

# L'intelligenza biologica Computazione nel sistema nervoso

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



A.A. 2004-2005

1/43

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



## Sommario



**Struttura del Sistema Nervoso Centrale**

Il linguaggio e le emozioni

Le trasformazioni visuo-motorie

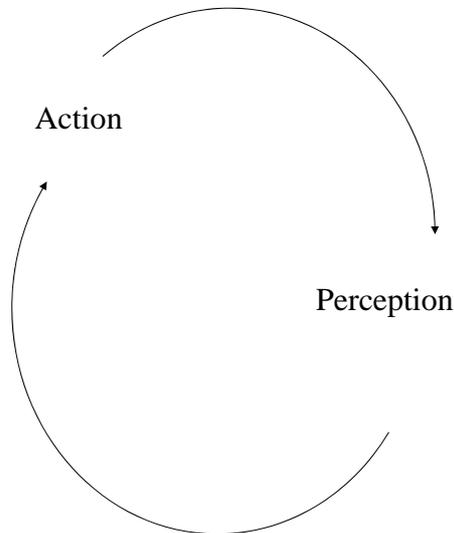
A.A. 2004-2005

2/43

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



## 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.

Apprendimento da esempi.

A.A. 2004-2005

3/43

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



## 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 è la teoria moderna delle funzioni cognitive cerebrali.

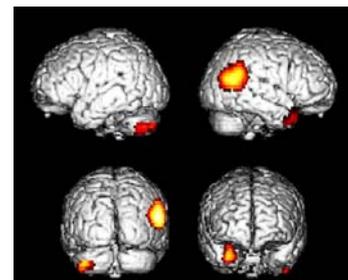
### **Circuiti neurali.**

Ciascun circuito assembla aree che svolgono operazioni elementari e che possono lavorare in parallelo (**Parallel Distributed Processing**).

Neuroni afferenti sensoriali, neuroni efferenti motori ed interneuroni.

**Dall'anatomia alla funzione.**

4/43

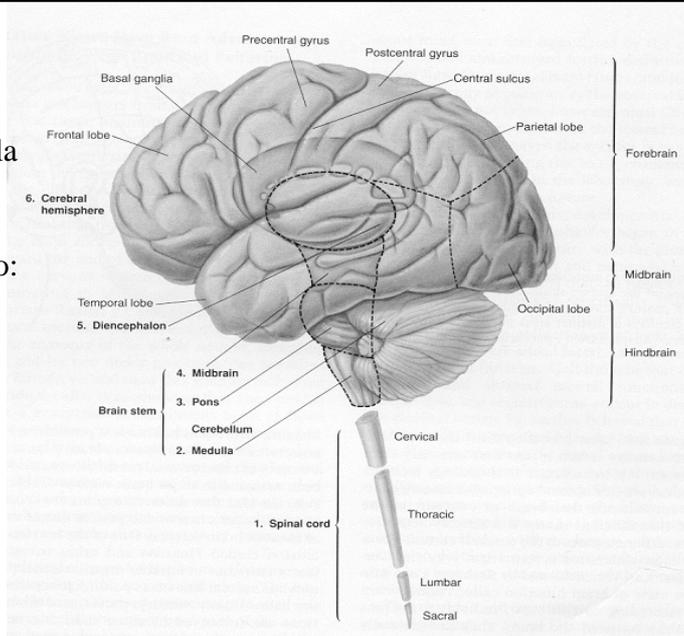




Sistema nervoso centrale:  
nella scatola cranica e nella  
spina dorsale.

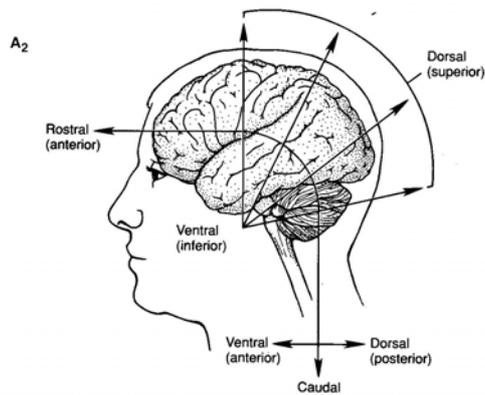
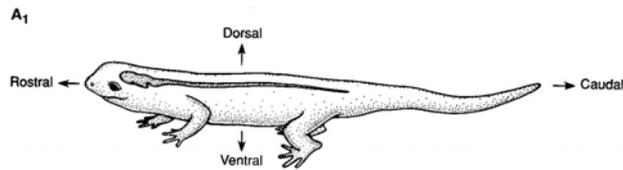
Sistema nervoso periferico:  
nervi e gangli; parte  
somatica ed autonoma.

*Parallel,  
Distributed  
processing.*



## Struttura del Sistema Nervoso

A.A. 2004-2005



## I punti cardinali del SNC

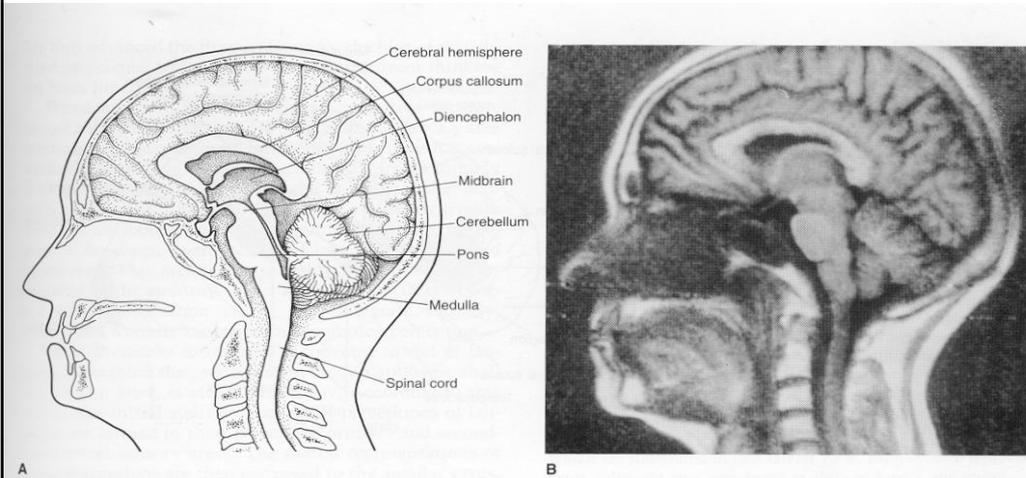


A.A. 2004-2005

res.dsi.unimi.it/~borghese



## I distretti principali del Sistema Nervoso Centrale



*Parallel, Distributed Processing.*

A.A. 2004-2005

7/43

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



## La spina dorsale

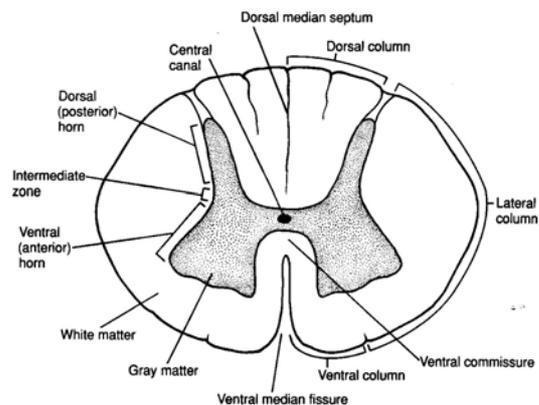


*Spina dorsale:* Controlla il movimento degli arti e del tronco e riceve informazioni sensoriali dagli stessi distretti anatomici.

Si dipartono 31 paia di *nervi spinali*.

Contiene stazioni di elaborazione elementari e soprattutto assoni.

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



A.A. 2004-2005

8/43

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



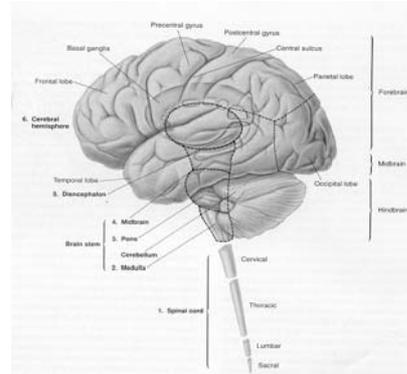
## Brain Stem (tronco encefalico)



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.



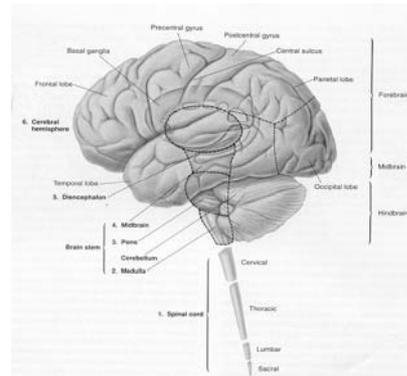
## Diencefalo



“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

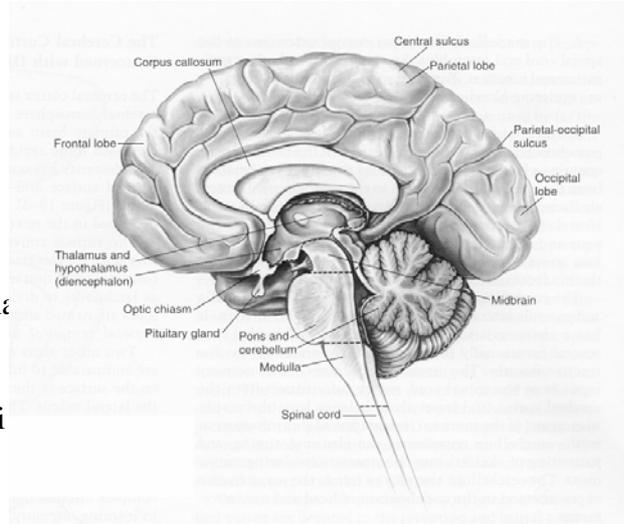


Emisferi simmetrici  
bilateralmente.

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.



A.A. 2004-2005

11/43

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



## Le convoluzioni cerebrali.

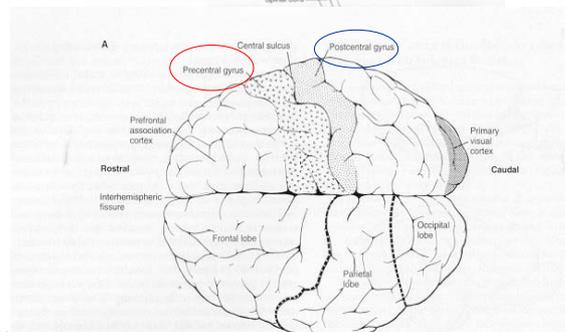
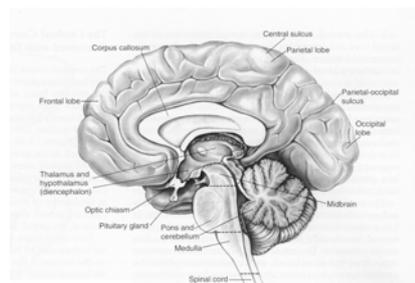


Struttura convoluta sotto la  
pressione dell'evoluzione.

Gyri e solci.

Alcuni solchi sono elementi di  
contrassegno.

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

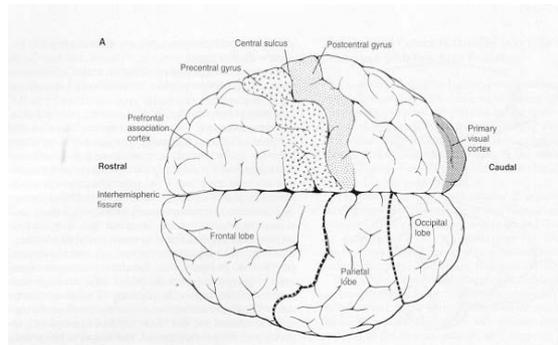
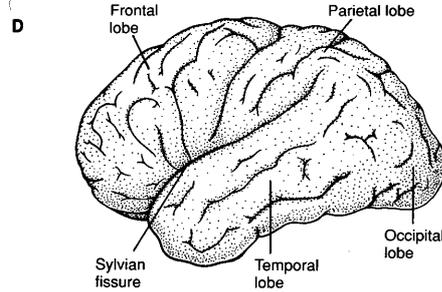


A.A. 2004-2005

12/43



+ *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

A.A. 2004-2005

13/43

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



## 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.

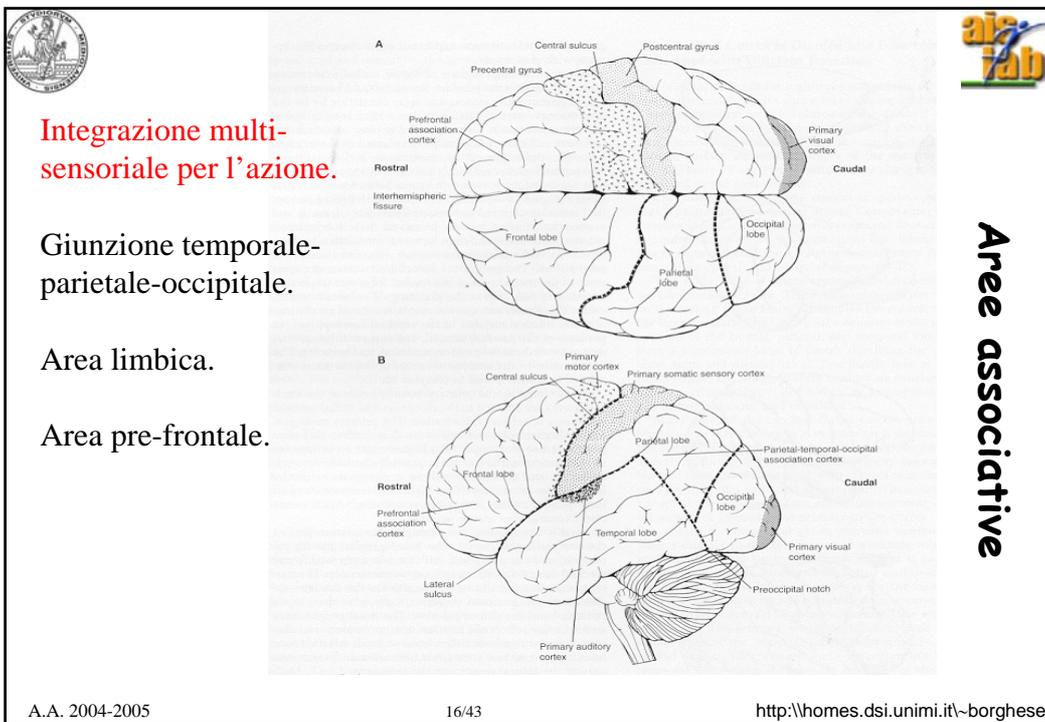
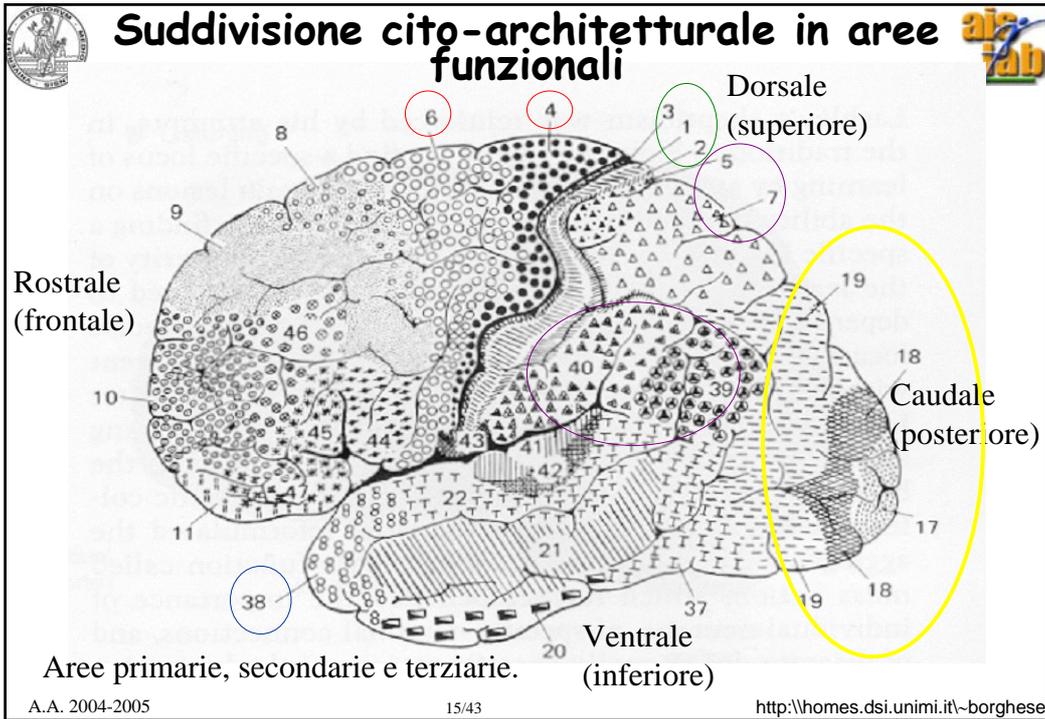
*Lobo temporale*: udito, apprendimento, riconoscimento (memoria), rappresentazioni ed emozioni.

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

A.A. 2004-2005

14/43

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





## Sommario



Struttura del Sistema Nervoso Centrale

**Il linguaggio e le emozioni**

Le trasformazioni visuo-motorie



## Linguaggio ed afasia

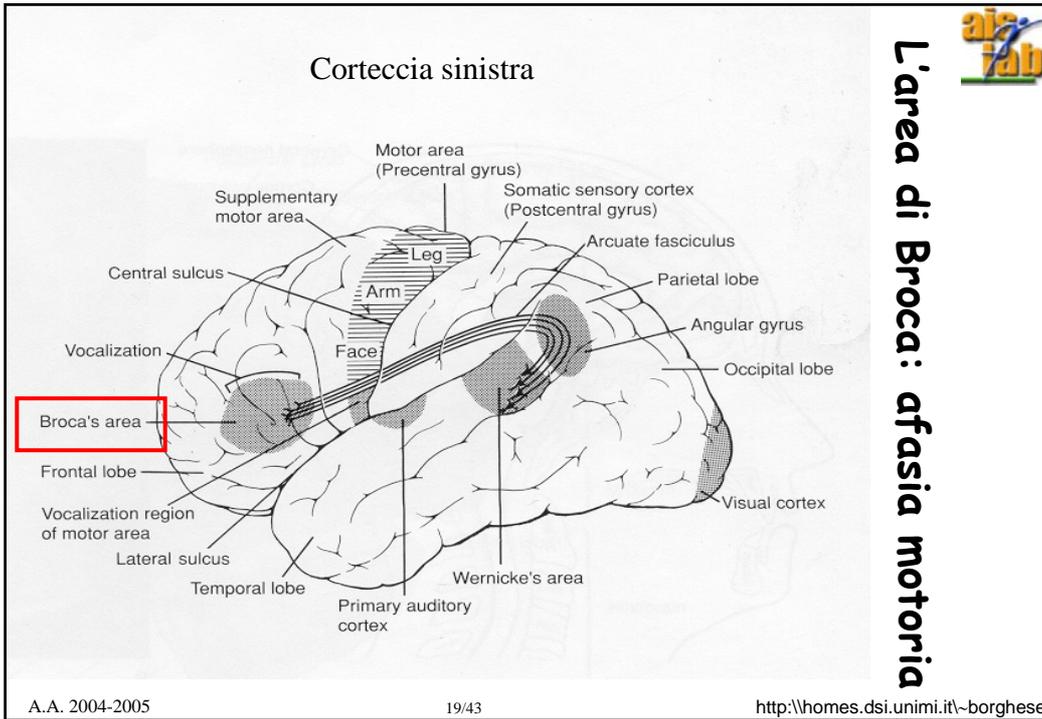


Afasia – genericamente, disordine del linguaggio.

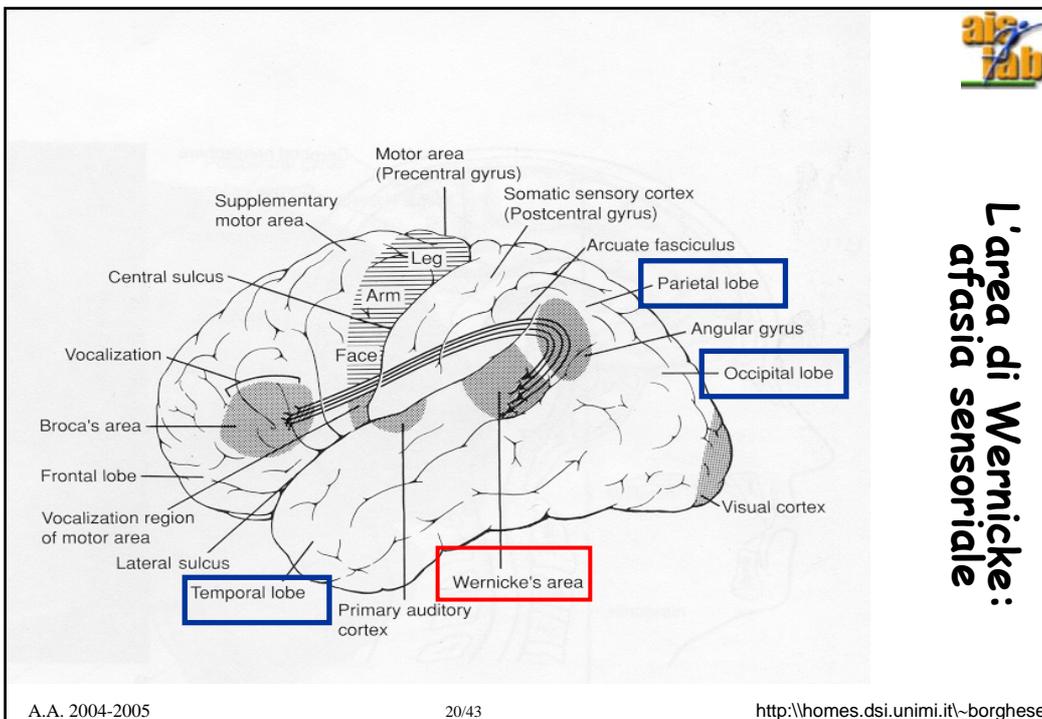
**Lo studio sperimentale delle funzioni cognitive si basa su tre pilastri: neuro-imaging, lesioni e neuro-anatomia.**



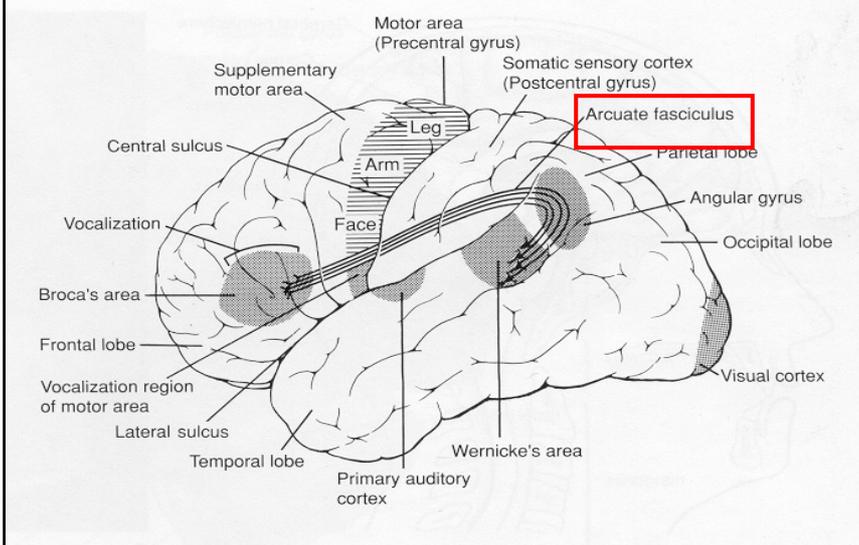
## L'area di Broca: afasia motoria



## L'area di Wernicke: afasia sensoriale



## Parallel Distributed Processing!!



## Un terzo tipo di afasia

A.A. 2004-2005

21/43

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



## Interruzione della circular reaction



Speech

Hearing

**X**

**Afasia di conduzione. Un paziente può:**  
comprendere il linguaggio.  
parlare fluentemente.

**Ma:**

Non correttamente (omissione di parti del discorso, utilizzo di suoni sbagliati ....)

Si accorge del proprio errore ma non riesce a correggersi.

A.A. 2004-2005

22/43

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



## Wernicke's model

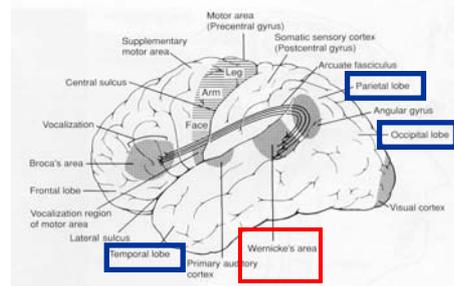
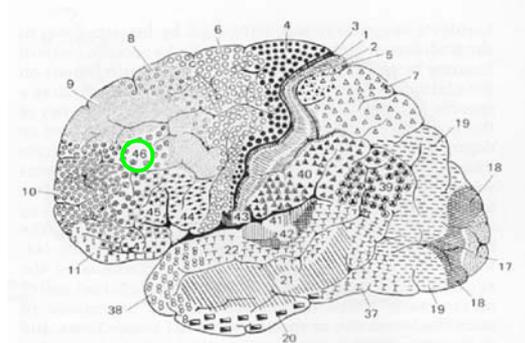


Parallel Distributed Processing.

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

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

Prosodia (corteccia destra).



A.A. 2004-2005

23/43



## La localizzazione del linguaggio



Parallel Distributed Processing.

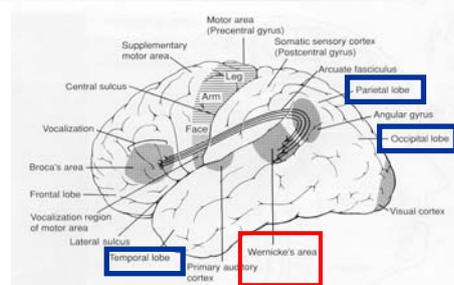
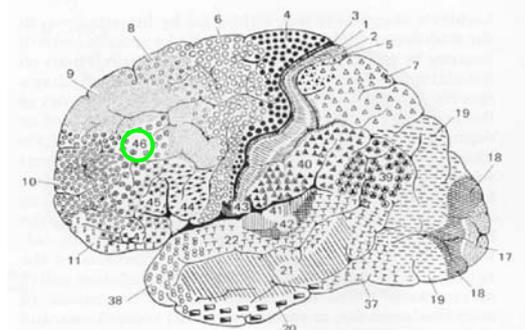
Rappresentazione cognitiva (pre-frontale, area 46).

Rappresentazione motoria (area di Broca).

Rappresentazione acustica e associative (area di Wernicke).

Lettura di una parola -> area di Broca.

Immaginazione di una parola -> area 46.



A.A. 2004-2005

24/43



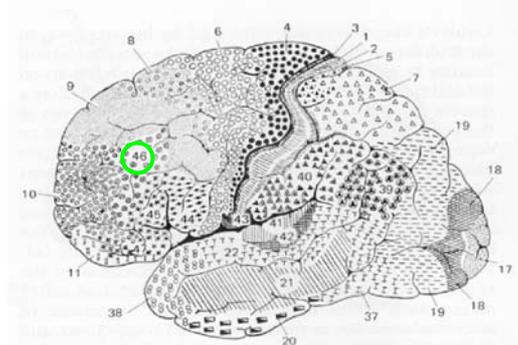
## Apprendimento del linguaggio



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).



Solo se c'è produzione acustica si attiva l'area di Wernicke.

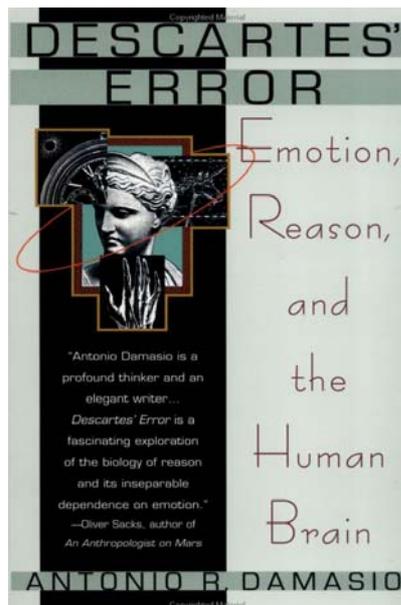
A.A. 2004-2005

25/43

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



## Phineal Gage



Interazione molto stretta tra mente (intesa come sede delle facoltà intellettive) e corpo sede delle capacità sensoriali e motorie.

A.A. 2004-2005

26/43

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



## Sommario



Struttura del Sistema Nervoso Centrale

Il linguaggio e le emozioni

**Le trasformazioni visuo-motorie**



## Trasformazioni visuo-motorie



Action

Perception  
(visione è la modalità  
percettiva primaria)



## Il movimento volontario

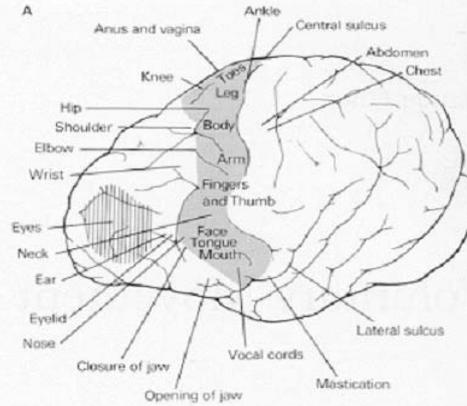


### Movimenti volontari.

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.



A.A. 2004-2005

29/43

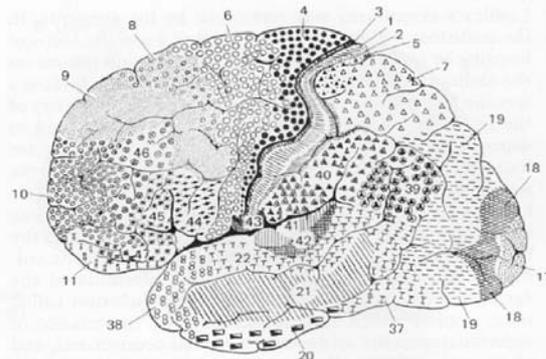
<http://homes.dsi.unimi.it/~borgese>



## 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 della 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-motoria (area 6), e l'area motoria (area 4).

Oltre alle aree visive 17, 18, 19, 37.

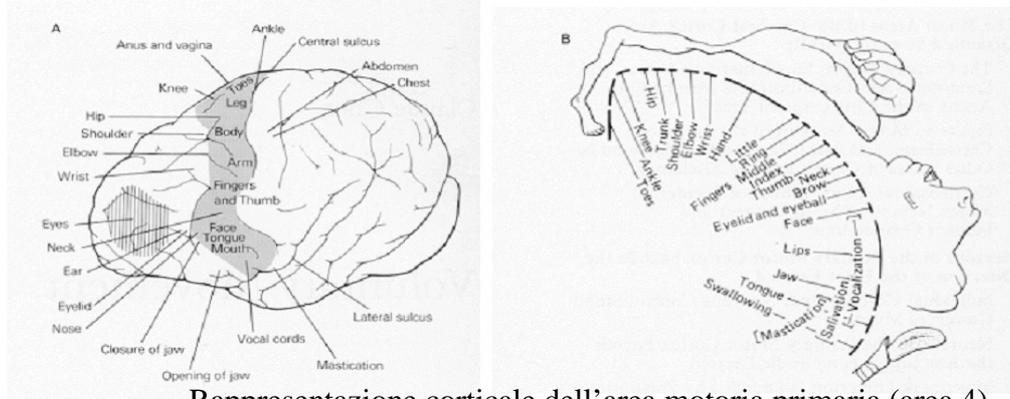
A.A. 2004-2005

30/43

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



## Le mappe corticali: l'Homunculus (Penfield, 1950)

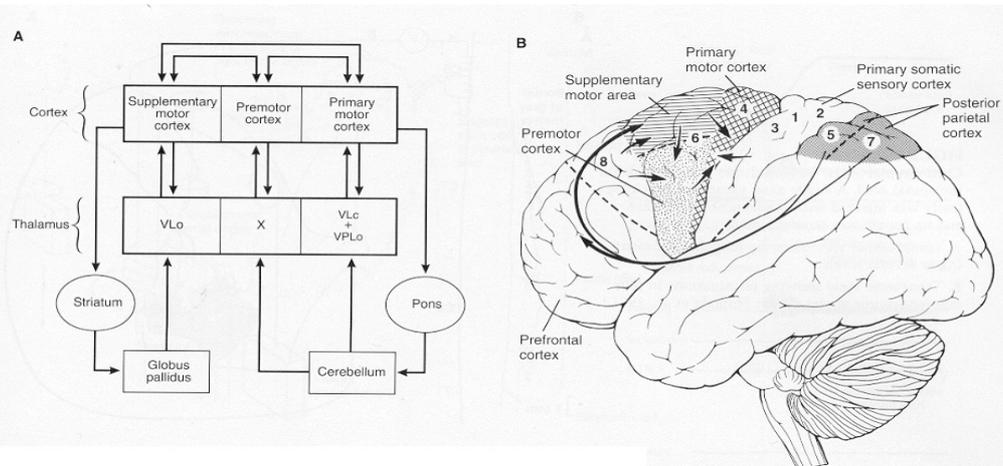


Rappresentazione corticale dell'area motoria primaria (area 4).

Mappa <- “Mapping”: trasformazione che mantiene nell'output la contiguità tra gli input. Cosa richiama?



## Input alle aree motorie





## Output delle aree motorie



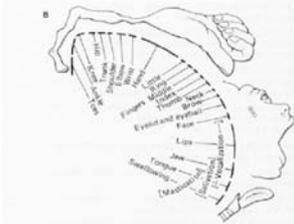
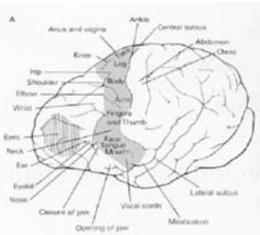
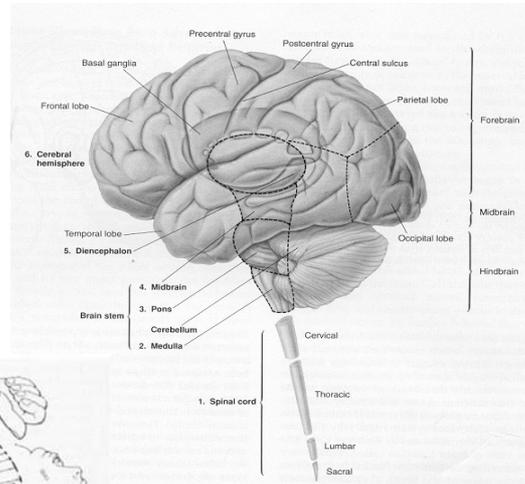
Muscoli diversi hanno regioni di attivazione diverse.

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).



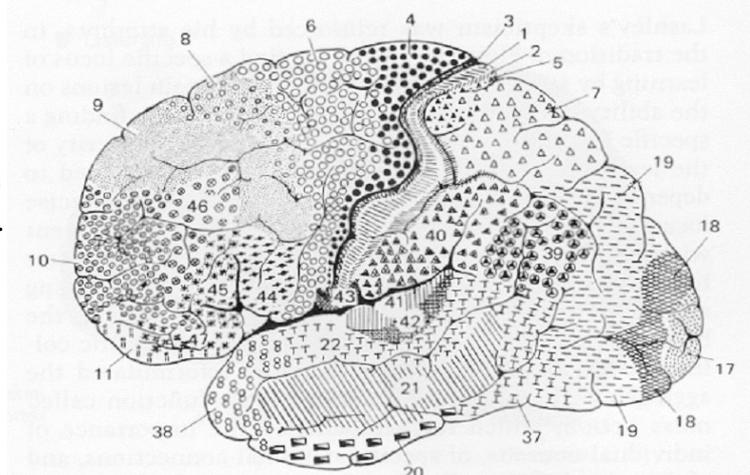
<http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese>



## Corteccia 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).

A.A. 2004-2005

34/43

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



## 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.

A.A. 2004-2005

35/43

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



## Input / Output del Posterior Parietal Lobe

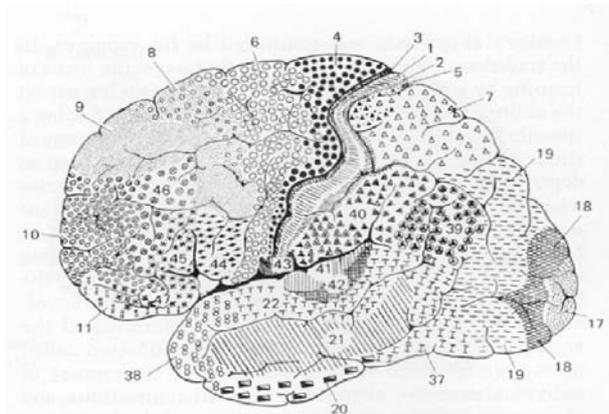


Input: aree sensoriali (aree 1-2-3).

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).



A.A. 2004-2005

36/43

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



## Mirror neurons and circuits

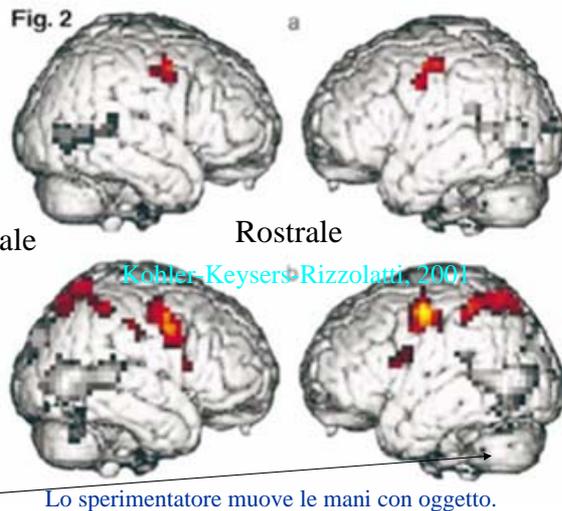
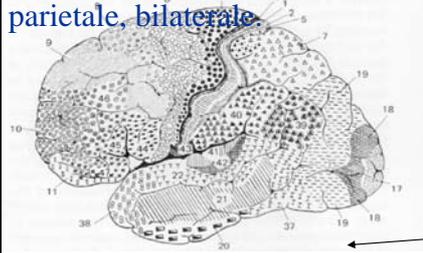


Are prefrontali, attive sia nell'osservazione che nell'immaginazione che nell'esecuzione di movimenti.

Lo sperimentatore muove le mani senza oggetto.

Attivazione pre-motoria.

Attivazione pre-motoria + parietale, bilaterale



A.A. 2004-2005

37/43

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



## Aree pre-motorie



### Supplementare motoria (Area 6).

- Sequenza di movimenti (complessità spaziale e temporale).
- Coordinamento bi-manuale.
- Coordinamento postura-movimento.

### Pre-motoria laterale

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

A.A. 2004-2005

38/43

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



## Trasformazioni visuo-motorie



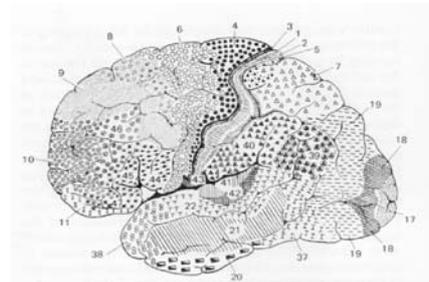
I nostri occhi sono la finestra sul mondo.

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.



A.A. 2004-2005

39/43

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



## Trasformazioni visuo-motorie

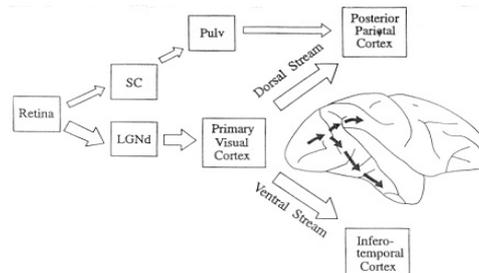


I nostri occhi sono la finestra sul mondo.

Visione per percezione.

Visione per azione.

Hanno due substrati neurali diversi: sono due network distinti.



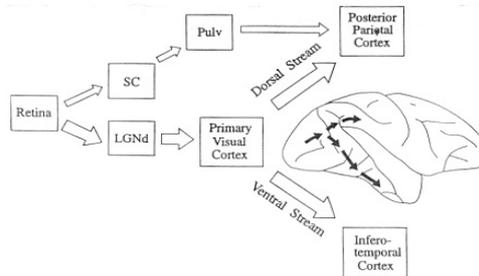
A.A. 2004-2005

40/43

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



## 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.**

A.A. 2004-2005

41/43

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



## 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!”.

A.A. 2004-2005

42/43

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



## Riassunto



Circuiti che concatenano aree diverse.

Il linguaggio ha una componente motoria ed una componente sensoriale.  
Viene rappresentato apparentemente in aree frontali.

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

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

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