- Disturbo neuropsicologico prodotto dalla lesione alla **via ventrale**.
- Il paziente **non è in grado di riconoscere** le caratteristiche degli oggetti, forma, colore, dimensione ... anche riguardo a volti noti e familiari.
- Tuttavia è in grado di **agire** correttamente sugli oggetti.

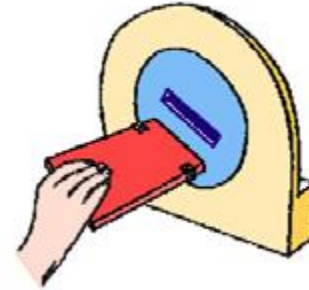
Agnosia visiva



Discriminare l'orientamento



“è un cacciavite”



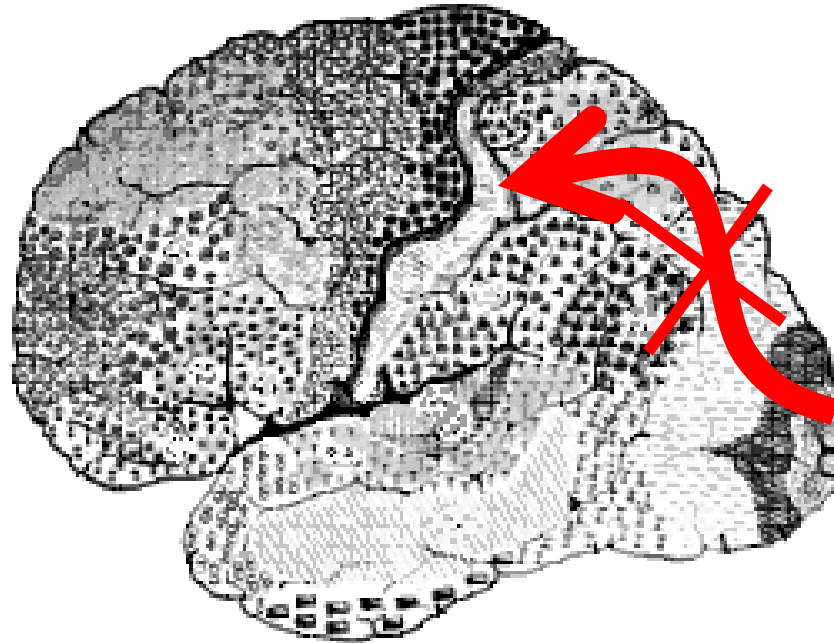
Imbucare



I pazienti con agnosia visiva, non identificano correttamente gli oggetti. Conservano la capacità di utilizzare le informazioni visive per guidare i movimenti della mano sullo stimolo.

Lesione alla via dorsale

Atassia ottica



- Disturbo neuropsicologico prodotto dalla lesione alla **via dorsale**.
- Il paziente è in grado di **riconoscere** le caratteristiche degli oggetti, forma, colore, dimensione, ma **non è in grado di agire** correttamente su di essi.

Atassia ottica



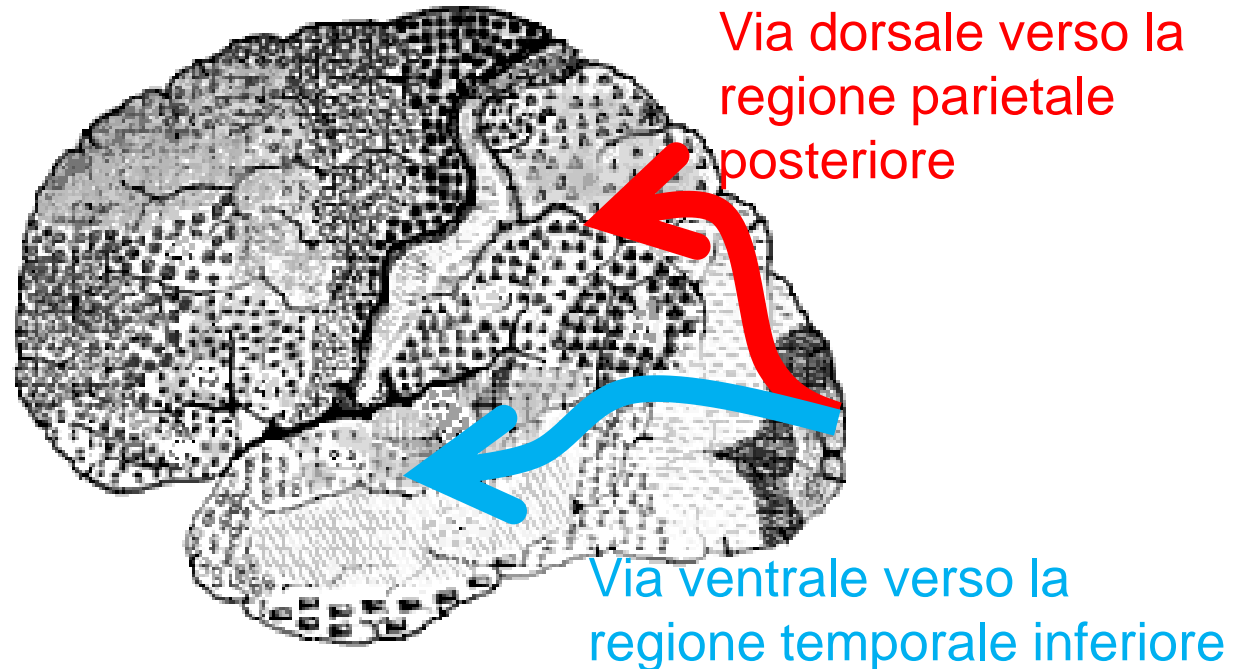
I pazienti con atassia ottica riconoscono l'oggetto che devono afferrare.

Falliscono nell' utilizzare le informazioni visive quando devono compiere un movimento con la mano per raggiungere l'oggetto.

Via visiva dorsale e via visiva ventrale

Queste osservazioni sono meglio spiegate dalla teoria di Goodale e Milner, in base alla quale la **via ventrale** svolge un ruolo chiave nella **percezione consapevole** delle caratteristiche degli oggetti e della loro configurazione spaziale, mentre la **via dorsale** media il controllo visivo delle **azioni senza aver accesso alla coscienza**.

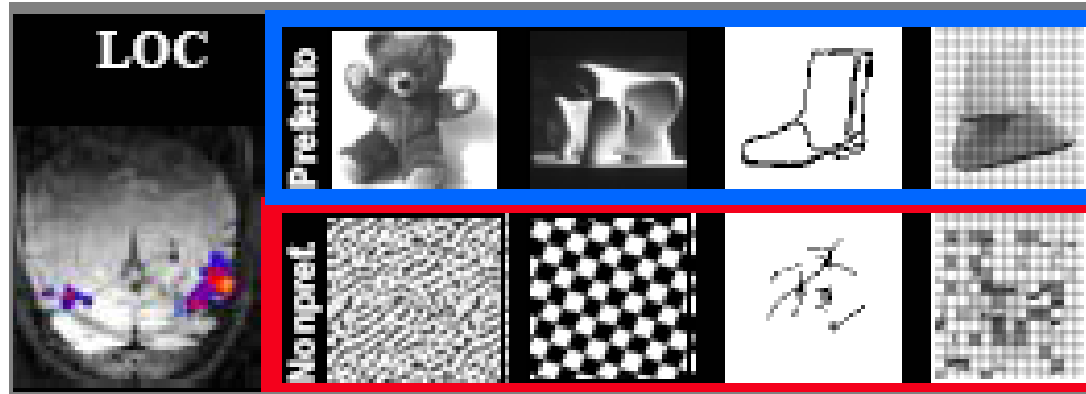
Via visiva dorsale e via visiva ventrale



Le due vie originano in corrispondenza dell'area **visiva primaria**.
La via visiva dorsale si dirige verso la regione **parietale posteriore**.
La via visiva ventrale si dirige verso la regione **temporale inferiore**.
Questi due sistemi sono formati da un mosaico di aree corticali,
ciascuna dedicata all'analisi di uno specifico tipo di informazione.

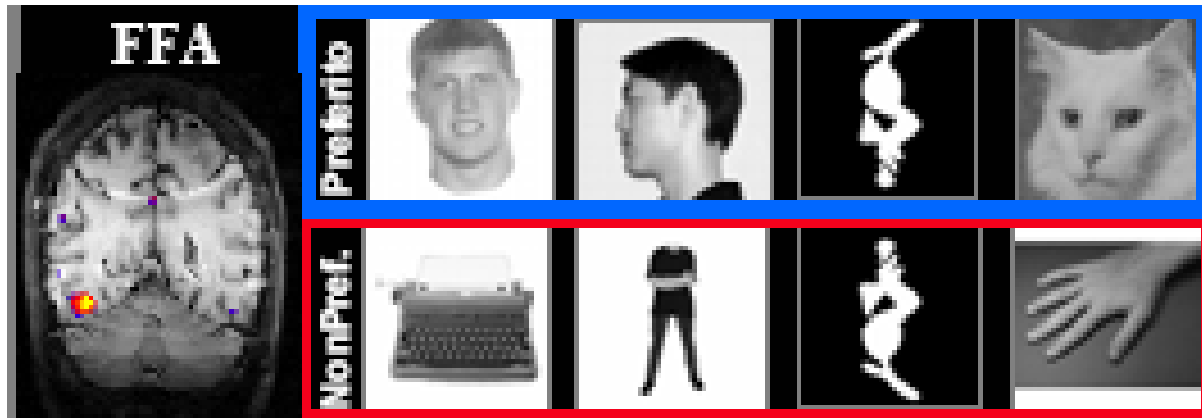
Il mosaico della via ventrale

Lateral occipital complex (LOC) – risponde agli oggetti



Malach et al., 1995 Grill-Spector et al., 2001

Fusiform face area (FFA) – risponde alle facce



Kanwisher et al., 1997

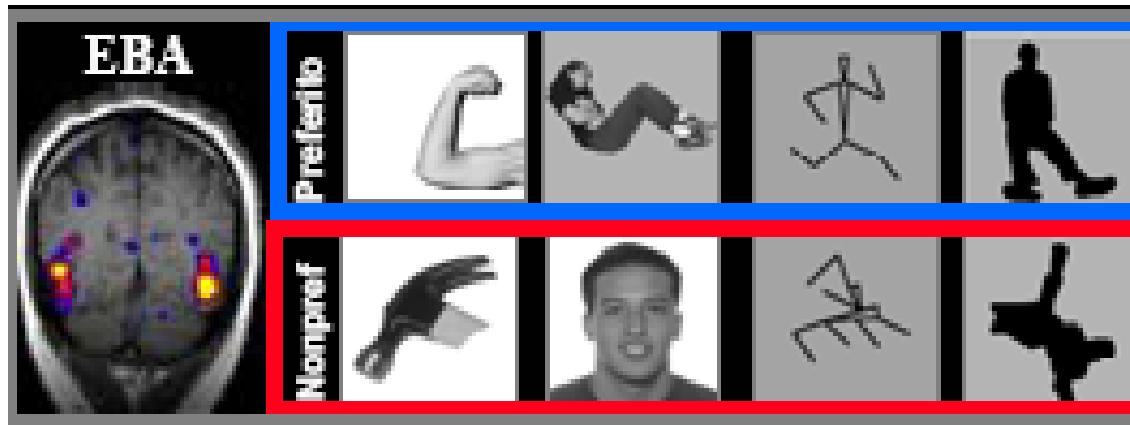
Il mosaico della via ventrale

Parahippocampal place area (PPA) – risponde agli edifici



Epstein and Kanwisher, 1998

Extrastriate body area (EBA) – risponde a parti del corpo



Downing et al., 2001

Il mosaico della via dorsale

Regioni specifiche della **corteccia parietale posteriore** analizzano diversi tipi di informazione sensoriale per il controllo motorio e la coordinazione di specifici effettori come l'**occhio**, il **braccio**, la **mano**, la **bocca**.

Alcune aree:

LIP: movimenti oculari saccadici (movimenti che consentono all'occhio di passare velocemente da un punto di fissazione all'altro).

VIP: Movimenti della bocca.

MIP (PRR): Movimenti di raggiungimento del braccio ('reaching').

AIP: Movimenti di prensione della mano ('grasping').

Via dorsale

Nelle diverse regioni che formano la via dorsale si formano gradualmente una molteplicità di *rappresentazioni* della posizione dell'oggetto, codificate in sistemi di riferimento sempre più stabili (dalla retina alla testa, al collo, alla spalla..).

La **corteccia parietale** converte l'informazione sensoriale in **programma motorio**.

- Quando vediamo degli oggetti, rappresentiamo non solo le loro caratteristiche di forma, colore, dimensione, ma anche l'**uso** che di quegli oggetti possiamo fare.
- In questo senso **rappresentiamo l'azione** appropriata per interagire con gli oggetti che vediamo.
- Questa attivazione è automatica e inconsapevole.

Il concetto di *affordance*

- **Affordance** (Gibson, 1979):

To afford = offrire. Gli oggetti presenti nell'ambiente ci offrono delle indicazioni per agire con essi, ci invitano a compiere determinati movimenti o determinate azioni.

La visione di un oggetto attiva immediatamente la selezione delle proprietà fisiche che ci permettono di interagire con esso.

Il concetto di *affordance*



Il concetto di *affordance*

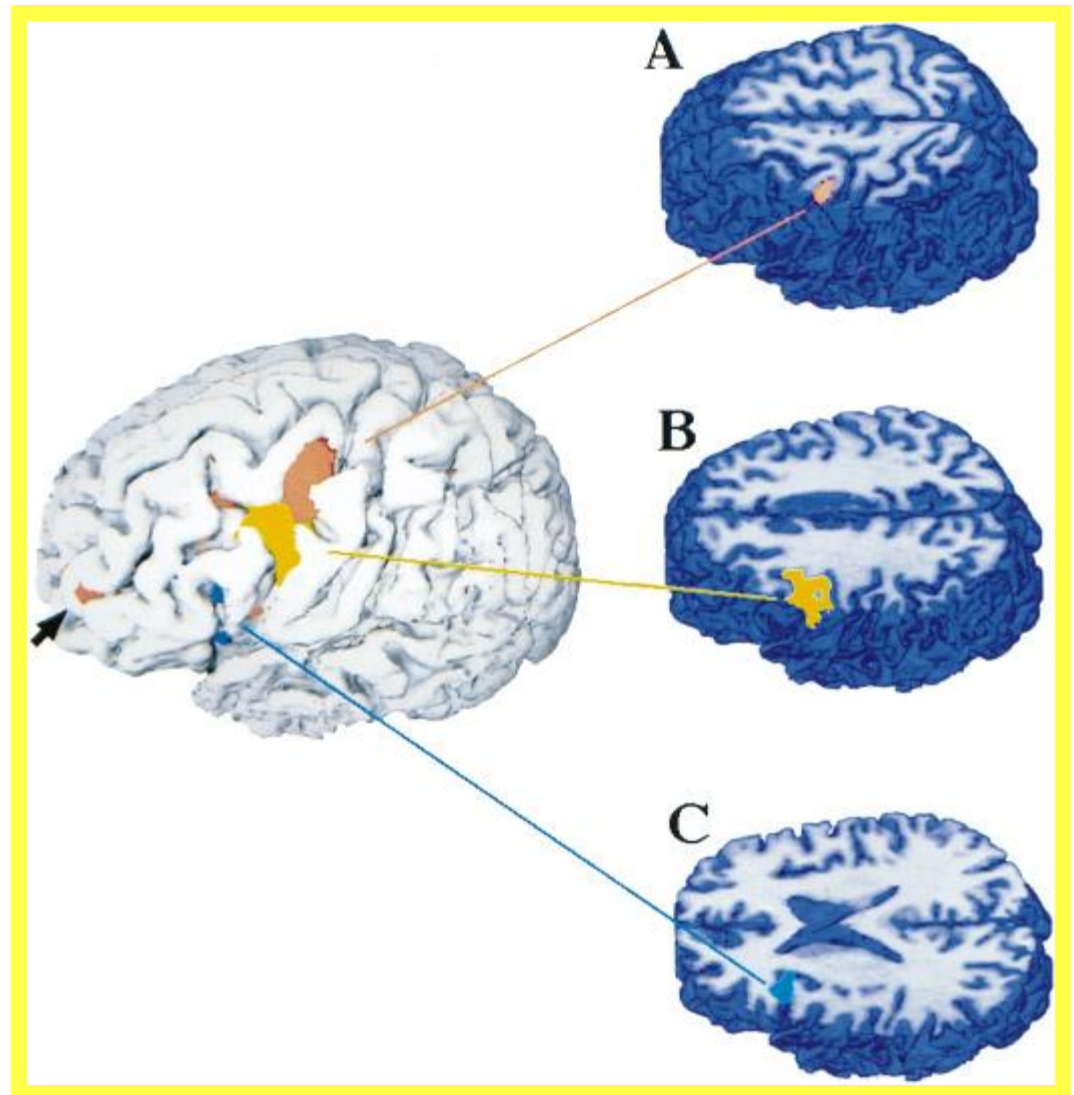
Le *affordances* non sono caratteristiche degli oggetti in sé, ma variano a seguito dell'interazione con il nostro sistema percettivo, con il nostro corpo e con l'ambiente che ci circonda.

Priming visuo-motorio

Alla vista di un oggetto si attivano gli schemi motori utili per interagire con esso.

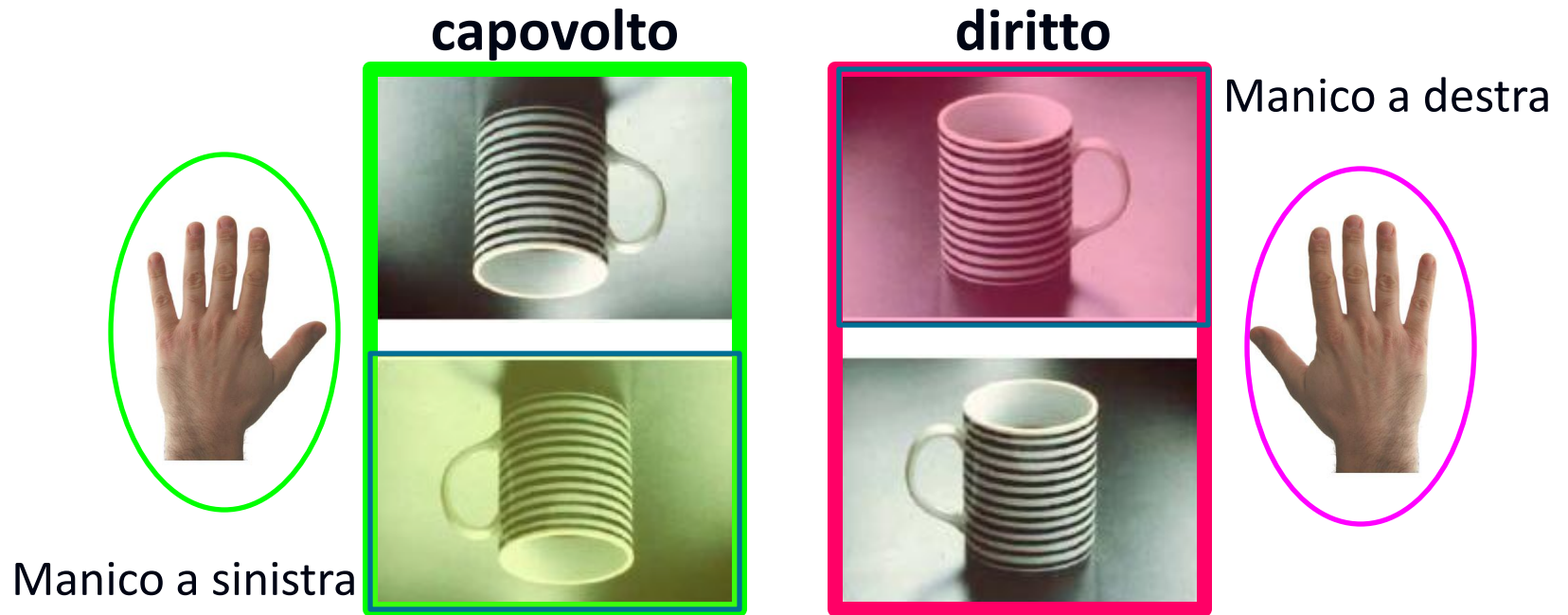
Questo non vuol dire che l'azione venga messa in pratica, ma solo che c'è un potenziamento delle specifiche azioni associate con l'oggetto.

L'osservazione di oggetti familiari attiva la corteccia premotoria.



Grafton et al., 1997

Priming visuo-motorio



Compito: rispondi con la mano **destra** quando l'oggetto è **diritto** e con la mano **sinistra** quando è **capovolto**.

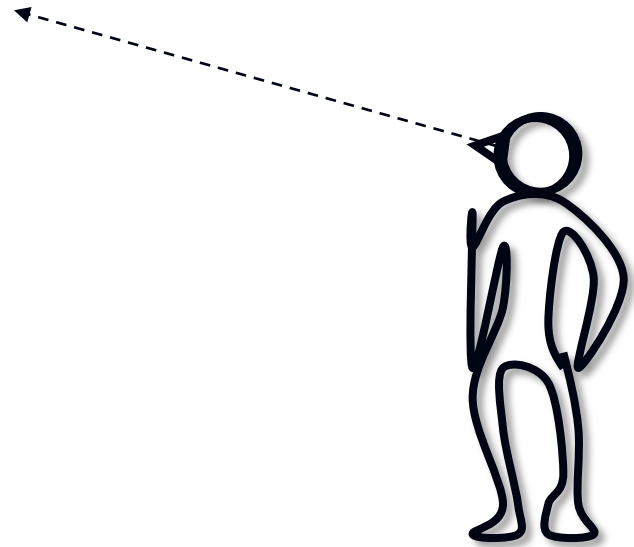
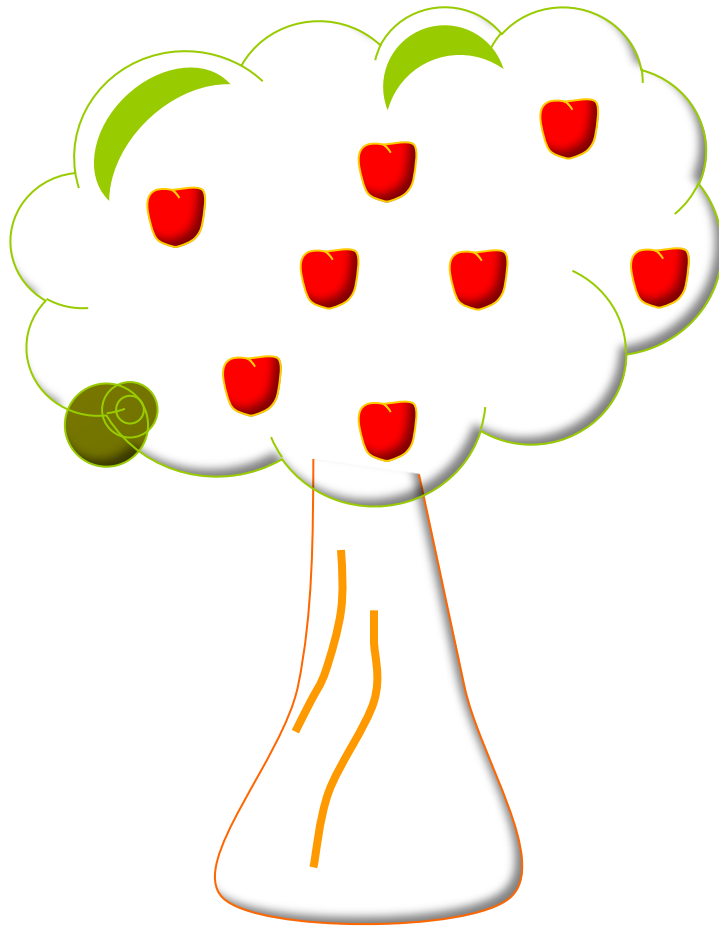
La posizione del manico della tazza è del tutto irrilevante per il compito.

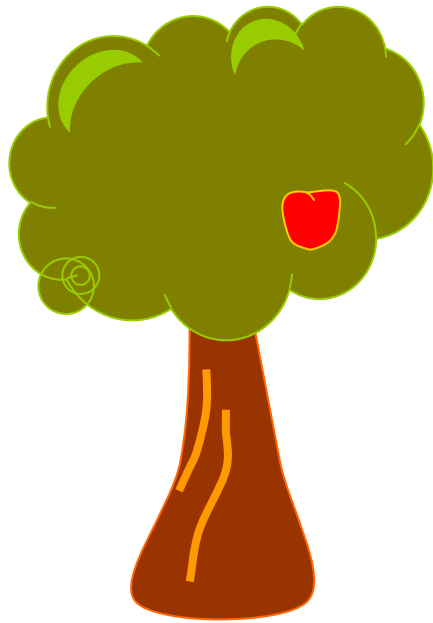
Eppure i soggetti sono più veloci a rispondere quando la posizione del manico corrisponde con la mano con cui devono rispondere.

- Quindi la visione degli oggetti potenzia automaticamente le azioni appropriate anche in assenza di esplicite intenzioni di utilizzare l'oggetto.

Come avviene il passaggio dalla percezione visiva all'azione vera e propria?

Quando ci muoviamo e agiamo nell'ambiente esterno diversi tipi di informazione devono essere integrati per permettere un'accurata pianificazione, controllo ed esecuzione del movimento.





Sistema visivo:

Cos'è?
È una mela, buona!
Dove?
È sull'albero

Sistema motorio:

Come?
Movimento delle gambe
Movimento della spalla
Movimento del braccio
Afferramento con la mano
...



Sistema che integra le informazioni visive sull'oggetto con l'atto motorio:

Dove si trova il mio braccio rispetto alla mela?

Quanta velocità e forza devo usare, viste la dimensione e il probabile peso della mela?

Durante la pianificazione di un movimento verso un target, è necessario avere una **stima corretta della posizione** della parte del corpo da muovere al fine di:

- 1) Pianificare la direzione del movimento **Segnali visivi**
- 2) Convertire questa direzione in un comando motorio **Segnali propriocettivi**

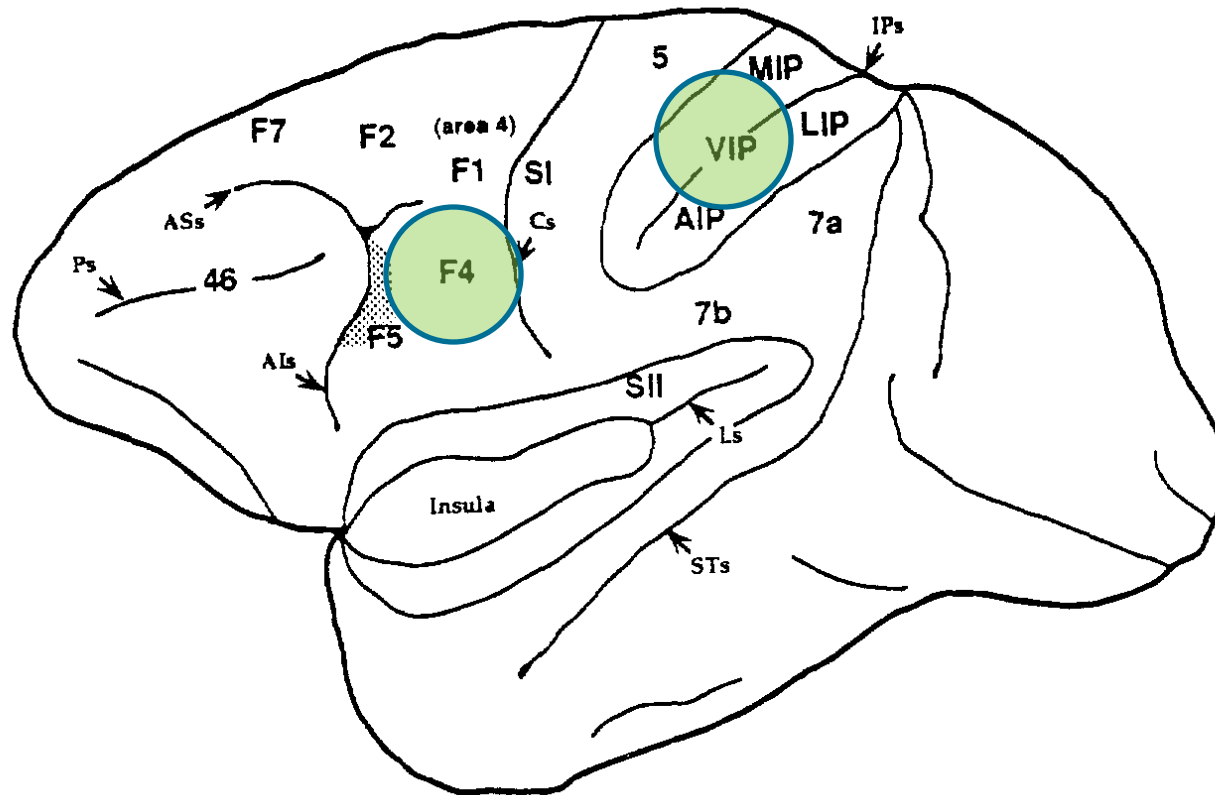
Questa stima è data grazie all'integrazione di feedbacks visivi e propriocettivi.

La propiocezione

- Per stimare la posizione del braccio o della mano, il cervello si basa su informazioni provenienti dai propriocettori, recettori sensoriali che si trovano nei muscoli e nelle articolazioni.
- I propriocettori informano continuamente sulla postura e sulla posizione relativa degli arti.
- La vista partecipa solo marginalmente nella localizzazione di una parte del corpo nello spazio. Noi osserviamo l'oggetto dell'afferramento, non la mano.

Il circuito F4-VIP

Per la codifica dei movimenti di raggiungimento.



Rizzolatti et al., 1996

Il circuito F4-VIP

- Circuito corticale per i movimenti di **raggiungimento**.

Perché avvenga la prensione è necessario che il braccio sia condotto verso la parte dello spazio dove è collocato l'oggetto da afferrare.

1. Computazione della posizione dell'oggetto rispetto al corpo del soggetto.
2. Traduzione della posizione dell'oggetto in un movimento prossimale del braccio, atto a portare la mano verso l'oggetto.

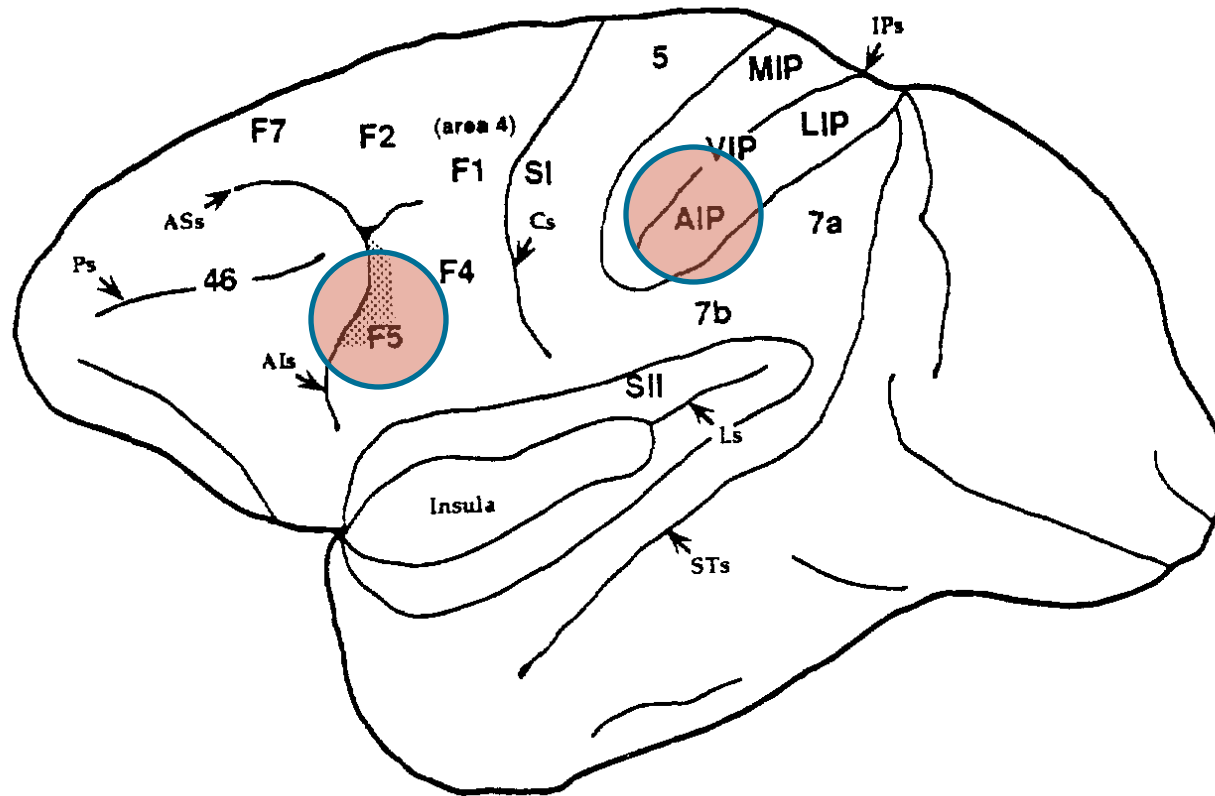
L'area **F4** è implicata nella trasformazione visuo-motoria dei **movimenti di raggiungimento**.

Il circuito F4-VIP

- Nell'area F4 sono anche rappresentati movimenti prossimali di raggiungimento (per esempio i neuroni scaricano quando il braccio deve essere mosso verso una specifica regione dello spazio).
- Quest'area codifica i movimenti del collo, della faccia e della bocca.
- Quest'area premotoria è connessa ad un'area parietale, **l'area intraparietale ventrale (VIP)**.
- L'area **VIP** contiene neuroni con caratteristiche simili a quelli dell'area F4, ma con proprietà prevalentemente visive.

Il circuito F5-AIP

Per la codifica dei movimenti di prensione.



Rizzolatti et al., 1996

Il circuito F5-AIP

- Circuito corticale per i movimenti di **prensione**.

Per afferrare un oggetto, la mano deve assumere la configurazione più adatta per quell'oggetto, attraverso una serie di movimenti di apertura e chiusura delle dita.

Quindi le caratteristiche visive dell'oggetto devono essere trasformate in adeguati movimenti delle dita.

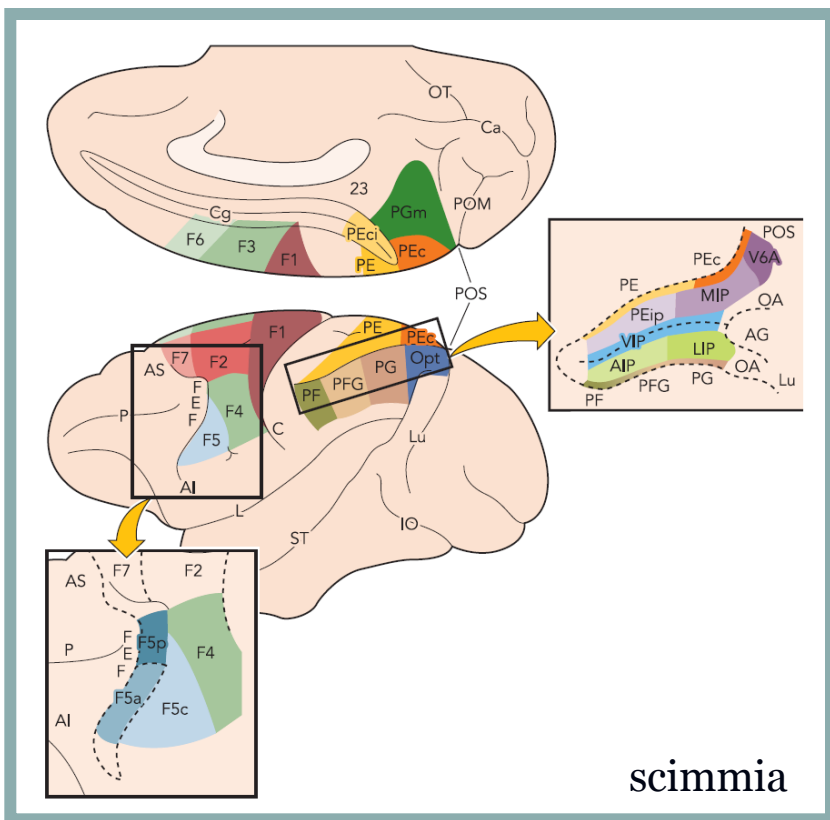
E i movimenti delle dita devono essere frazionati in modo corretto per ottenere la configurazione ottimale al movimento di prensione.

Il circuito F5-AIP

- La corteccia motoria primaria (M1) controlla il corretto reclutamento dei movimenti delle dita della mano e fraziona le sinergie motorie a livello midollare. È connessa con le aree premotorie (PMv e PMd).
- PMv (F5) riceve informazioni visive dalle aree parietali (area intraparietale anteriore, AIP) che descrivono le caratteristiche intrinseche degli oggetti.
- In PMv (F5) sono rappresentati i movimenti della mano e della bocca.
- Quindi il circuito **F5-AIP** potrebbe essere il correlato anatomico più adeguato per l'attività di trasformazione visuo-motoria sottostante le azioni di afferramento.

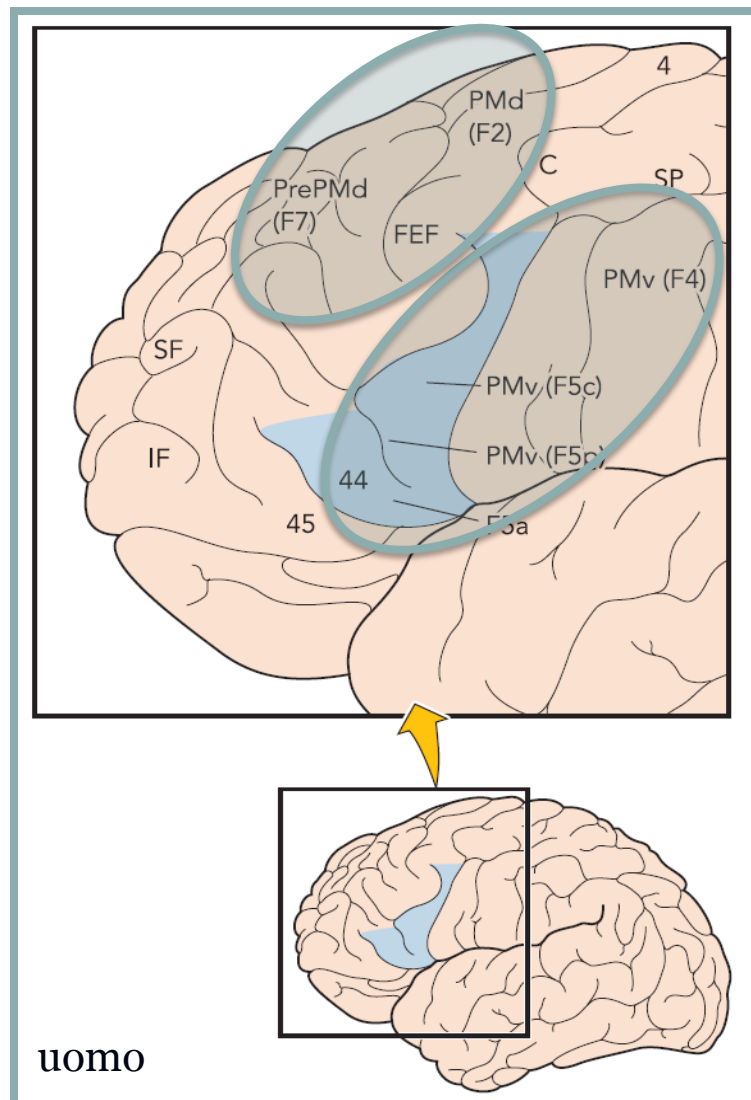
Le cortecce premotorie

- Suddivise in 3 sottosestori:
 - Inferiore: premotoria ventrale, PMv (F4 e F5)
 - Mesiale: area supplementare motoria, SMA (F3 e F6)
 - Superiore: premotoria dorsale, PMd (F2 e F7)



scimmia

57



uomo

L'area 6: parte inferiore (PMv)

- Circuito corticale per il **riconoscimento** di azioni.

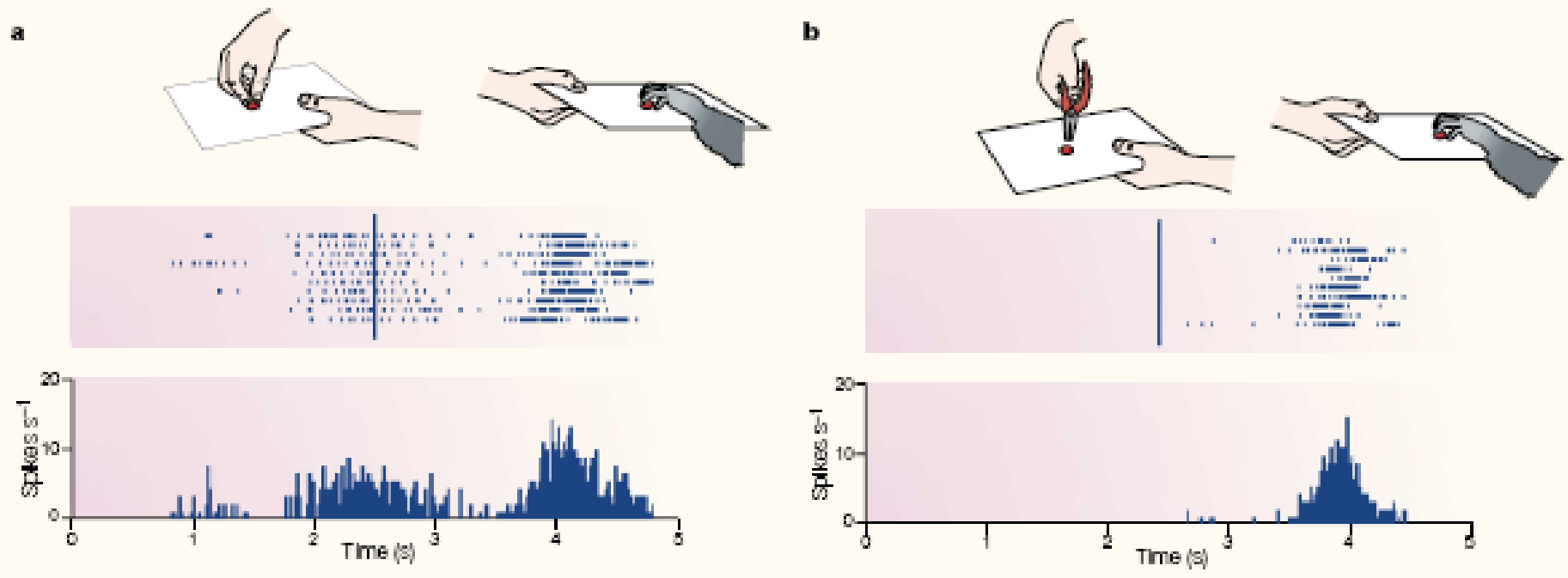
Alcuni neuroni dell'area **F5** hanno le stesse caratteristiche dei neuroni motori implicati nella prensione, con la peculiarità che scaricano non solo quando l'animale compie un determinato gesto di prensione, ma anche quando **osserva** un altro individuo compiere lo stesso gesto.

Research report

Premotor cortex and the recognition of motor actions

Giacomo Rizzolatti ^{*}, Luciano Fadiga, Vittorio Gallese, Leonardo Fogassi

Istituto di Fisiologia Umana, Università di Parma, Via Gramsci 14, I-43100, Parma, Italy



L'area 6: parte inferiore (PMv)

Questi neuroni sono stati definiti “mirror”.

Un simile sistema nell'uomo potrebbe avere una duplice funzione:

- favorire il **riconoscimento** delle azioni eseguite da altri
- permettere l'**apprendimento** di azioni attraverso l'imitazione delle azioni osservate (*Rizzolatti et al. 2001*).



Adulto: acquisizione di gesti specifici (vedi tecniche di allenamento sportivo)

Bambino: base per lo sviluppo delle attività motorie più complete e mature.

Sistema *mirror* nell'uomo

L'eccitabilità del sistema cortico-spinale umano è maggiore durante l'osservazione di azioni rispetto a osservazione di oggetti (*Fadiga et al. 1995*).

Organizzazione somatotopica: gli stessi muscoli coinvolti nell'esecuzione reale del movimento sono anche maggiormente attivi durante l'osservazione del movimento stesso (*Fadiga et al. 1995; Romani et al. 2005*).

I neuroni specchio

Riflessioni

- *“La motricità non è soltanto un prodotto del cervello, controllato dalla mente, ma anche un meccanismo che dà forma alla mente e alla stessa coscienza” (A. Oliverio).*
- *“I movimenti non sono un puro congegno, un mezzo per ottenere qualcosa: essi sviluppano la logica della mente, fanno sì che cogliamo nessi temporali come il prima e il dopo, nessi di causa ed effetto, la concatenazione dei diversi anelli che unendo sensazioni e azione formano la catena del pensiero” (Alain Berthoz—Silvano Tagliagambe).*

Riflessioni

- I sistemi sensoriali ricevono energia fisica e la trasformano in informazione nervosa; i sistemi motori trasformano l'informazione nervosa in energia fisica.
- Mentre il risultato finale dell'elaborazione dell'informazione sensoriale è una rappresentazione interna del mondo esterno o delle condizioni in cui si trova il nostro corpo, l'elaborazione delle informazioni da parte dei sistemi motori comincia con una rappresentazione interna dei risultati che si intendono conseguire con il movimento.