

L'intelligenza biologica II sistema nervoso

Alberto Borghese
Università degli Studi di Milano
Laboratorio di Motion Analysis and Virtual Reality
(MAVR)
Dipartimento di Scienze dell'Informazione
borghese@dsi.unimi.it



A.A. 2003-2004

1/57

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese>



Sommario



Il neurone, modelli di neurone ed i frattali.
Modelli connessionisti di neuroni e le reti neurali.
Mappe e clustering.
Reti neurali con neuroni a base radiale.
L'apprendimento con rinforzo.

La corteccia e le funzioni cognitive.
Anatomia funzionale del Sistema Nervoso.
Il linguaggio
Le emozioni e le funzioni mentali.
Generazione delle azioni.

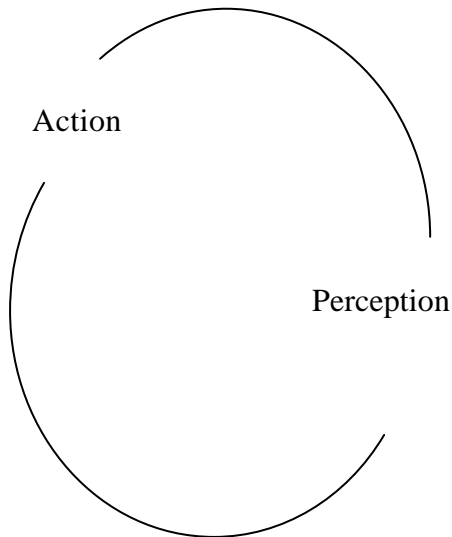
A.A. 2003-2004

2/57

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese>



Piaget 1955



Circular reaction for learning in Humans.

Gestalt percettiva-esecutiva.

Rinforzo tra il dominio percettivo ed esecutivo.

“Apparato visuo-motorio” è di gran lunga il più importante del sistema nervoso centrale.



Dalla neuro-anatomia alla funzione



Connessionismo cellulare (K. Wernicke and R. Cajal, fine 1800)

- I neuroni sono connessi tra loro in gruppi funzionali.
- Le connessioni sono in numero definito.
- Gruppi funzionali diversi danno origine a funzioni intellettive diverse.

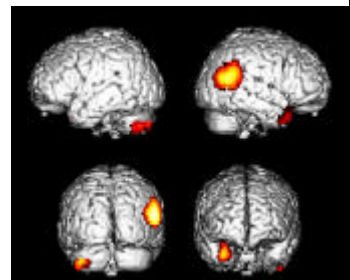
Quest'ultima e' la teoria moderna delle funzioni cognitive cerebrali.

Circuiti neurali.

Ciascun circuito assembla aree che svolgono operazioni elementari e che possono lavorare in parallelo (PDP).

Neuroni afferenti sensoriali, neuroni efferenti motori ed interneuroni.

Dall'anatomia alla funzione.

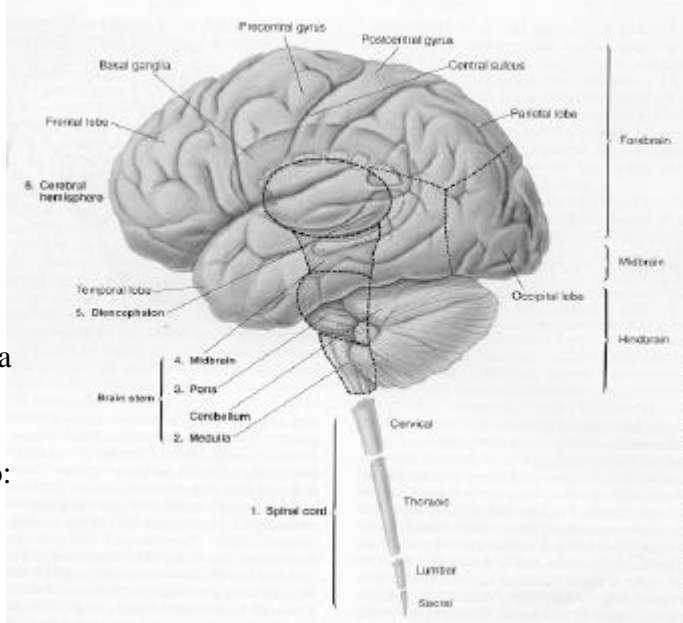




*Parallel,
Distributed
processing.*

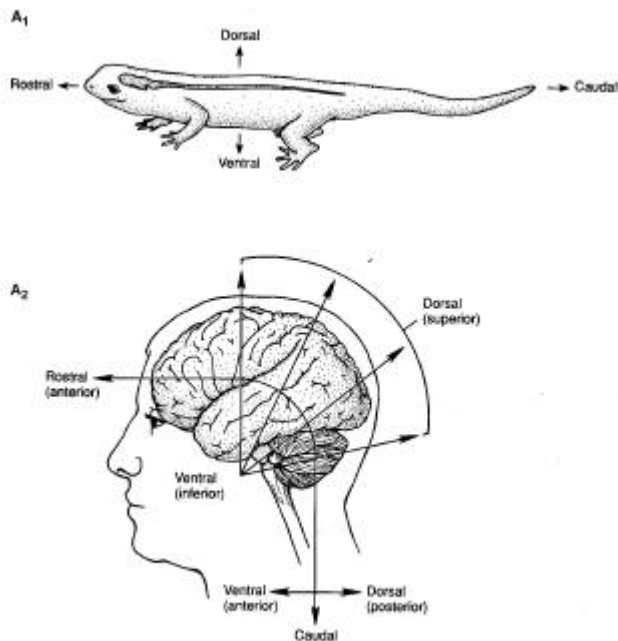
Sistema nervoso centrale:
nella scatola cranica e nella
spina dorsale.

Sistema nervoso periferico:
nervi e gangli; parte
somatica ed autonoma.



Struttura del Sistema Nervoso

A.A. 2003-2004



I punti cardinali del SNC

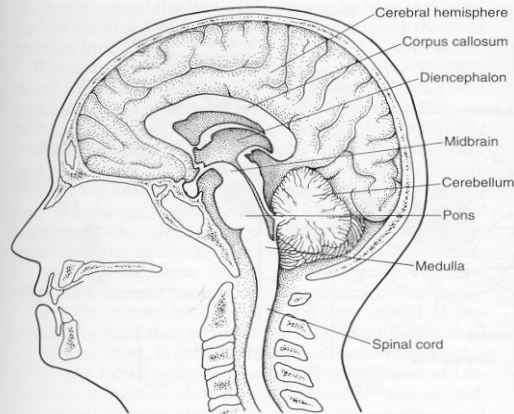


A.A. 2003-2004

es.dsi.unimi.it-borghese



I distretti principali del Sistema Nervoso Centrale



Parallel, Distributed processing.



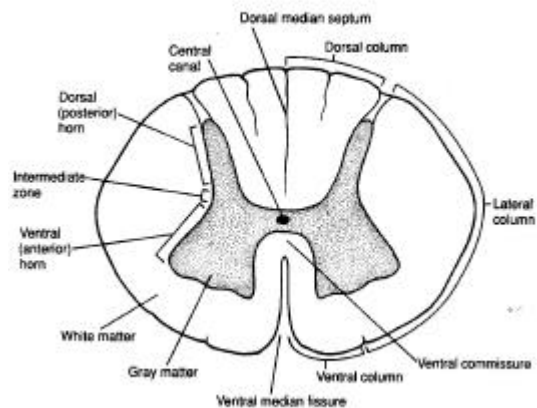
La spina dorsale



Spina dorsale: Controlla il movimento degli arti e del tronco e riceve informazioni sensoriali dagli stessi distretti anatomici.

31 paia di *nervi spinali*.

E' suddivisa in una parte ventrale (motoria) ed una parte dorsale (sensoriale).





Brain Stem (tronco encefalico)



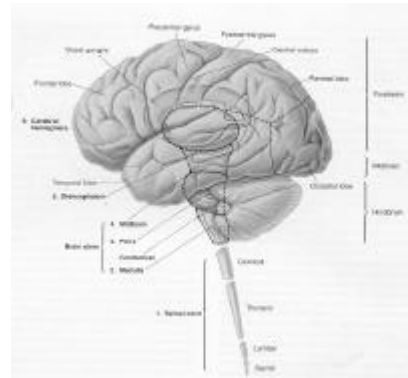
Input/output tramite nervi cranici. Controllo e informazione sensoriale sulla testa (occhi, collo...).

Medulla: funzionamento del Sistema Nervoso Autonomo (respirazione, digestione, battito cardiaco).

Ponte: struttura ventrale del brain stem. Connessione con il cervelletto.

Cervelletto: avvolge parzialmente il brain stem. E' diviso in lobi funzionali diversi (vestigio, interposito e dentale, quest'ultimo colloquia solamente con la corteccia). Coordinazione e controllo di azioni complesse con interazioni tra le componenti semplici, capacità di lavorare su un modello interno (M. Kawato, ATR, Kyoto, Giappone).

Midbrain: controllo movimenti oculari, relay di informazione uditiva e visiva.



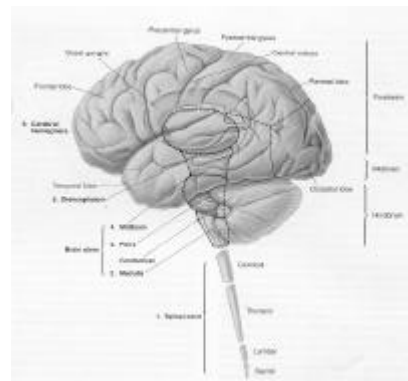
Diencefalo



“Tra i due cervelli”

Talamo: relay da e per i due emisferi cerebrali.

Ipotalamo: Ha funzioni completamente diverse, regola il sistema autonomo, endocrino e le funzioni viscerali.





I 2 emisferi cerebrali

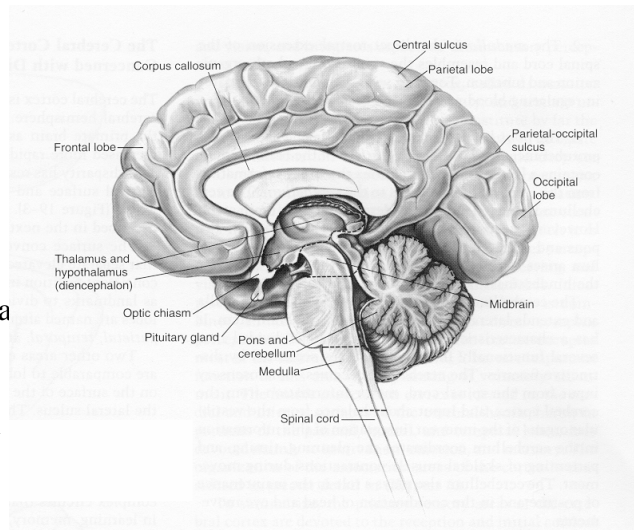


Emisferi simmetrici
bilateralmente.

Ciascun emisfero ha
competenza per la parte
contro-laterale.

Le fibre neurali subiscono una
decussazione.

Il corpo calloso è un fascio di
fibre che connette i due
emisferi.



Le convoluzioni cerebrali.

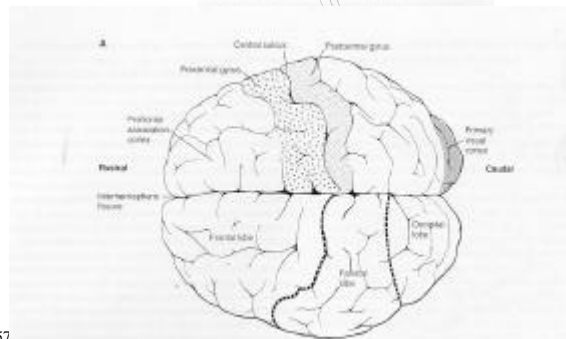
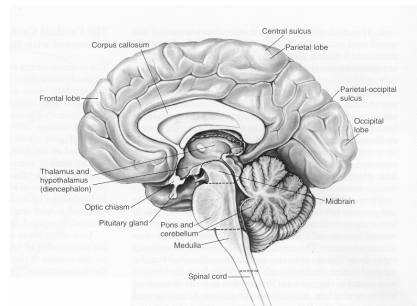


Struttura convoluta sotto la
pressione dell'evoluzione.

Gyri e solci.

Alcuni solchi sono elementi di
contrassegno.

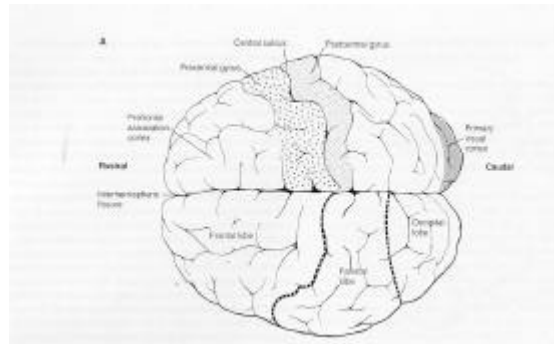
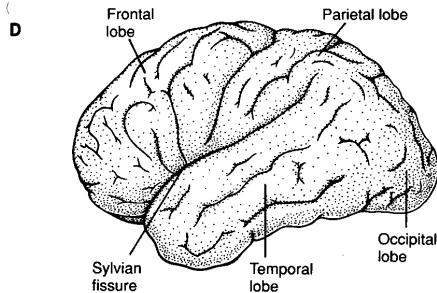
Cellule nervose all'interno,
assono all'esterno: sostanza
grigia e sostanza bianca.





+ *limbic lobe.*

Cintura di corteccia posta sopra il brain stem ed il diencefalo. Ruolo fondamentale nell'apprendimento, nella memoria e nelle emozioni.



I 4 lobi cerebrali classici



I lobi cerebrali



Lobo frontale: pianificazione dell'attività, rappresentazione delle azioni.

Lobo parietale: organizzazione spaziale delle informazioni sensoriali (spaziali), e rappresentazione (spaziale) del corpo umano (Body schema).

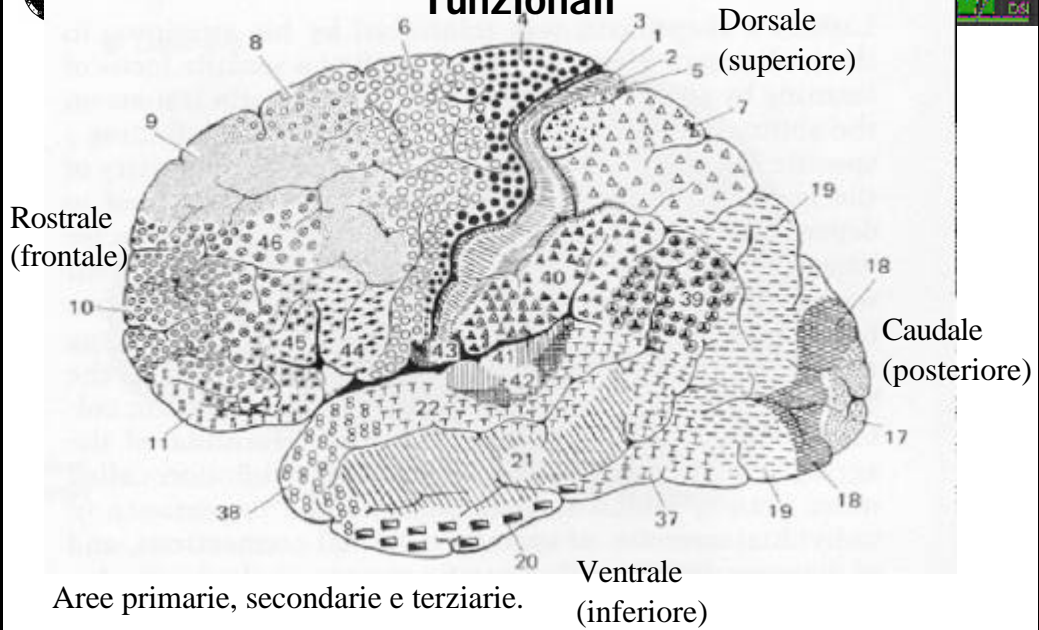
Lobo occipitale: visione.

Lobo temporale: udito, apprendimento, riconoscimento (memoria), rappresentazioni ed emozioni.

Competenza contro-laterale dei due emisferi.
Lateralizzazione di alcune funzioni.



Suddivisione cito-architetturale in aree funzionali



A.A. 2003-2004

15/57

<http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese>

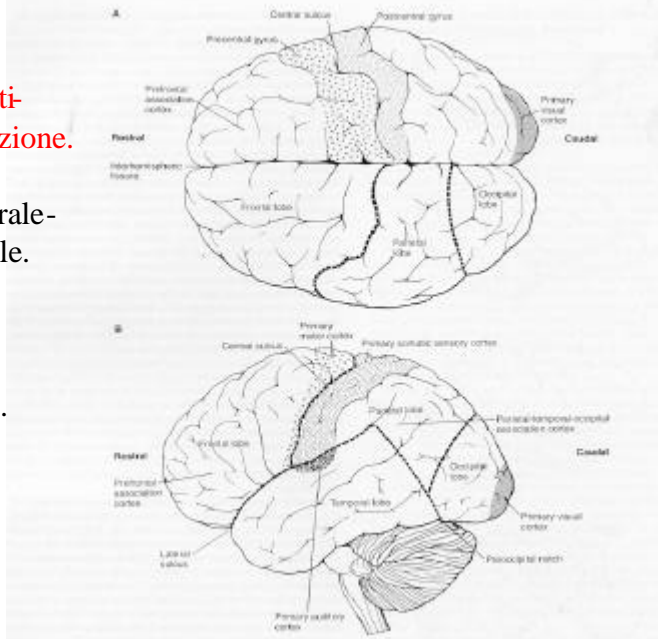


Integrazione multisensoriale per l'azione.

Giunzione temporale-
parietale-occipitale.

Area limbica.

Area pre-frontale.



Aree associative

A.A. 2003-2004

16/57

<http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese>

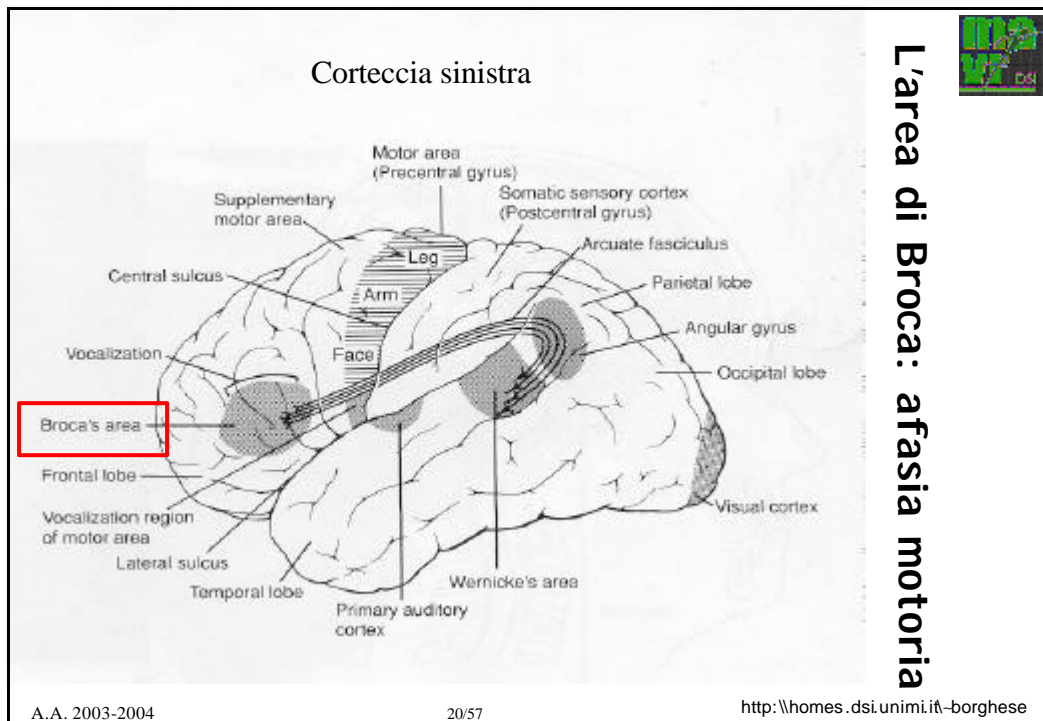


Linguaggio ed afasia



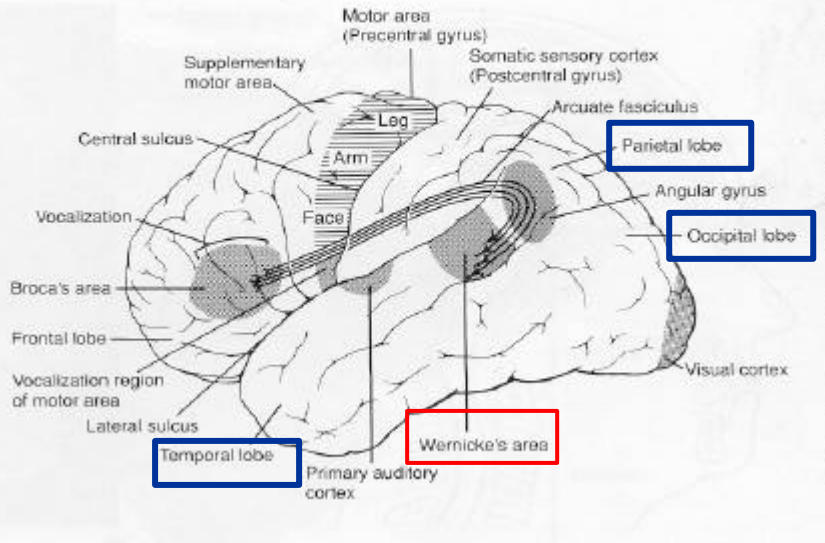
Afasia – genericamente, disordine del linguaggio.

Lo studio delle funzioni cognitive si basa su tre pilastri: neuro-imaging, lesioni e neuro-anatomia.

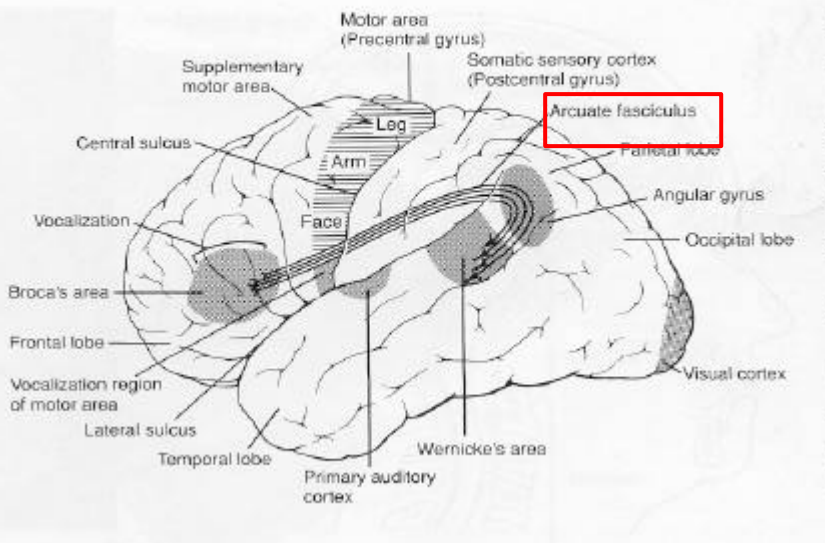




L'area di Wernicke: afasia sensoriale



Parallel Distributed Processing!!



Un terzo tipo di afasia



La localizzazione del linguaggio



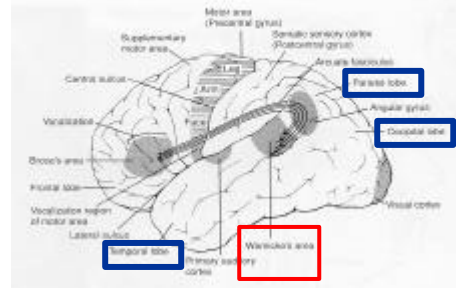
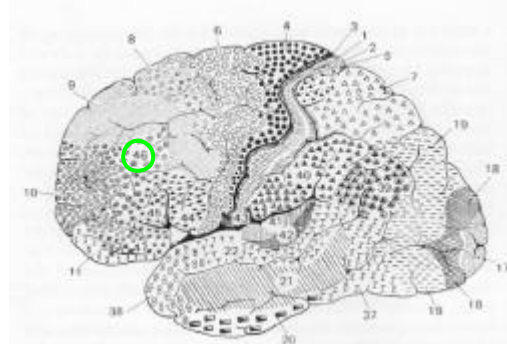
Parallel processing.

Associazione acustica – visiva (area di Wernicke -> area di Broca).

Lettura di parole (aree visive -> area di Broca).

Prosodia (corteccia destra).

Rappresentazione cognitiva (area 46).



A.A. 2003-2004

23/57



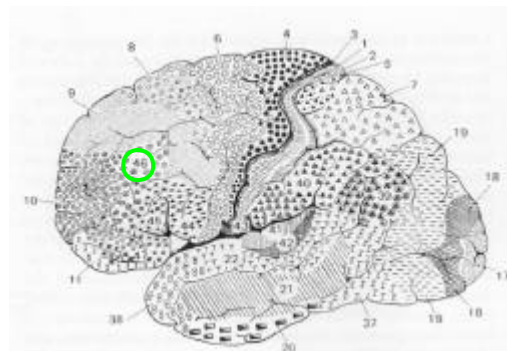
Apprendimento del linguaggio



Clustering degli input acustici, associazioni visive – acustiche (percezione primaria del linguaggio).
Emergenza di un codice neurale associato al linguaggio.

Rinforzo rappresentato dal significato (associazione cognitiva).

Dalla percezione del linguaggio alla sua produzione (circular reaction).



A.A. 2003-2004

24/57

<http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese>



Le emozioni



Cosa sarebbe la nostra vita senza le emozioni?

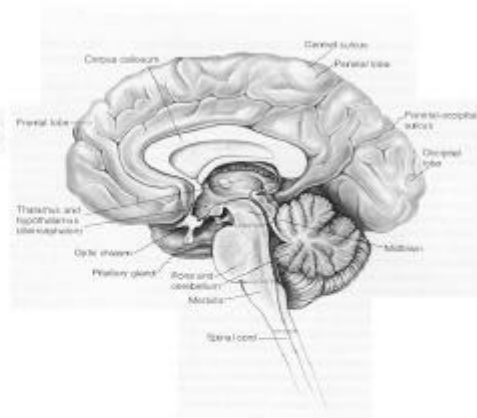
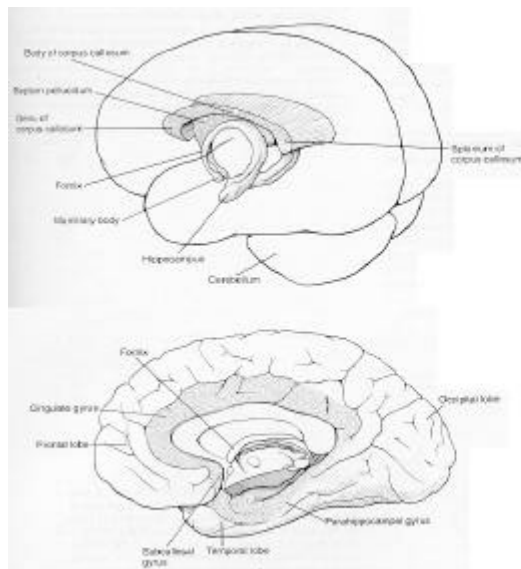
Stimolazione di aree diverse produce risposte emozionali diverse (che hanno una manifestazione diffusa).

“Emozioni” associate al linguaggio. Ictus nell’omologa destra dell’area di Wernicke produce a-prosodie sensoriali, omologa destra dell’area di Broca produce a-prosodie motorie, e del fascicolo arcuato, a-prosodie da conduzione.

Lesioni della corteccia temporale e limbica, e frontale destra hanno anche modifiche permanenti nella personalità: maggiore aggressività e social impairment (e.g. Phineal Gage). *Damasio: Cartesio’s error.*



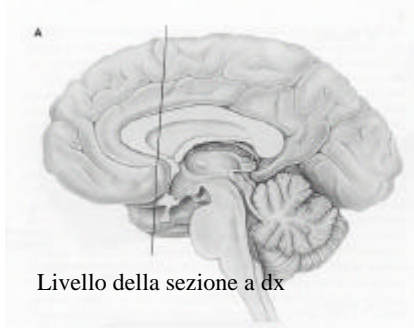
Sistema emozionale



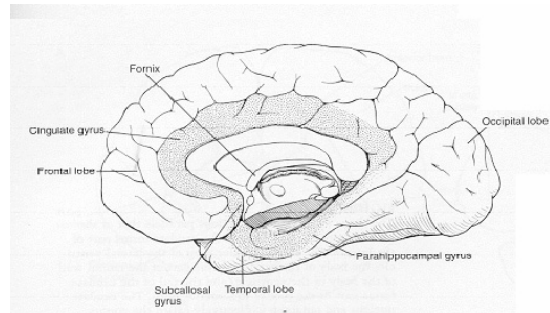
Sistema limbico (amigdala, ippocampo: interni, lobo temporale: esterno).



Attacchi di panico



Motore degli attacchi di panico è il polo temporale dx, giro para-ippocampale.



Organizzazione della memoria (ippocampo)

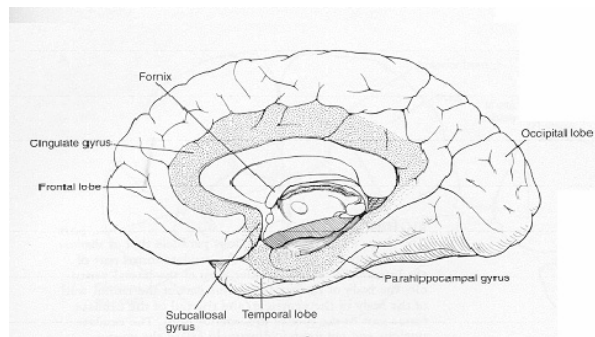
Percezione categoriale:

- Oggetti inanimati
- Oggetti viventi (animali)
- Strumenti

.....

Percezione modale:

- Visione
- Udito
- Tatto
- Immaginazione (pensiero).



Esiste il neurone della “nonna”? Come si recupera informazione dalla memoria?



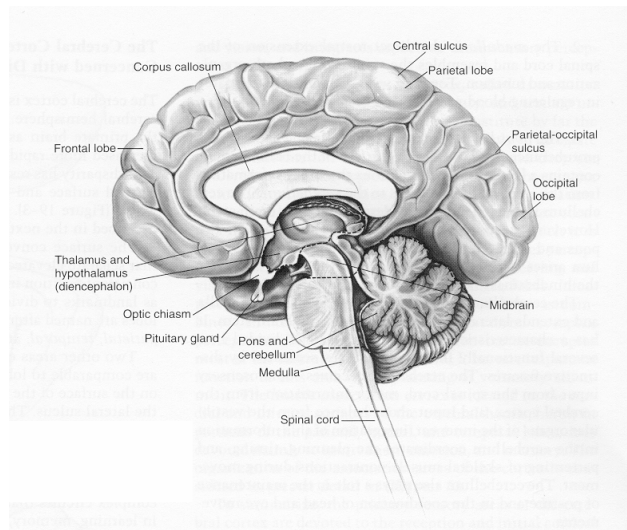
Split-brain



Pazienti con separazione del corpo calloso.

Si comportano come se avessero due “self” (M. Gazzaniga).

E.g. Aprassia diagonistica.



Trasformazioni visuo-motorie



Action

Perception
(visione è la modalità
percettiva primaria)



Il movimento volontario

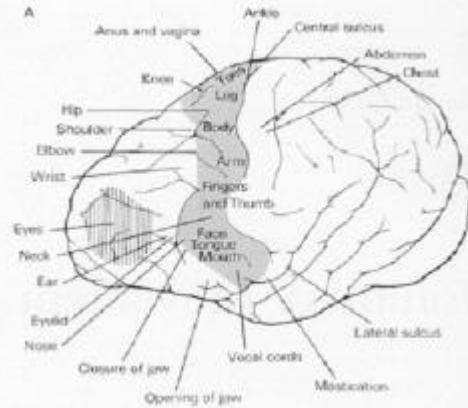


Movimenti volontari.

Orientati ad un compito motorio (e.g. scrittura, prendere un bicchiere d'acqua...).

Caratterizzati da:

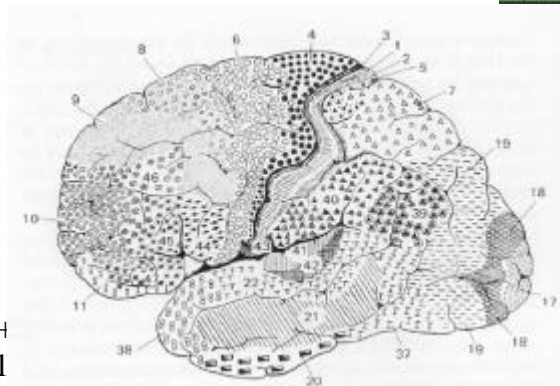
- Equivalenza motoria (D. Hebb).
- Miglioramento con l'apprendimento
- Non necessità di uno stimolo esterno per essere eseguiti.



Esecuzione dei movimenti volontari



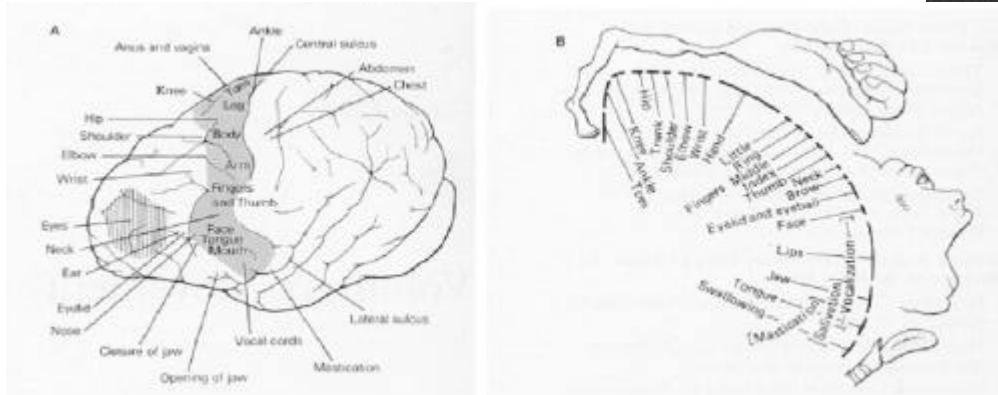
1. Identificazione dell'obiettivo del movimento (e.g. riconoscimento di un bicchiere d'acqua e della sua posizione nello spazio 3D).
2. Pianificazione del movimento (e.g. definizione dei gradi di libertà che consentono di spostare la mano sul bicchiere + definizione del tipo di presa del mano e dei gradi di libertà relativi; coordinamento).
3. Esecuzione. Invio dei comandi motori adeguati ai centri del brain stem e da lì al midollo spinale.



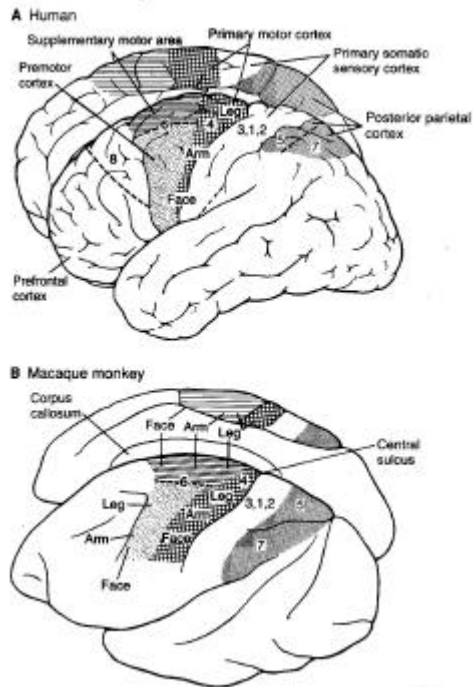
Le aree principalmente coinvolte sono: l'area parietale posteriore (area 5, 7, 39, 40), l'area pre-motora (area 6), e l'area motoria (area 4).



Area 4 - area motoria primaria



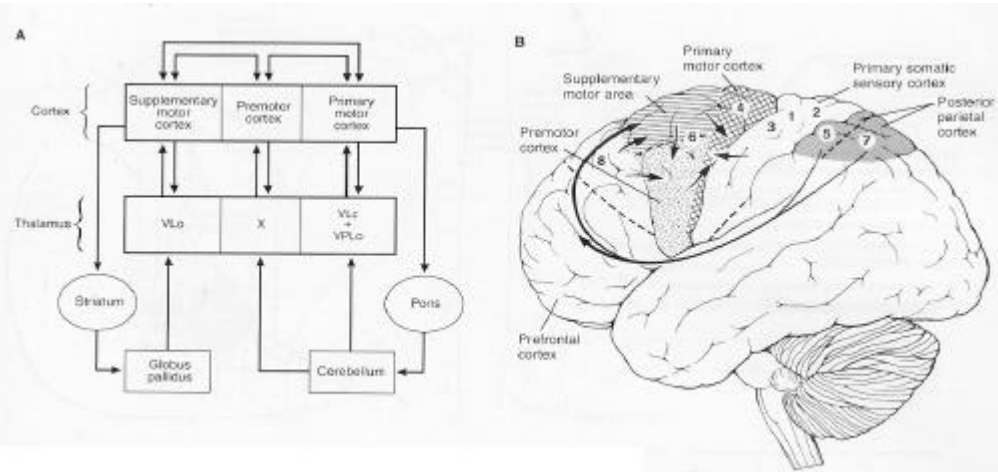
Homunculus – mappa cerebrale dei muscoli corporei.



Le aree motorie



Input alle aree motorie



A.A. 2003-2004

35/57

<http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese>



Output delle aree motorie



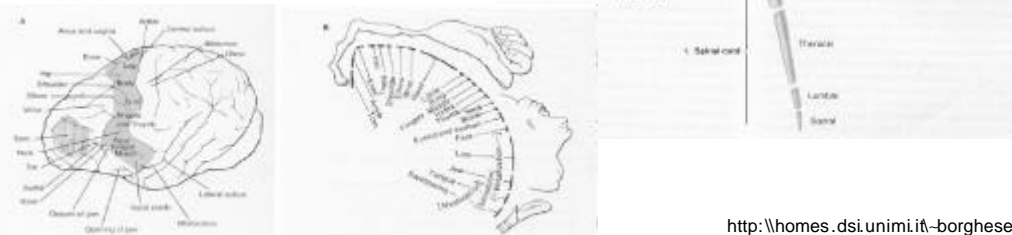
Muscoli diversi hanno regioni di attivazione diverse.

Alcuni muscoli (soprattutto i distali) hanno loci di attivazione multipli.

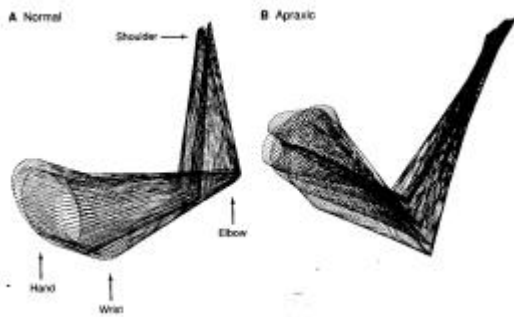
Pathways multipli:

- Proiezioni sul brain stem.
- Proiezione sugli interneuroni della spina dorsale.

Attivazione di gruppi di muscoli (divergenza nelle proiezioni).

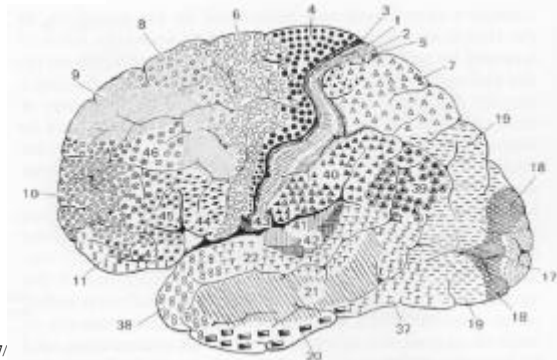


<http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese>



Corteccia pre-motoria (area 6)

Deficit della coordinazione.



A.A. 2003-2004

37/



Corteccia Supplementare Motoria

Sequenza di movimenti (complessità spaziale e temporale).

Coordinamento bi-manuale.

Coordinamento postura-movimento.

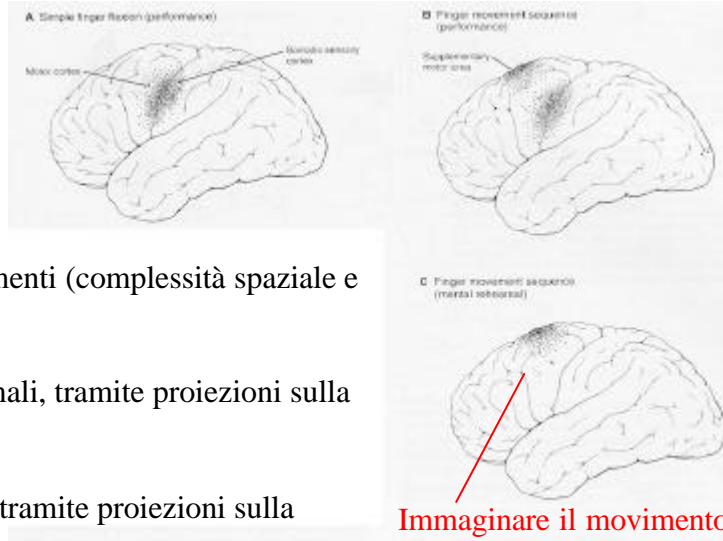
A.A. 2003-2004

38/57

<http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese>



Corteccia supplementare motoria



Sequenza di movimenti (complessità spaziale e temporale).

Movimenti prossimali, tramite proiezioni sulla spina dorsale.

Movimenti distali, tramite proiezioni sulla corteccia motoria.

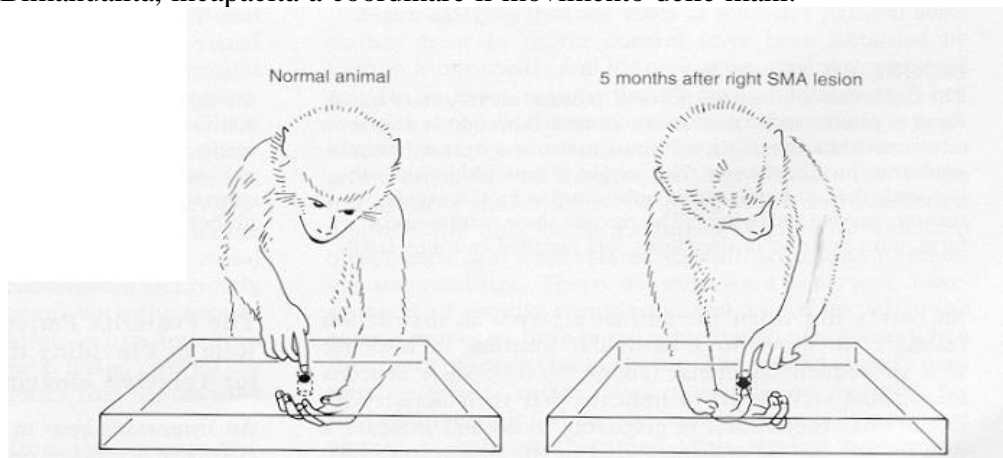
Immaginare il movimento attiva delle aree motorie.



Coordinamento bi-manuale nella SMA



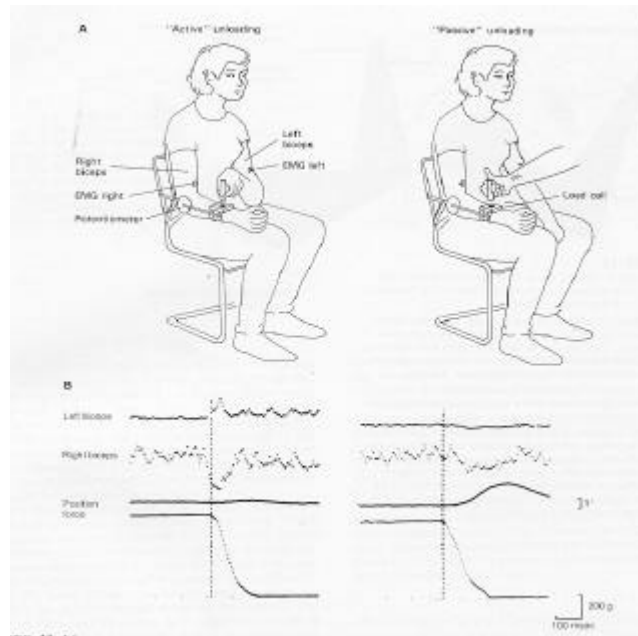
Precisione (complessità spaziale), incapacità ad orientare la mano e le dita.
Bimanualità, incapacità a coordinare il movimento delle mani.





Programma motorio + programma di controllo posturale.

Nei robot?

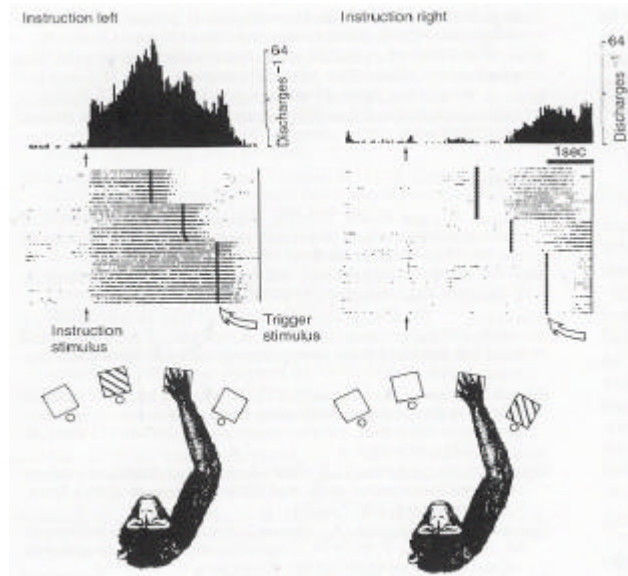


Coordinamento posturale - movimento



Corteccia pre-motoria laterale

Preparazione all'inizio del movimento. Dall'intenzione all'esecuzione (set-related neurons).

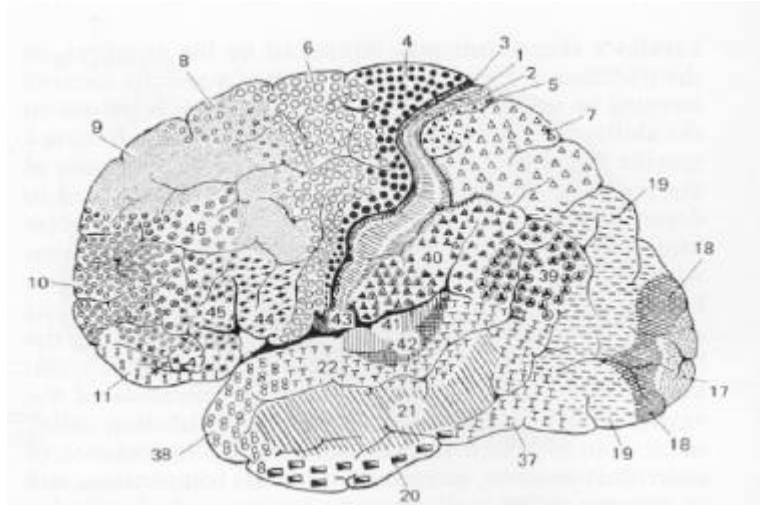




Corteccia posteriore parietale



Mette in relazione la posizione di uno stimolo con la posizione del corpo e dei suoi segmenti.



Aree 5, 7, 39 (supramarginal gyrus) e 40 (angular gyrus).



Specializzazione emisferica nel Posterior Parietal Lobe



Aree sinistre: specializzate nell'elaborazione del linguaggio.

Aree destre: specializzate nell'elaborazione degli stimoli spaziali.

Danni all'area destra portano a:

- Eminegligenza spaziale (neglect).
- Localizzazione degli oggetti nello spazio.
- Riconoscimento di oggetti complessi messi nella mano.
- Disegnare oggetti tridimensionali.



Input / Output del Posterior Parietal Lobe

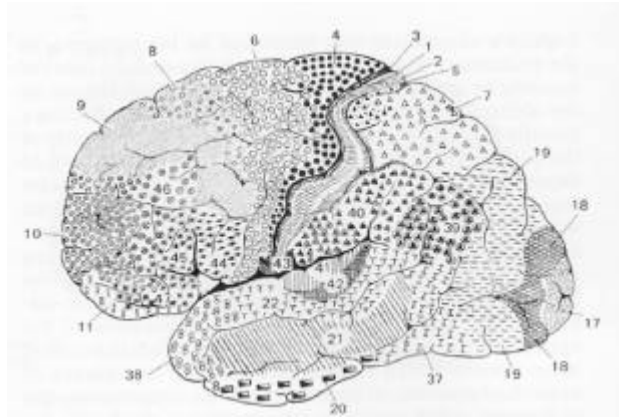


Input: aree sensoriali (aree 1-2-3).

Area 5. Costruisce mappe somato-sensoriali della posizione.

Area 7. Integra visione con mappe somato-sensoriali ed uditive.

Output: aree pre-motorie (area 7 anche cervelletto).



Mirror neurons and circuits

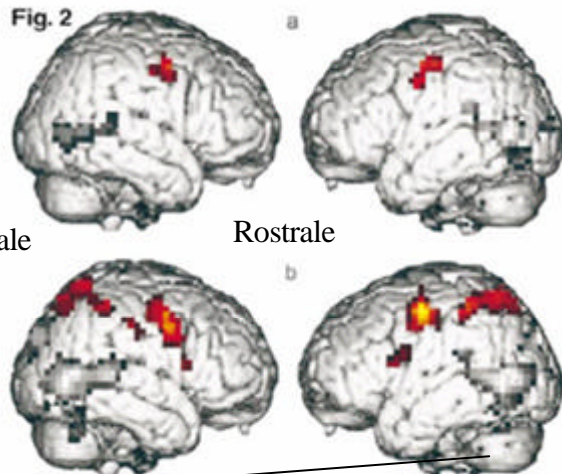


Arete prefrontali, attive sia nell'osservazione che nell'immaginazione che nell'esecuzione di movimenti.

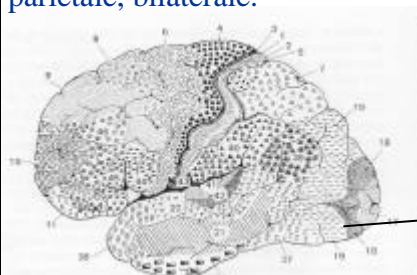
Attivazione pre-motoria.

Attivazione pre-motoria + parietale, bilaterale.

Lo sperimentatore muove le mani senza oggetto.



Lo sperimentatore muove le mani con oggetto.





Virtual grasping



Circuito in buona parte sovrapposto, per esecuzione di movimento, visione del movimento ed immaginazione del movimento.

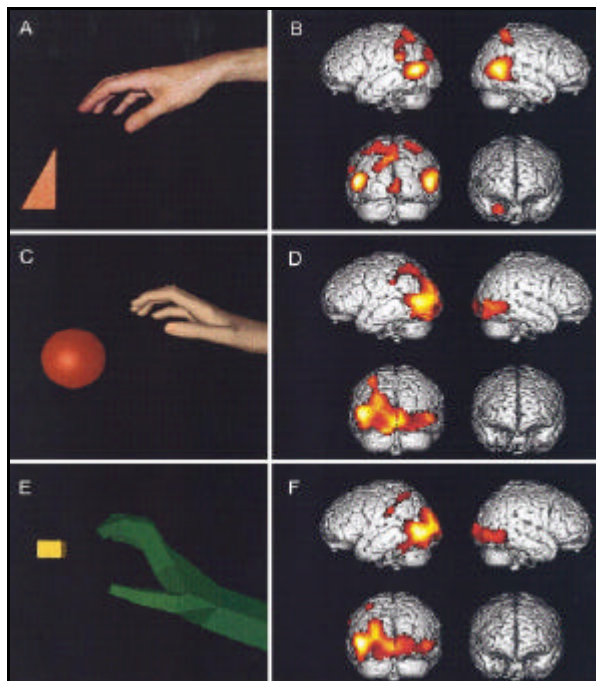
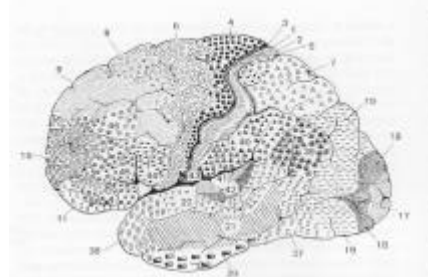
Visione del movimento:

Aree visive: MT bilaterale, area 18, sinistra (Visione movimento).

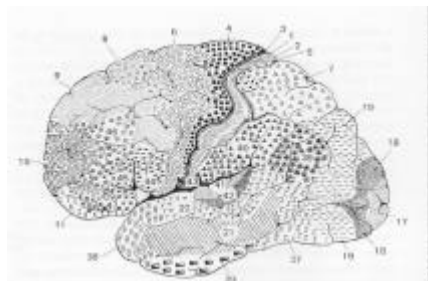
Aree "spaziali", parietali: area 7 ed area 40 sinistre. Area 7 destra.

Aree temporali, area 20 sinistra ed area 37 destra.

Aree premotorie, area 6, mesiale, sinistra.

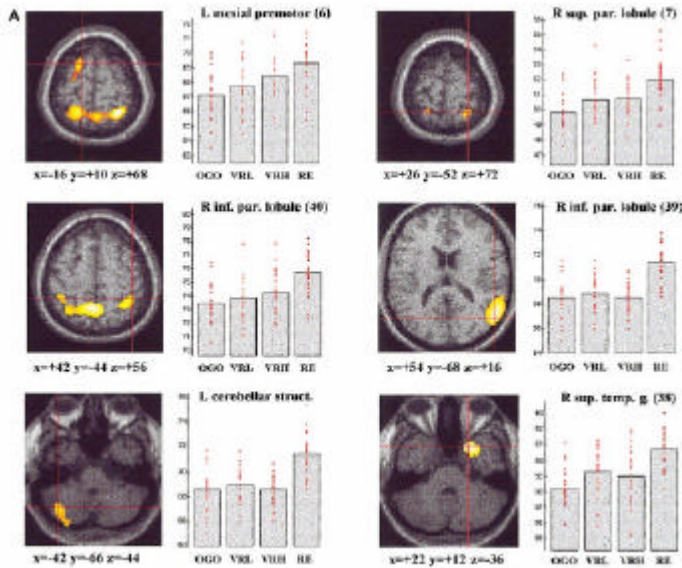


Virtual grasping.

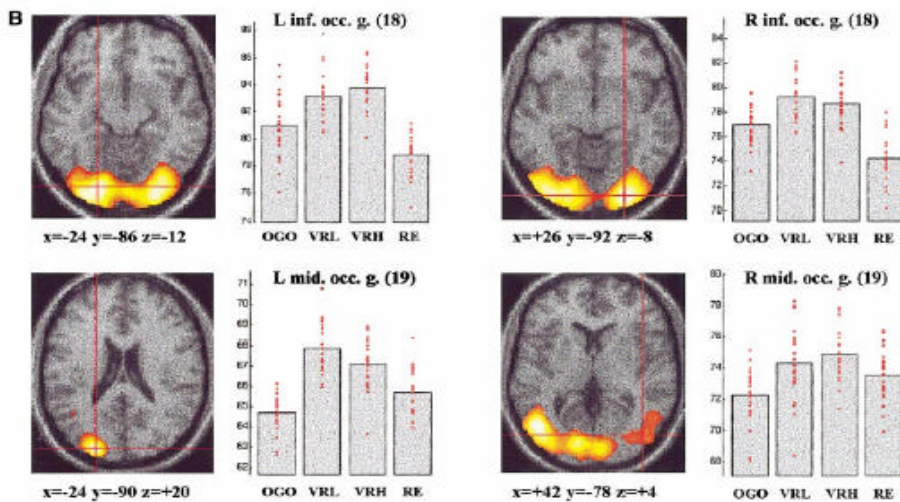




Confronto per diversi gruppi di aree

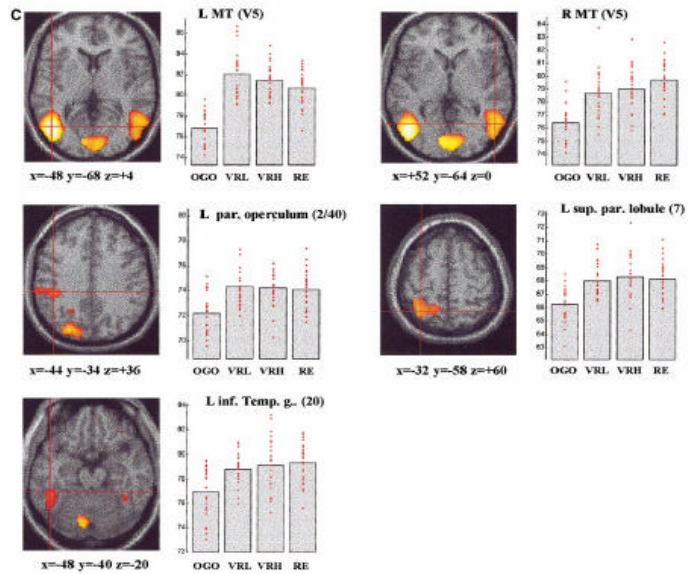


Confronto per differenti tipi di aree





Confronto per gruppi di aree

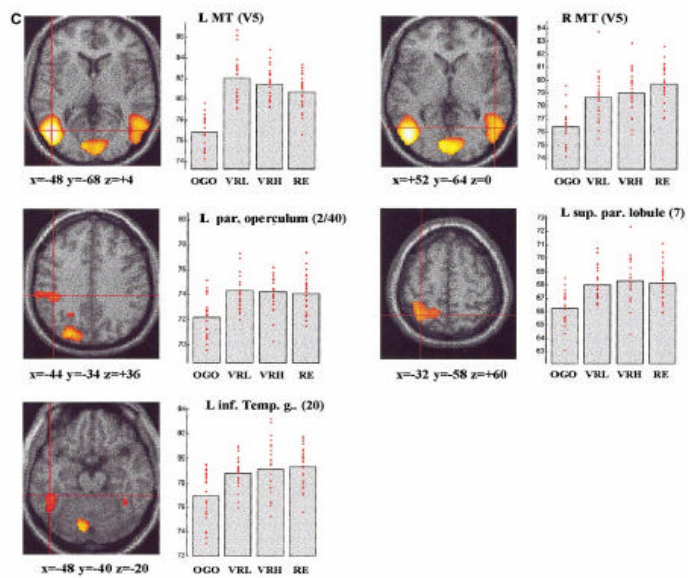


A.A. 2003-2004

i.it-borghese



Confronto per gruppi di aree



A.A. 2003-2004

S2/57

http://nommes.osl.unimi.it/~borghese



Trasformazioni visuo-motorie



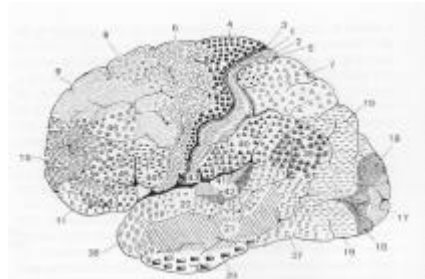
I nostri occhi sono la finestra sul mondo.

Visione per percezione.

Visione per azione.

Hanno due substrati neurali diversi: sono due network distinti.

Questi circuiti occupano la gran parte del volume del SNC.



Trasformazioni visuo-motorie

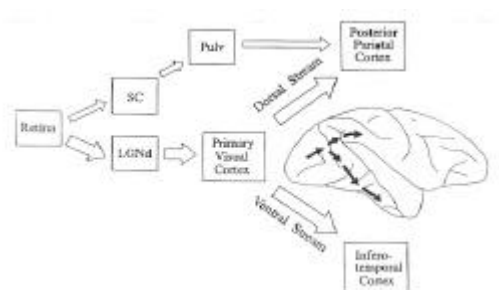


I nostri occhi sono la finestra sul mondo.

Visione per percezione.

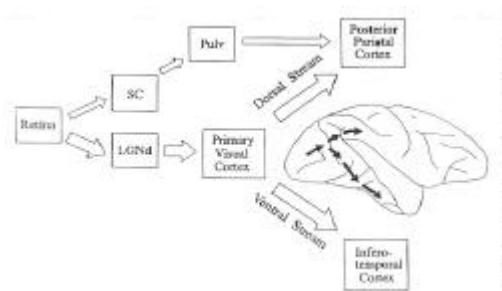
Visione per azione.

Hanno due substrati neurali diversi: sono due network distinti.





Trasformazioni visuo-motorie



Ungerleider and Mishkin – “*what*” and “*where*” pathways.

Millner and Goodale – rappresentazione percettiva o rappresentazione motoria di un oggetto. Non c’è differenza tra *what* and *where*, ma vengono elaborati in modo differente.

Sono i fondamenti della nostra vita cognitiva.



Riscontri neurologici



Danni alla corteccia parietale posteriore:

- Atassia ottica.
- Difficoltà di reaching sotto controllo visivo.
- Difficoltà a dimensionare l’ampiezza dell’apertura della mano.
- Difficoltà ad orientare correttamente la mano.
- Non riescono quindi ad afferrare gli oggetti.
- Nessun problema nella descrizione “di quello che dovrebbero fare”.

Danni alla corteccia ventro-laterale.

- Agnosia visiva appercettiva.
- Nessun problema quando l’input è tattile o vocale.
- Non è in grado di organizzare l’input visivo.
- Nessun problema ad afferrare oggetti, “anche se non sanno cosa stanno afferrando!”.



Riassunto



Circuiti che concatenano aree diverse.

Circuito visuo-motorio (fornisce informazioni adatte all'esecuzione del movimento).

Circuito visuo-cognitivo (fornisce informazioni adatte all'apprendimento cognitivo).

Circuiti visuo-motorio (Visivo -> Parietale -> Pre-frontale -> Motorio).

Rappresentazione di movimenti a livello sempre più astratto, fino alla rappresentazione del movimento per sé (mirror neurons).