

## IL MOVIMENTO



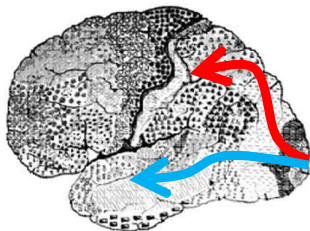
### Percepire per riconoscere e percepire per agire

- 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

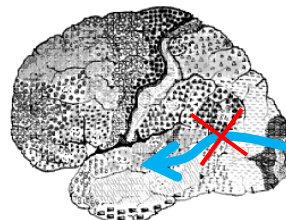
### Teorie a confronto

- **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).

### Studi neuropsicologici

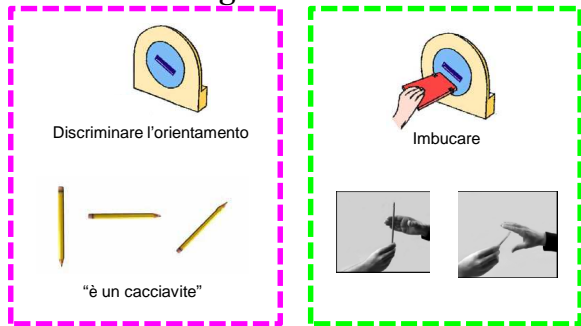
Ci sono pazienti con danno cerebrale a un sistema e non all'altro. Questo ha permesso di distinguere i due sistemi.

### La via ventrale: agnosia visiva



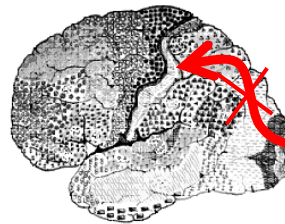
Disturbo neuropsicologico prodotto dalla lesione alla **via ventrale**. Il paziente **non è in grado di riconoscere** le caratteristiche degli oggetti, forma, colore, dimensione ... anche riguardo a volti noti e familiari. Tuttavia è in grado di **agire** correttamente sugli oggetti.

### Agnosia visiva



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.

### La 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.

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**.

- 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*

12

- **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*

13

### Il concetto di *affordance*

14

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.
- Quando osserviamo un oggetto manipolabile, simuliamo mentalmente un'azione potenzialmente eseguibile con quell'oggetto.

17

### 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 propriocizione

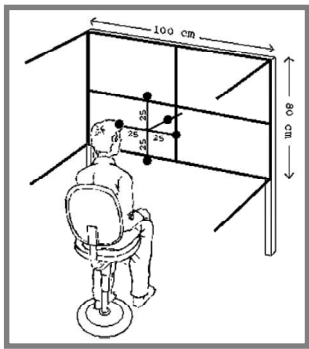
- Per stimare la posizione del braccio o della mano, il cervello si basa su informazioni provenienti dai propriocettori, recettori sensoriali che si trovano nei muscoli e nelle articolazioni.
- I propriocettori informano continuamente sulla postura e sulla posizione relativa degli arti.
- La vista partecipa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

- In alcuni casi, però la vista conta molto. Si tratta dei casi di disturbi alla propriocizione, come nel caso del **Morbo di Parkinson**.

### Feedback visivo e controllo motorio nel Parkinson

Compito di targeting in due condizioni:

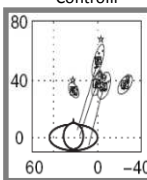
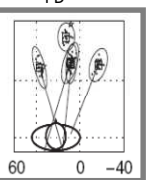
- buio completo
- Feedback visivo



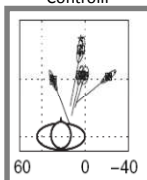
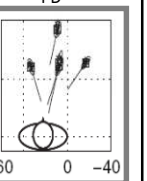
*Studio di Keijsers et al., 2005*

### Feedback visivo e controllo motorio nel Parkinson

**CONDIZIONE DI BUIO**

Controlli	PD
	

**FEEDBACK VISIVO**

Controlli	PD
	

*Studio di Keijsers et al., 2005*

Durante l'esecuzione di un movimento di raggiungimento, l'informazione sensorimotoria può essere usata per correggere eventuali errori nella posizione finale.

In assenza di informazione visiva, i soggetti devono basarsi principalmente sull'informazione **proprioceettiva** per guidare il movimento del braccio verso la posizione del target.

I pazienti affetti da PD hanno difficoltà ad usare l'informazione proprioceettiva.

## Tipi di movimenti

**Movimenti VOLONTARI** (suonare piano, scrivere,...)

Finalizzati  
Appresi  
La precisione aumenta con esercizio  
Non richiedono partecipazione cosciente, se appresi

**Movimenti RIFLESSI**

"Involontari"  
Rapidi  
Stereotipati  
Innati

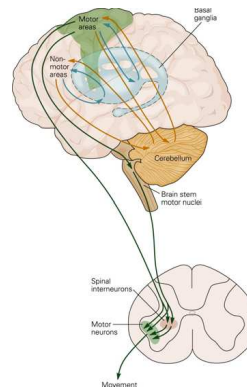
**Movimenti RITMICI** (masticazione, deambulazione,...)

Insieme di mov. volontari e riflessi  
Spesso innati  
Inizio e fine volontari

26

## L'ORGANIZZAZIONE DEI SISTEMI MOTORI

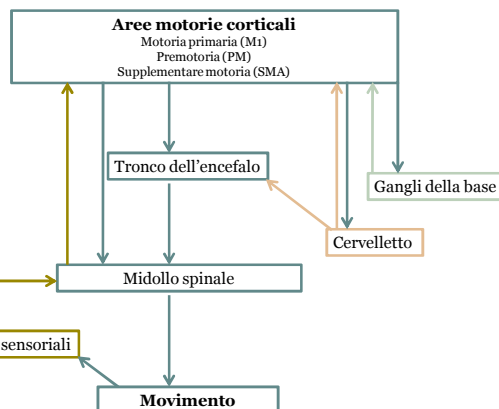
27



• I sistemi per il controllo motorio sono situati in 4 regioni del sistema nervoso centrale:

- ✓ Corteccia motoria
- ✓ Cortecce premotorie
- ✓ Tronco dell'encefalo
- ✓ Midollo spinale

28



29

## L'ORGANIZZAZIONE DEI SISTEMI MOTORI

30

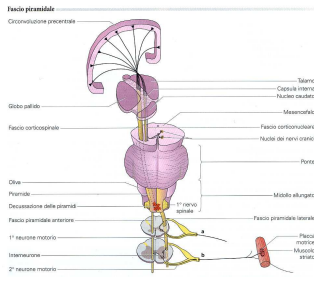
• I sistemi motori sono organizzati in modo gerarchico:

- I **centri superiori** sono responsabili della programmazione e dei comandi per il **movimento volontario**. Essi controllano l'azione dei centri inferiori.
- I **centri inferiori** organizzano le **risposte riflesse**.

L'ORGANIZZAZIONE DEI SISTEMI MOTORI

31

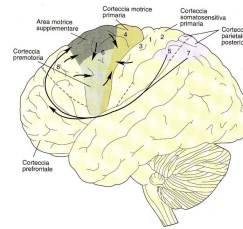
- 1) **Corteccie premotorie** (area 6): connesse con la corteccia prefrontale e parietale posteriore. Identificazione del bersaglio nello spazio, programmazione del movimento, decorso temporale, *mirror neurons*.
- 2) **Corteccia motoria** (area 4): sistema corticospinale e corticobulbare
- 3) **Tronco dell'encefalo**: integrazione dei comandi motori, origine di "quasi" tutte le vie motrici discendenti.
- 4) **Midollo spinale**: risposte stereotipate (riflessi)



La corteccia motoria

32

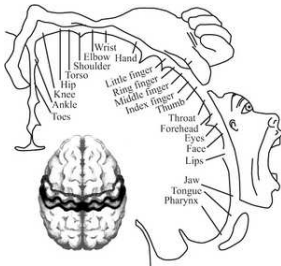
- Si trova nell'area precentrale (area 4 di Brodmann).
- Da essa partono i comandi motori per i motoneuroni del tronco dell'encefalo e del midollo.



La corteccia motoria

33

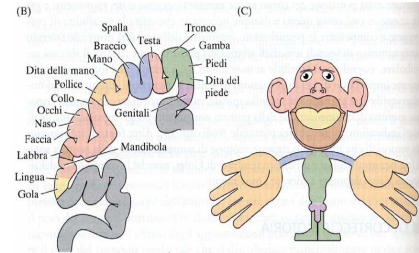
- Ha un'organizzazione somatotopica: diverse zone del corpo sono rappresentate in zone diverse della corteccia.



La corteccia motoria

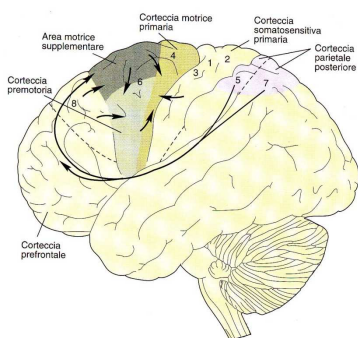
34

- I gruppi muscolari deputati ai movimenti **fini** hanno una rappresentazione più **ampia** dei gruppi muscolari deputati a movimenti più grossolani.



Le corteccie premotorie

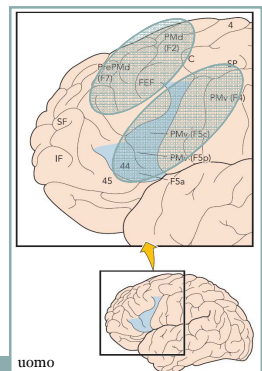
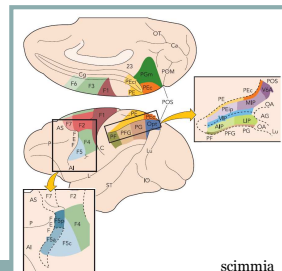
35



Le corteccie premotorie

36

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



### L'area 6: parte inferiore (PMv)

37

- **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**.

### L'area 6: parte inferiore (PMv)

38

La maggior parte dei neuroni dell'area F4 sono sensoriali: **somatosensoriali puri o bimodali.**

↓  
Scaricano in risposta a stimoli tattili e hanno campi recettivi situati sulla faccia, sul torace, sulle braccia, sulle mani.

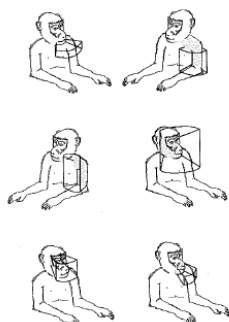
↓  
Scaricano in risposta a stimoli tattili e anche in risposta a stimoli visivi e il campo recettivo visivo è ancorato al campo recettivo tattile, indipendentemente dalla direzione dello sguardo.

Muovendo un segmento corporeo, es mano, il campo recettivo visivo si sposta con quello tattile.

Questi neuroni permettono di calcolare la posizione spaziale di un oggetto rispetto all'osservatore e rispetto ai segmenti corporei che dovranno produrre l'azione.

### L'area 6: parte inferiore (PMv)

39



*Esempi di neuroni bimodali. Le risposte del neurone si ottengono sia per stimolazione della cute che per presentazione di un oggetto nello spazio adiacente al campo recettivo tattile (Fogassi et al., 1996).*

### L'area 6: parte inferiore (PMv)

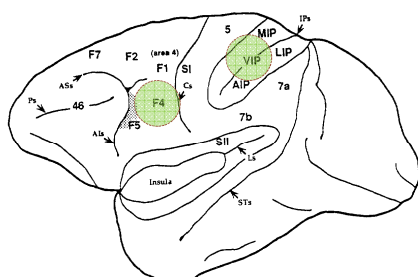
40

- 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 F4-VIP

41

Per la codifica dei movimenti di raggiungimento.



*Rizzolatti et al., 1996*

### L'area 6: parte inferiore (PMv)

42

- **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

49

- L'area **F5** seleziona il **movimento di afferramento** più appropriato in base al **contesto** e alla **decisione** presa dal soggetto.
- I neuroni dell'area AIP mantengono una **memoria a breve termine** degli oggetti da afferrare.
- La scarica di tipo motorio osservata nei neuroni di AIP potrebbe rappresentare il correlato neuronale di questa funzione.
- Quindi il circuito AIP-F5-AIP, avrebbe la funzione di mantenere in memoria la rappresentazione dell'oggetto più adatta per un determinato tipo di movimento di afferramento, durante tutte le fasi del movimento, anche quando l'oggetto non fosse visibile.

### L'area 6: parte inferiore (PMv)

50

- **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.

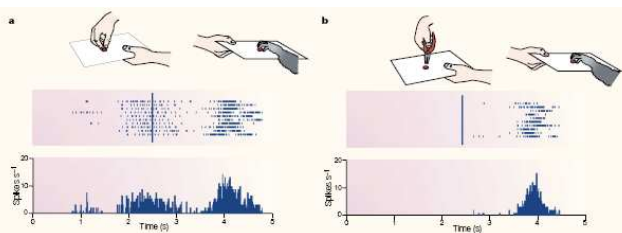
Cognitive Brain Research 3 (1996) 131-141

Research report

### Premotor cortex and the recognition of motor actions

Giacomo Rizzolatti <sup>\*</sup>, Luciano Fadiga, Vittorio Gallese, Leonardo Fogassi

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



51

### L'area 6: parte inferiore (PMv)

52

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

53

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

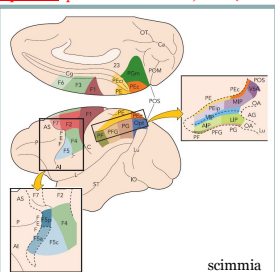
Organizzazione somatotopica: gli stessi muscoli coinvolti nell'esecuzione reale del movimento sono anche maggiormente attivi durante l'osservazione del movimento stesso (*Fadiga et al. 1995; Romani et al. 2005*).

### I neuroni specchio

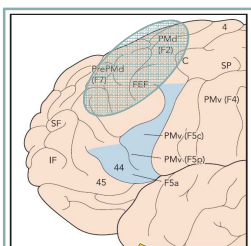
### Le cortece premotorie

55

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



scimmia



uomo

### L'area 6: parte superiore (PMd)

56

Nell'area **F2** ci sono neuroni con caratteristiche senso-motorie che elaborano la **preparazione** e la **programmazione** di movimenti complessi.

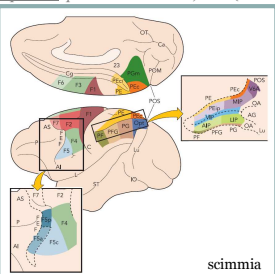
- **Neuroni signal-related:** si attivano alla presentazione del segnale che annuncia l'inizio di un movimento.
- **Neuroni set-related:** scaricano per tutto il periodo di attesa dal segnale all'inizio del movimento.
- **Neuroni movement-related:** scaricano in stretta relazione con il movimento.

Nell'area 6 superiore vengono anche codificate le associazioni stimolo-risposta.

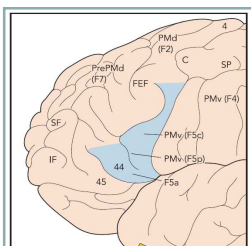
### Le cortece premotorie

57

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



scimmia



uomo

### L'area 6: parte mesiale (SMA)

58

L'area **F3** coincide con l'area supplementare motoria (SMA), connessa con M1, le aree premotorie e con il midollo spinale. Contiene una rappresentazione motoria somatotopica completa. Sono rappresentati i movimenti delle **articolazioni prossimali** e sembra coinvolta in **compiti motori elementari**.

Sembra avere un ruolo nell'organizzazione del movimento ad uno stadio molto avanzato della preparazione. È coinvolta nei movimenti **autoiniziati**.

L'area **F6** è connessa con F5 e con la corteccia prefrontale, e rappresenta i movimenti dell'**avambraccio**.

I neuroni di quest'area scaricano molto prima dell'inizio del movimento e quindi sembrano avere un ruolo fondamentale nella **pianificazione** e **programmazione** del movimento.

### L'area 6: parte mesiale (SMA)

59

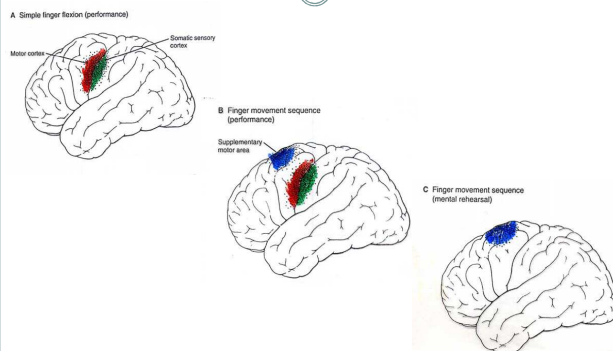
Studi più recenti hanno indicato che anche F3 è coinvolta nella preparazione di movimenti complessi, come dimostrato da studi lesionali.

Inoltre sembra coinvolta nell'**immaginazione motoria**.

Sembra più implicata nella pianificazione di **sequenze** di movimenti e nella **programmazione bimanuale**.

### L'area 6: parte mesiale (SMA)

60

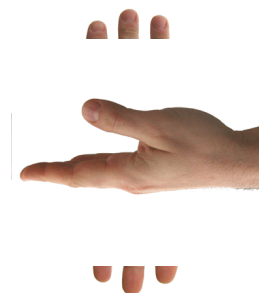


## Il ruolo della *motor imagery*

61

- Attivazione subliminale del sistema motorio.
- **Decety** (1996): stato dinamico in cui le rappresentazioni di un dato atto motorio sono richiamate internamente nella memoria di lavoro senza che questo porti ad un esplicito output motorio.
- Si tratta di un'azione mentale.
- Le azioni simulate richiedono lo stesso tempo per essere eseguite delle azioni reali e più le azioni sono complesse, più tempo richiedono.

## Rotazione Mentale di Parti del Corpo

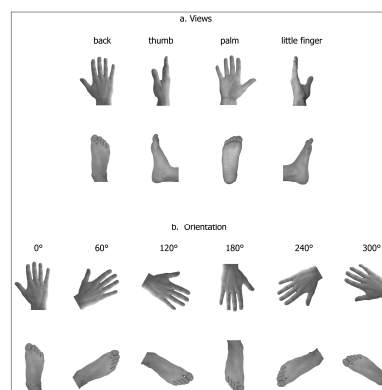


## Rotazione Mentale

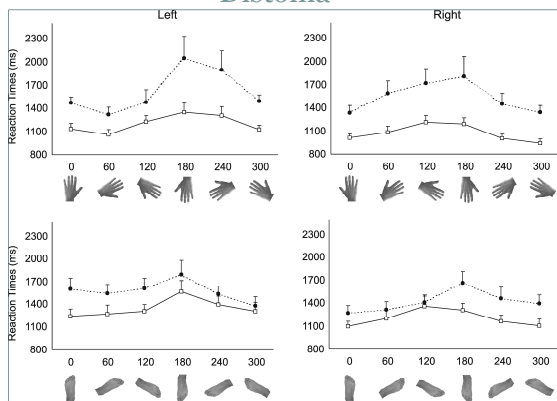
63

- Il tempo necessario a giudicare l'identità degli oggetti è direttamente proporzionale al grado di orientamento.
- All'aumentare dell'angolo di rotazione, aumenta il tempo necessario per dare la risposta.
- Questo aumento dipende dal fatto che i soggetti ruotano mentalmente l'oggetto. Si tratta di una forma di azione mentale che richiede un certo tempo per essere eseguita.
- La rotazione mentale è analoga alla rotazione fisica.

## Rotazione Mentale di Parti del Corpo nella Distonia



## Rotazione Mentale di Parti del Corpo nella Distonia



## Riflessioni ....

66

- *“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 ....

67

- 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.

## Autoverifica

- Illustrare il ruolo funzionale della via dorsale e della via ventrale nella teoria di Ungerleider e Mishkin.
- Illustrare il ruolo funzionale della via dorsale e della via ventrale nella teoria di Goodale e Milner.
- Descrivere le caratteristiche dell'agnosia visiva e illustrarne le implicazioni circa le funzioni delle vie visive.
- Illustrare il concetto di *affordance* e di priming visuo-motorio.
- Descrivere il circuito di raggiungimento.
- Descrivere il circuito di prensione.
- Descrivere le cortece premotorie.
- Descrivere il sistema dei neuroni specchio.
- Illustrare il ruolo della corteccia parietale nel controllo dei movimenti.
- Il ruolo della motor imagery.