

- ▶ I neuroni a specchio (1)
- ▶ Il sistema motorio (2)
- ▶ Osservazione (3)
- ▶ Immaginazione (4)
- ▶ Empatia (5)



# Neuroni a specchio (1)

## “NEURONI MIRROR” Neuroni a specchio

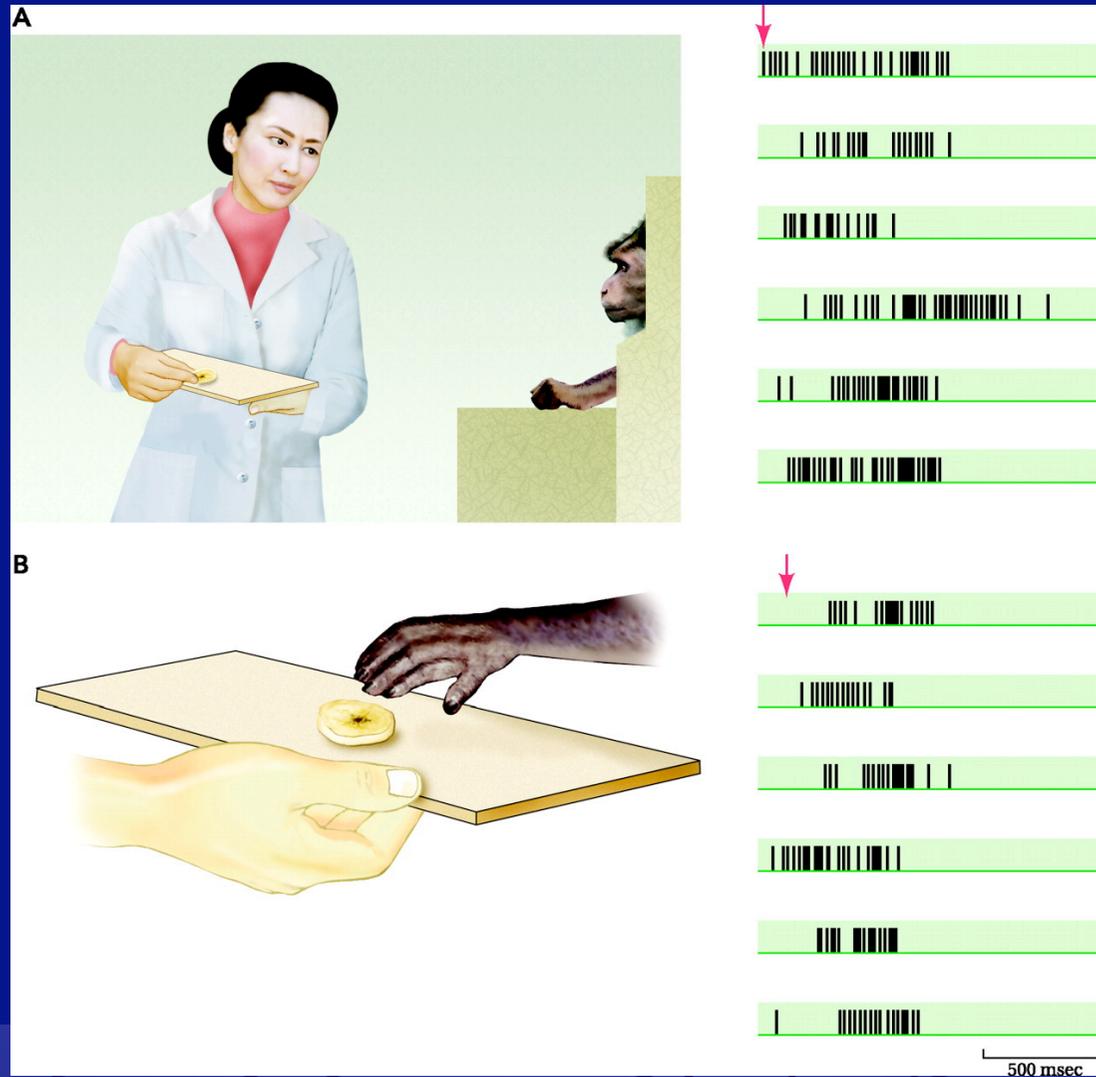
Sono neuroni che si trovano nell'area F5 delle scimmie che scaricano sia quando le scimmie eseguono una azione sia quando osservano la stessa eseguita da altri

**Di Pellegrino et al., 1992**

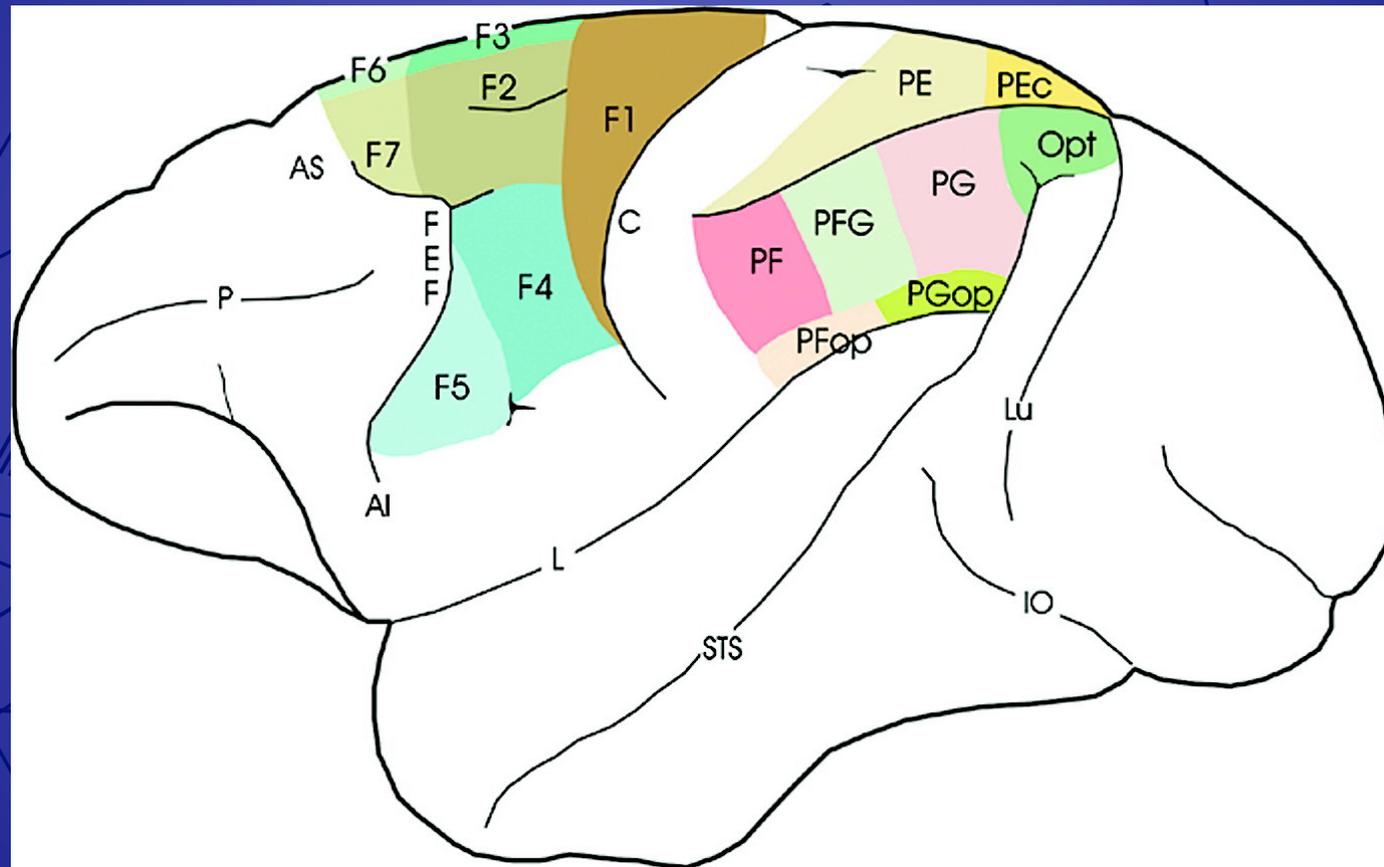
**Gallese et al., 1996**

**Rizzolatti et al. 1996**

# Correlati neuro-fisiologici

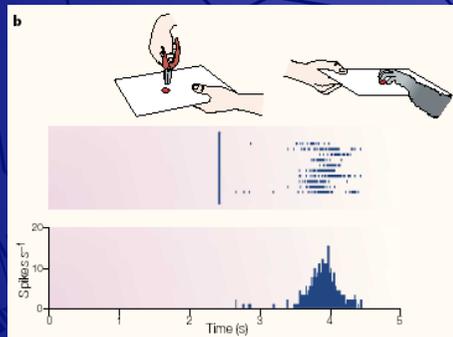
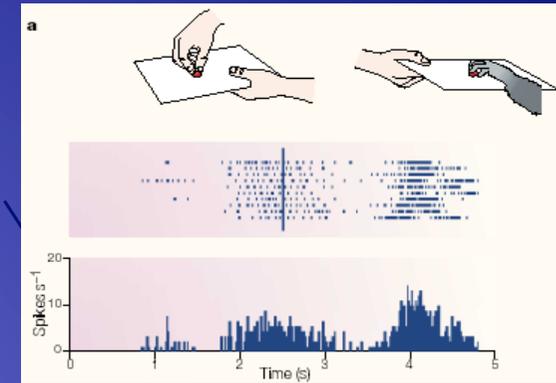


# Le mappe cerebrali nella scimmia nota l'area F5 (motoria)



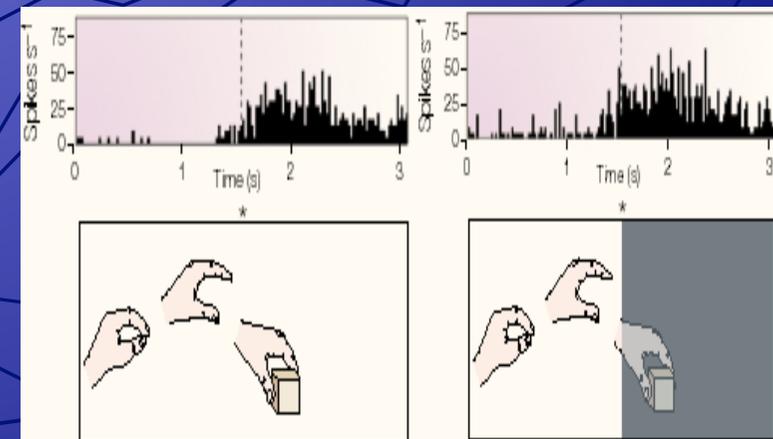
# NEURONI A SPECCHIO

Nell'area pre-motoria della scimmia sono state identificate *cellule nervose* che mostrano la stessa attivazione sia durante l'esecuzione che l'osservazione di un'azione di prensione (di Pellegrino, et al. 1992; Gallese, et al. 1996; Rizzolatti, Fadiga et al 1996)



Questi neuroni risultano attivi solo per l'osservazione di azioni che le scimmie conoscono (afferrare un oggetto con una tenaglia anzichè con le mani non attiva il sistema di neuroni in esame)

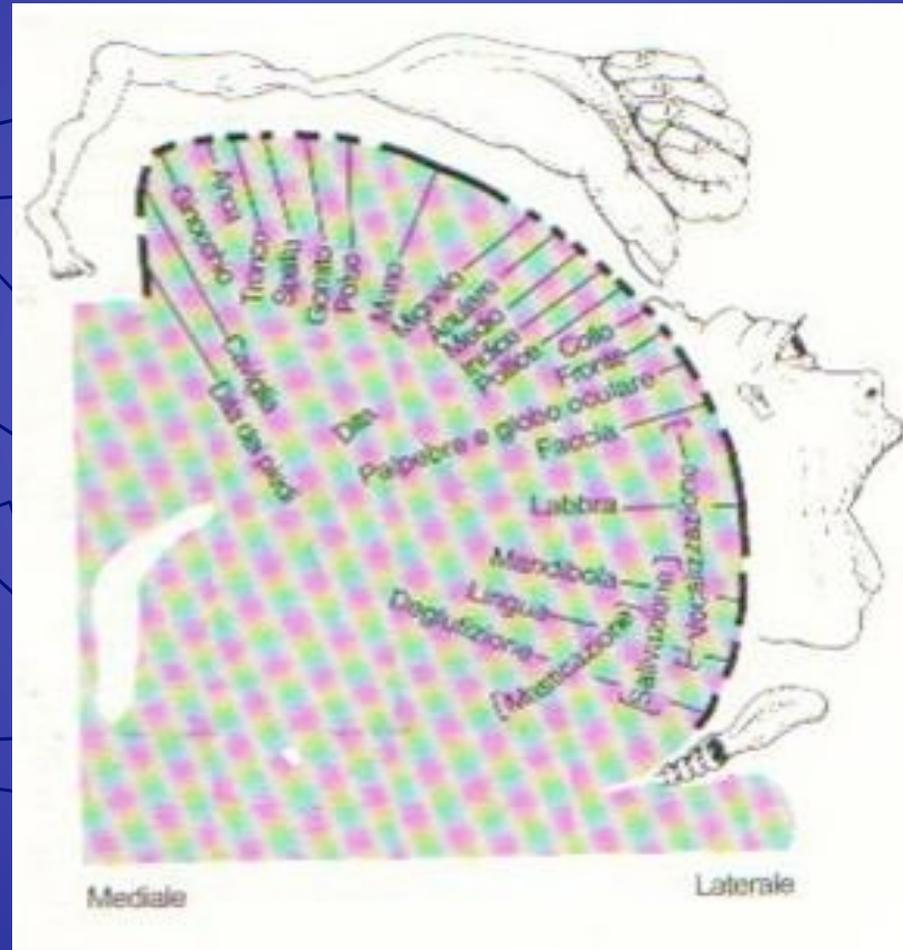
Però questi neuroni sono attivi anche quando il movimento osservato è implicito (viene mostrata alla scimmia solo una parte dell'azione) (Umiltà, et al. 2001).



# Cosa succede nella specie umana?

- ▶ Inducendo stimoli di SMT (Stimolazione Magnetica Transcranica) durante l'osservazione di un'azione di presa, si è registrato un aumento dei potenziali motori evocati proprio da quei muscoli che sarebbero stati coinvolti se l'azione fosse stata eseguita realmente, mostrando l'esistenza di un sistema a specchio anche negli esseri umani. (Fadiga, et al. 1995)
- ▶ Una simile facilitazione motoria si trova anche durante l'immaginazione di un movimento: infatti un training immaginativo comporta un aumento di eccitabilità corticale e una migliore performance. (Decety et al., 1989).

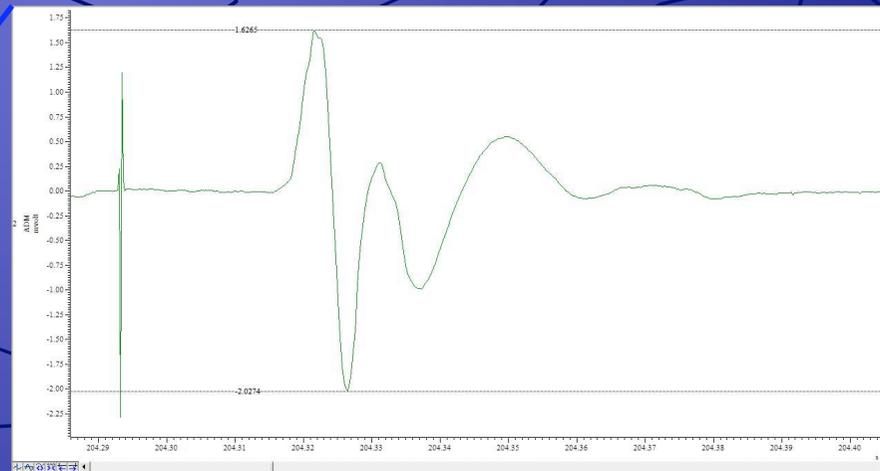
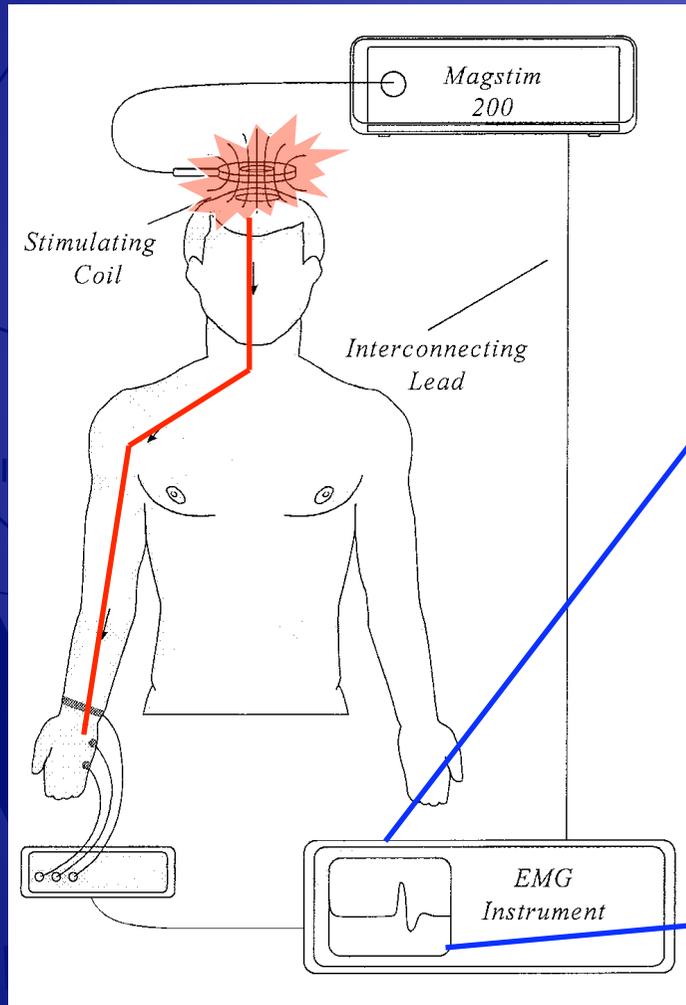
# Homunculus corteccia motoria



# Sistema motorio (2)

- ▶ Il sistema motorio include:
  - Attivazione a livello della corteccia (M1)
  - Via spinale
  - Attivazione alpha motoneuroni
  - Contrazione del muscolo distale

# La stimolazione magnetica transcranica



# Procedura TMS



Punto ottimale di stimolazione per la corteccia motoria: è stato localizzato 5 cm lateralmente e 2 cm anteriormente rispetto a Cz.

Da questa posizione il coil veniva mosso a piccoli spostamenti di mm fino a rilevare un'ampiezza del potenziale del muscolo di almeno 50 microvolt

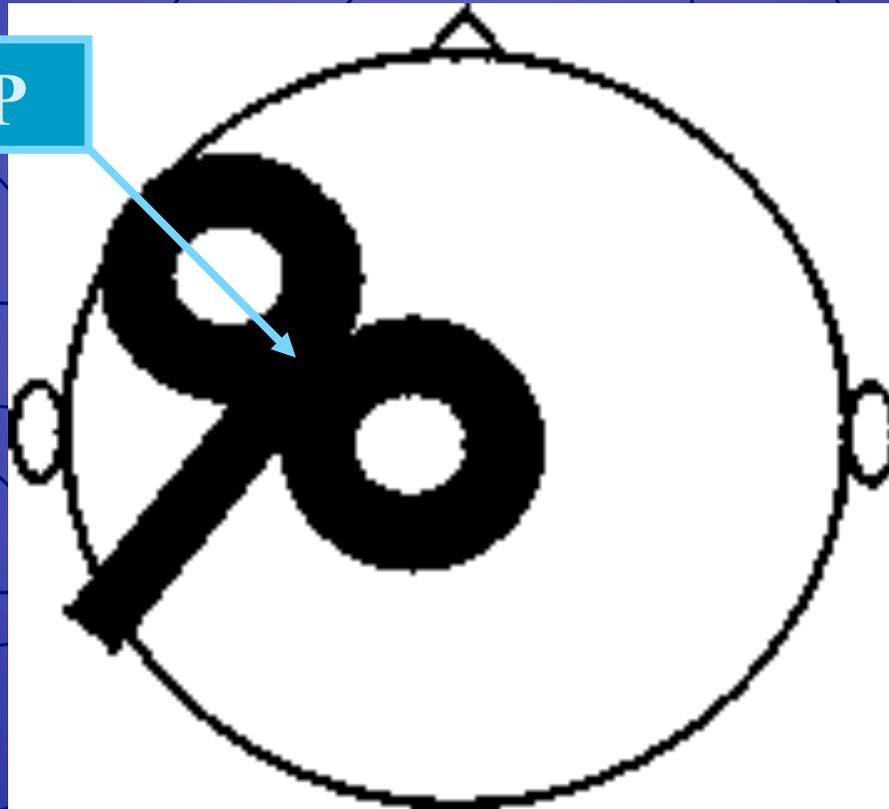
Soglia di stimolazione: intensità della Tms necessaria per evocare almeno 5 potenziali su 10 nei muscoli di interesse.

Durante il compito di osservazione abbiamo stimolato al 120% della soglia motoria.

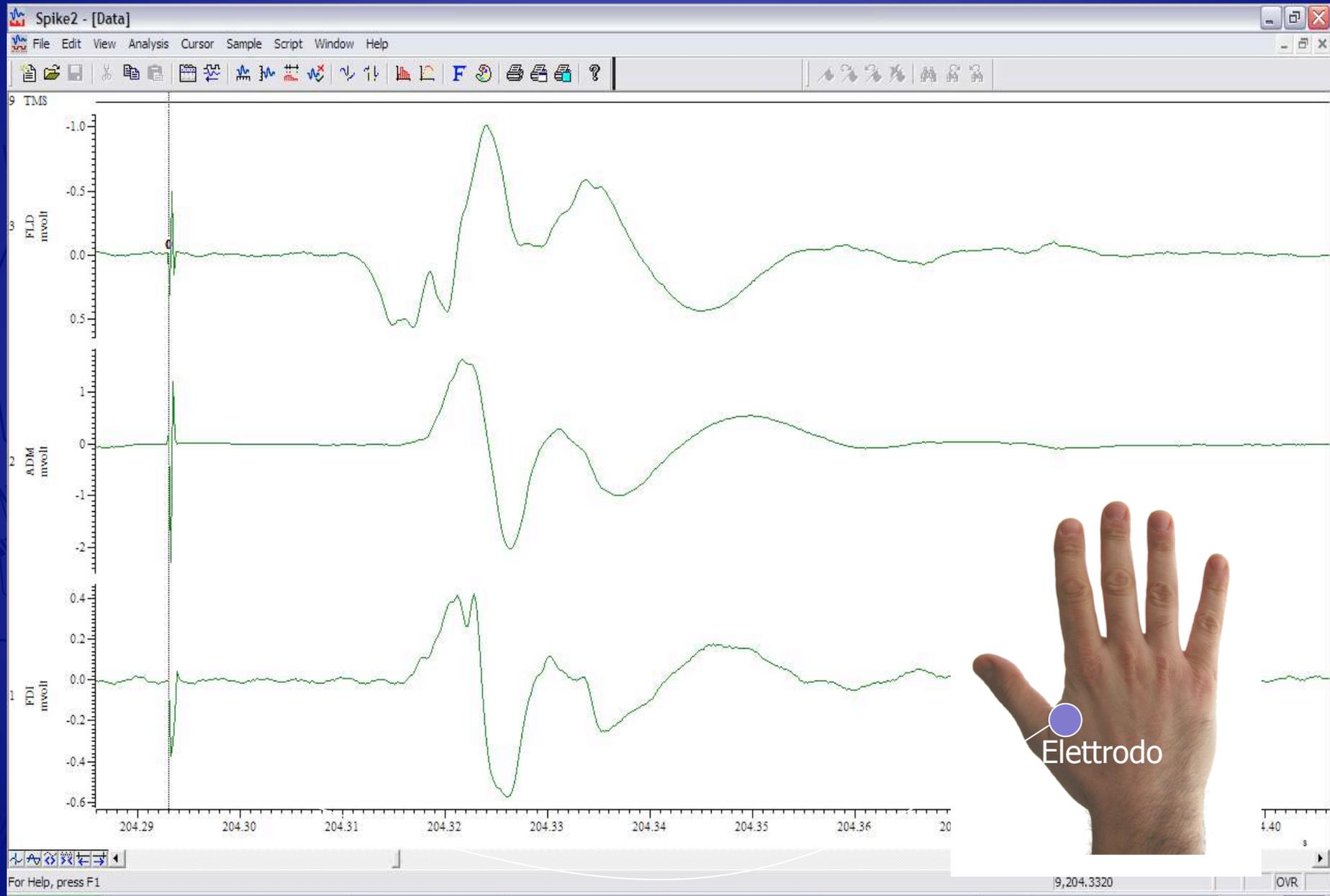
# Tecnica

Stimolazione magnetica transcranica dell'area motoria primaria dell'emisfero sinistro

MEP

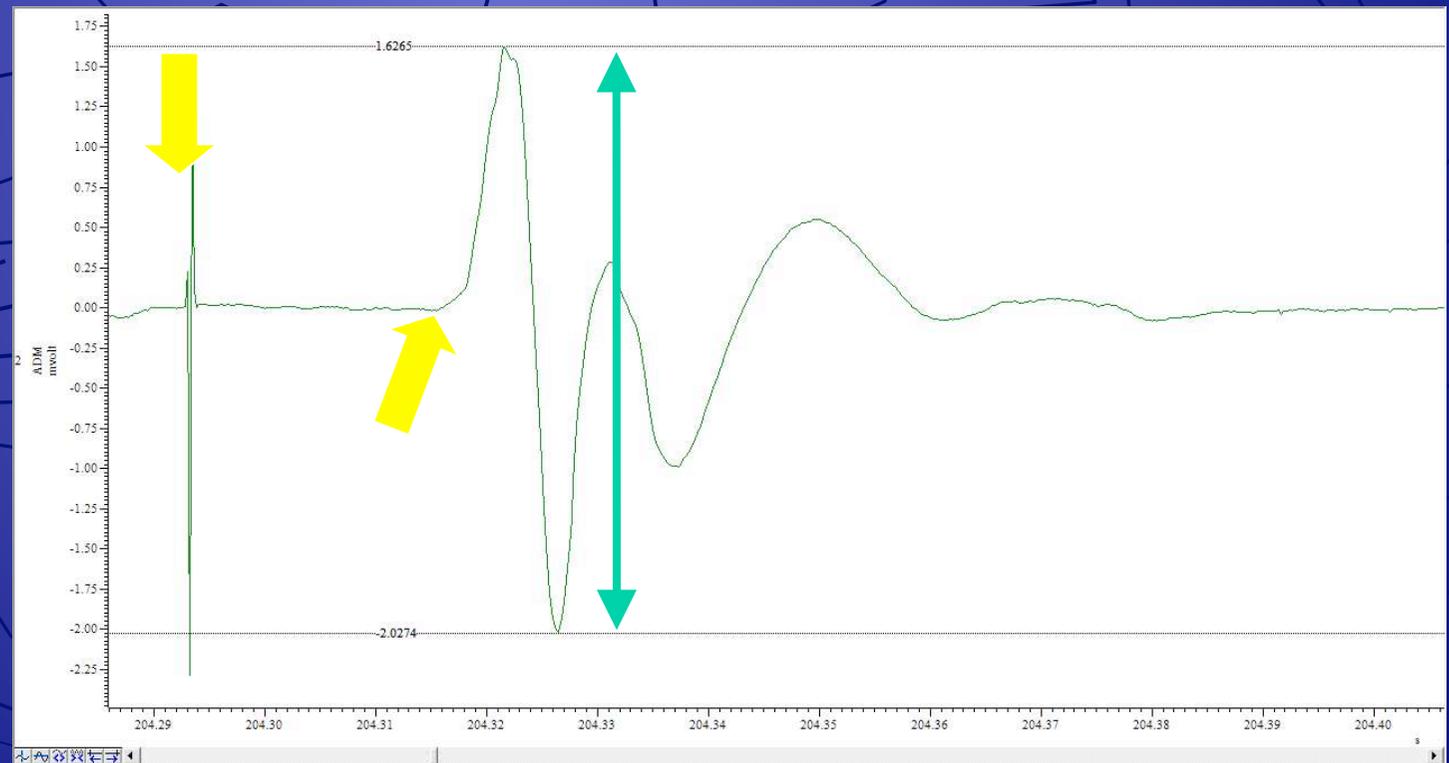


# TMS (Stimolazione magnetica Transcranica)



# TMS

- ▶ Viene rilevata l'ampiezza dei potenziali elettrici



# Correlati fisiologici dell'osservazione di azioni

- ▶ Durante l'osservazione di movimenti l'attività muscolare è solo parzialmente inibita nel senso che esiste sempre una, seppur debole, attivazione

- ▶ Wehner, T., S. Vogt, et al. (1984) Psychological research

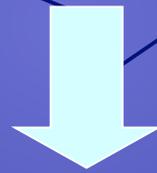
- ▶ L'attivazione delle vie discendenti durante l'osservazione sono indagabili mediante la TMS

- ▶ Pascual-Leone, A., D. Nguyet, et al. (1995) Journal of neurophysiology

## Osservazione (3)

le aree motorie degli esseri umani si attivano durante l'osservazione di azioni compiute da altri

studi di  
*stimolazione magnetica transcranica*



aumento dell'eccitabilità del sistema motorio durante l'osservazione di azioni

Grafton et al. 1996

Rizzolatti et al., 1996

Grezes et al. 1999

Cochin et al., 1999

Hari et al. 1998

Fadiga et al. 1995

Strafella et al. 2000

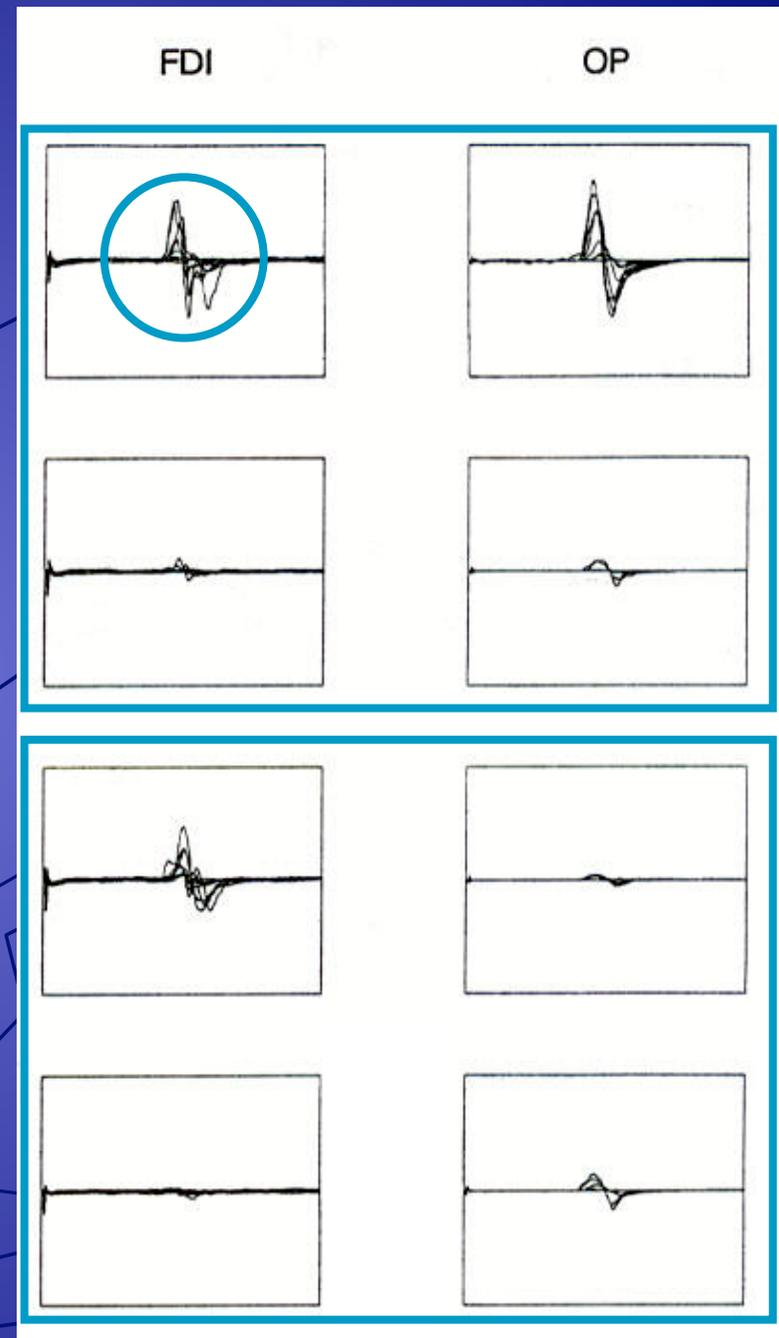
Maeda et al. 2001,2002

Osservazione di una azione  
di presa di un oggetto

Osservazione dell'oggetto

Osservazione del  
movimento di un braccio

Cambio della luce  
ambientale



## SAPPIAMO

che l'eccitabilità del sistema motorio aumenta non solo durante l'**esecuzione** dell'azione, ma anche durante la sua semplice **osservazione**

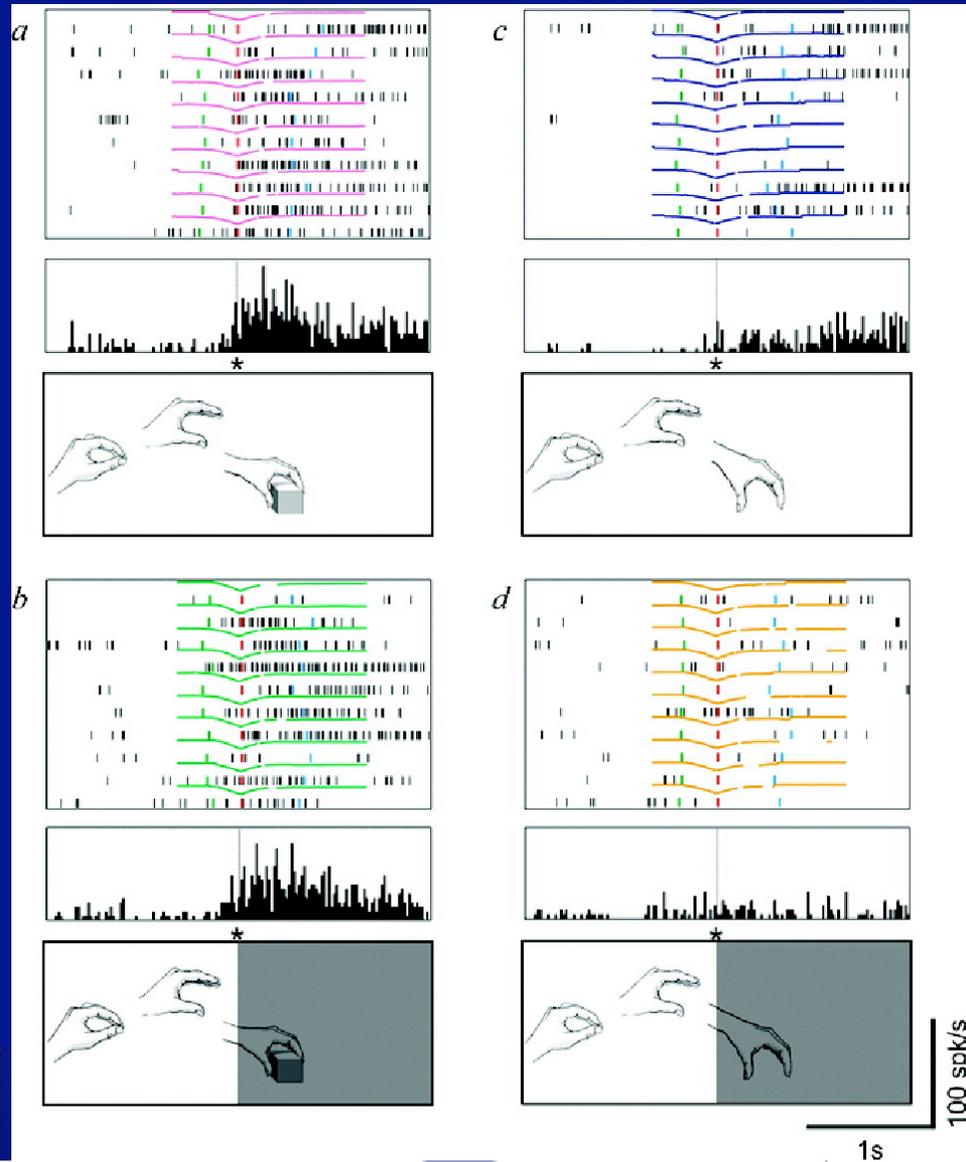
...come si comportano i neuroni a specchio in diverse condizioni?

Mimare un gesto

Mostrare solo una parte di azione (conoscenza implicita)



# Correlati neuro-fisiologici



# Modulazione dell'eccitabilità del sistema motorio durante l'osservazione di movimenti

Movimenti biomeccanicamente possibili e impossibili?



# Misura di eccitabilità del sistema motorio

Ampiezza dei potenziali evocati motori

Primo interosseo  
dorsale

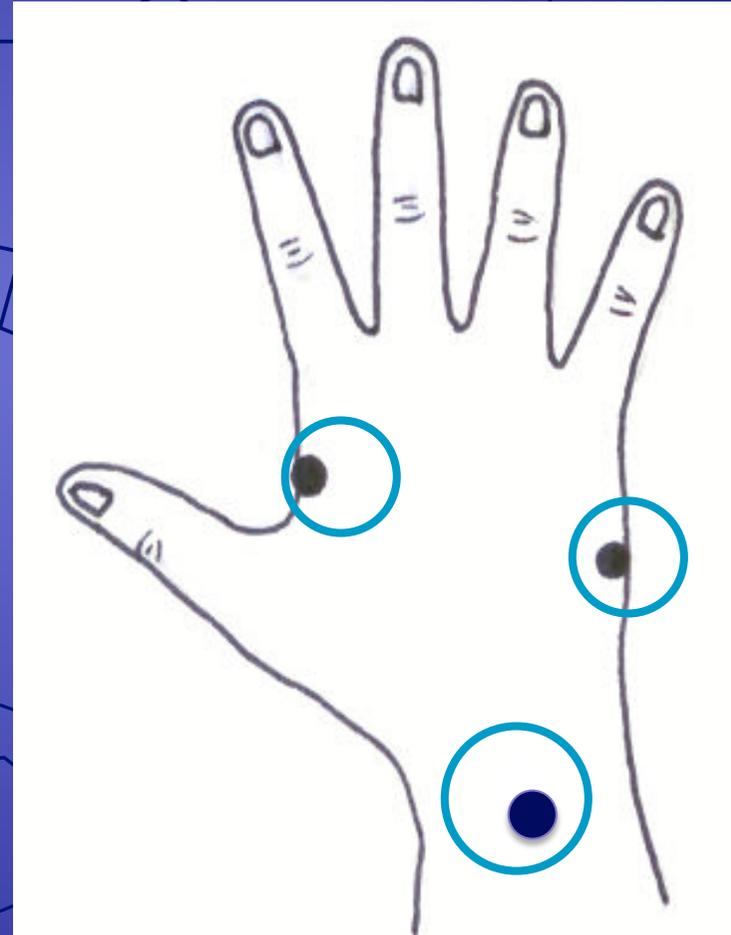
FDI

Abduttore del  
quinto dito

ADM

Estensore Indice

EIP



# Dati di acquisizione

- ▶ Elettrodi 1 cm diametro
- ▶ Segnale amplificato e filtro passa-banda da 30 Hz a 2.5kHz
- ▶ Frequenza di campionamento 10kHz
- ▶ Soglia almeno 3 rip a 50  $\mu$ V (OSP)
- ▶ Segnale + 130% OSP
- ▶ Coil focale a farfalla
- ▶ F & M wave indici di attività spinale e nervo ulnare
- ▶ Registrazione EMG finestra temporale

# Oscillazione a 1Hz

**FDI**



**ADM**



Mano Ferma    Possibile    Impossibile

# Oscillazione a 1 Hz

EIP

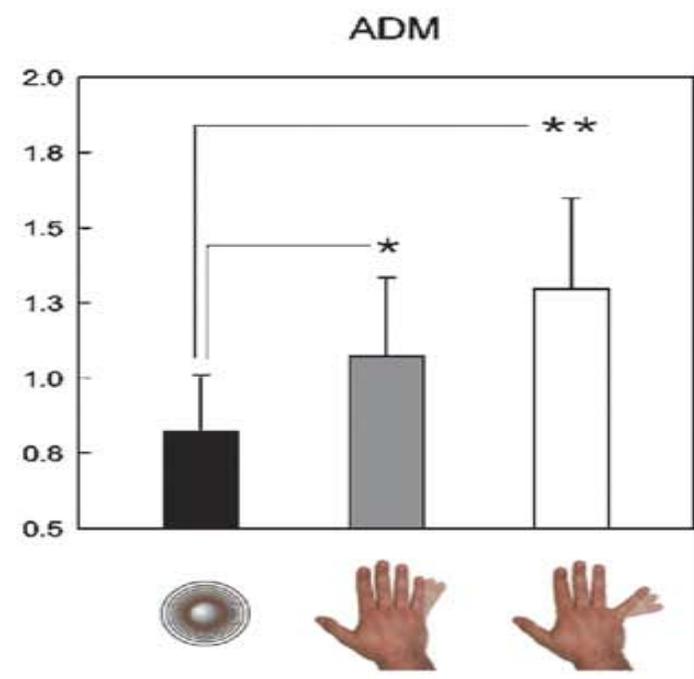
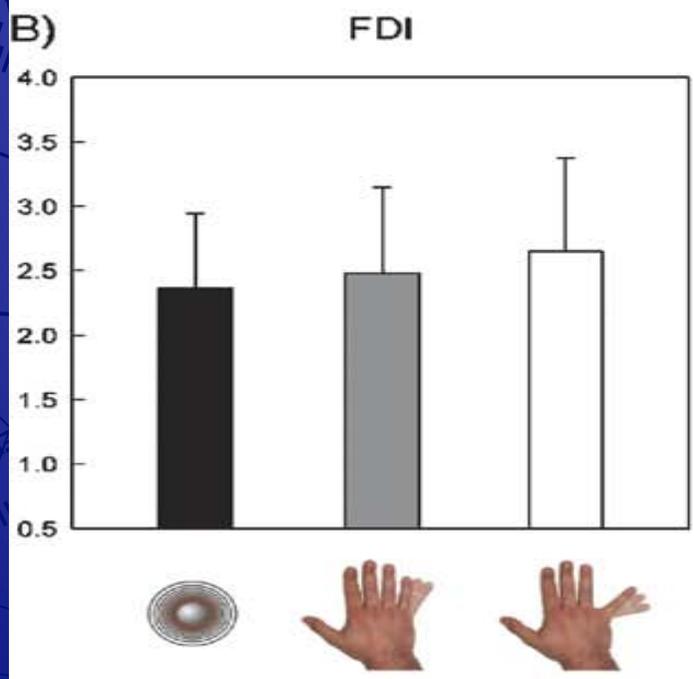
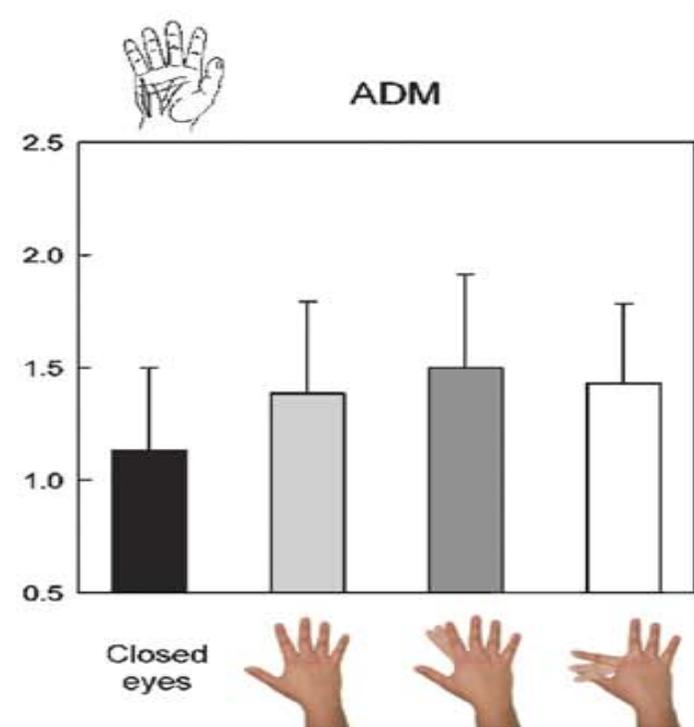
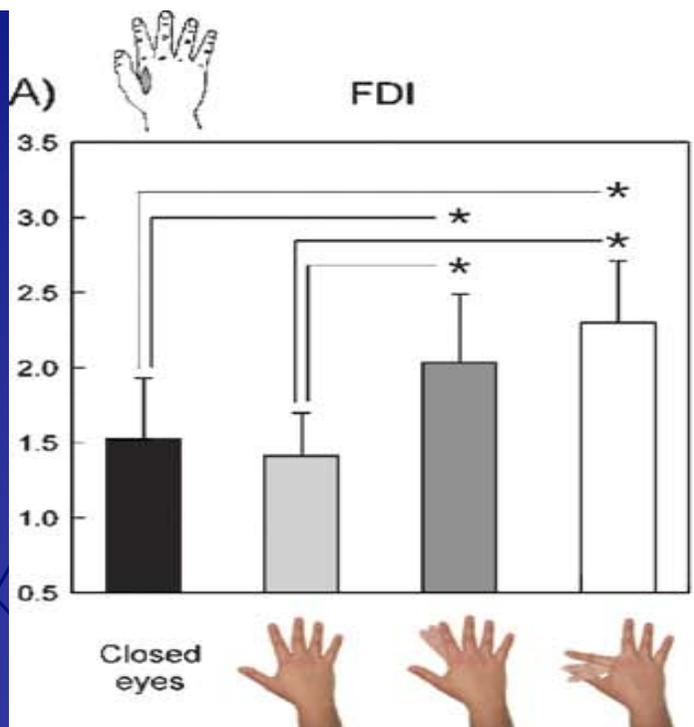


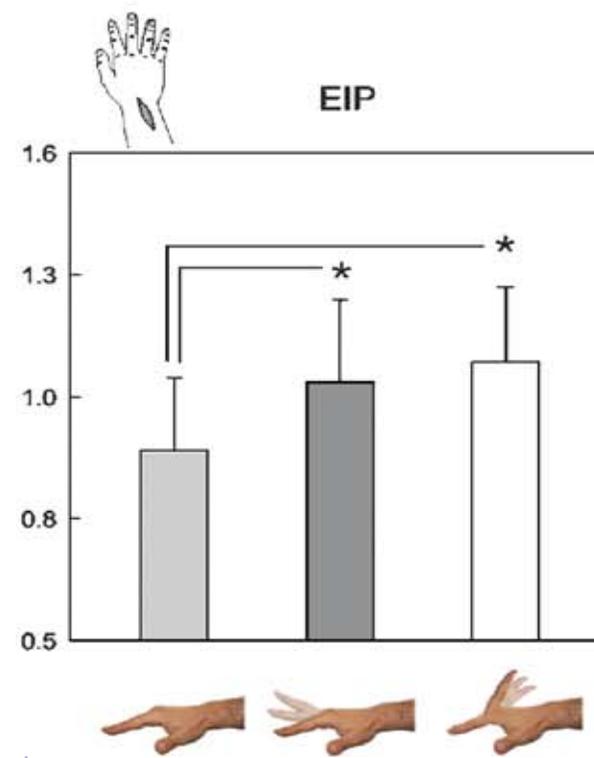
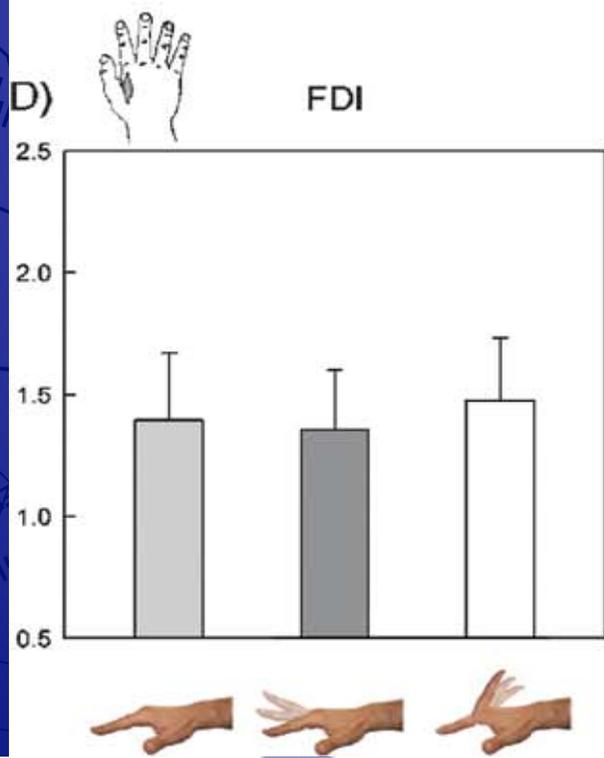
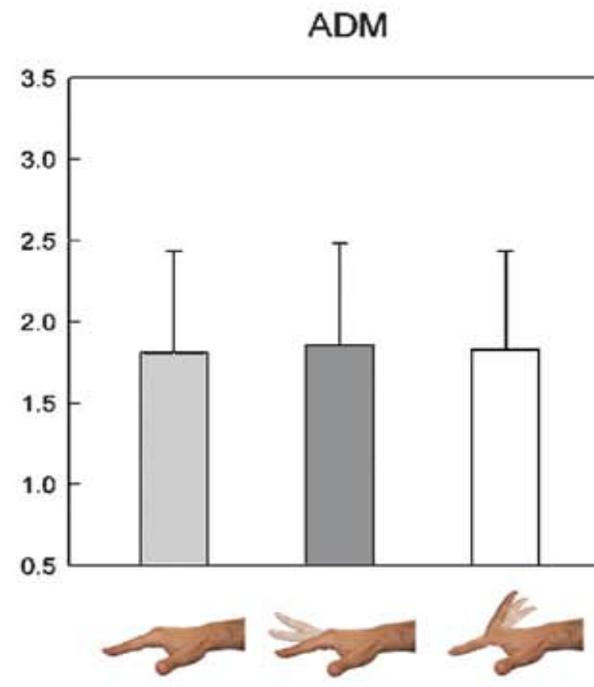
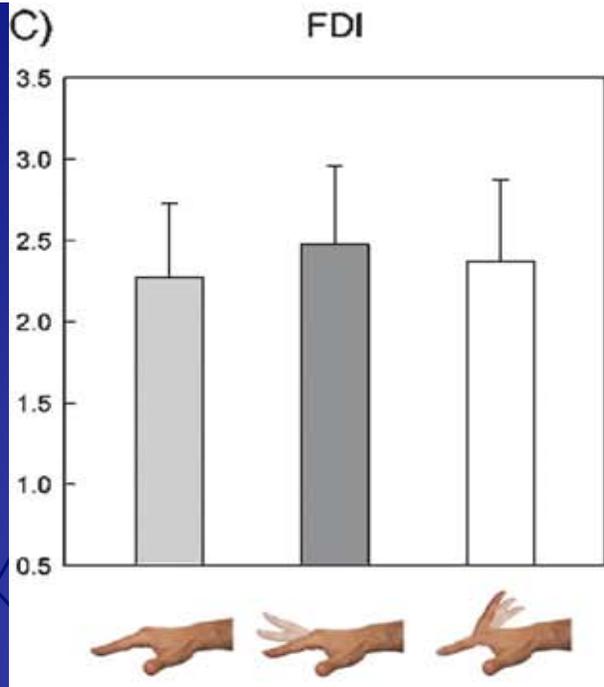
Mano Ferma

Possibile

Impossibile

# MEP

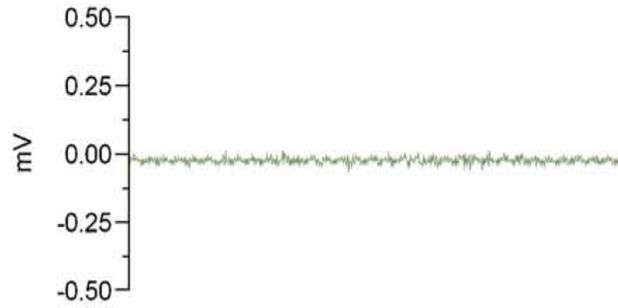




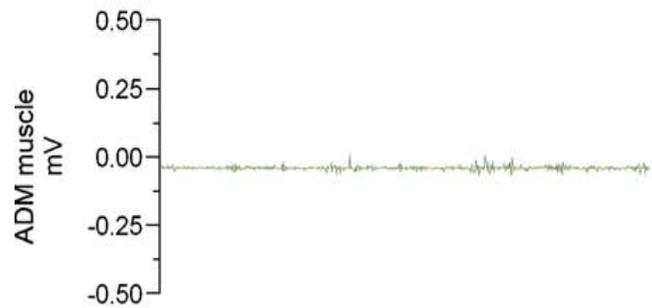
index finger abduction/adduction



little finger abduction/adduction

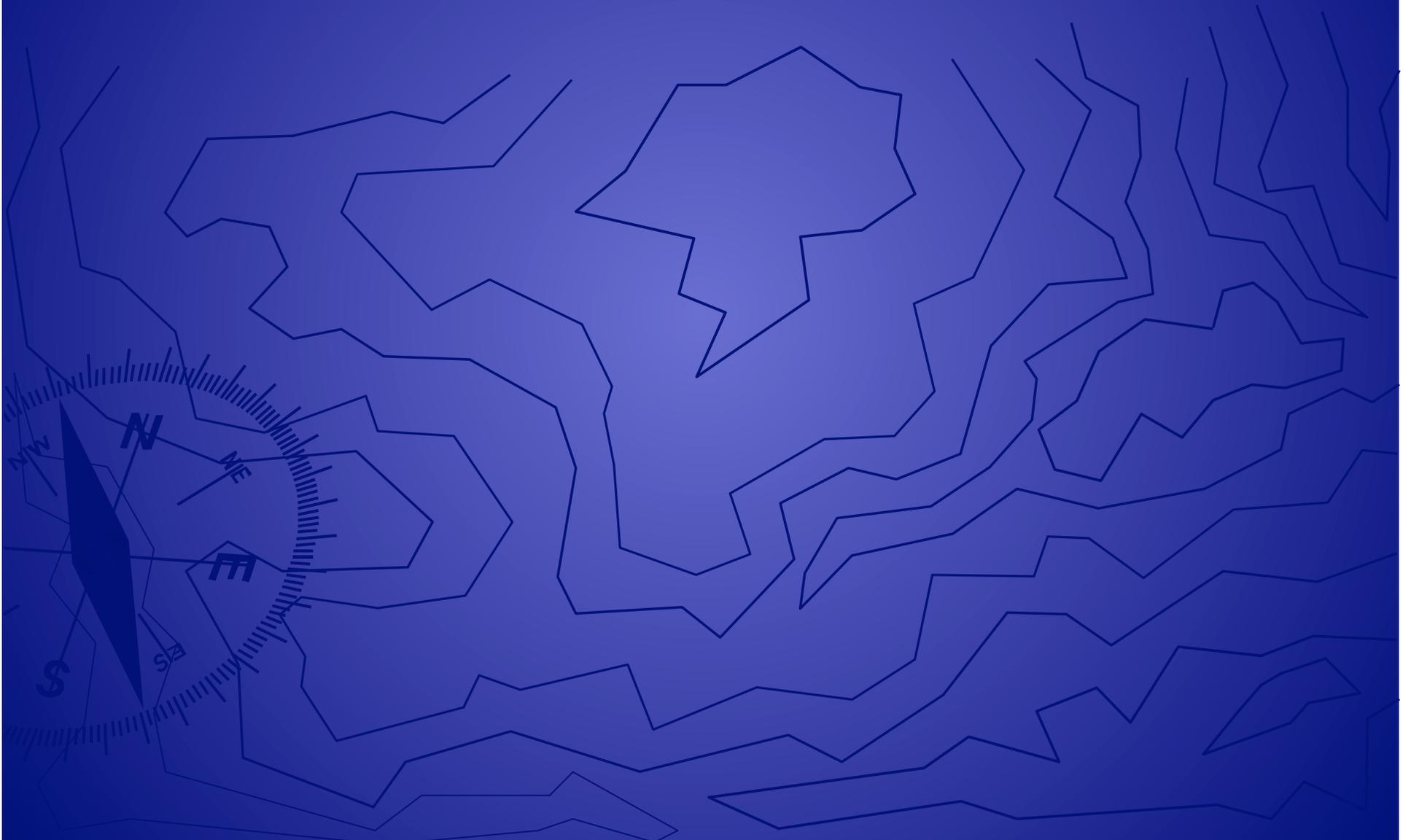


index finger extension/flexion



0.5  
s

# Osservazione di azioni sportive



L'idea è che la percezione visiva e la percezione cinestesica dinamica siano strettamente connesse fra loro e che questo permetta la comprensione e l'interpretazione dei gesti degli altri

L'allenamento quindi di una "conoscenza percettivo-motoria" potrebbe essere il meccanismo utilizzato per anticipare specifiche sequenze di azioni, attraverso una costante selezione di informazione rilevante!

Quello che fanno gli atleti!

## Psicofisica/TMS: Soggetti

Esperti giocatori (Serie A e B)

Giornalisti Sportivi e Allenatori

Non esperti

Età:  $27.2 \pm 3.5$

# Psicofosica/1: I Filmati



La Palla entrerà a canestro?

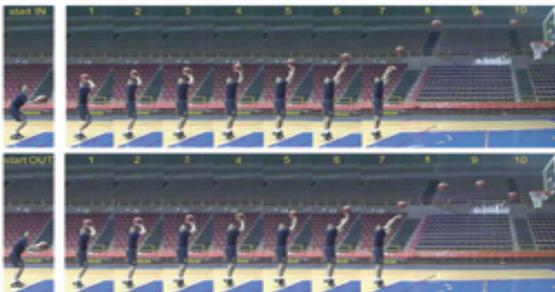
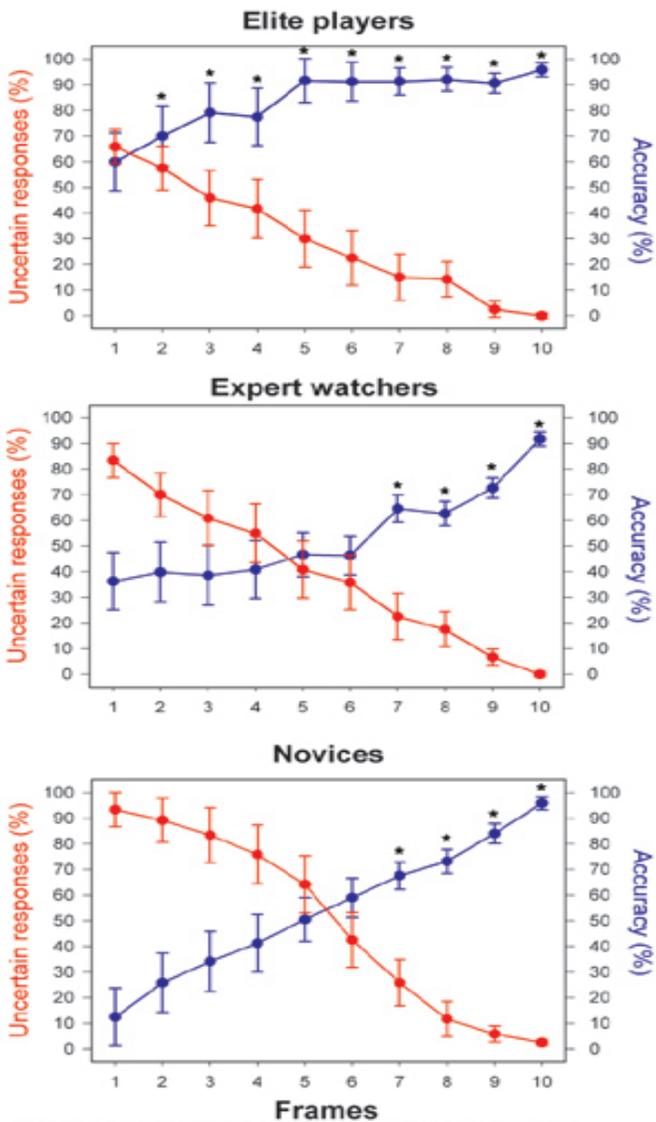


La Palla entrerà a canestro?



La Palla entrerà a canestro?

1. Si
2. No
3. Non so



Esperti:

Più accurati

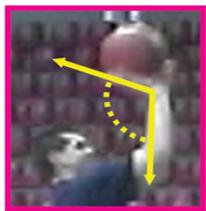
leggono il movimento  
del corpo dell'atleta

Giornalisti

Non Esperti:

Meno accurati

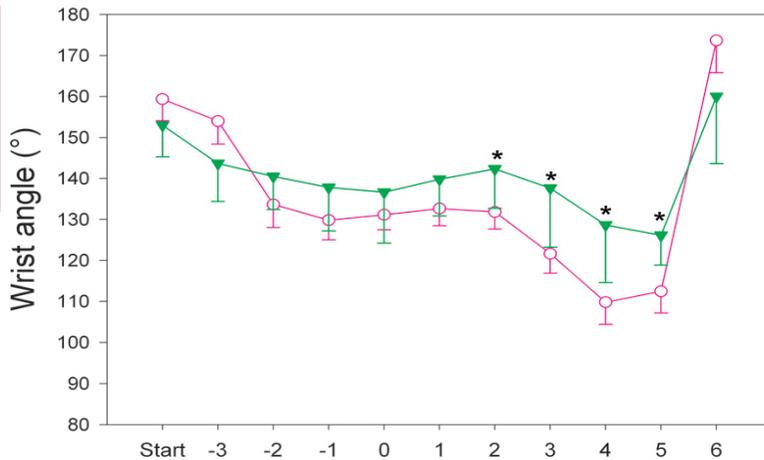
leggono la traiettoria  
della palla



○ IN shots



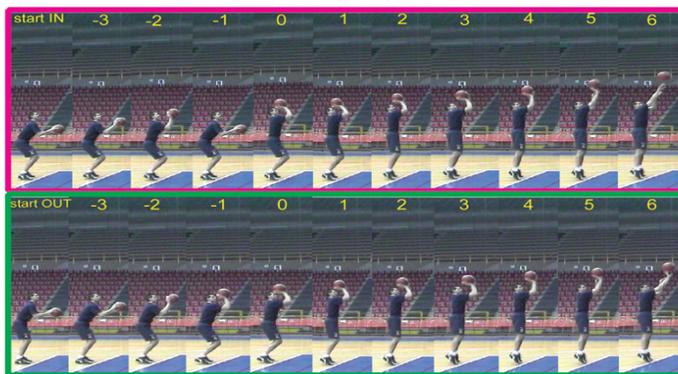
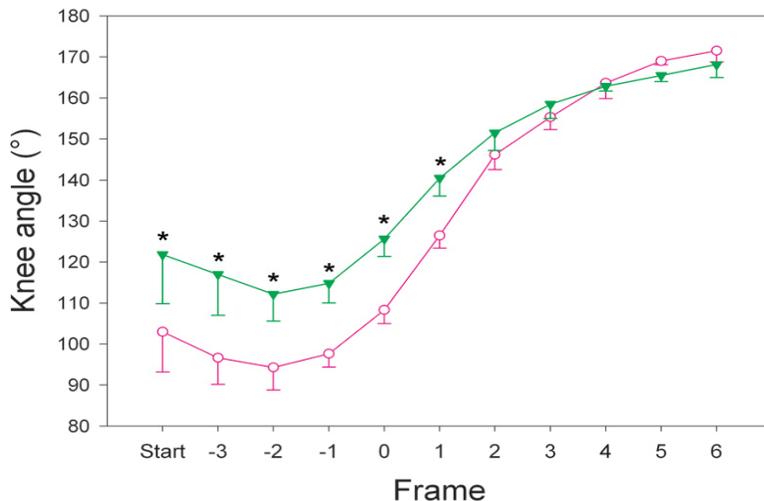
▼ OUT shots



○ IN shots



▼ OUT shots



Angolo al polso: tiri dentro e fuori si differenziano quando la mano sta per lasciare la palla

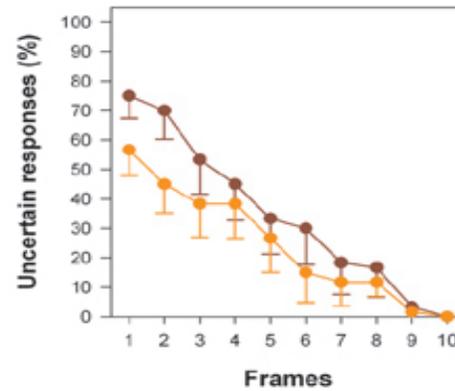
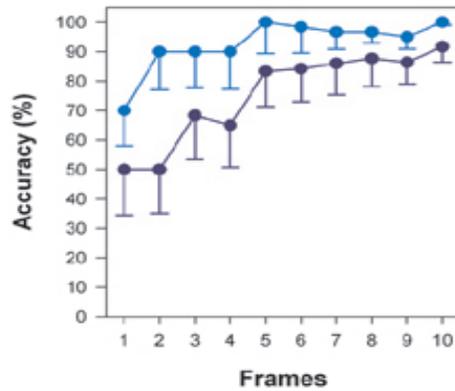
Angolo al ginocchio: tiri dentro e fuori si differenziano fin dai primi primi istanti

Effettivamente gli esperti distinguono da subito e meglio i tiri fuori:

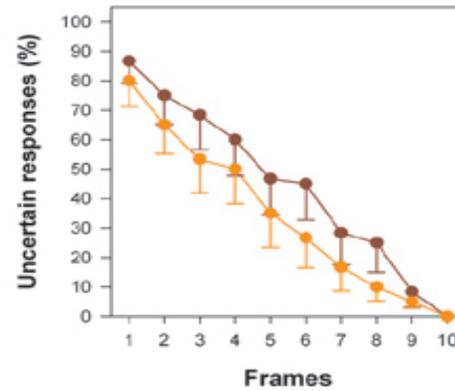
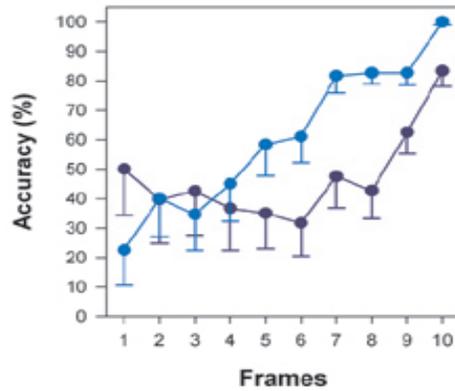
Perchè?

Leggono l'errore cinematografico dell'atleta

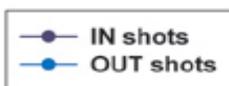
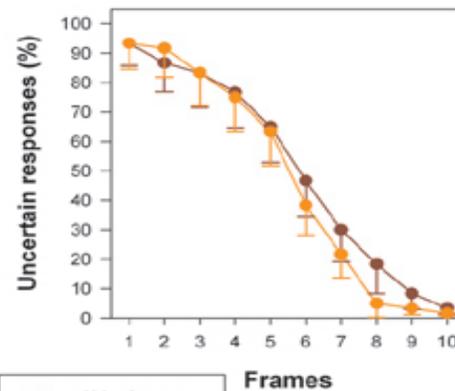
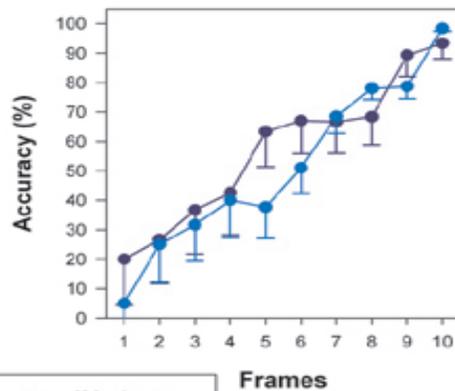
Elite players



Expert watchers



Novices



## TMS: I video

- 1) Immagine statica del giocatore (baseline)
- 2) Tiri liberi a canestro (come prima)
- 3) Tiri in porta calcio

**A**

Still player



Basket shot



Soccer kick



**A**

Still player



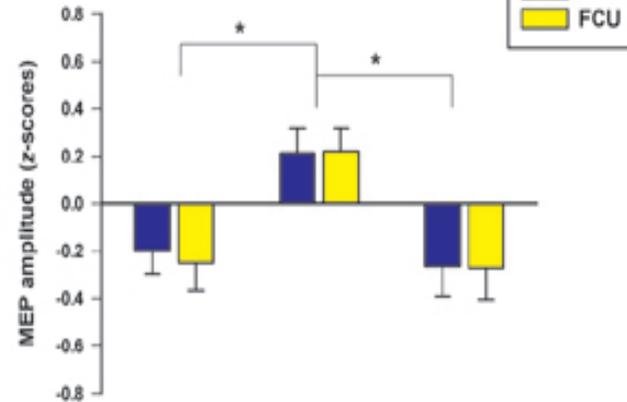
Basket shot



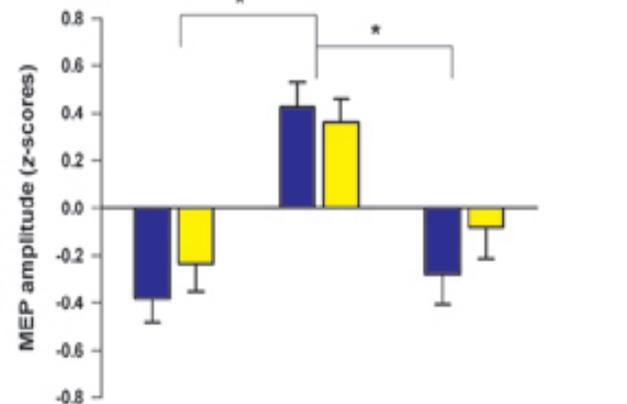
Soccer kick

**B**

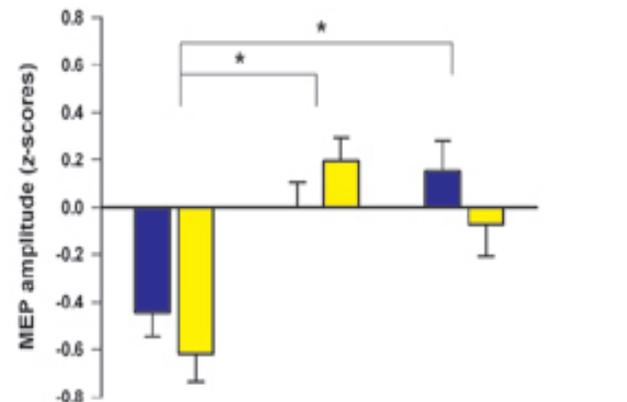
Elite players



Expert watchers



Novices



Still player Basket shot Soccer kick

Attivazione  
selettiva per I  
tiri a basket

Attivazione  
selettiva per I tiri  
a basket

Attivazione non  
specifica per  
nessuno dei due  
sport

## Immaginare una azione

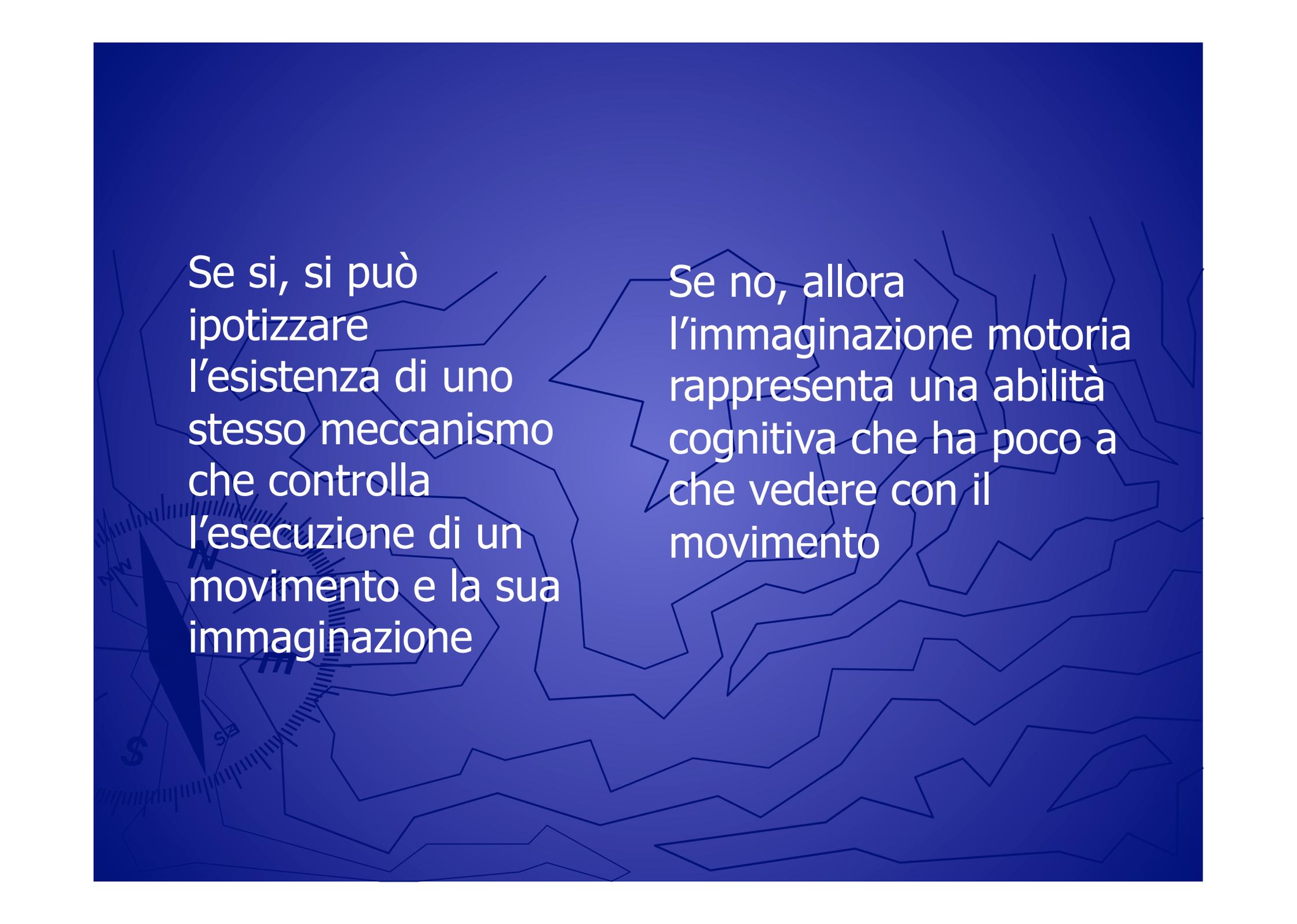
Immaginazione motoria è una rappresentazione interna di un movimento senza contrazioni muscolari distali (Jeanerrod, 1995)

L'allenamento ideomotorio è un esempio di tipico

Il tempo necessario per simulare una azione  
mentalmente è simile al tempo necessario per  
eseguirlo?

Immaginiamo di eseguire una azione e  
calcoliamo il tempo stimato  
Eseguiamo quella azione e calcoliamo il tempo  
di esecuzione

I due tempi sono simili?



Se si, si può ipotizzare l'esistenza di uno stesso meccanismo che controlla l'esecuzione di un movimento e la sua immaginazione

Se no, allora l'immaginazione motoria rappresenta una abilità cognitiva che ha poco a che vedere con il movimento

# Article

## **Duration of Mentally Simulated Movement: A Review**

A. Guillot

C. Collet

Centre de Recherche et d'Innovation sur le Sport

Université Claude Bernard Lyon I

Villeurbanne, France

## Immaginazione (4)

Definire l'eccitabilità del sistema motorio nella pianificazione di una azione immaginata

### OBIETTIVO

Verificare se esistono nel cervello programmi motori che codificano in maniera specifica i parametri del movimento durante l'immaginazione.

# Cronometria mentale

- ▶ Il termine cronometria mentale si riferisce all'elaborazione dell'informazione del tempo trascorso processato a livello del sistema nervoso
  - (Posner, 1978).
- ▶ Esperimenti di cronometria mentale hanno mostrato che l'equivalenza temporale tra movimenti immaginati ed eseguiti non è sistematica ma dipende da diversi fattori
  - (A. Guillot, C. Collet 2005)

# Questi fattori sono

- ▶ Movimenti ritmici e discreti
- ▶ Intensità dell'attenzione richiesta
- ▶ Difficoltà del compito
- ▶ Livello di esperienza

# Durata simile

**TABLE 1. Simulated Movement Duration**

Study	Task	Findings
<i>Similar actual and imagined movement durations</i>		
Barr & Hall (1992)	Rowing	Rhythmical movements
Berthoz et al. (1996)	Walking	
Decety et al. (1989), Experiment 1	Drawing	
Decety & Michel (1989)	Walking	
McIntyre & Moran (1996a, 1996b)	Canoe, Kayak	
Munzert (2002)	Pedalo	
Oishi et al. (2000)	Skating	
Papaxthantis, Pozzo, et al. (2002)	Walking, Drawing	
Unestahl (1983)	Skiing	
Watson & Rubin (1996)	Drawing	
Barthalais (1998)	Skydiving	Discrete movements
Deschaumes-Molinaro et al. (1991, 1992)	Shooting	
Reed (2002)	Springboard diving	

# Sottostima

*Underestimation of actual movement duration during motor imagery*

Vieilledent (1996)

Climbing

Esperti non  
sottostimano

Barthalais (1998)  
Reed (2002)

Skydiving  
Springboard diving

Collet et al. (1999)  
Deschaumes-Molinaro et al. (1991, 1992)

Weightlifting  
Shooting

Alta concentrazione

Calmels & Fournier (2001)  
Munroe et al. (2000)

Gymnastics  
Golf  
Softball  
Swimming  
Tennis  
Track  
Volley-ball  
Wrestling

Sottostima quando il  
compito viene eseguito  
prima della  
competizione

# Sovrastima

## *Overestimation of actual movement duration during motor imagery*

Calmels & Fournier (2001)	Gymnastics
Ceritelli et al. (2000)	Pointing
Decety & Boisson (1990)	Walking
Decety & Jeannerod (1996)	Walking
Decety & Lindgren (1991)	Writing, Drawing
Decety et al. (1989), Experiment 2	Walking
Decety et al. (1988)	Drawing

Durata aumenta con  
l'aumento della difficoltà del  
compito

Coello & Orliaguet (1992)	Golf putting
Collet et al. (1999)	Weightlifting
Guillot & Collet (2004; present results)	Tennis, Gymnastics

Alta richiesta di  
attenzione

# Riflessioni

- ▶ La natura del compito influenza il tempo stimato
- ▶ Il livello delle abilità motorie influenza il tempo stimato
  - Sia la sottostima che la sovrastima possono essere aggiustate dall'apprendimento (allenamento delle capacità cognitive e motorie)

# Applicazioni

- Patologie neuromotorie
- Atleti

## Strutture neurali coinvolte:

- Corteccia motoria
- Corteccia pre-motoria
- Gangli della base
- Cervelletto



ELSEVIER

---

---

**NeuroImage**

---

---

[www.elsevier.com/locate/ynimg](http://www.elsevier.com/locate/ynimg)  
NeuroImage 41 (2008) 998–1010

## **Cerebral correlates of motor imagery of normal and precision gait**

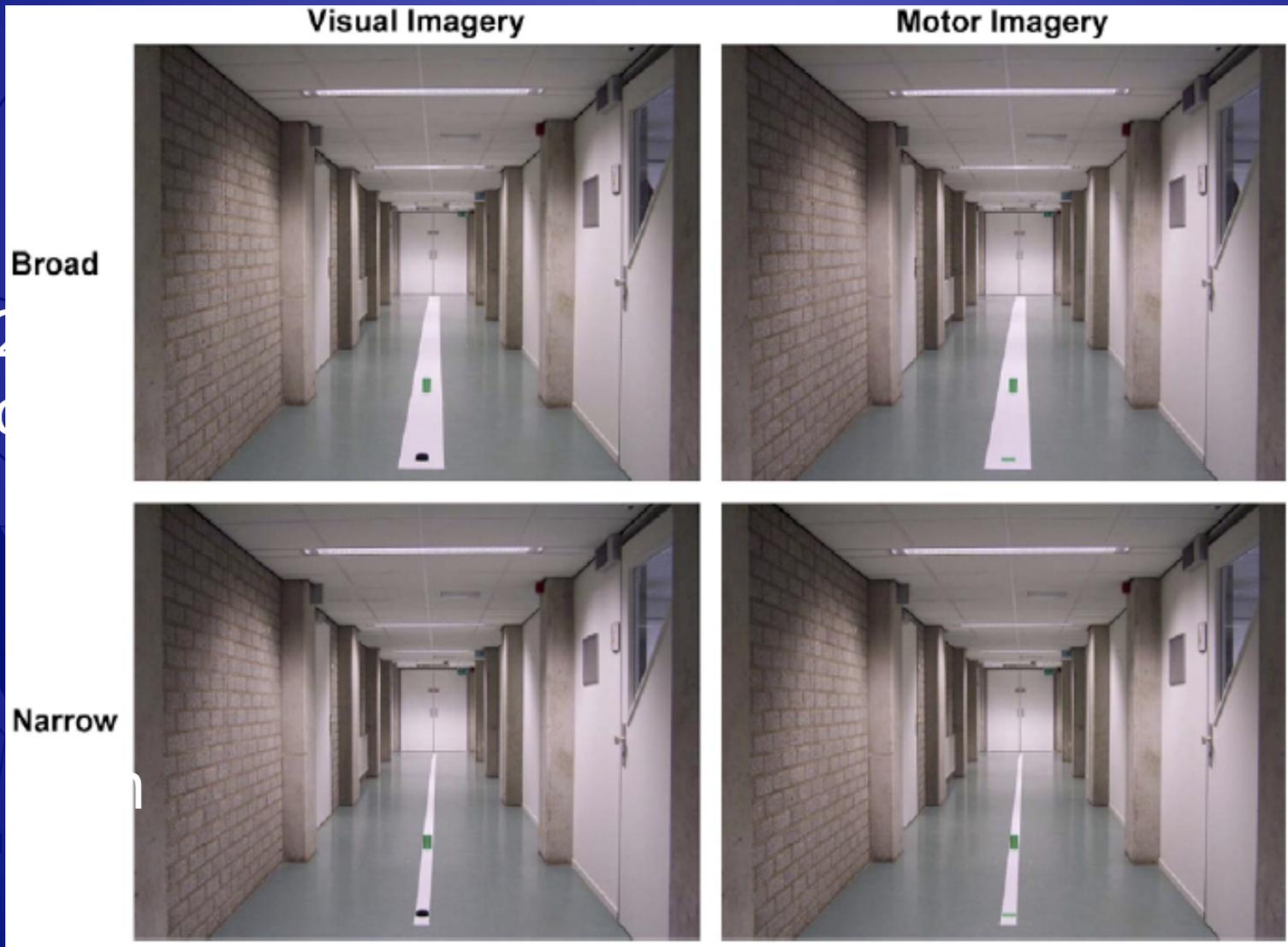
M. Bakker,<sup>a,b</sup> F.P. De Lange,<sup>a</sup> R.C. Helmich,<sup>a,b</sup> R. Scheeringa,<sup>a</sup> B.R. Bloem,<sup>b,\*</sup> and I. Toni<sup>a,c</sup>

<sup>a</sup>*FC. Donders Centre for Cognitive Neuroimaging, Radboud University Nijmegen, The Netherlands*

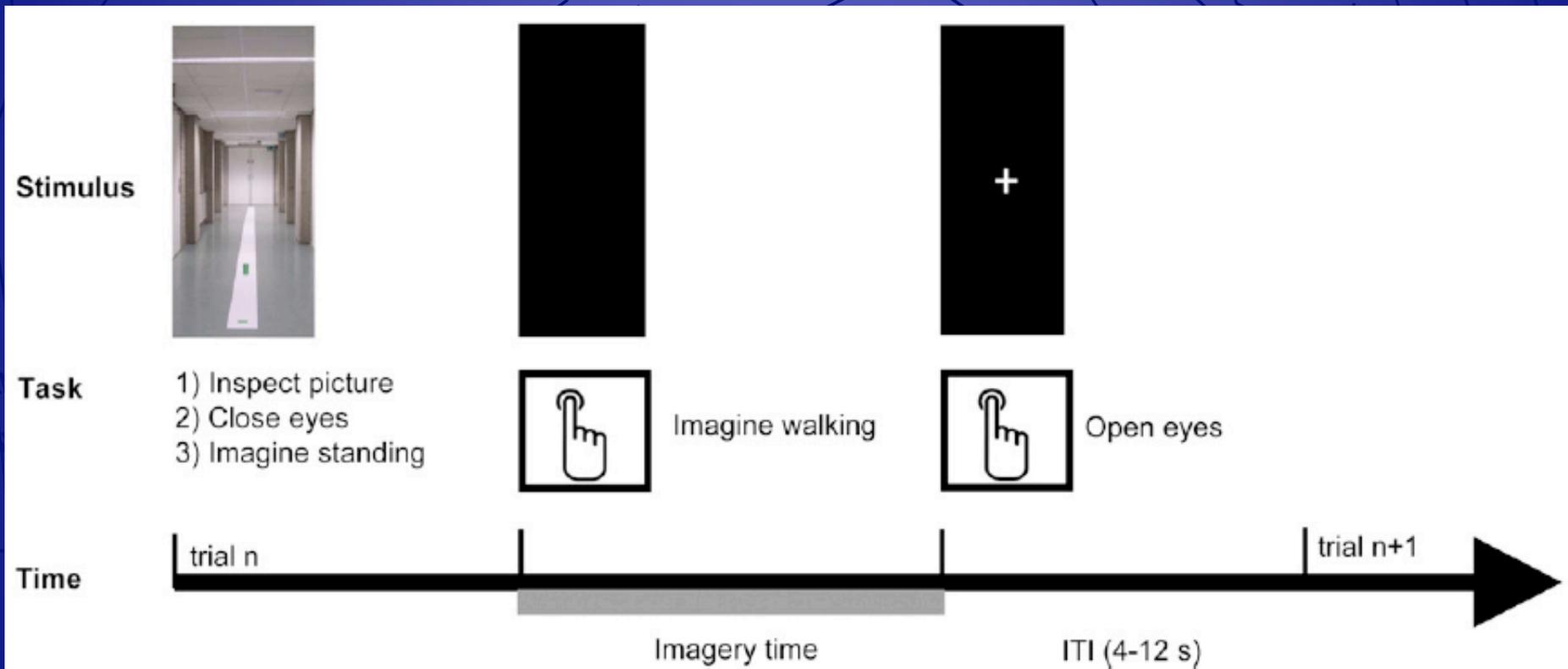
<sup>b</sup>*Department of Neurology, Radboud University Nijmegen Medical Centre, The Netherlands*

<sup>c</sup>*Nijmegen Institute for Cognition and Information, Radboud University, Nijmegen, The Netherlands*

# Esperimento



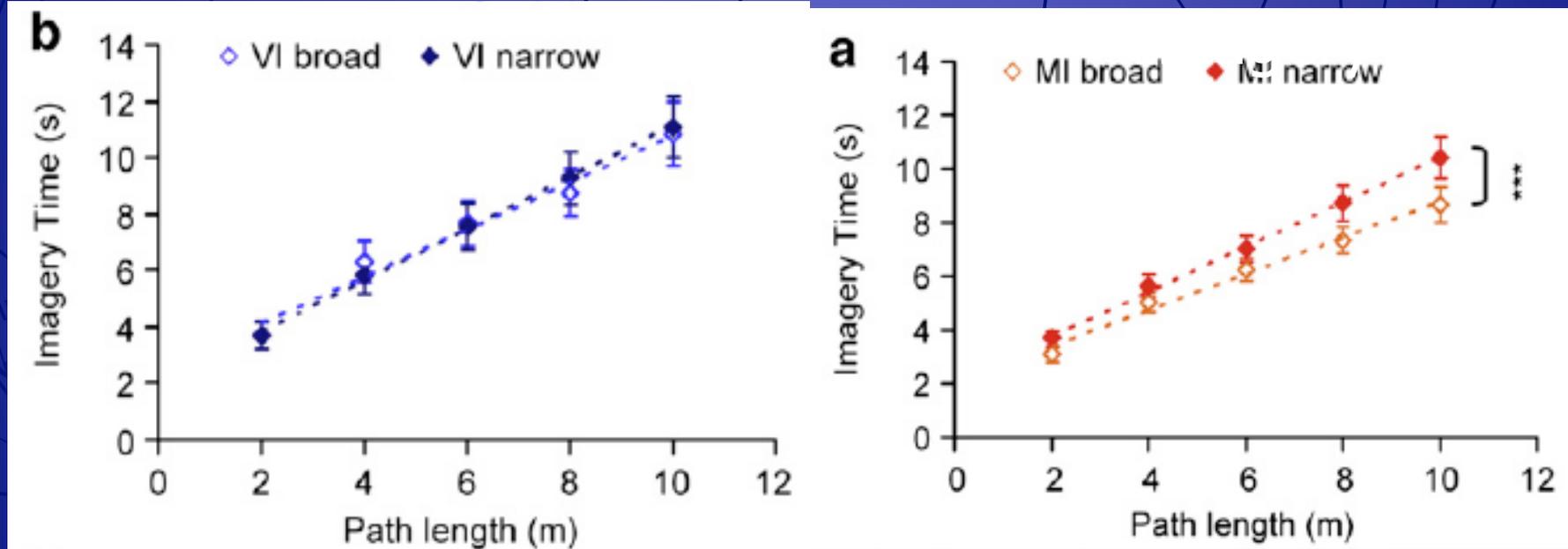
# Compito



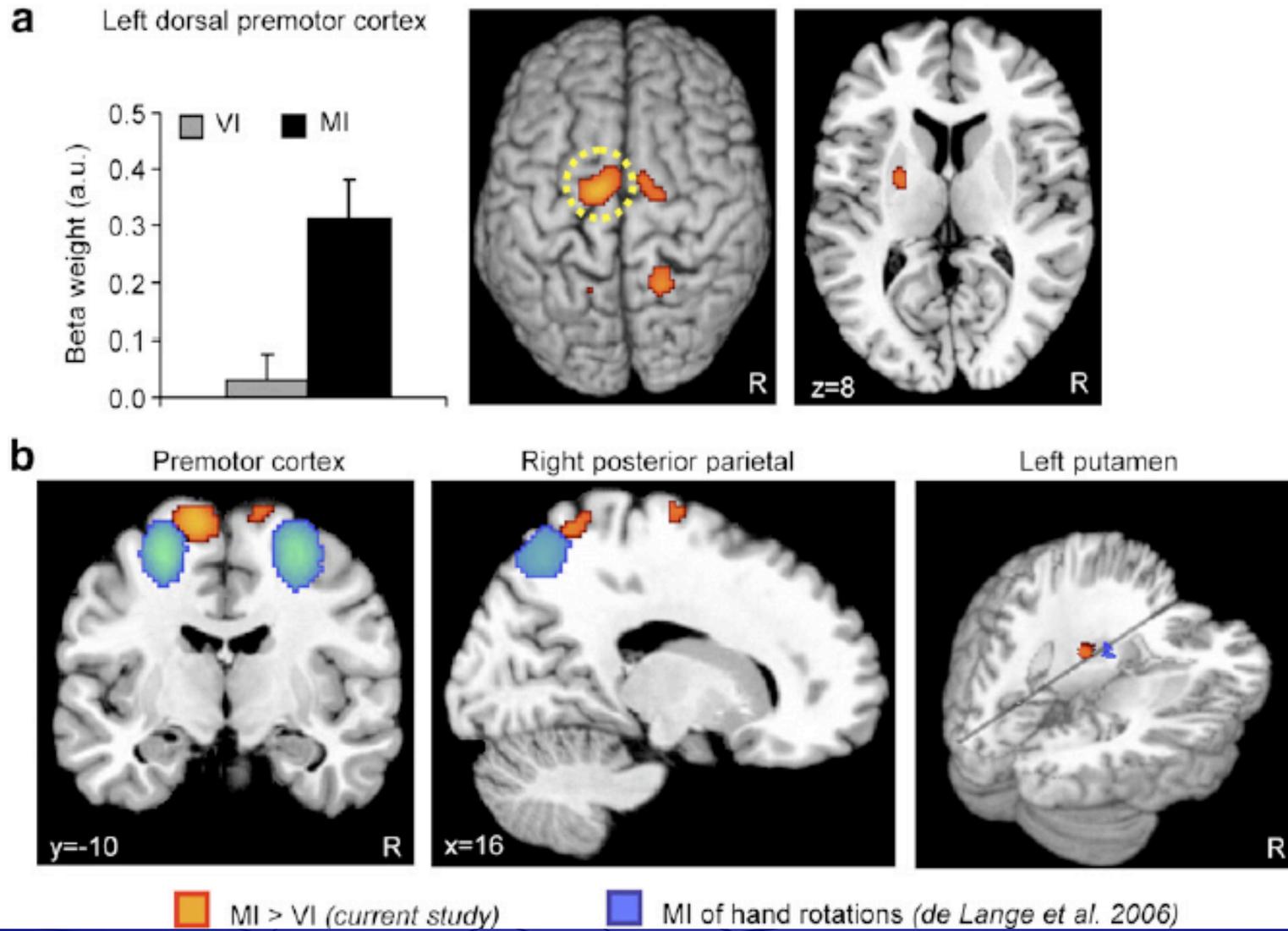
# Risultati

Visiva

Motoria



# Attività cerebrale

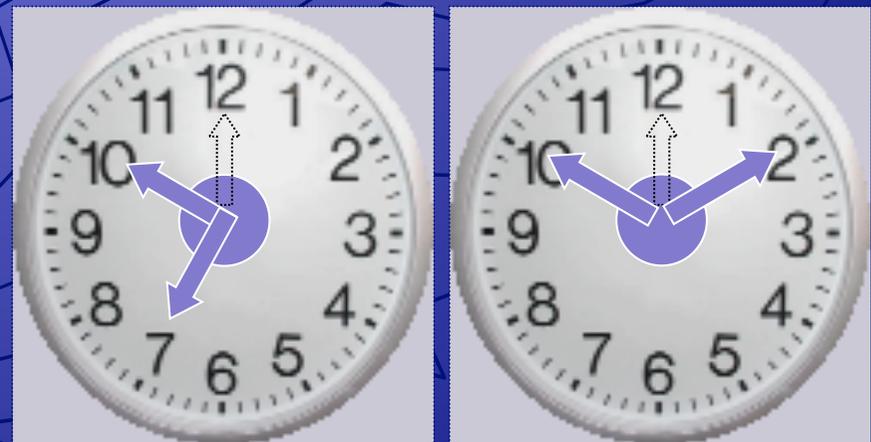


Quali parametri motori moduliamo quando immaginiamo una azione che ha direzioni e ampiezze diverse?

Immagina di ruotare la lancetta nelle seguenti ore partendo sempre dalle ore 12: 2, 5, 7, 10.

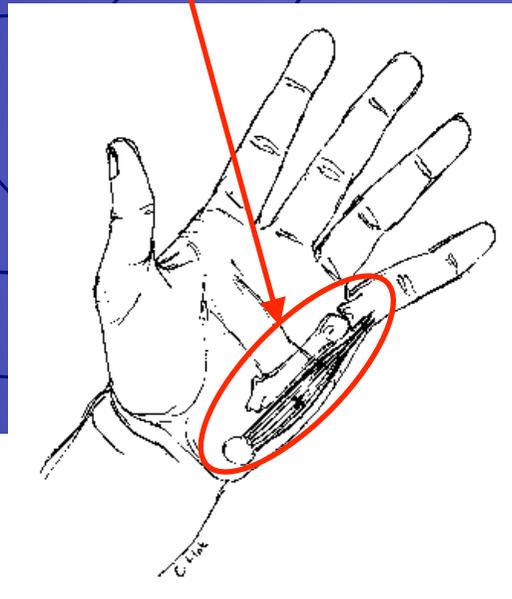
Immaginare le ore 10 -7 e 2-5, uguale direzione ma diverse ampiezze

Immaginare le ore 10-2 e 5-7 uguale ampiezza ma diversa direzione.

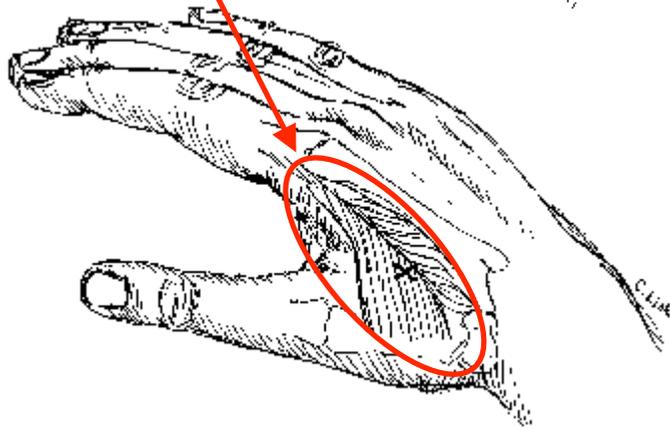
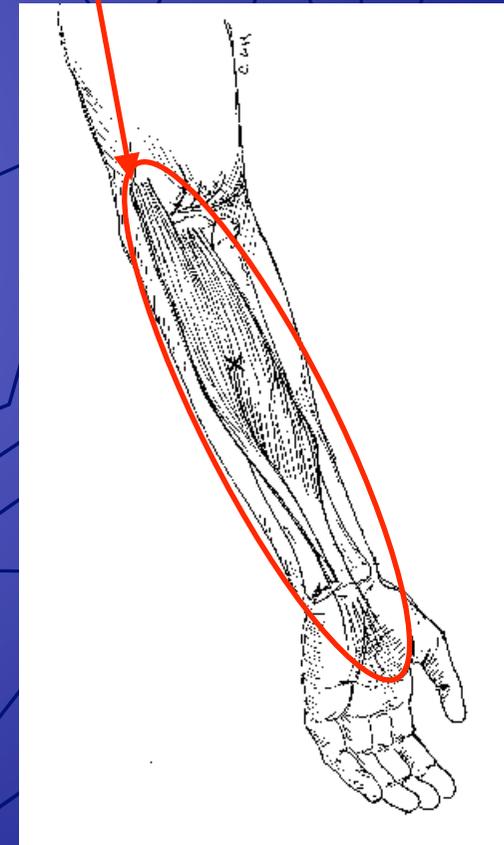


# Muscolo Adduttore del Mignolo (ADM)

Primo muscolo Interosseo Dorsale (FDI)



# Flessore Lungo delle Dita (FLD)

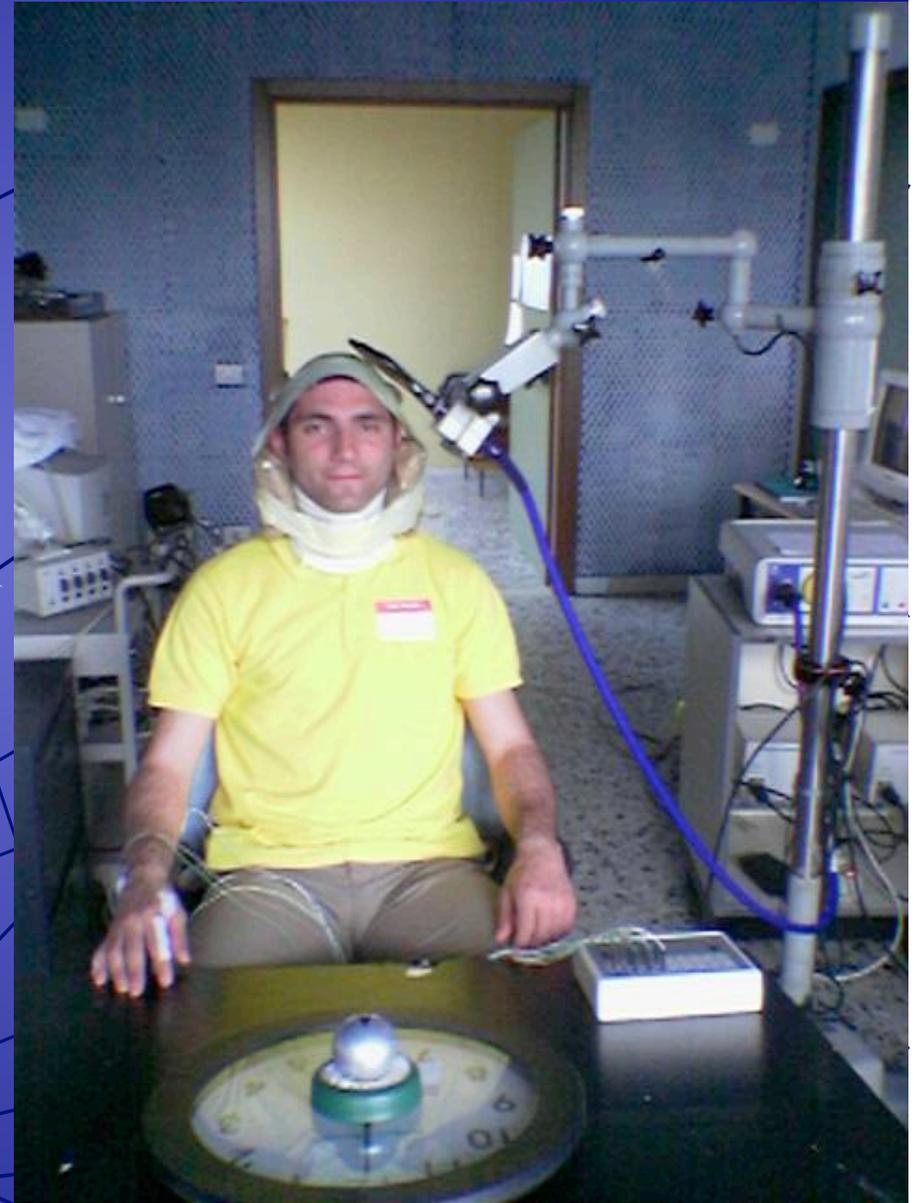


# Compito

...“Immagina di ruotare la sfera fino alle ore...”

4 rotazioni partendo da ore 12, ripetute 16 volte con un ordine pseudo-casuale per un totale di 64 dati per soggetto.

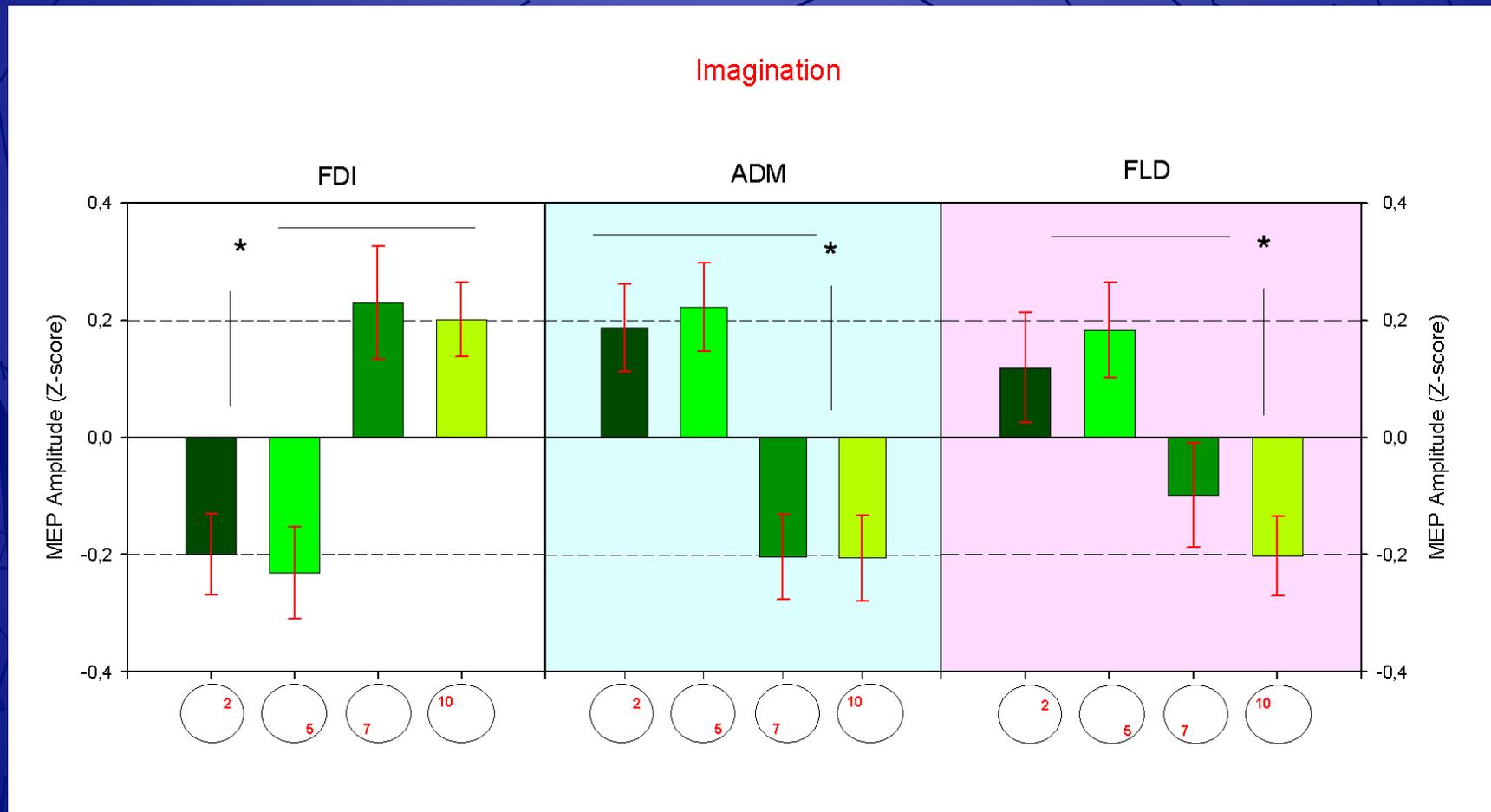
Sono stati reclutati 12 soggetti destrimani, 9 maschi e 3 femmine di anni ( $25.42 \pm 6.07$ )



# Analisi dei dati

- ▶ Ampiezza picco-picco del MEP
- ▶ Normalizzazione dati grezzi utilizzando lo Z-score
- ▶ Statistica: ANOVA per misure ripetute con muscoli (FDI, ADM, FLD), direzione immaginata (oraria ore 2 e 5 e antioraria 10 e 7), e ampiezza immaginata (piccola ore 2 e 10 e grande ore 5 e 7) come fattori entro i soggetti
- ▶ Analisi post hoc sono state eseguite tramite T test con la correzione di Bonferroni per confronti multipli
- ▶ Livello di significatività:  $p < 0.05$

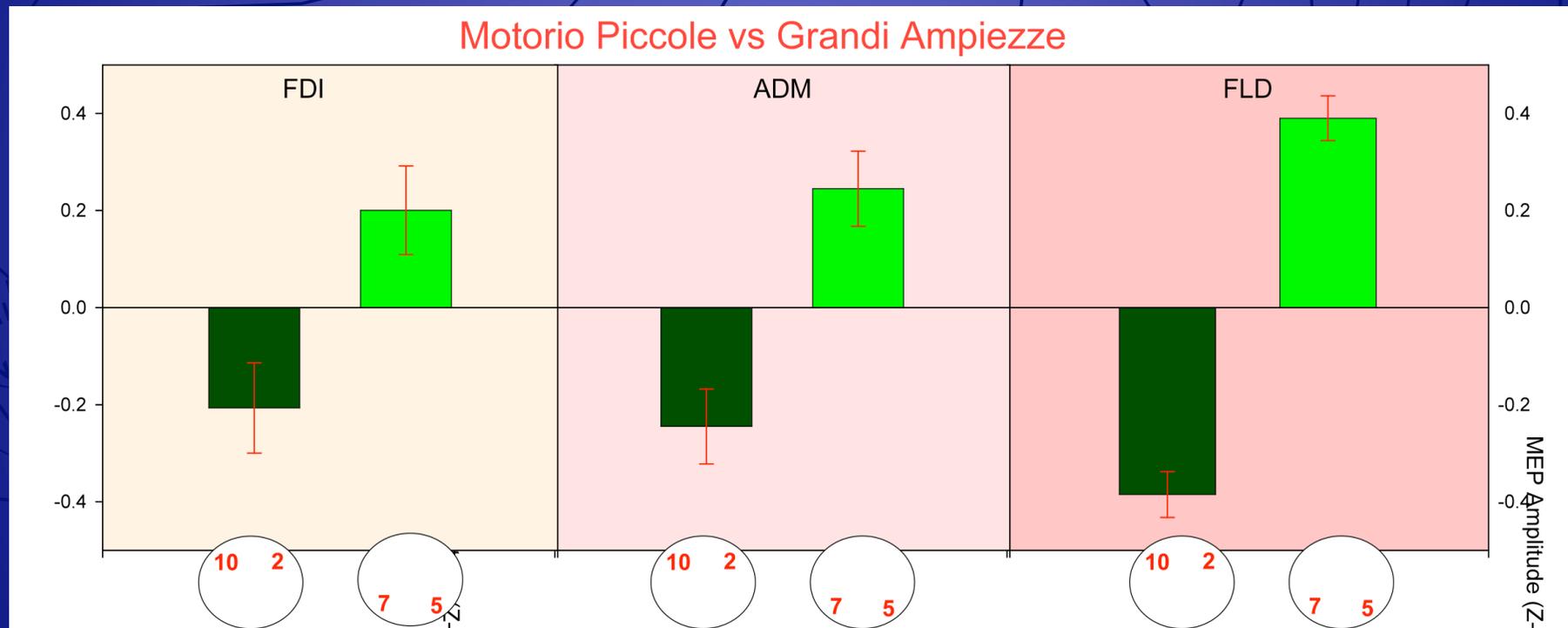
# Durante l'immaginazione il parametro modulato è la direzione



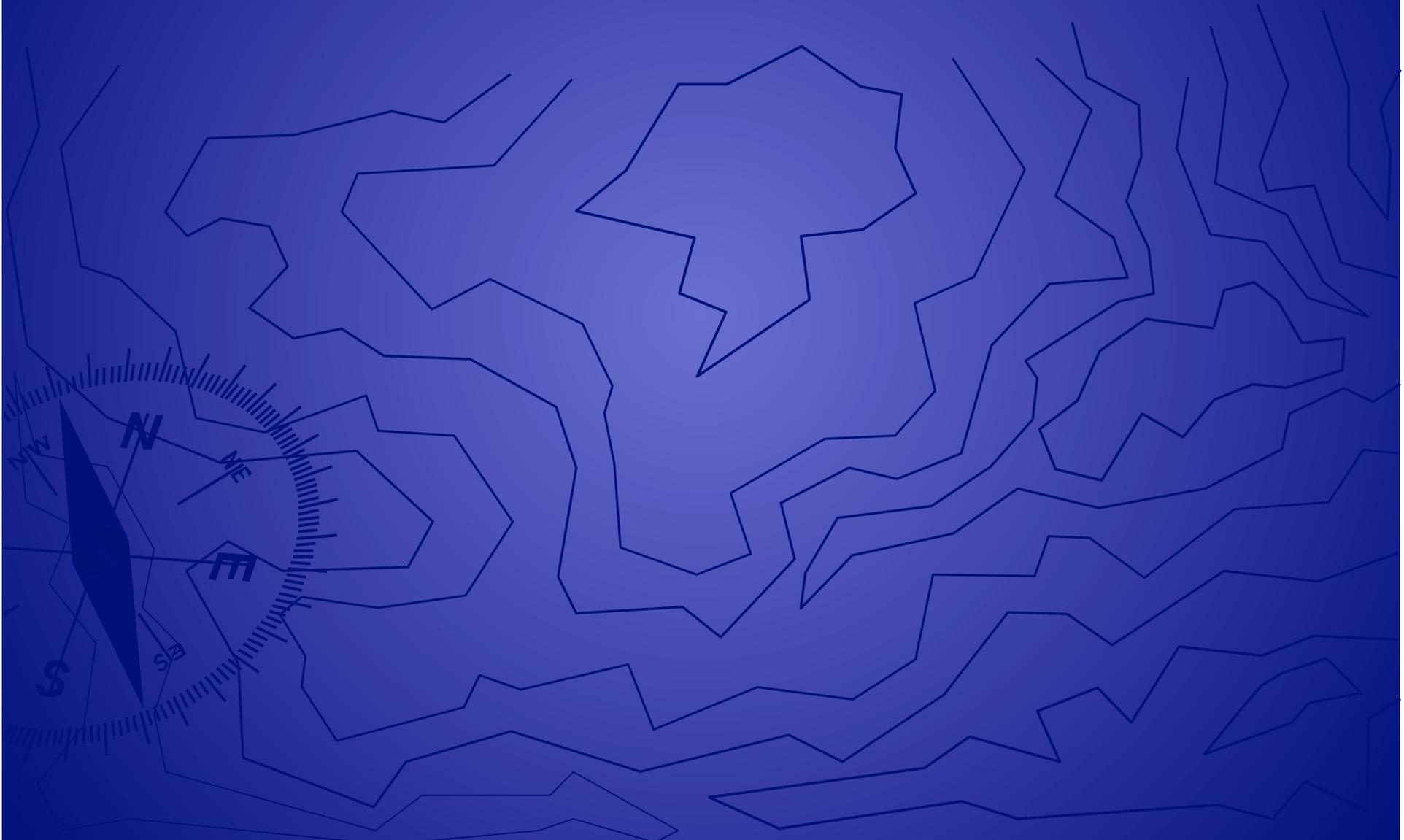
➤ FDI, ADM e FLD modulano la loro attività rispetto alla direzione di rotazione immaginata e non rispetto all'ampiezza. FDI rotazione antioraria (ore 7 e 10), ADM e FLD rotazione oraria (ore 2 e 5)



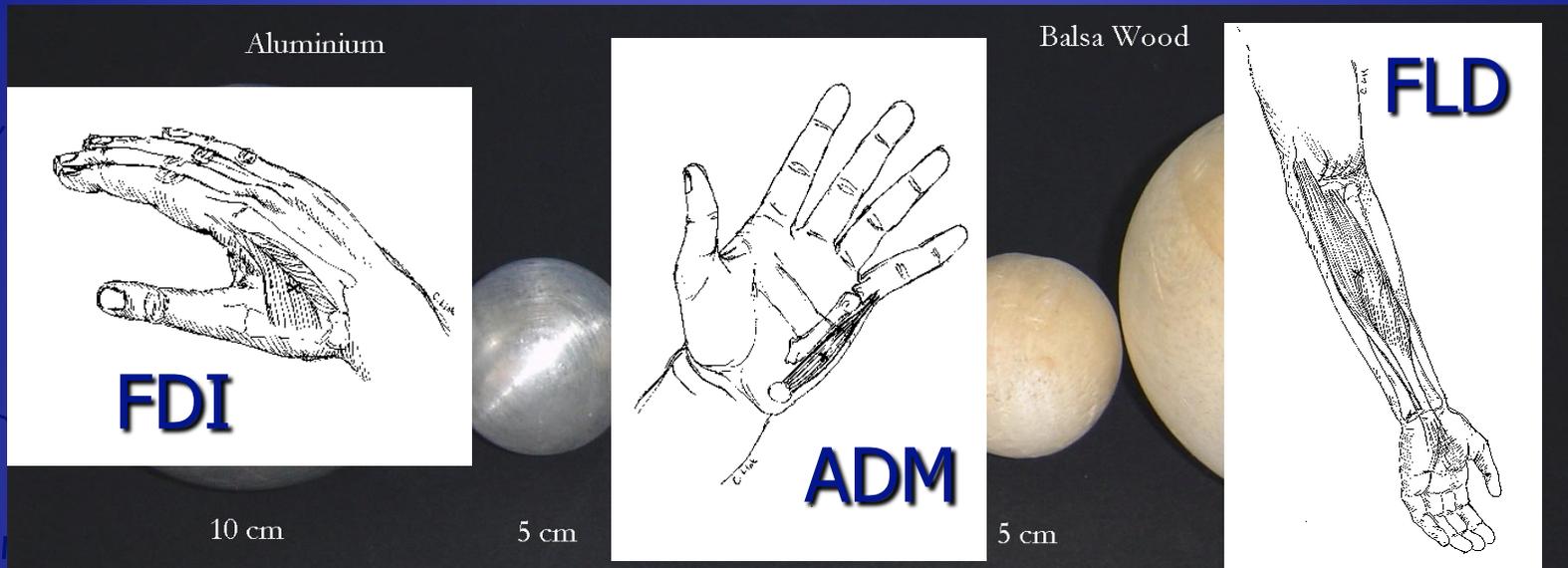
# Per il movimento il parametro modulato è l'ampiezza



# Immaginare di afferrare oggetti



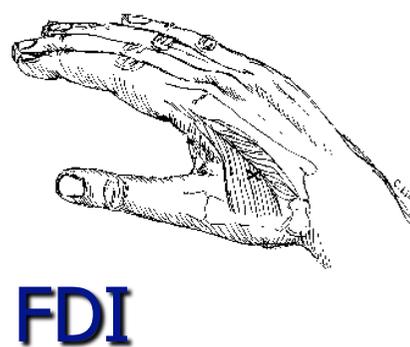
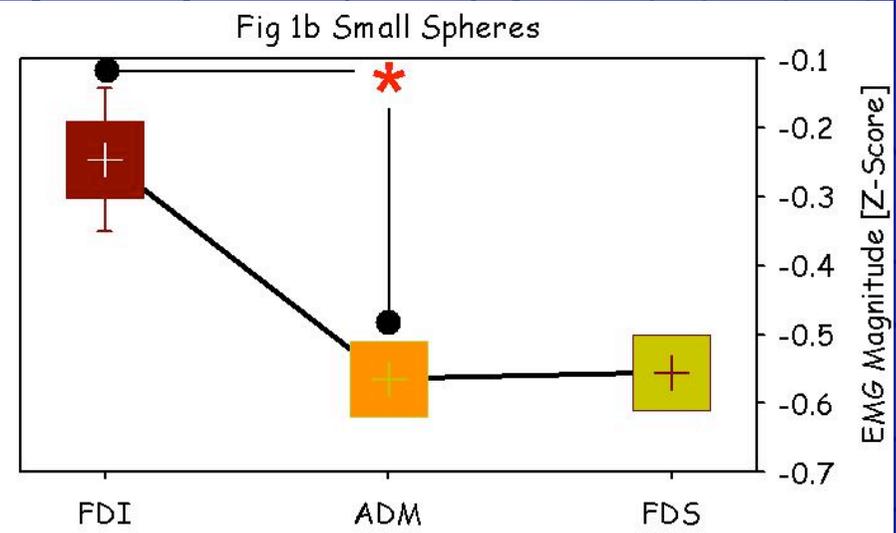
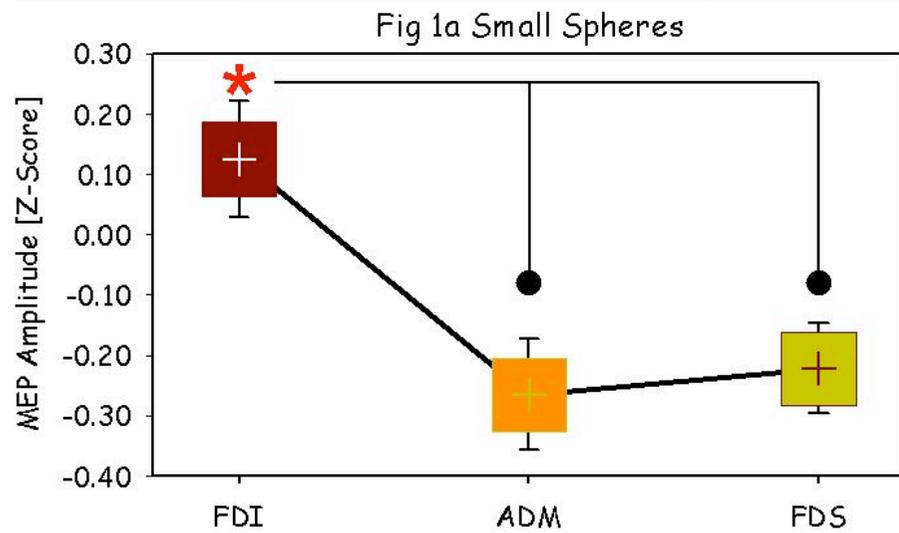
# Immagina di sollevare la sfera...



# La grandezza della sfera

Immaginazione

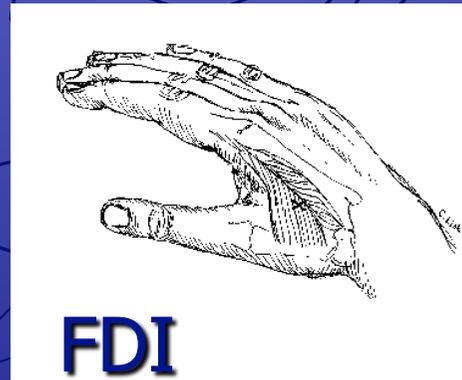
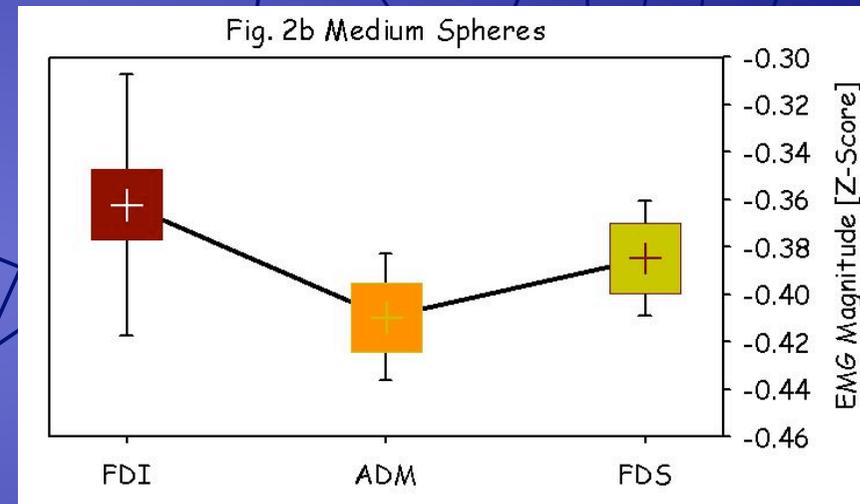
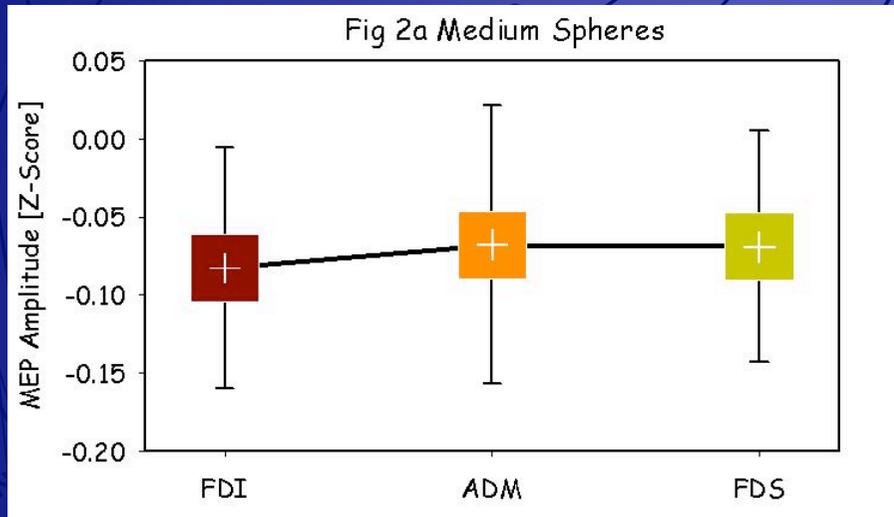
Azione



# La grandezza della sfera

## Immaginazione

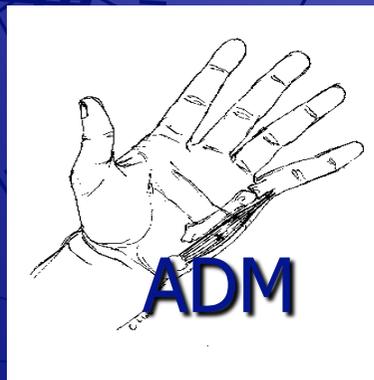
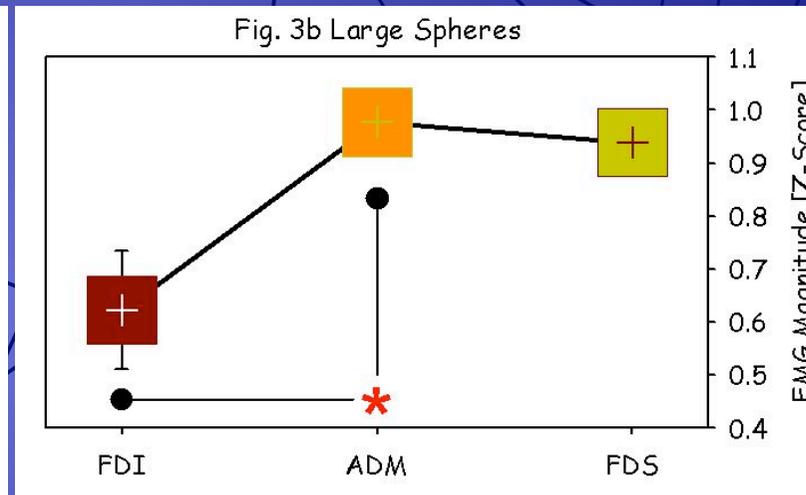
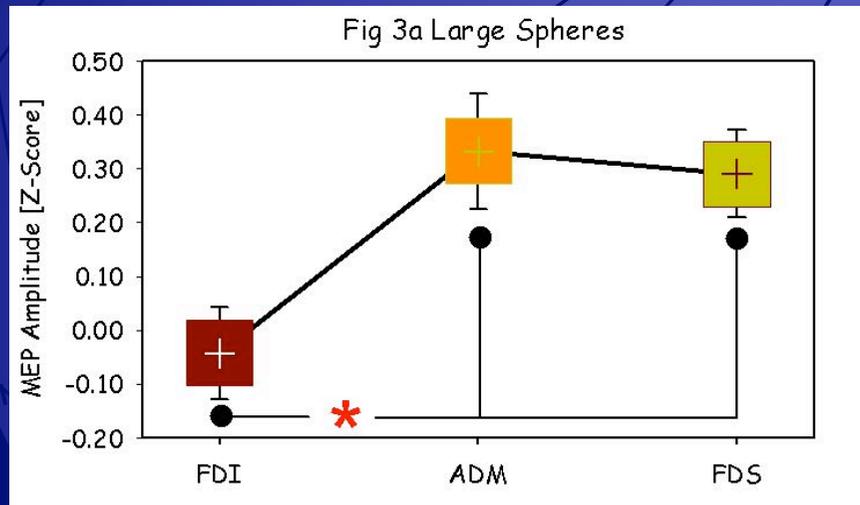
## Azione



# La grandezza della sfera

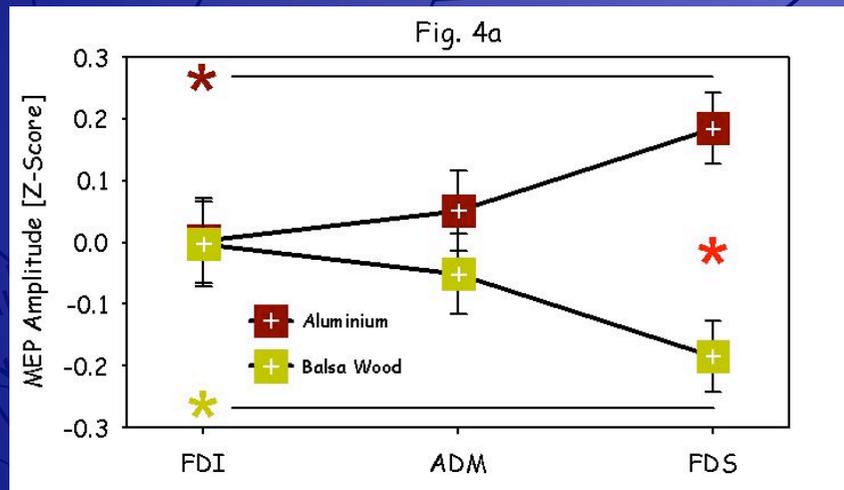
## Immaginazione

## Azione

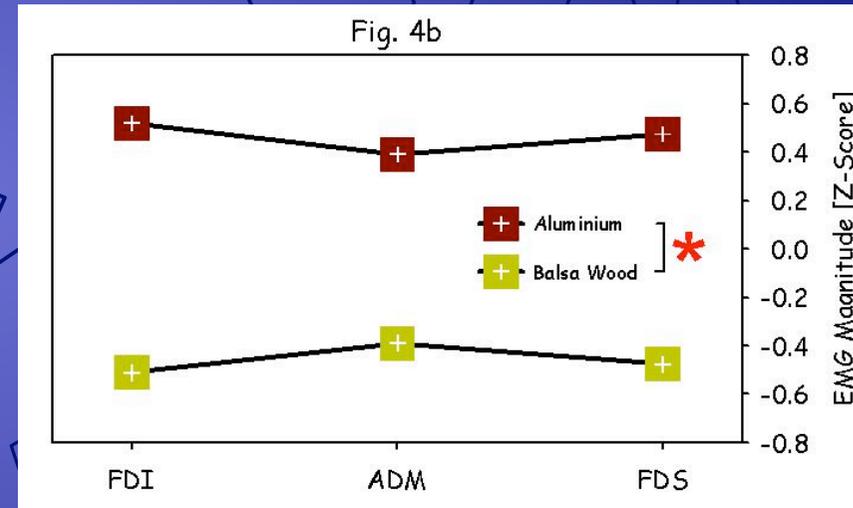


# Densità

## Immaginazione



## Azione



# Empatia

