

SICSI

***Scuola Interuniversitaria Campana di
Specializzazione all'Insegnamento***

Laboratorio di didattica
dell'educazione corporea

Prof.ssa Maria Luisa Iavarone

Dott. Ciro Vitiello

Università degli Studi di Napoli "Parthenope"

NEURONI SPECCHIO (Mirror Neurons)

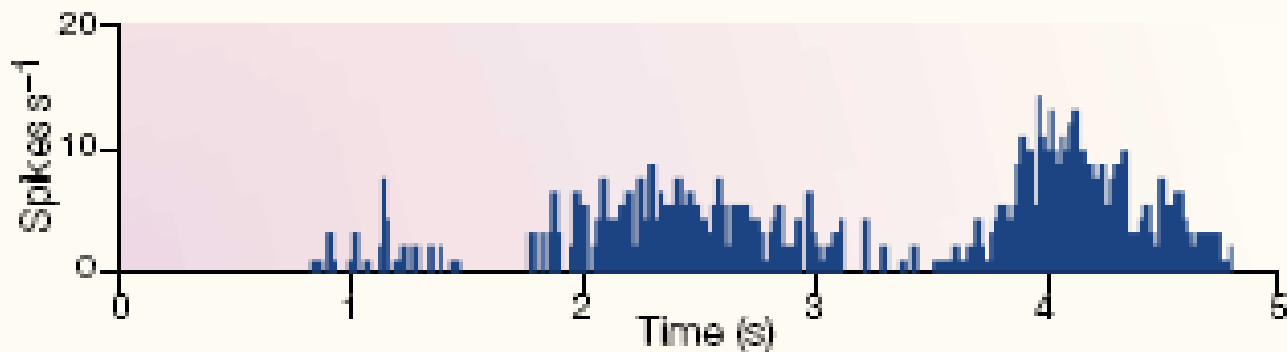
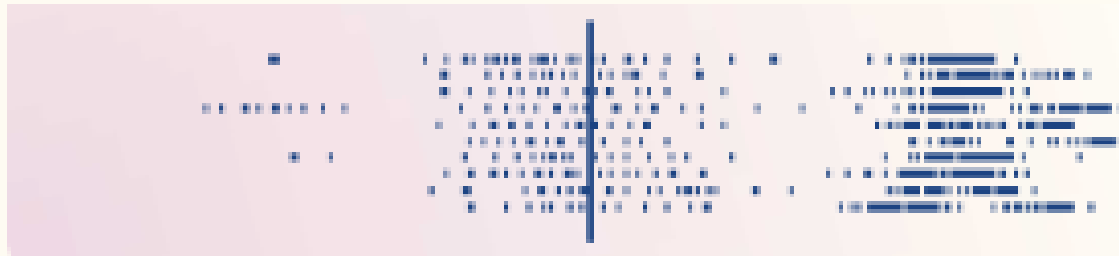
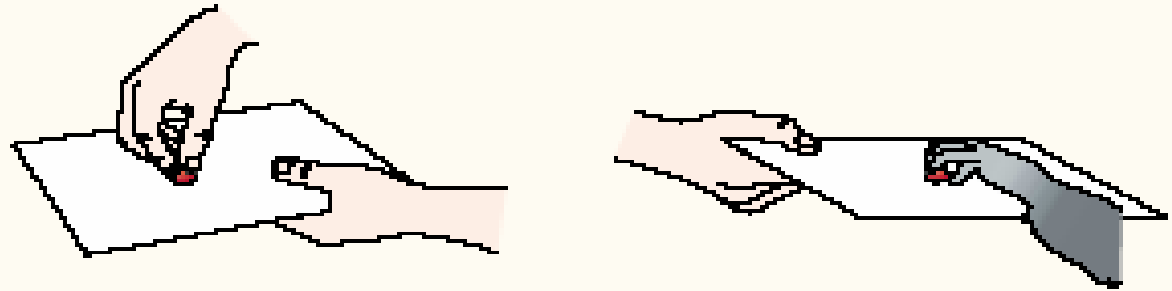
Sono una popolazione di cellule nervose deputate a svolgere le funzioni cognitive del sistema motorio

I neuroni specchio (cellule nervose corticali scoperte nella scimmia) sono **neuroni “bimodali”** così chiamati perché si attivano quando:

➔ compiamo una data azione in prima persona (online actions)

➔ vediamo eseguirla da altri (offline actions)

a



(Rizzolatti et al., 1996)

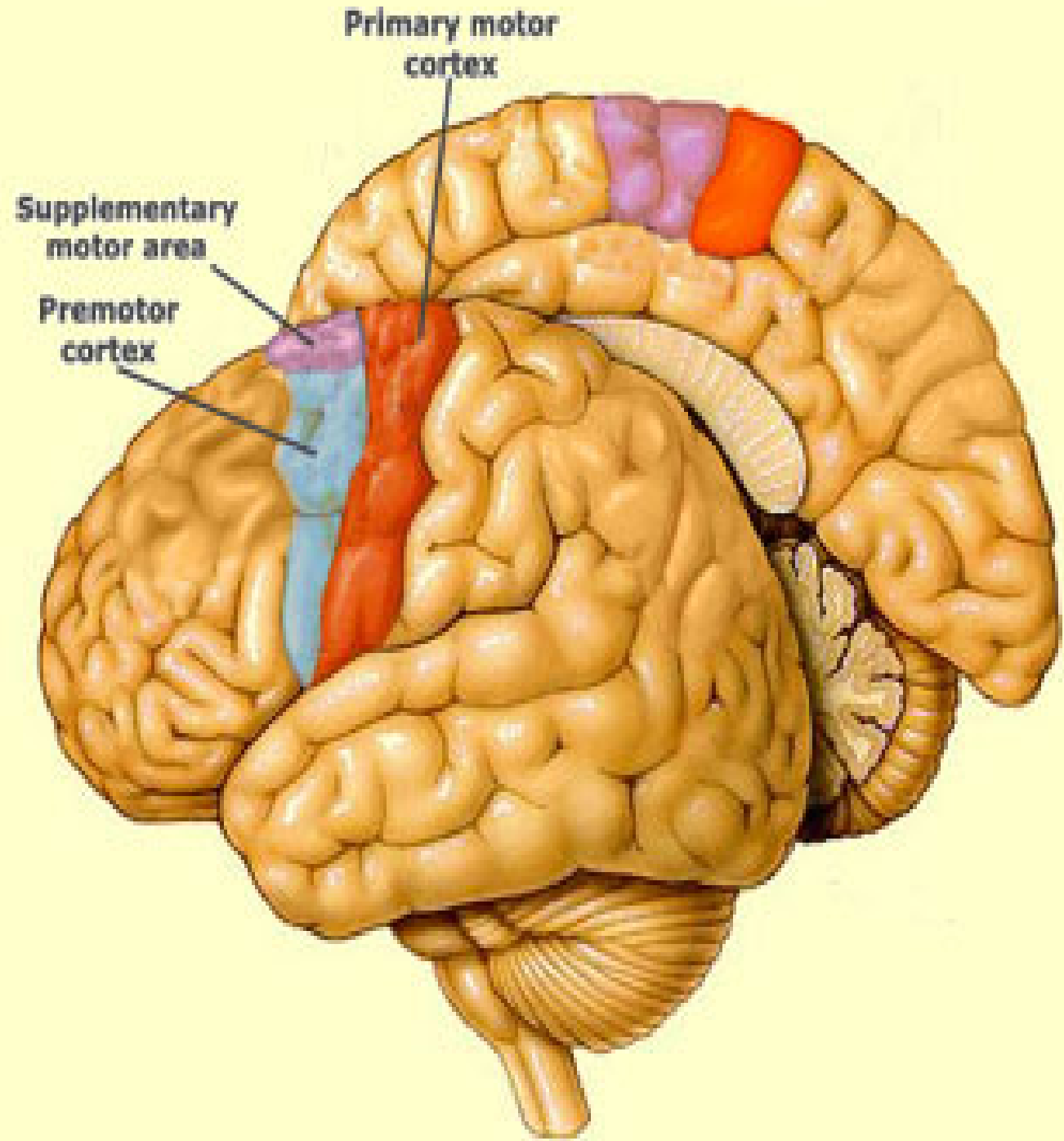
Es.: Attivazione dei neuroni specchio quando la scimmia **osserva** lo sperimentatore afferrare del cibo e quando compie lo stesso atto.

I neuroni specchio sono stati trovati nella **corteccia pre-motoria** e nel **lobo parietale**, aree considerate motorie e prive di funzioni cognitive.

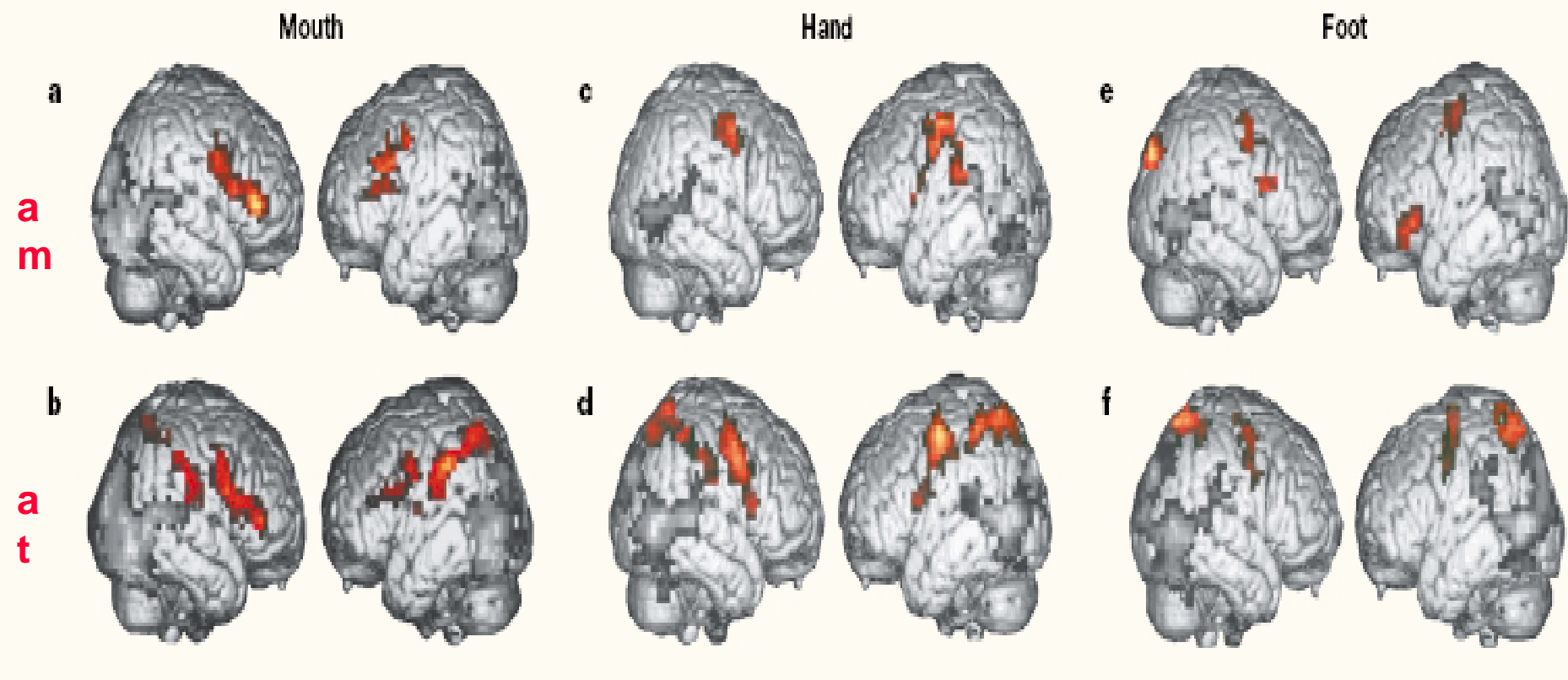
CORTECCIA PREMOTORIA

responsabile delle

sequenze
complesse,
seleziona i
movimenti in
risposta a stimoli
esterni, come ad
esempio avviene
quando ci si alza
dal tavolo per
aprire la porta in
risposta al suono
del campanello o
quando si
digitano dei
comandi sul
computer dopo
aver letto la loro
sequenza in un
manuale.



fMRI DI STUDENTI CHE OSSERVANO DEI VIDEOCLIP IN CUI UN ATTORE COMPIVA AZIONI TRANSITIVE O IN CUI MIMAVA LE STESSE



(Buccino et al., 2001)

Lobo parietale e frontale_Area 6 di Brodmann (corteccia premotoria) e Area 44 di Brodmann-deputata al controllo dei movimenti della bocca necessari per l'espressione verbale

- **am_** azioni mimate
- **at_** azioni transitive (mordere una mela, prendere una tazzina di caffè, dare un calcio al pallone)

L'ipotesi più plausibile sulla funzione dei neuroni specchio è che essi contribuiscano a creare una "idea di movimento", ovvero una **rappresentazione interna dell'azione** svincolata da qualsiasi possibile esecuzione.

L'attivazione dei neuroni specchio può essere considerata condizione di **facilitazione del movimento osservato**

attraverso:

l'interiorizzazione delle sequenze motorie
necessarie per un certo movimento che in
futuro sarà eseguito

Un esempio:

La corteccia pre-motoria di un bambino che assiste a un filmato o a un cartoon, i cui personaggi compiono movimenti mirabolanti, si attiva freneticamente, preparando quei movimenti e in qualche misura contribuendo a eccitare il SNC del bambino (Oliverio, 2001)

I PRIMI STUDI

Alcuni studiosi [1] hanno osservato in particolare l'attività di **532 neuroni** localizzati nell'area detta F5 della corteccia premotoria frontale dei primati.

Gli esperimenti sono consistiti **nell'invitare la scimmia ad osservare azioni** eseguite dallo sperimentatore (per esempio la manipolazione di un oggetto) **e ad imitarle**, in un secondo momento.

La registrazione dell'attività neuronale della scimmia è stata effettuata sia durante l'osservazione che durante l'esecuzione dell'azione da parte di essa.

[1] Gallese V., Fadiga L., Fogassi L., Rizzolatti G. 1996 "Action recognition in the premotor cortex", Brain 119: 593-609.

E' stato evidenziato che **92 dei 532** neuroni considerati sono stati **attivi in entrambe le fasi**, sia di osservazione sia di esecuzione dell'azione:

tali neuroni sono stati definiti neuroni specchio.

Ma quali stimoli visivi sono più significativi per l'attivazione dei neuroni specchio?

Gli stimoli visivi più significativi per l'attività dei neuroni specchio sono state quelle azioni nelle quali lo sperimentatore ha interagito con un oggetto attraverso l'uso delle mani (afferrandolo, posizionandolo e manipolandolo) o della bocca.

La tabella 1 mostra il numero di neuroni specchio attivati per ogni azione manuale o della bocca

<i>AZIONE OSSERVATA</i>	<i>NUMERO DI NEURONI ATTIVATI</i>
Afferrare	30
Posizionare	7
Manipolare	7
Interazione di mani	5
Trattenere	2
Afferrare/posizionare	20
Afferrare/manipolare	3
Afferrare/interazione di mani	3
Afferrare/trattenere	5
Afferrare/afferrare con la bocca	3
Posizionare/trattenere	1
Interazione di mani/trattenere	1
Afferrare/posizionare/manipolare	1
Afferrare/posizionare/trattenere	4
TOTALE	92

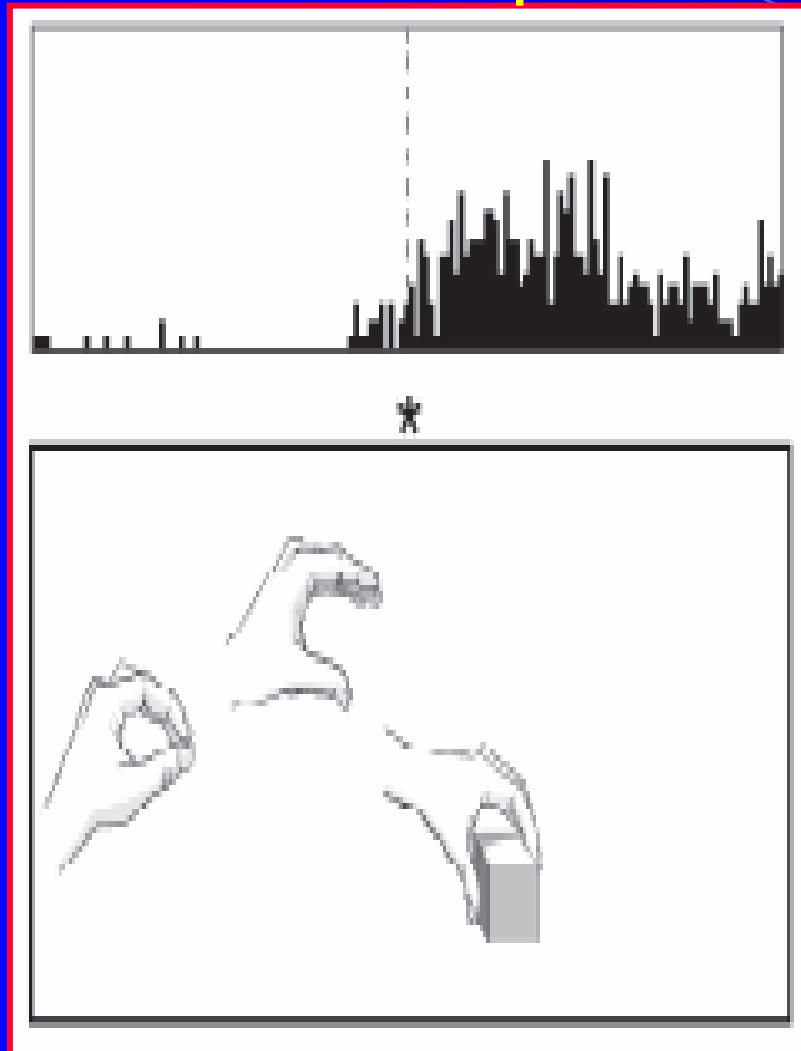
Tabella 1 (Gallese et alii, 1996: 596)

Atto motorio potenziale (Rizzolatti, 2006)

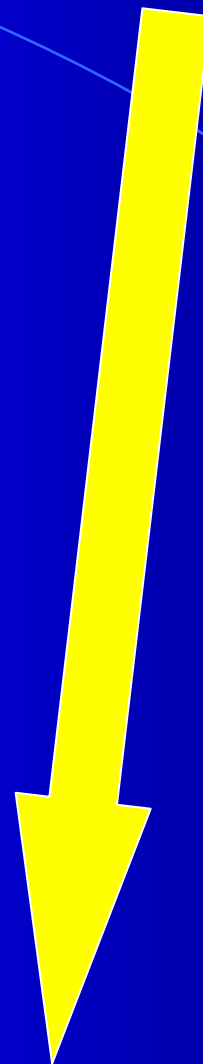
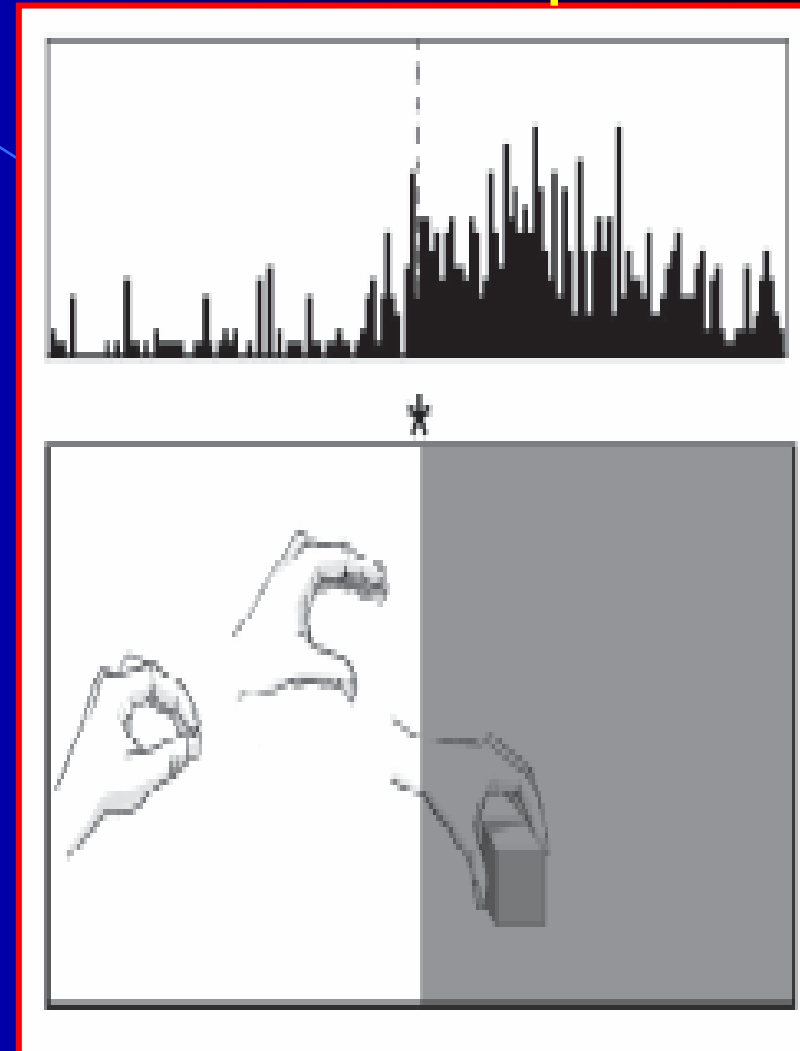
Lo stretto **legame tra le risposte visive e quelle motorie** dei neuroni specchio sembra indicare che la mera **osservazione dell'azione** compiuta da altri **evochi** nel cervello dell'osservatore un **atto motorio potenziale** analogo a quello spontaneamente attivato durante l'organizzazione e l'effettiva esecuzione di quell'azione.

La differenza è che in un caso esso resta allo stadio di atto potenziale ovvero di una **“rappresentazione motoria interna”**, mentre nell'altro si traduce in una **concreta serie di movimenti**

Genesi atto motorio potenziale



Evocazione atto motorio potenziale



COMPRENSIONE DELL'AZIONE ALTRUI

PRESUPPOSTO FONDAMENTALE PER L'ATTIVAZIONE DEI NEURONI SPECCHIO

NON E' UN INPUT SENSORIALE



MA LA NOSTRA CONOSCENZA MOTORIA

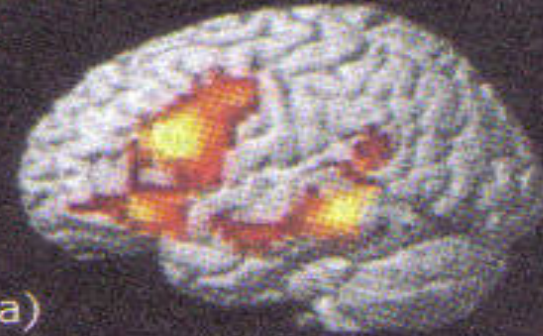
AREE CORTICALI ATTIVATE DURANTE L'OSSERVAZIONE DI ATTI COMUNICATIVI ORALI

(Buccino, 2004)

Atti comunicativi orali



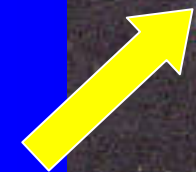
Uomo
(lettura labbra)



Scimmia
(schioccare labbra)



Cane
(abbaiare)



Anche se è presente l'input sensoriale (l'abbaiare del cane),
i NS non si attivano perché tale atto **NON CI APPARTIENE**,
non è incluso nel nostro bagaglio motorio

Vocabolario di atti (Rizzolatti, 2006)

L'area F5 (corteccia premotoria) contiene una sorta di vocabolario di atti motori, le cui parole sono rappresentate da popolazioni di neuroni

Dagli atti più elementari e naturali, come appunto afferrare del cibo con la mano o con la bocca, a quelli più sofisticati, che richiedono particolari abilità, come eseguire un passo di danza, i neuroni specchio consentono al nostro cervello

DI CORRELARE I MOVIMENTI OSSERVATI A QUELLI PROPRI E DI RICONOSCERNE COSÌ IL SIGNIFICATO

essi riconoscono lo scopo dell'atto motorio e codificano l'organizzazione temporale dei movimenti utili all'atto stesso.

Vocabolario di atti (Rizzolatti, 2006)

Questo “sistema specchio” genera una rappresentazione interna dell’azione osservata, in altri termini, seleziona nel “vocabolario” motorio dell’individuo la “parola” corrispondente all’azione osservata

QUESTO VOCABOLARIO DI ATTI OFFRE AL SISTEMA MOTORIO UN “SERBATOIO” DI AZIONI CHE È ALLA BASE DI FUNZIONI COGNITIVE TRADIZIONALMENTE ATTRIBUITE AI SISTEMI SENSORIALI

Quindi, il riconoscimento degli altri, delle loro azioni e perfino delle loro intenzioni dipende, in prima istanza, dal nostro patrimonio motorio.

Vocabolario di atti (Rizzolatti, 2006)

“Ora sappiamo”, prosegue G. Rizzolatti, “che le nostre relazioni sociali sono determinate, prima che dall’intelletto, dalla capacità corporea di risuonare con gli altri”. Per comprendere gli altri dobbiamo prima creare delle conoscenze interne, degli “a priori” legati, come voleva già Helmholtz, al sistema motorio, il sistema che “verifica” le nostre conoscenze.

Quindi, tutti noi siamo provvisti di un “sistema specchio”, ma non tutti riusciamo ad attivarlo.

La soglia di attivazione dei neuroni specchio può essere migliorata arricchendo il nostro vocabolario motorio.

REPERTORI MOTORI PERSONALI

In uno studio di fMRI Carlo-Merino e coll. (2005) hanno mostrato come la vista di atti eseguiti da altri, comporti una diversa attività cerebrale a seconda delle **competenze motorie specifiche** dei soggetti in questione. Il campione dei volontari comprendeva danzatori classici, maestri di ballo latino-americano e persone che non avevano mai preso una lezione di ballo.

La proiezione di video in cui venivano rappresentati passi di danza classica attivava il sistema dei neuroni specchio dei danzatori classici più di quello dei ballerini e, naturalmente, dei partecipanti.

Viceversa per i maestri di ballo.

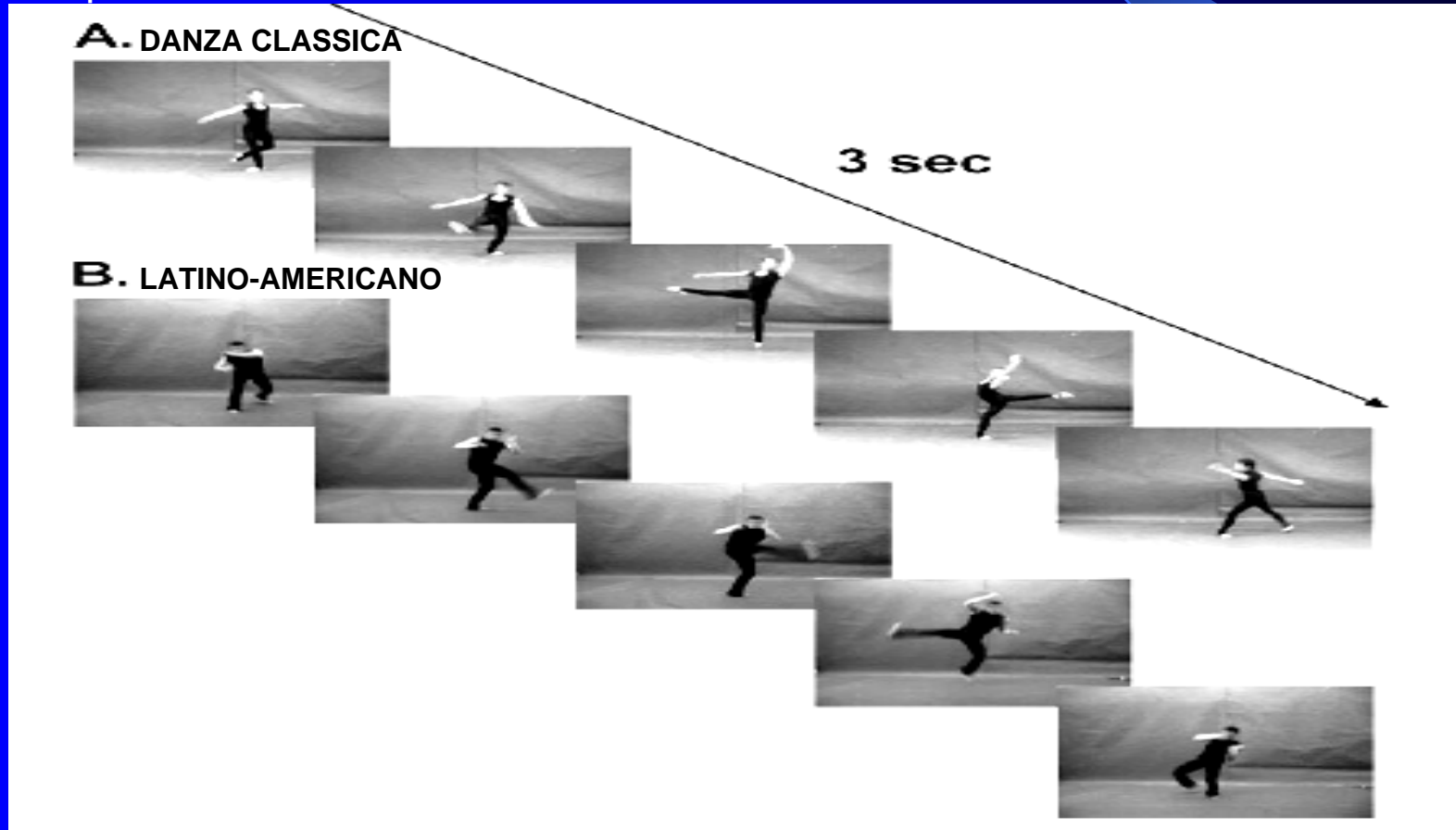
A. DANZA CLASSICA



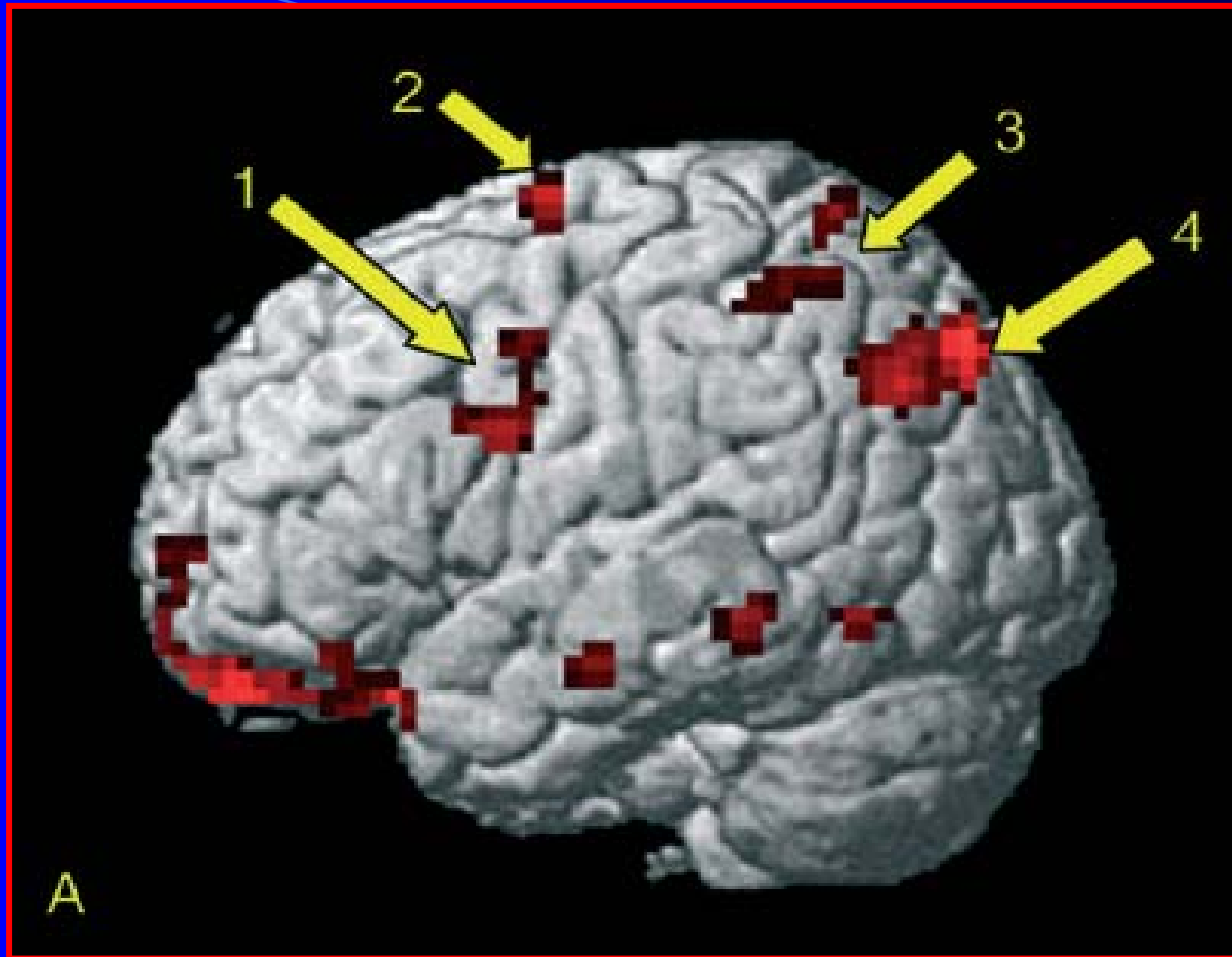
B. LATINO-AMERICANO



3 sec



REPERTORIO MOTORIO PERSONALE DI UN DANZATORE CLASSICO



(Calvo-Merino B., 2005_Institute of Movement Neuroscience, University College London and Department of Basic Psychology, Faculty of Psychology, Universidad Complutense, Madrid, Spain)

- 1-2 corteccia premotoria**
- 3 solco parietale superiore**
- 4 solco temporale superiore**

SPAZIO D'AZIONE CONDIVISO (RIZZOLATTI, 2006)

SE IL NOSTRO VOCABOLARIO MOTORIO È “BEN FORNITO” SI RIESCE AD INSTAURARE UNO SPAZIO D'AZIONE CONDIVISO

Il possesso del sistema dei neuroni specchio determina così uno spazio d'azione condiviso: gli atti osservati hanno un significato immediato per l'osservatore, senza far ricorso ad alcun tipo di ragionamento, se essi sono inseriti nel vocabolario motorio, ogni atto e ogni catena d'atti, nostri o altrui, appaiono immediatamente iscritti e compresi, senza che ciò richieda alcuna esplicita o deliberata “operazione conoscitiva”



*siamo programmati geneticamente alla socialità
(Iavarone M.L., 2006)*

SPAZIO D'AZIONE CONDIVISO (RIZZOLATTI, 2006)

Es: se vediamo qualcuno afferrare con la mano del cibo o una tazzina di caffè comprendiamo immediatamente quello che sta facendo. Che egli lo voglia o meno, nell'istante in cui percepiamo i primi movimenti della sua mano, essi ci "comunicano" qualcosa, ovvero il loro significato d'atto: **questo è quello che "conta", quello che, grazie all'attivazione delle nostre aree motorie, condividiamo con colui che agisce.**

Si tratta quindi di un meccanismo che consente di comprendere immediatamente il significato delle azioni degli altri e persino delle loro intenzioni

senza ricorrere ad alcun tipo di ragionamento.

CORPO-MENTE

Per molti anni le aree motorie della corteccia cerebrale sono state associate sempre a funzioni attuative, operative e mai a funzioni cognitive. La maggior parte degli studiosi era concorde a ritenere che l'azione fosse preceduta dalla sensazione. Ogni azione era la risultante generata da un modello ritenuto assiomatico:



Uno schema del genere poteva risultare convincente finché del sistema motorio si aveva un'immagine estremamente semplificata. Dopo la scoperta dei neuroni specchio, il modello potrebbe essere così formulato:



Quindi, processi di solito considerati di ordine superiore e attribuiti a sistemi di tipo cognitivo, quali per esempio la percezione e il riconoscimento degli altri, l'imitazione e le stesse forme di comunicazione gestuali o vocali, **POSSANO RIMANDARE AL SISTEMA MOTORIO E TROVARE IN ESSO IL PROPRIO SUBSTRATO NEURALE PRIMARIO.**


**ARRICCHIMENTO DEL VOCABOLARIO
DI ATTI MOTORI**

E QUINDI DEL

SAPERE DEL CORPO



**MIGLIORAMENTO DELL'ATTIVAZIONE
DEI NEURONI SPECCHIO**



ASPETTI PRATICI

Tradizionalmente in riabilitazione motoria gli stimoli utilizzati sono:

proprioceettivi

tattili

vestibolari

visivi

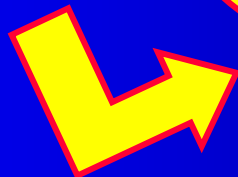
uditivi

Dopo le ultime acquisizioni, in letteratura vengono considerate anche :

- AZIONE OSSERVATA

- IMMAGINE MOTORIA

L'immaginazione motoria è la simulazione mentale di un movimento in assenza di macroscopica attivazione muscolare (Jeannerod, 1995).



AZIONE OSSERVATA E IMMAGINE MOTORIA



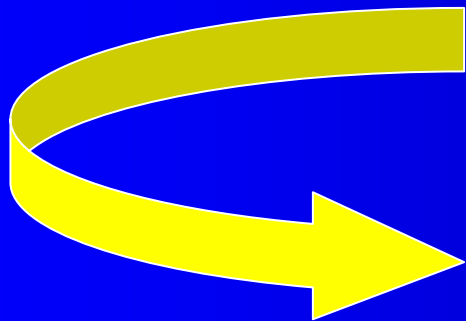
RE-LEARNING OF MOTOR CONTROL

AZIONE OSSERVATA

Utilizzo del MOVIMENTO OSSERVATO in percorsi di educazione corporea per soggetti che presentano deficit motori

Studio di Giovanni Buccino, 2006

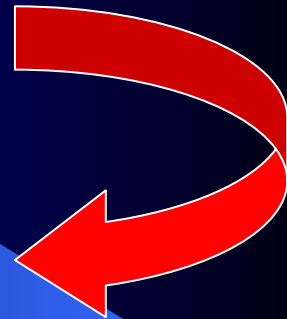
**FUNZIONI DEL SISTEMA NEURONI SPECCHIO:
IMPLICAZIONI PER LA NEURORIABILITAZIONE**



Facilitare il recupero motorio

I pazienti sono stati sottoposti a stimoli visivi sottoforma di clip video

Venivano presentate azioni di vita quotidiana segmentate nei loro principali atti motori



Esempio: *prendere un caffè*

Stringa di atti motori presentati:

Afferrare la tazza

Mettere lo zucchero

Mescolare

Portare la tazza alle labbra

Dopo ogni atto osservato, veniva chiesto al paziente di effettuare quanto appena visto con l'arto che presentava il deficit.

Neuroriabilitazione Cognitiva utilizzando un AMBIENTE VIRTUALE

Congresso Mondiale sulla Medicina Fisica e Ingegneria Biomedica 27/08–1/09 2006, Korea

Mini PC & Bluetooth transceiver

User score readout



Flat-panel
display

3D
wearable
compasses

Data glove

Control
board &
Bluetooth
transceiver

IMMAGINE MOTORIA

Recentemente, diversi studi di neuroscienze hanno messo in luce il ruolo svolto da specifici processi cognitivi, quali l'*immaginazione motoria*, nel processo di "riapprendimento" dei movimenti dell'arto superiore in pazienti che hanno subito un danno cerebrovascolare (Braun, Beurskens *et al.*, 2006; Sharma, Pomeroy *et al.*, 2006).

Autori: Dickstein R, Deutsch JE.

Titolo: Motor Imagery in Physical Therapist Practice

Rivista: Physical Therapy

Data: maggio 2007

Tra le pubblicazioni più recenti



I meccanismi responsabili di questo effetto devono essere approfonditi, tuttavia studi di *brain imaging* funzionale hanno evidenziato che l'esecuzione e l'immaginazione di azioni **attivano medesime regioni della corteccia motoria, dei gangli della base e del cervelletto** (Decety, 1996; Jackson, Lafleur *et al.*, 2001; Jackson, Lafleur *et al.*, 2003).

Inoltre, studi di cronometria mentale indicano che il **tempo impiegato ad immaginare** un movimento è strettamente correlato al tempo necessario a eseguirlo fisicamente, suggerendo che i movimenti reali e quelli immaginati sono funzionalmente simili (Decety, Jeannerod *et al.*, 1989).

E' stato visto che la rappresentazione del movimento induce:

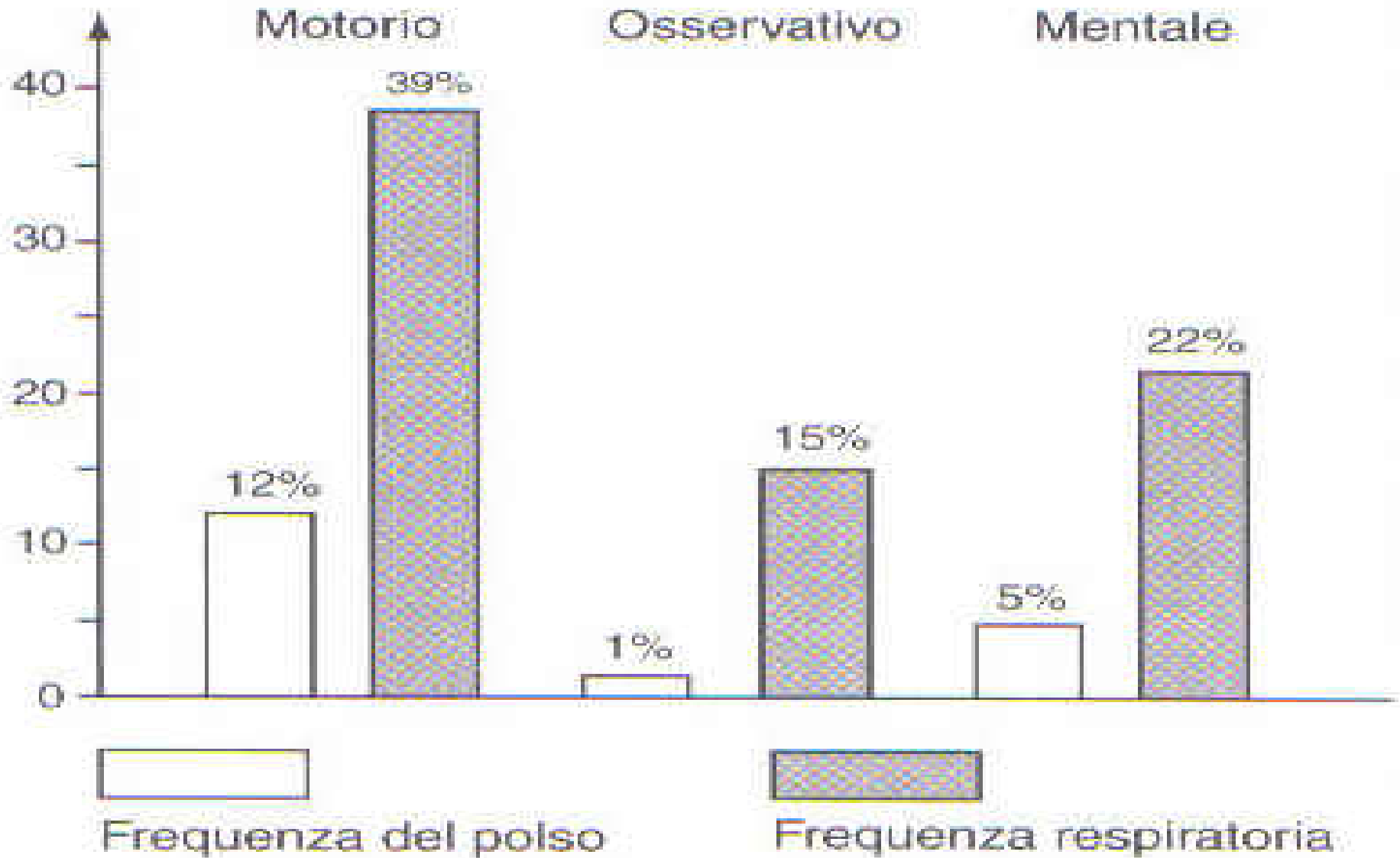
- una intensificazione dello scambio gassoso,**
- una accelerazione della respirazione e della frequenza cardiaca,**
- un aumento della pressione sanguigna,**
- una maggiore sensibilità della visione periferica,**
- un aumento dell'eccitabilità dei nervi periferici.**

Cambiamento (%)

Motorio

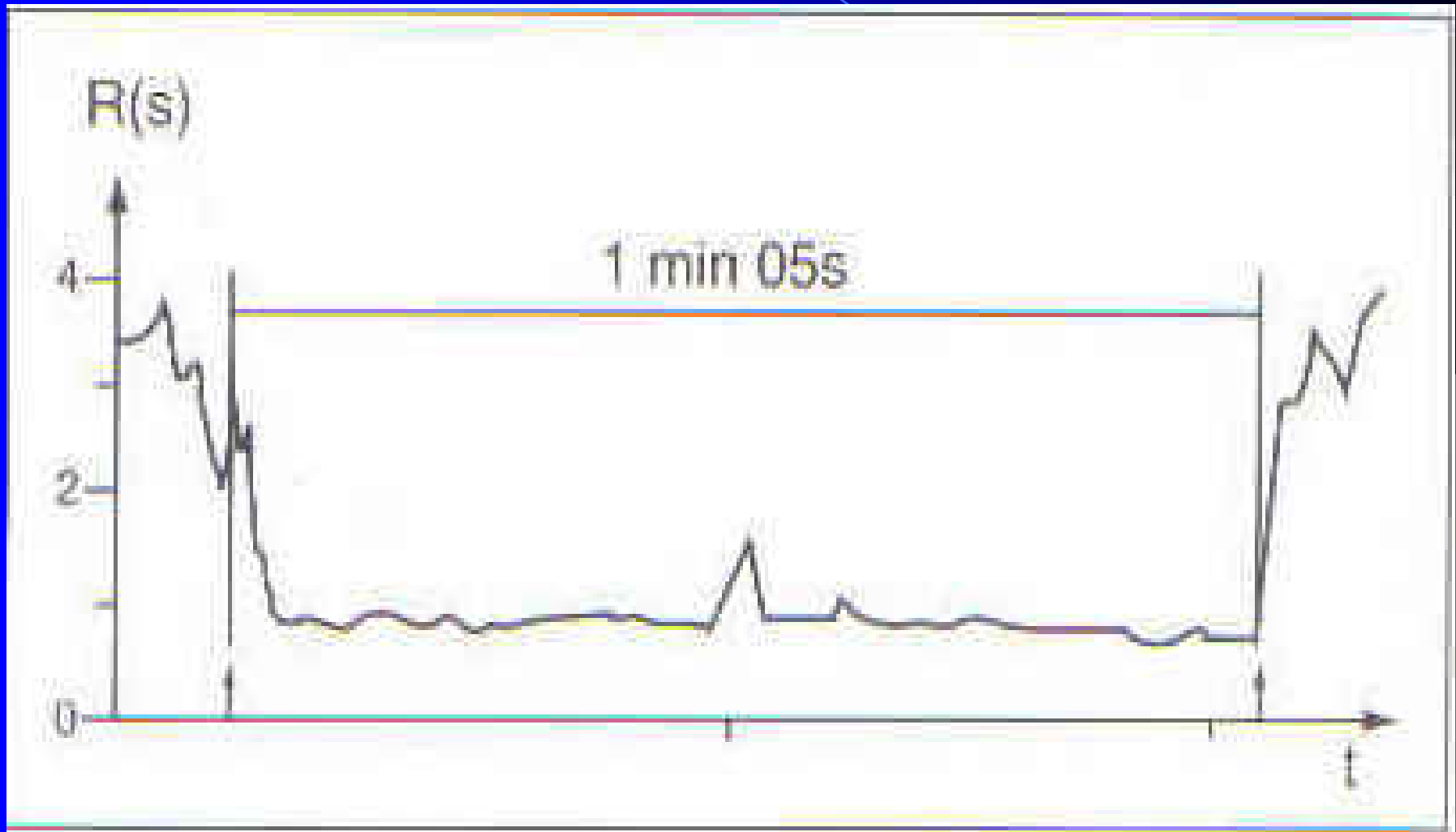
Osservativo

Mentale



(Martin, 1965)

Frequenza respiratoria durante la rappresentazione mentale di un percorso a nuoto



(Frester, 1984)

Riposo

Inizio

1s

Azione Osservata

mano destra

mano sinistra



mano destra



mano sinistra

Immagine Motoria

Azione Osservata e Immagine Motoria

Il protocollo riabilitativo sperimentale (Gaggioli, Morganti *et al.*, 2004) descrive i risultati di uno studio che ha valutato l'uso di strumenti interattivi di visualizzazione 3D e di supporti informatici multimediali per facilitare il processo di *IM* nella riabilitazione del paziente emiplegico post-ictus.

Le fasi della procedura riabilitativa sono:

All'inizio dell'esercizio, il terapeuta mostra al paziente il movimento da eseguire con l'arto sano.

Quando il paziente ha appreso il movimento, lo esegue autonomamente ed esso viene registrato dai sensori.

Il pattern di dati cinematici registrato viene utilizzato dal sistema per ricostruire il movimento virtuale, che viene successivamente visualizzato sul lato dell'arto paretico.

Quando il paziente ha osservato il movimento virtuale, prova ad immaginare di eseguirlo con l'arto paretico.

Nella fase finale della procedura, il paziente cerca di eseguire il movimento con l'arto paretico, seguendo nel modo più fedele possibile quello virtuale.



I sensori posizionati sull'arto paretico consentono di misurare i parametri dinamici del movimento, e di confrontarli con quelli relativi al movimento eseguito con l'arto sano, in modo da dare al terapeuta la possibilità di monitorare quantitativamente, oltre che qualitativamente, i progressi compiuti dal paziente



Un paziente descrive l' esperienza con queste parole:

*“Stamani ho avvertito una strana sensazione che si è trasformata in una grande gioia. Ho percepito che la mia mano destra **non era più legata**. Ora, sento che la mia mano non è più un impedimento e i miei movimenti sono fluidi, anche se ancora lenti. E' una sensazione strana ma molto piacevole”.*

Bibliografia

- Rizzolatti G., Fadiga L., Gallese V., Fogassi L., Premotor cortex and the recognition of motor actions, *Cogn. Brain Res.*, 3 (1996), 131-141.
- Gallese V., Fadiga L., Fogassi L and Rizzolatti G., Action recognition in the premotor cortex, *Brain*, 119 (1996), 593-609.
- Rizzolatti G, Fadiga L, Matelli M, Bettinardi V, Paulesu E, Perani D, Fazio F. Localization of grasp representations in human by PET: 1. Observation versus execution. *Exp Brain Res* 111 (1996), 246-252.
- Grafton S.T., Arbib M.A., Fadiga L., Rizzolatti G. Localization of grasp representations in human by PET: 2. Observation versus imagination, *Exp Brain Res.*, 112, (1996), 103-111.
- Rizzolatti G., Fadiga L., Fogassi L., Gallese V. The space around us. *Science* 277 (1997) 5323, 190-191.
- Rizzolatti G. and Gallese V. From action to meaning: A neurophysiological perspective. In: *La Philosophie de l'Action et les Neurosciences*, Petit J.L. (ed), Librairie Philosophique J. Vrin, Paris 1998
- Rizzolatti G. and Arbib M.A. Language within our grasp. *Trends Neurosci*, 21 (1998) 188-194
- Hari R., Forss N., Avikainen S., Kirveskari E., Salenius S., Rizzolatti G. Activation of human primary motor cortex during action observation: a neuromagnetic study. *Proc Natl Acad Sci U S A.*, 95 (1998) 15061-15065
- Gallese V., Goldman A. Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. *Trends in Cognitive Sciences*, 2(1998) 12 493-501.
- Iacoboni M., Woods R.P., Brass M., Bekkering H., Mazziotta. J.C., Rizzolatti G. Cortical mechanisms of human imitation. *Science* 286 (1999) 2526-2528
- Rizzolatti G., Fogassi L., Gallese V., Cortical mechanisms subserving object grasping and action recognition: a new view on the cortical motor functions. In: M.S. Gazzaniga (ed) *The New Cognitive Neurosciences*, 2nd Edition, A Bradford Book, Mit Press, (2000) 539-552.

Lecture consigliate su temi correlati

- G. Rizzolatti, C. Sinigaglia. So quel che fai _ il cervello che agisce e i neuroni specchio. Cortina 2006**
- M. Jeannerod. La macchina del cervello. Fisiologia della Volontà. Vallecchi 1991. Brain and Mind, evolutionary perspectives. (Eds. M. S. Gazzaniga and J.S. Altman) HFSP Strasbourg 1998.**
- A. Damasio. The feeling of what happens. Body and emotion in the making of consciousness. Harcourt Brace 1999.**
- J-P. Changeux e P. Ricoeur. La natura e la regola. Cortina 1999 Le neurosciences et la philosophie de l'action (Ed. J. L. Petit J.L.) Librairie Philosophique J. Vrin, Paris 1998.**
- 10**
- A. Clark. Being There. Putting brain, body, and word together again. MIT press 1997.**
- D. J. Chalmers. La mente cosciente. McGraw and Hill Libri Italia, 1999.**
- M. Di Francesco. La coscienza. Laterza editori, 2000.**
- S. L. Hurley. Consciousness in Action. Harvard University Press. 1998**
- G. Lakoff and M. Johnson. Metaphor we live by. University of Chicago Press 1980.**
- Scardovelli, M. (1986), *Musicoterapia con il grave insufficiente mentale*, Coop. 77. Genova.**
- Scardovelli, M. (1988), *Il flauto di Pan*, Ecig, Genova.**
- Scardovelli, M. (1992), *Il dialogo sonoro*, Cappelli, Bologna.**