



L'intelligenza biologica



Sommario

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

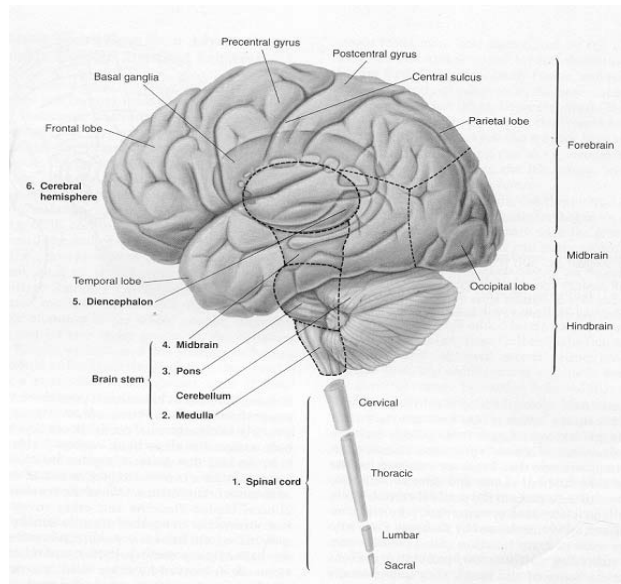
La corteccia e le funzioni cognitive.
Il linguaggio.



Struttura del cervello



*Parallel,
Distributed
processing.*

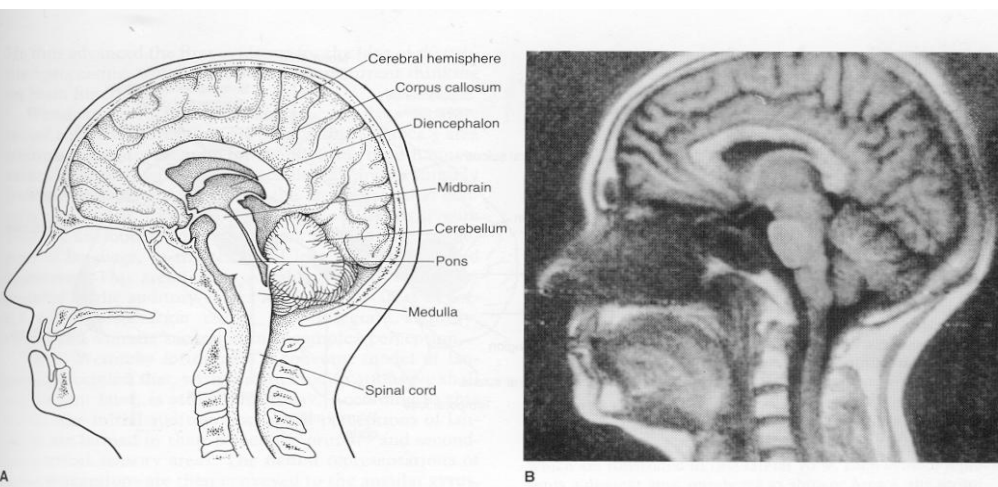


Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 3/52



Mappe cerebrali



Parallel, Distributed processing.

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 4/52



Ruolo delle diverse Parti



Spina dorsale. Controlla i movimenti assiali elaborando input sensoriali locali.

Brain stem.

- Medulla oblungata. Sistema autonomo: respirazione, digestione...
- Ponte. Tramite tra Forebrain e cervelletto.
- Midbrain. Movimenti oculari. Movimenti occhi-testa.
- Cervelletto. Esecuzione automatica di trasformazione I/O.

Diencefalo.

Talamo. Relay verso gli emisferi cerebrali.

Ipotalamo. Sistema nervoso autonomo: battito cardiaco, viscere...

Forebrain.

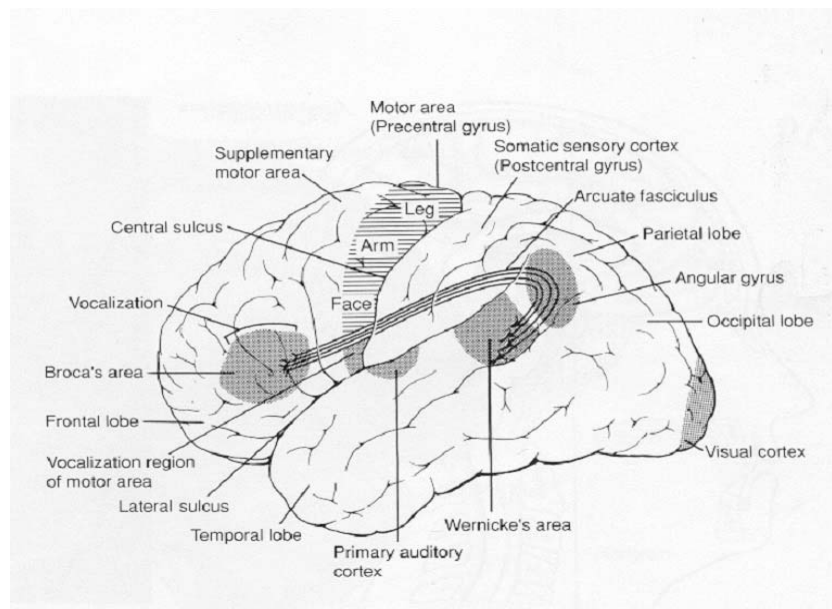
Corteccia. Funzioni diverse.

Gangli della base. Regolazione ed apprendimento del movimento.

Ippocampo. Memoria.

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 5/52



I 4 lobi cerebrali

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 6/52



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.

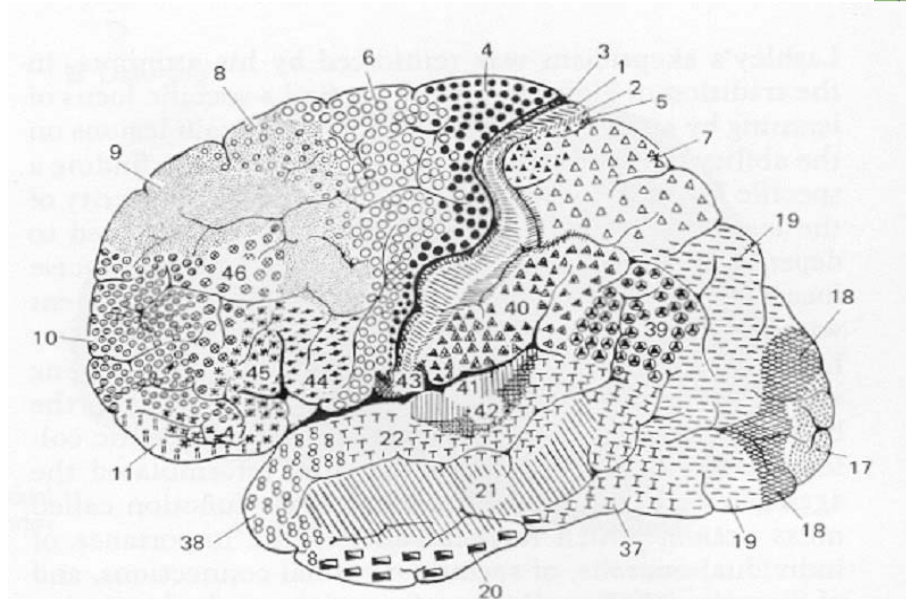
Competenza contro-laterale dei due emisferi.
Lateralizzazione di alcune funzioni.

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 7/52

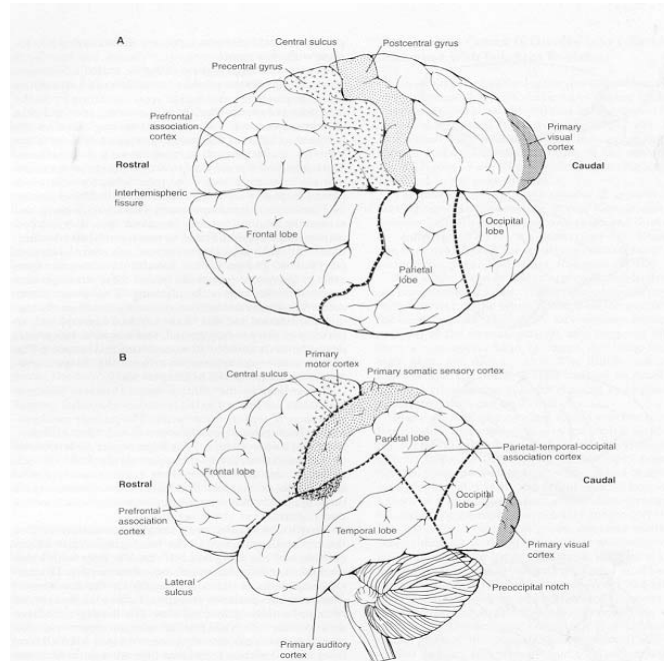


Suddivisione anatomica



Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 8/52

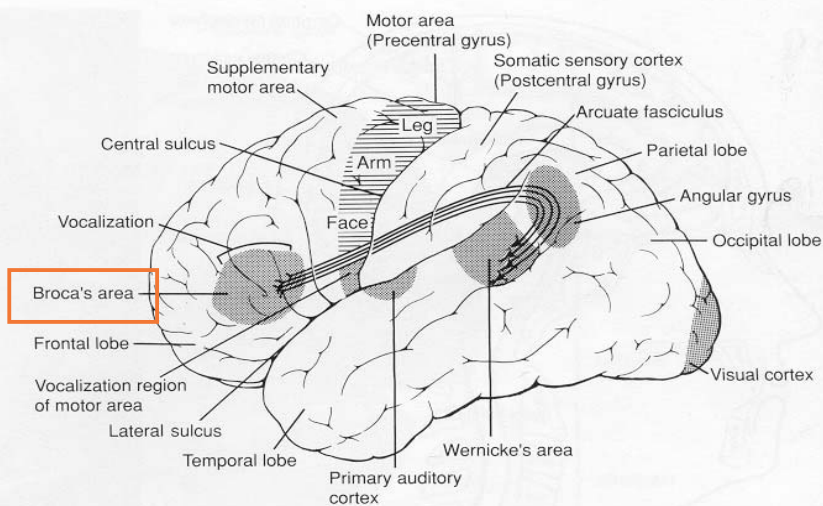


Suddivisione anatomica

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 9/52

Corteccia sinistra



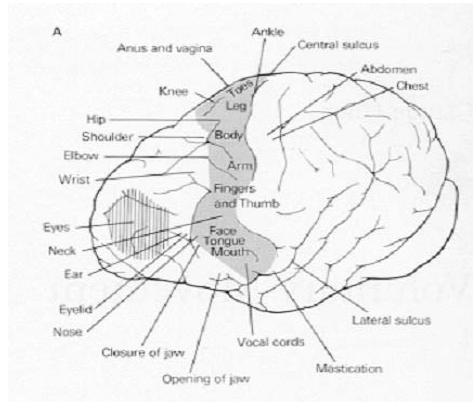
L'area di Broca: afasia motoria

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

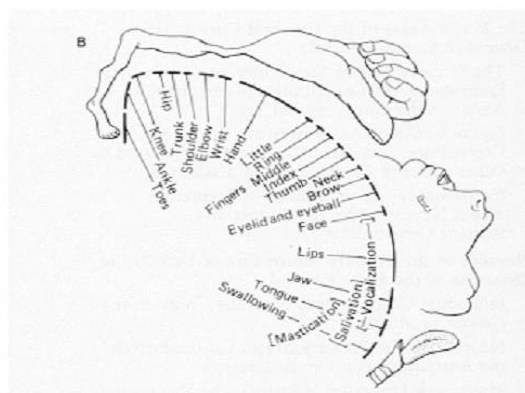
<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 10/52



L'Homunculus (Penfield, 1950)



Corteccia dei primati



Corteccia umana

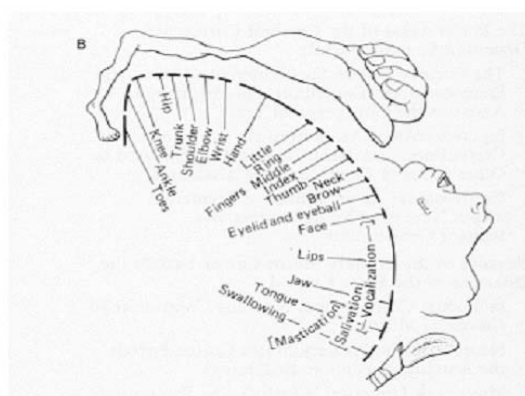
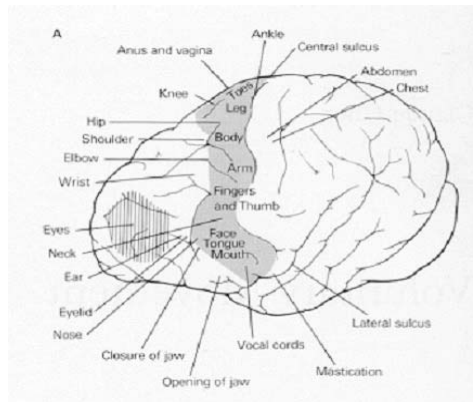
Rappresentazione corticale di una mappa motoria.

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 11/52



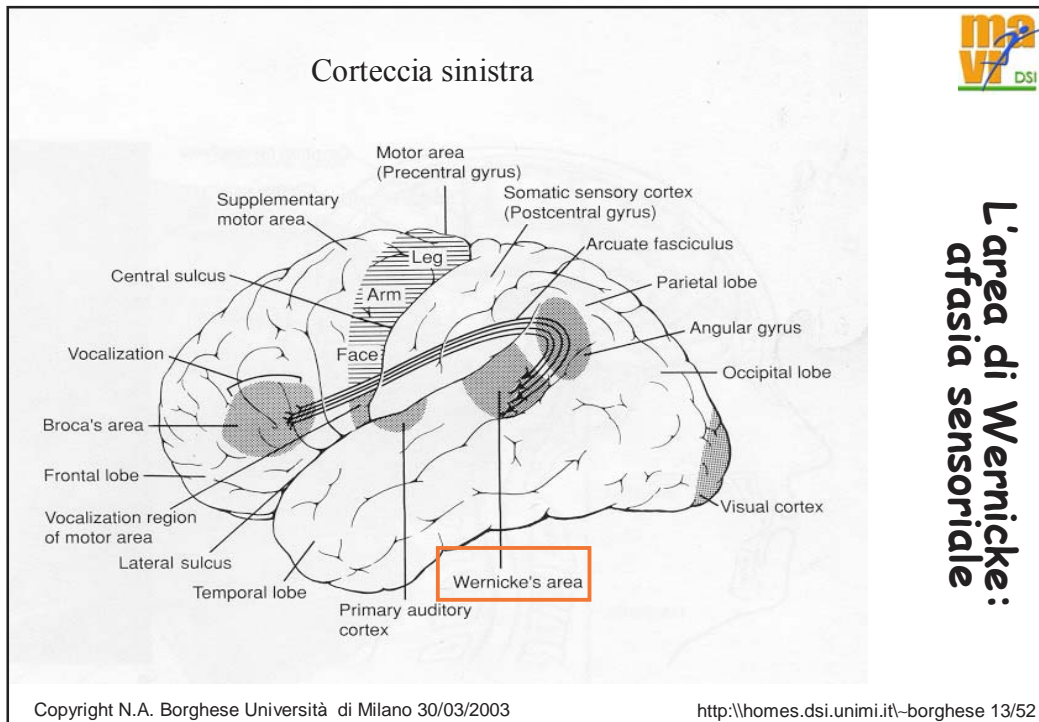
Aree motorie




Movimenti multi-joint (e multi-side per la SMA).


Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 12/52





Il linguaggio



Regioni distinte: sensoriali e motorie.

Apprendimento bottom-up.

Riconoscimento di intonazione, suoni e fonemi (aree associative), più avanti, associazione con lettere scritte e visemi.

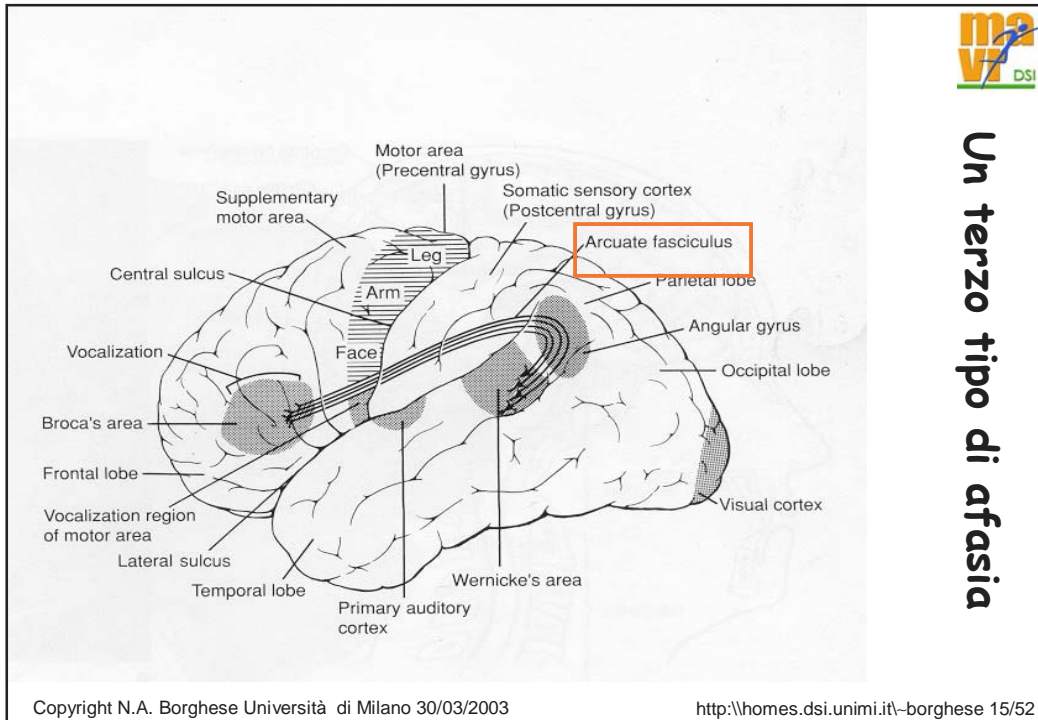
Riproduzione sonora (moratoria) delle parole (area di Broca).

Associazione di sillabe in parole ed associazione ad un significato (area prefrontale, area 46).

Visemi ed immaginazione di parole, non passano per l'area di Wernicke.

I circuiti del linguaggio elaborano in modo parallelo e sequenziale i componenti diversi. Molto lavoro per la modellazione neuronale!

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003 <http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 14/52



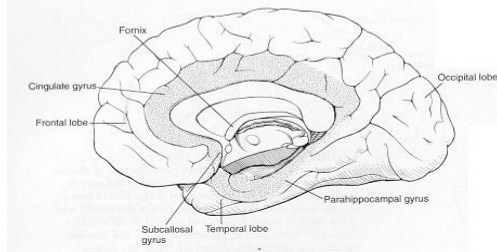
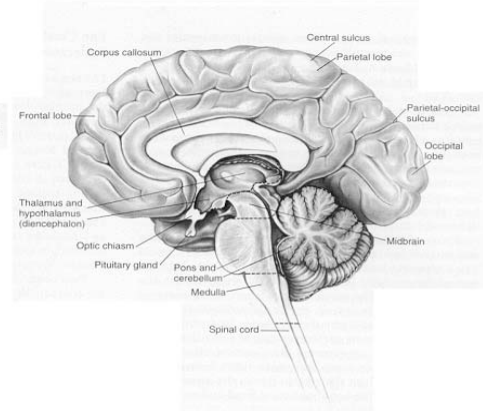
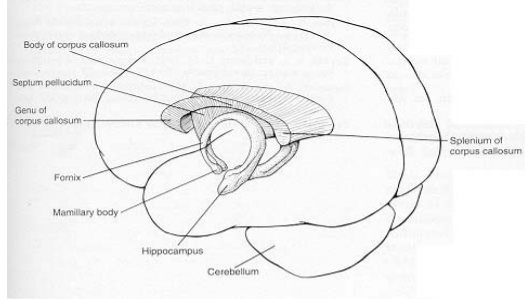
Le emozioni

La comprensione del contenuto emozionale del linguaggio in aree simmetriche (destra) rispetto alle aree della comprensione-esecuzione dello stesso (aree di Broca e Wernicke, sinistra).

Lesioni della corteccia temporale e frontale sinistra hanno anche modifiche permanenti nella personalità: maggiore aggressività e social impairment (e.g. Phineas Gage). *Damasio: Cartesio's error.*



Sistema limbico

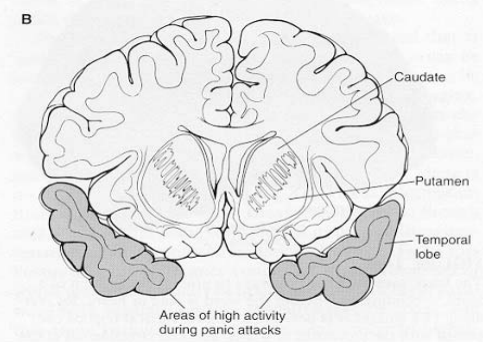
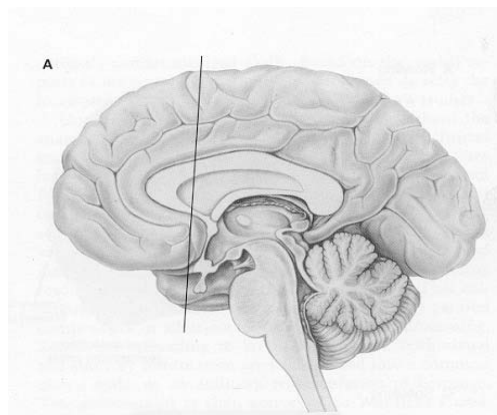


Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 17/52



Attacchi di panico



Sistema limbico

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 18/52



Organizzazione della memoria



Percezione categoriale:

- Oggetti inanimati
- Oggetti viventi (animali)
- Strumenti

.....

Percezione modale:

- Visione
- Udito
- Tatto
- Immaginazione (pensiero)

Lesioni emisfero temporale sinistro.



Split-brain



Pazienti con separazione del corpo calloso.

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



Corteccia motoria



Movimenti volontari.

- Orientati ad un compito motorio (e.g. scrittura, prendere un bicchiere d'acqua...).
- Caratterizzati da:
 - Equivalenza motoria.
 - Miglioramento con l'apprendimento.
 - Non necessità di uno stimolo esterno per essere eseguiti.



I movimenti volontari



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, l'area pre-motoria, e l'area motoria.



I movimenti volontari



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.

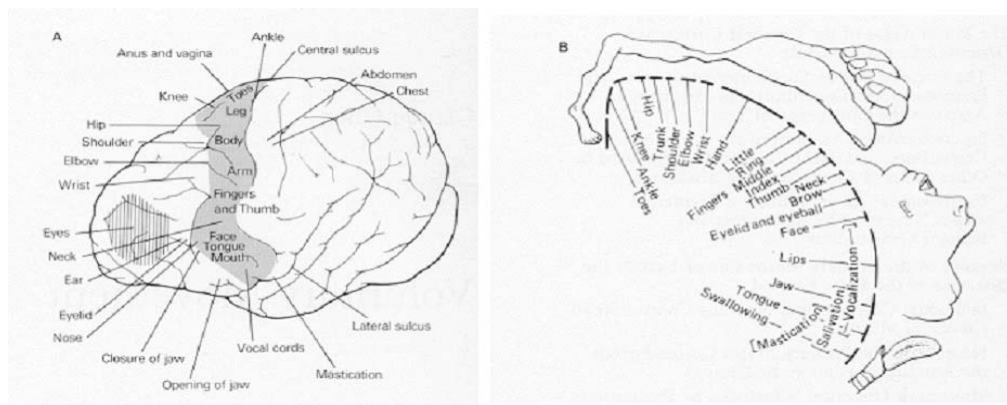
Le aree principalmente coinvolte sono: l'area parietale posteriore, l'area premotoria, e l'area motoria.

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 23/52



Aree motorie



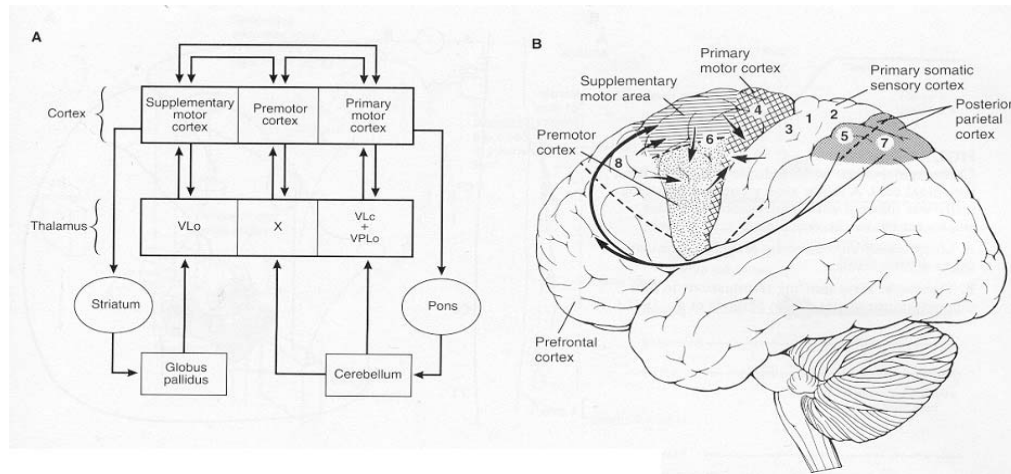
Movimenti multi-joint (e multi-side per la SMA).

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 24/52



Input alle aree motorie



Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

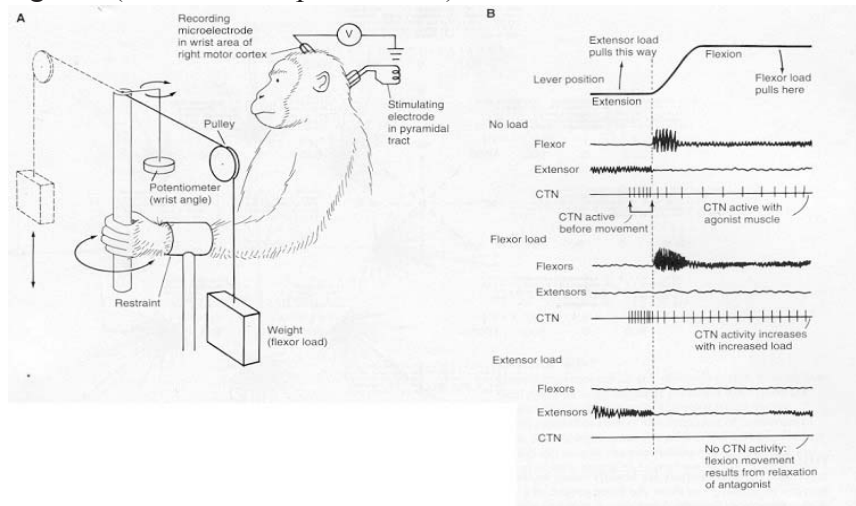
<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 25/52



Output dalle aree motorie



I muscoli distali hanno una mappatura multipla.
Divergenza (un sito attiva più muscoli).



Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

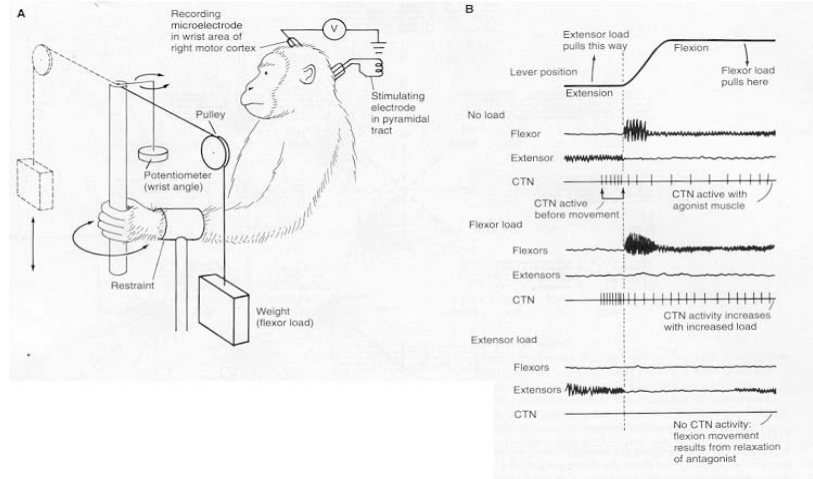
<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 26/52



Output dalle aree motorie



I neuroni corticali vengono attivati prima dell'inizio del movimento ed hanno un'attività che dipende da: estensione/flessione e forza/derivata_forza da esercitare.



Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 27/52



Cosa succede nei movimenti multi-joint?



Negli esperimenti di Evarts, la direzione della coppia del movimento coincideva con la coppia articolare.

La direzione del movimento coincideva con la direzione della coppia articolare.

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

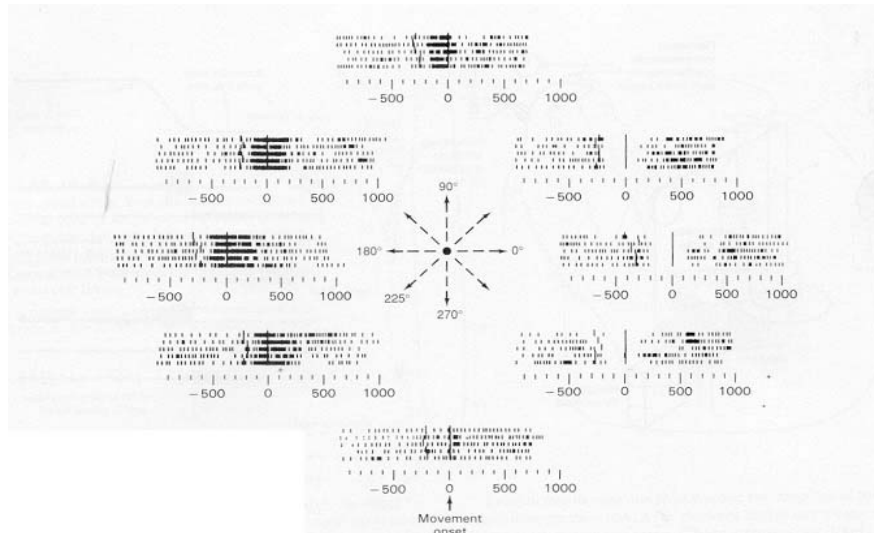
<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 28/52



Codifica della direzione del movimento



Cella con attività massima nel range da 90 a 225 gradi.



Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 29/52



Codice di popolazione



La direzione del movimento è codificato dall'insieme dei neuroni, non dal neurone singolo!

L'ampiezza, a_j , del contributo di un neurone n_j , lungo la direzione del movimento, \mathbf{d}_j , dipende dal prodotto interno della direzione preferenziale associata al neurone, \mathbf{d}_j , con \mathbf{d}_j . *Tuning con forma cosinusoidale, "a campana"*.

La direzione del contributo di un neurone n_j , è nella sua direzione preferenziale, \mathbf{d}_j .
$$\sum_i a_i \mathbf{d}_i$$

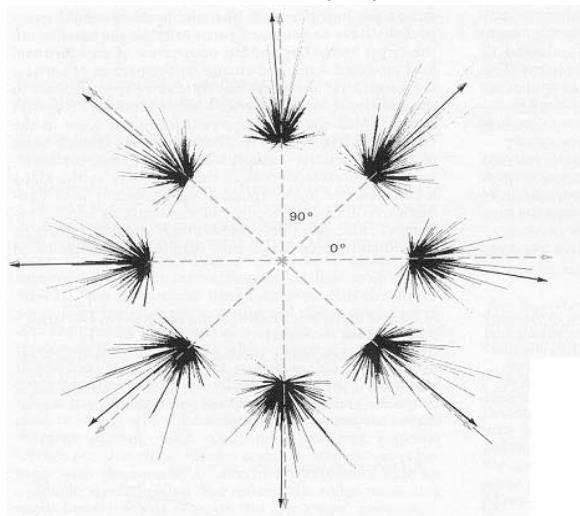
La direzione del movimento sarà uguale alla somma vettoriale dei singoli contributi:

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 30/52



Codice di popolazione



La direzione del movimento è codificata dall'insieme dei neuroni, non dal neurone singolo!

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 31/52



Osservazioni



Siti multipli per gradi di libertà distali (e.g. afferrare con due dita attive aree diverse da quelle attivate per afferrare con il palmo).

Movimenti effettuati sotto l'impulso della collera, apparentemente non passano per l'area motoria.

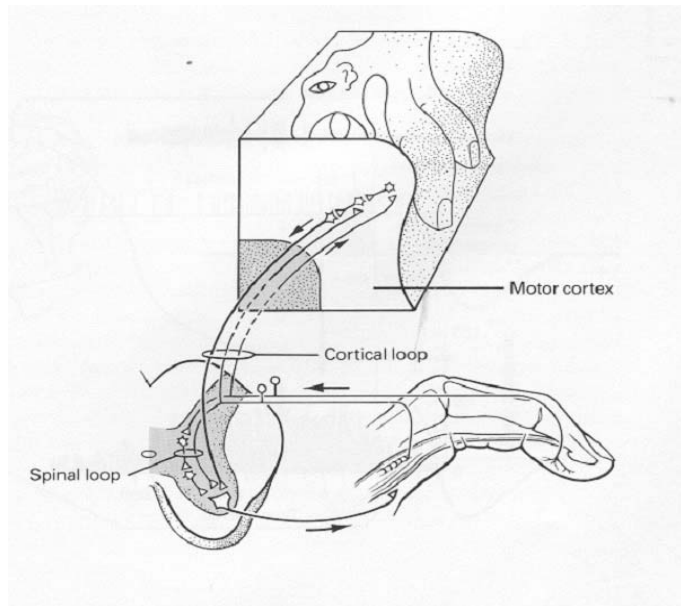
Muscoli della faccia (mandibola) attivi quando un animale scatta per mordere, sono diversi da quelli che l'animale utilizza quotidianamente per mangiare.

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 32/52



Feed-back sensoriale

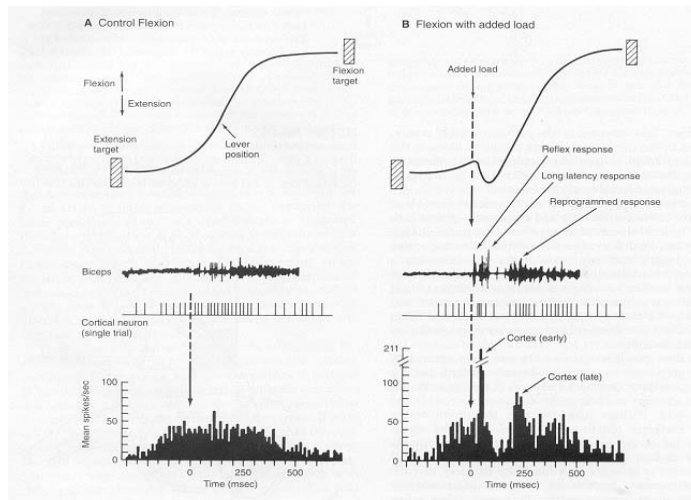


Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 33/52



Funzione del feed-back sensoriale



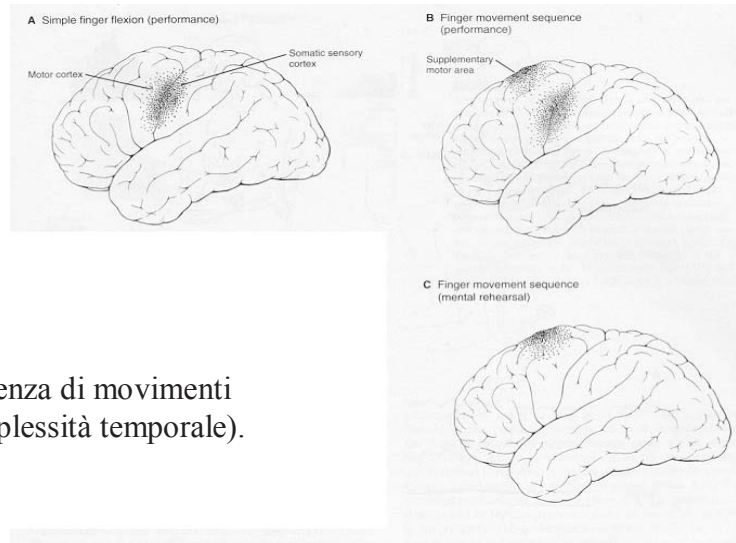
- 1) Latenza media (40ms). Burst di warning.
- 2) Latenza grande (250ms). Riprogrammazione del movimento.

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 34/52



Corteccia pre-motoria (SMA)



Sequenza di movimenti
(complessità temporale).

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

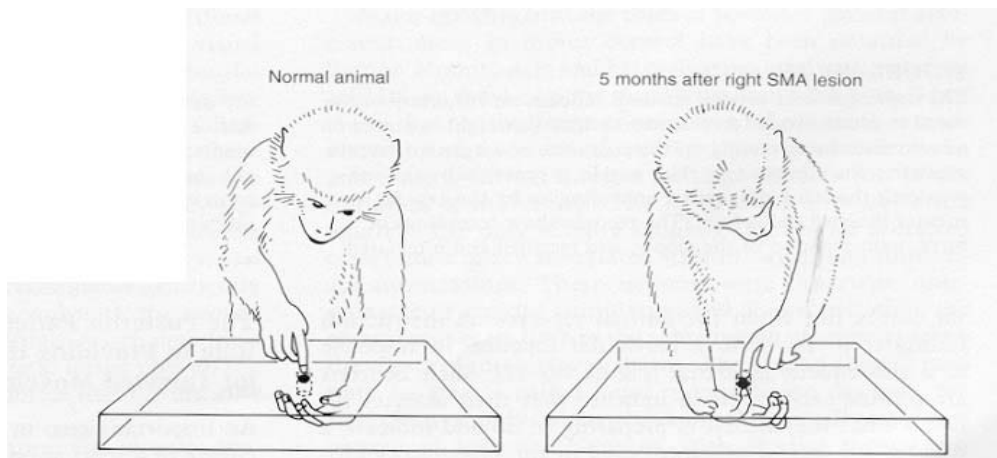
<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 35/52



Corteccia pre-motoria (SMA)



Movimenti precisi (complessità spaziale).
Movimenti bi-laterali (bimanualità).

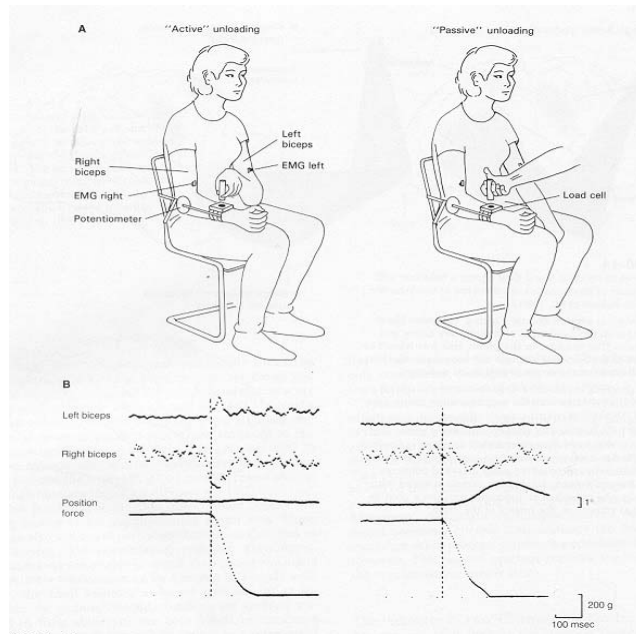


Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 36/52



Coordination posture-movement.



Corteccia pre-motoria (SMA)

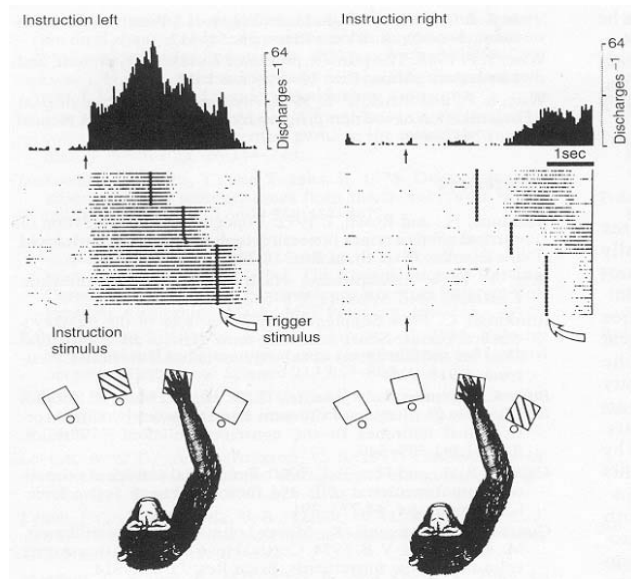
Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 37/52



Corteccia pre-motoria (laterale)

Planning del movimento.
Dall'intenzione all'esecuzione.

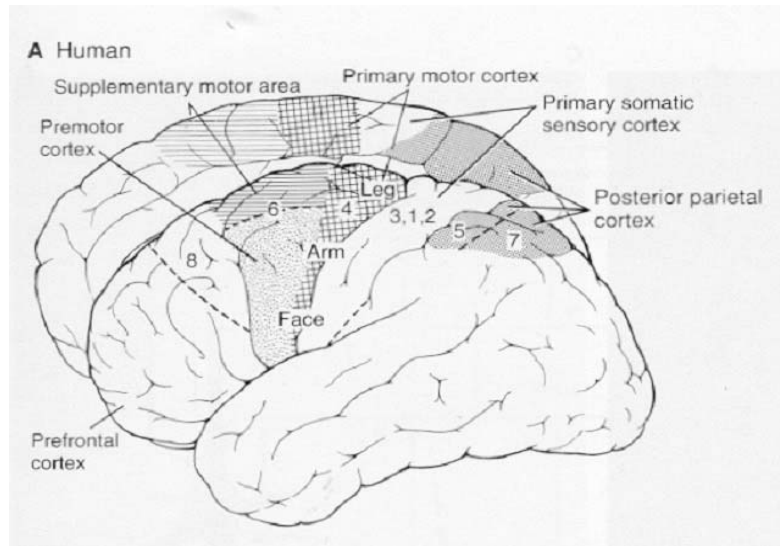


Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 38/52



Posterior Parietal Lobe



Aspetti spaziali del movimento.

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 39/52



Posterior Parietal Lobe



Neglect syndrome (ignoranza degli stimoli sensoriali nella parte sinistra del corpo).

Incapacità di organizzare e percepire spazialmente il movimento.

Input: aree sensoriali.

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).

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 40/52



Virtual grasping



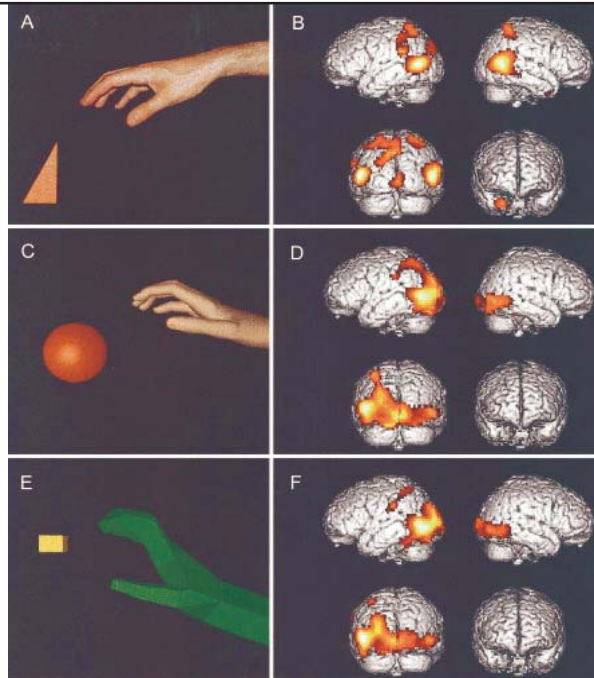
Circuito in buona parte sovrapposto, per esecuzione di movimento, visione del movimento ed immaginazione del movimento.

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.

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 41/52



Virtual grasping.

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 42/52

**TABLE 1**

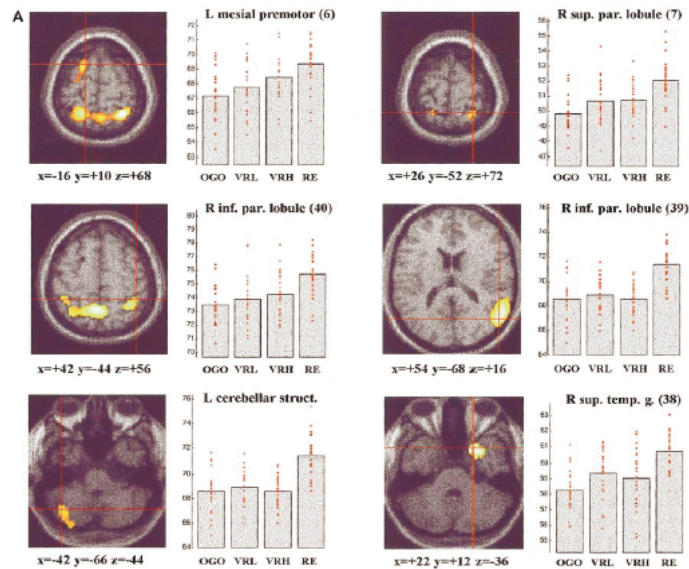
Analyses of Commonalities between Conditions

Region (Ba) (x,y,z and Z score)	RE	VRH	VRL
L MT (V5) (-48, -58, 4, 7.3)	+	+	+
R MT (V5) (52, -64, 0, 5.5)	+	+	+
L/R lingual/calcarine cortex (18/17) (-4, -85, -4, 6.8)	+	+	+
L parietal operculum (2/40) (-44, -34, 36, 4.2)	+	+	+
L superior parietal lobule (7) (-32, -58, 60, 4.6) (-18, -50, 64, 4.0)	+	+	+
L inferior temporal gyrus (20) (-48, -40, -20, 4.1)	+	+	+
L cuneus (18) (-22, -88, 24, 6.3)	+	+	+
R fusiform gyrus (37) (40, -50, -8, 4.1)	+	+	+
L mesial premotor (6)* (-14, 10, 64, 3.8)	+	+	
R superior parietal lobule (7)* (32, -52, 60, 4.1)	+	+	
L lingual gyrus (18) (-12, -78, -8, 6.9)		+	+
L superior occipital gyrus (19) (-30, -84, 28, 6.2)		+	+
L middle occipital gyrus (18) (-26, -90, 12, 6.8)		+	+
L inferior occipital gyrus (18) (-34, -90, 4, 6.0)		+	+
R inferior occipital gyrus (18) (34, -74, -8, 4.6)		+	+



Cosa succede in ambiente virtuale?

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

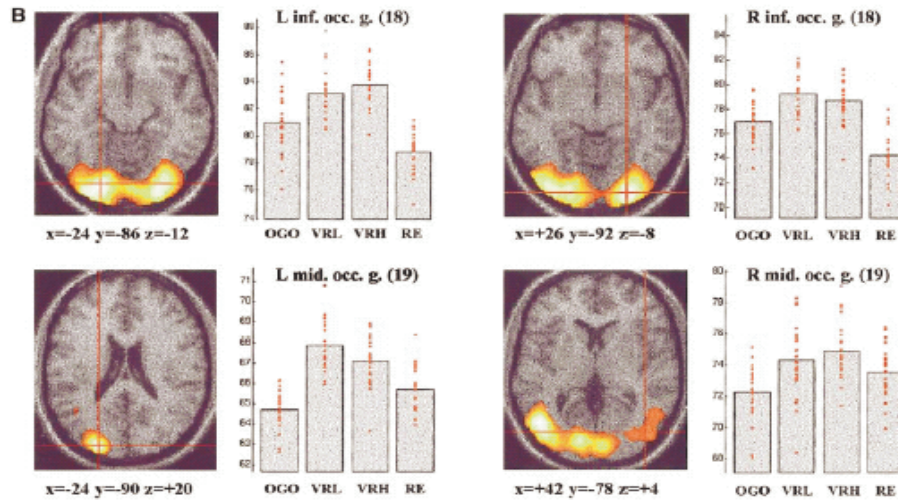
<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 43/52**Confronto per diversi gruppi di aree**

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 44/52



Confronto per differenti tipi di aree

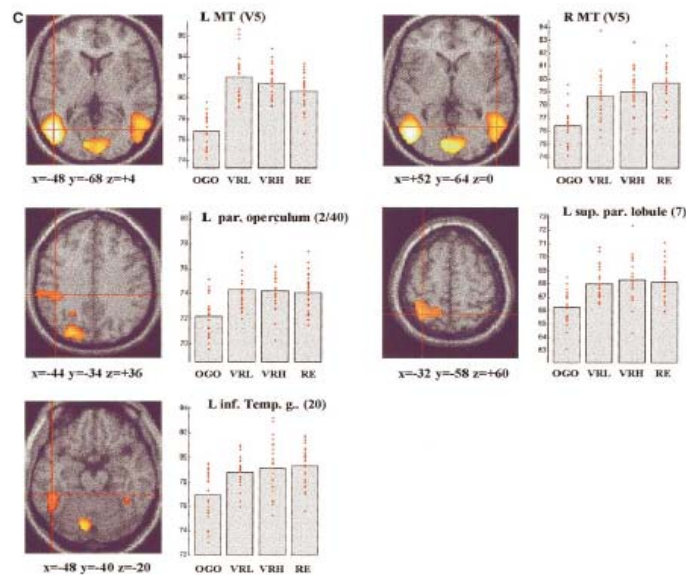


Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 45/52



Confronto per gruppi di aree

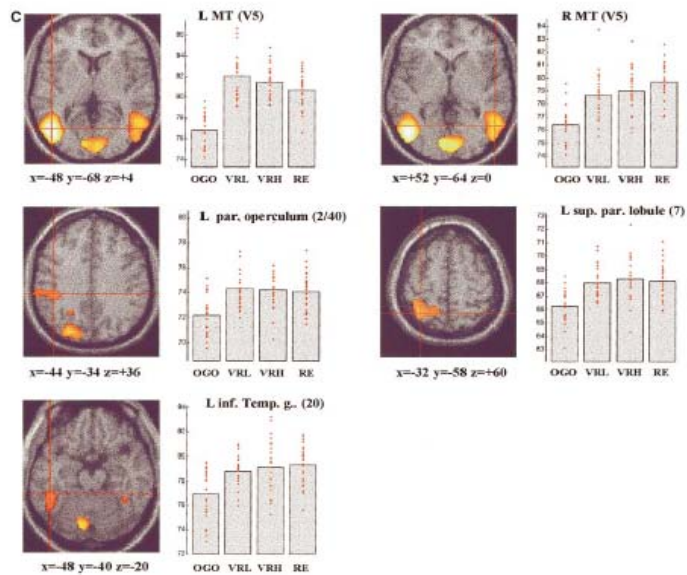


Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 46/52



Confronto per gruppi di aree



Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 47/52



Trasformazioni visuo-motorie



Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 48/52



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

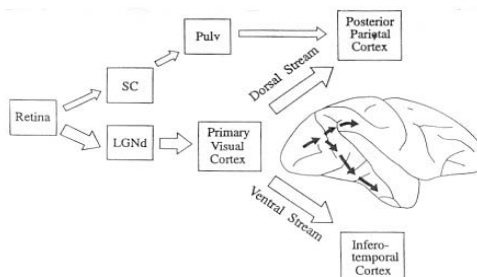


I nostri occhi sono la finestra sul mondo.

Visione per percezione.

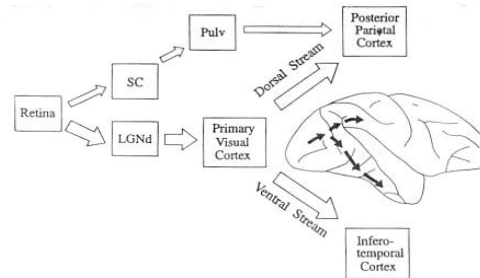
Visione per azione.

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.

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 51/52



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!”.

Copyright N.A. Borghese Università di Milano 30/03/2003

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese> 52/52