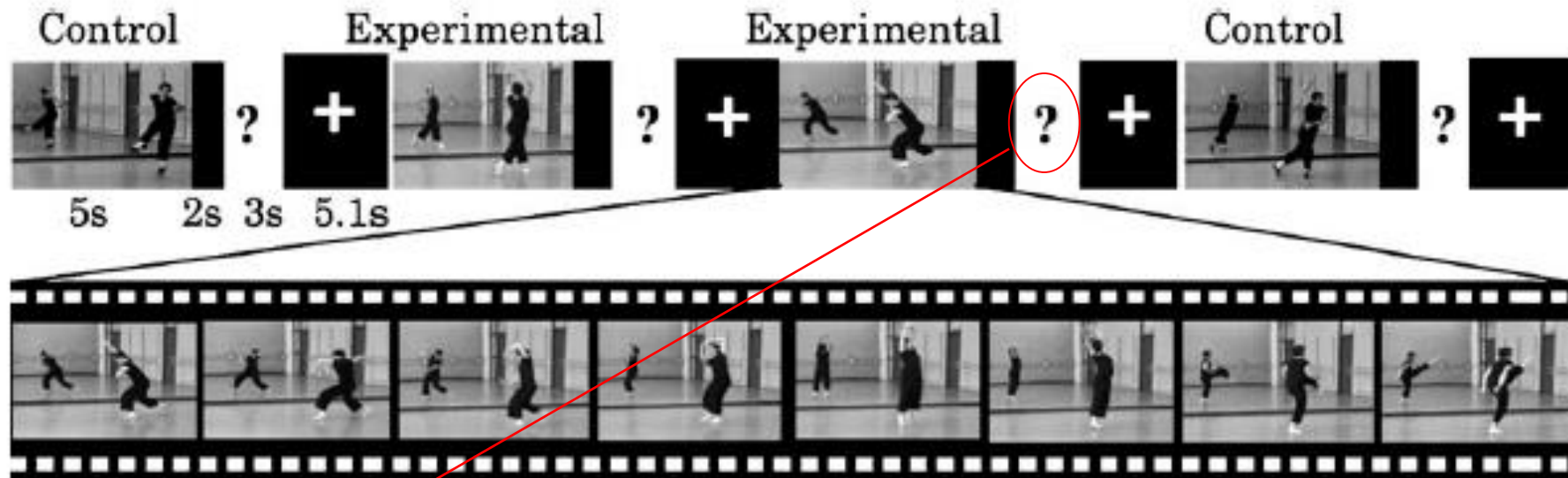
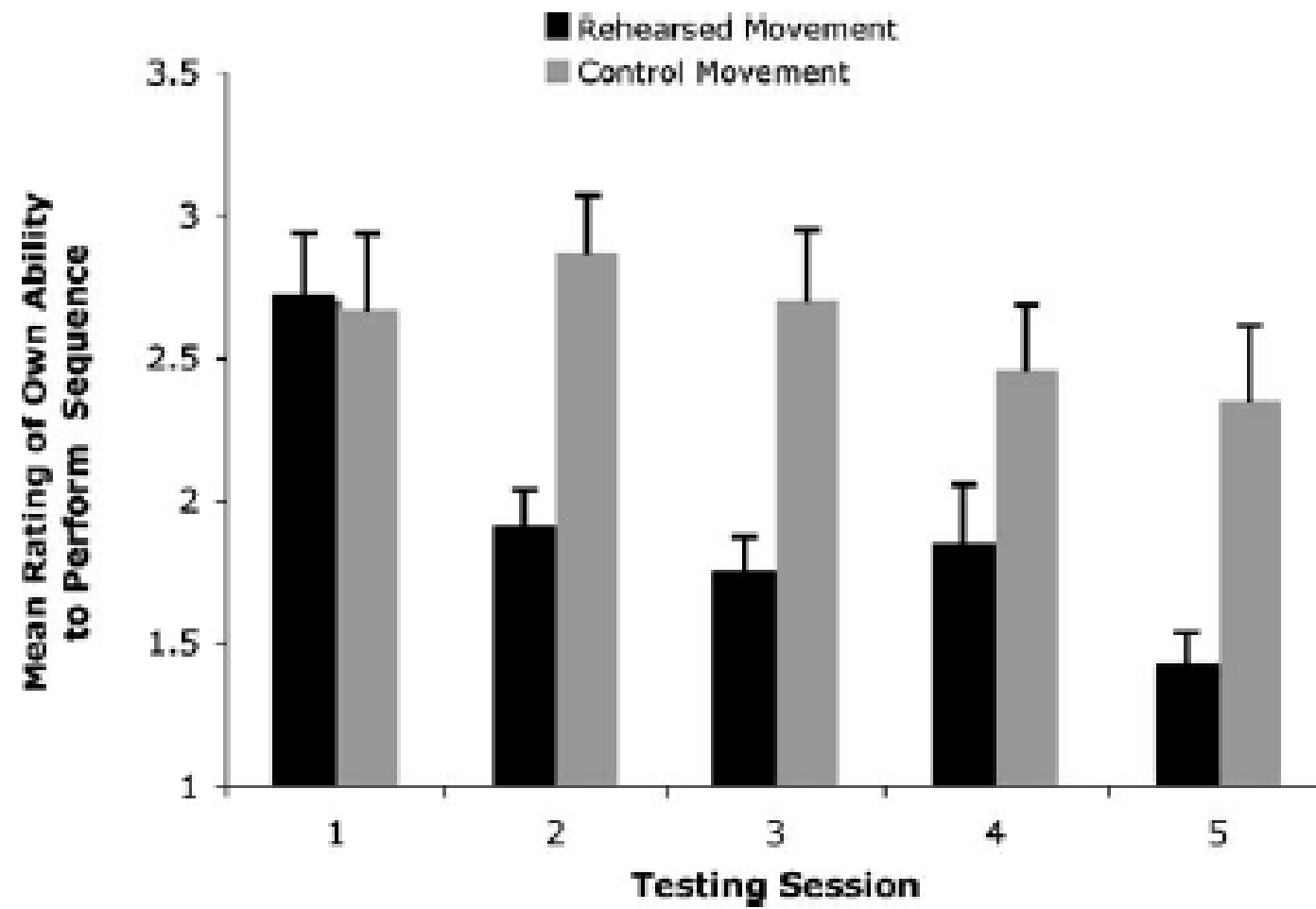


Effetti dell'apprendimento per osservazione-  
ripetizione sull'incorporazione dell'esperienza  
motoria

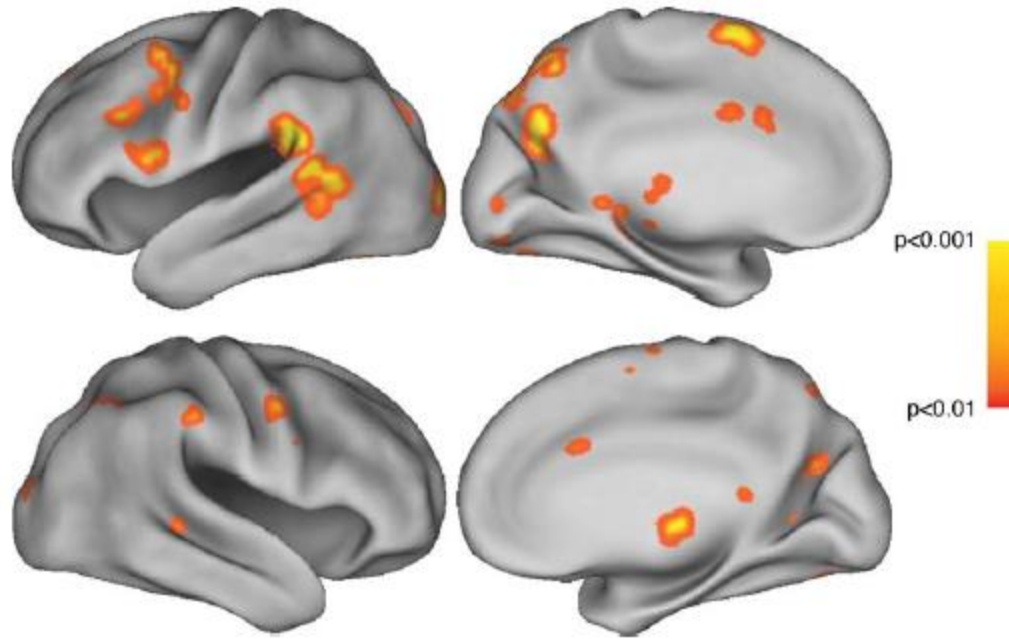
Osservazione e immaginazione di movimenti di danza moderna precedentemente praticati (experimental) o non praticati (control)



? = Quanto bene sapresti ballare questo movimento ora?



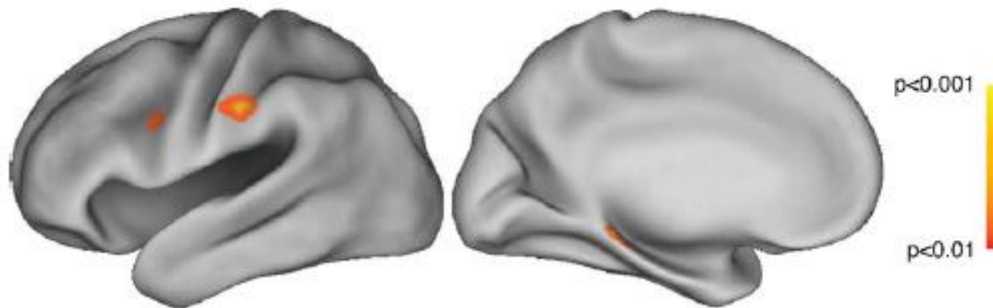
Mov. praticati > Mov. non praticati



Attivazione di:

STS, PMv pars opercularis,  
SMA/CMA

Mov. praticati > Mov. non praticati, modulati dal giudizio sulla propria abilità



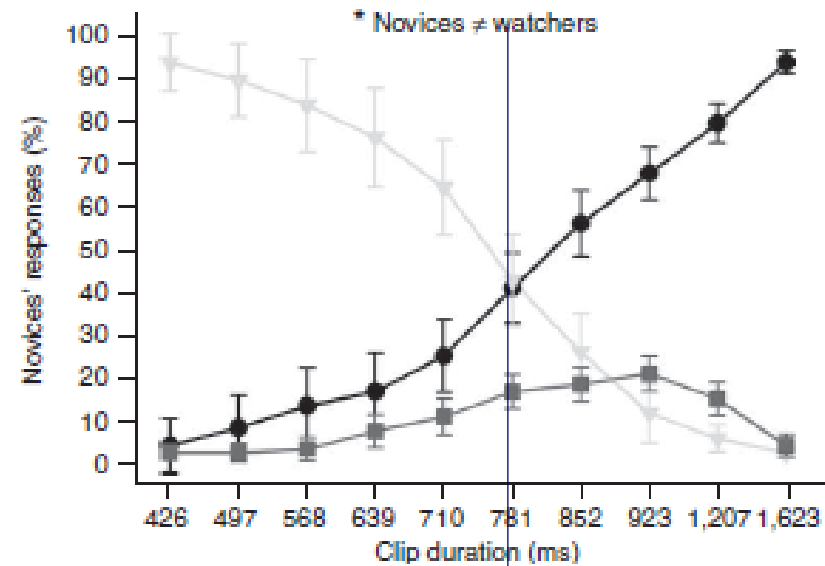
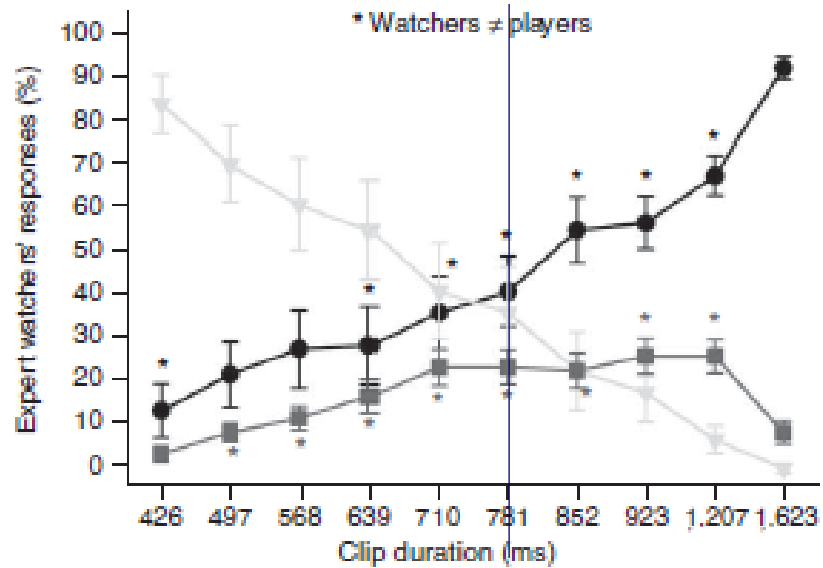
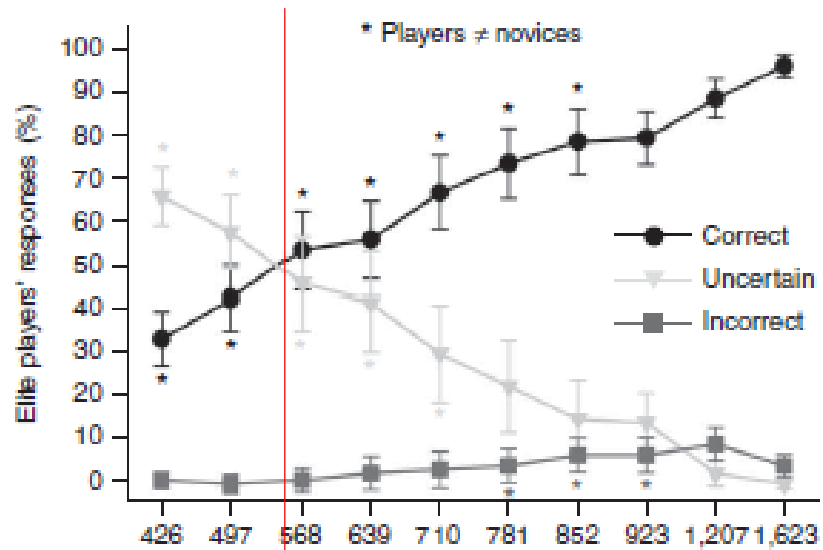
Attivazione di:

IFG Sx, IPL Sx,  
PhG

Sistemi di rispecchiamento e abilità sportiva



# Capacità di predire l'azione negli atleti



Il sistema specchio in presenza di  
anomalie sensoriali



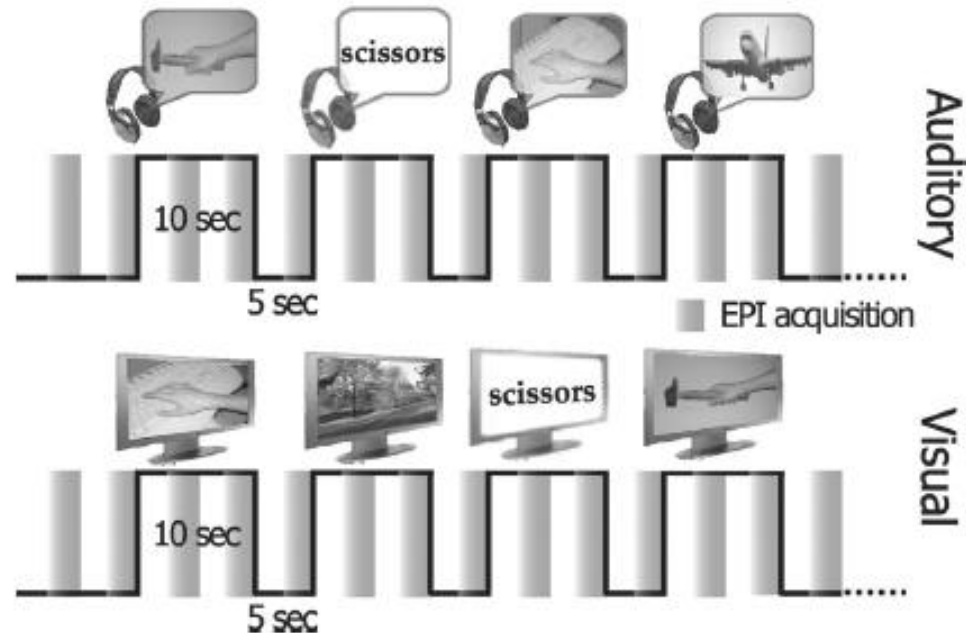
# Plasticità del sistema specchio nei non vedenti

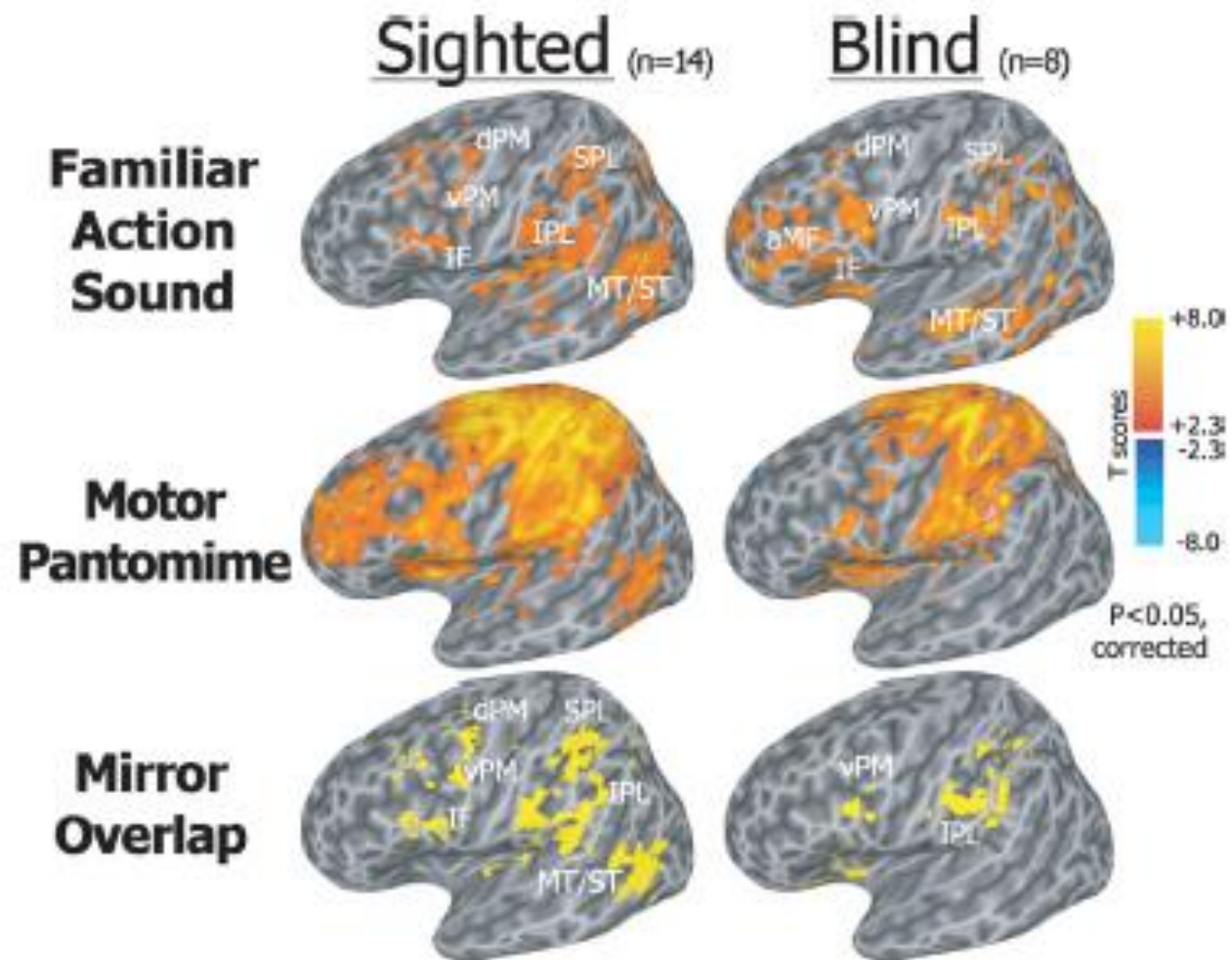
Partecipanti: 8 non vedenti e 14 normovedenti

Stimoli acustici: suoni prodotti da azioni manuali o suoni ambientali

Stimoli visivi per i normovedenti : versione visiva degli stimoli acustici e visione delle stesse pantomime del compito motorio

Compito motorio: esecuzione di pantomime dell'uso di uno strumento (forbice, martello, ecc.



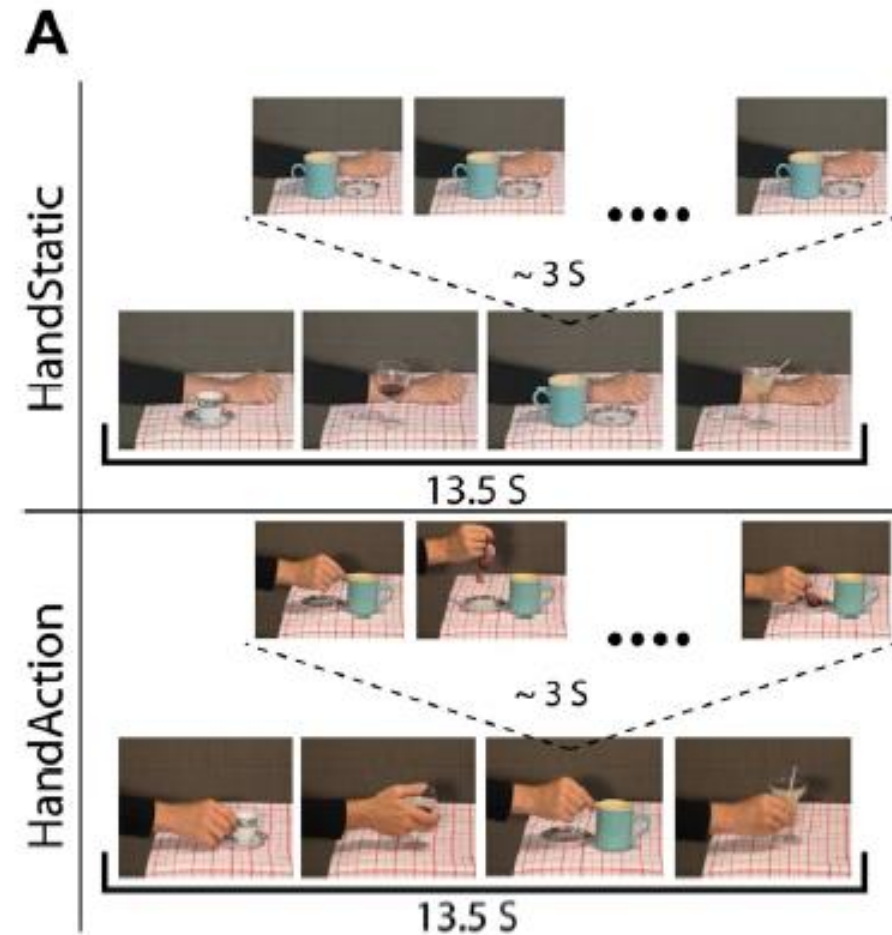


Esp. fMRI

Soggetti: 16 TD e 2 apasici

1° Esperimento:

Osservazione di atti motori di  
mano e della mano statica  
vicina all'oggetto

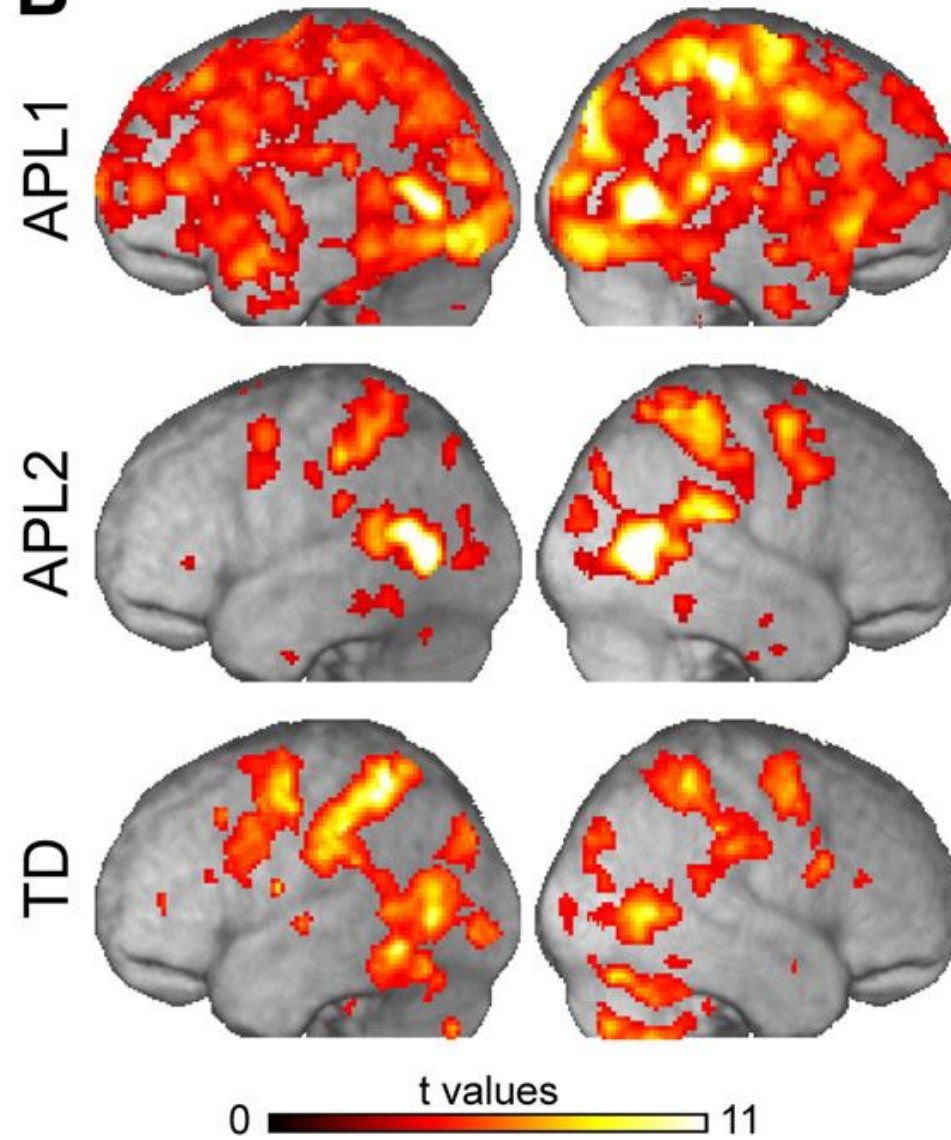


2° Esperimento:

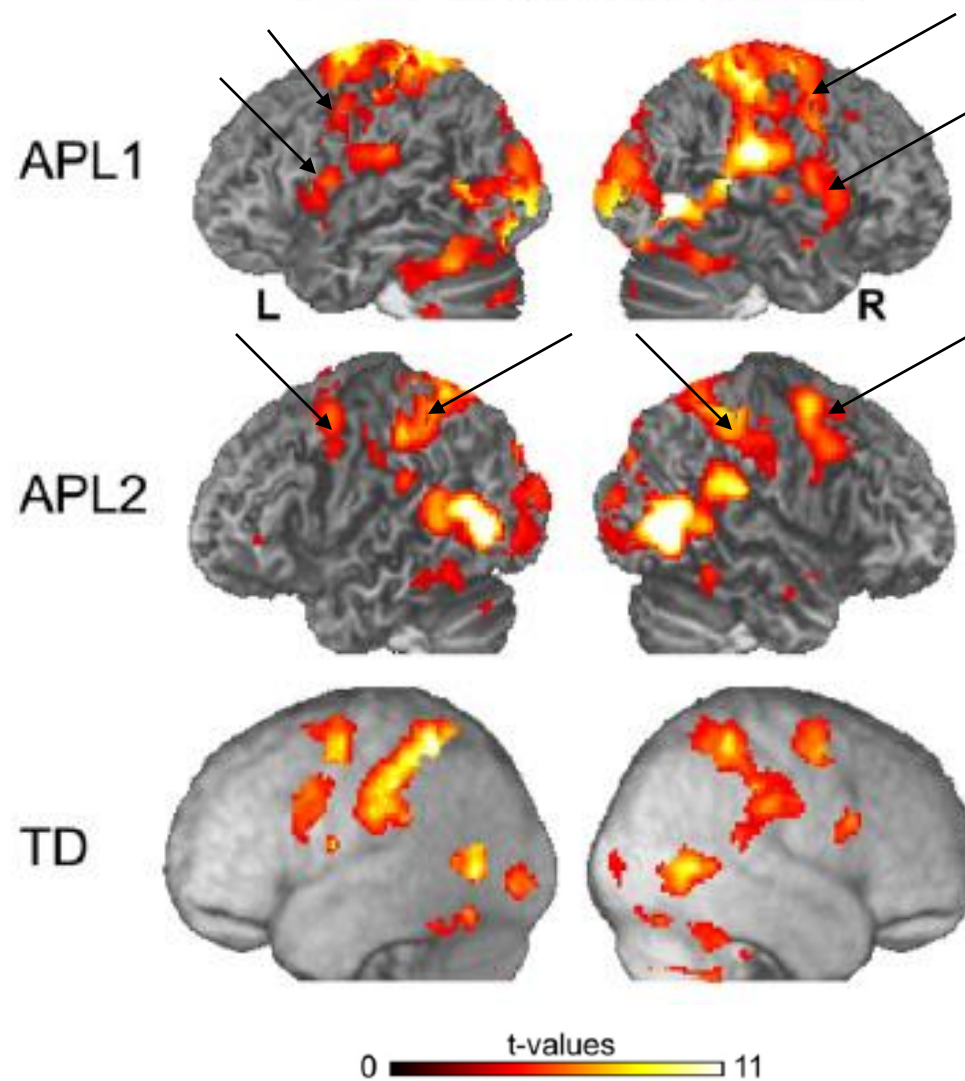
Esecuzione di azioni di piede, bocca e mano (solo TD)

Osservazione dell'azione > Mano statica

**B**



HandAction-HandStatic Masked  
FeetExe OR MouthExe



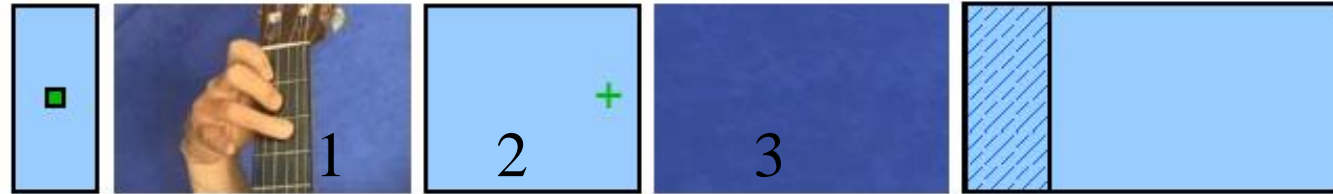


# Apprendimento per imitazione



# Apprendimento imitativo

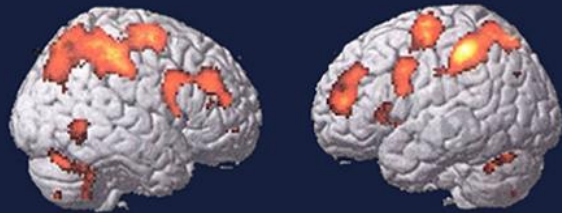
Osserva il modello e poi, dopo una pausa, imitalo



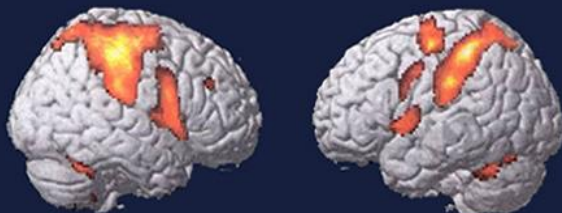
1



2



3



Durante tutti e tre i momenti del compito di imitazione si attiva il sistema specchio

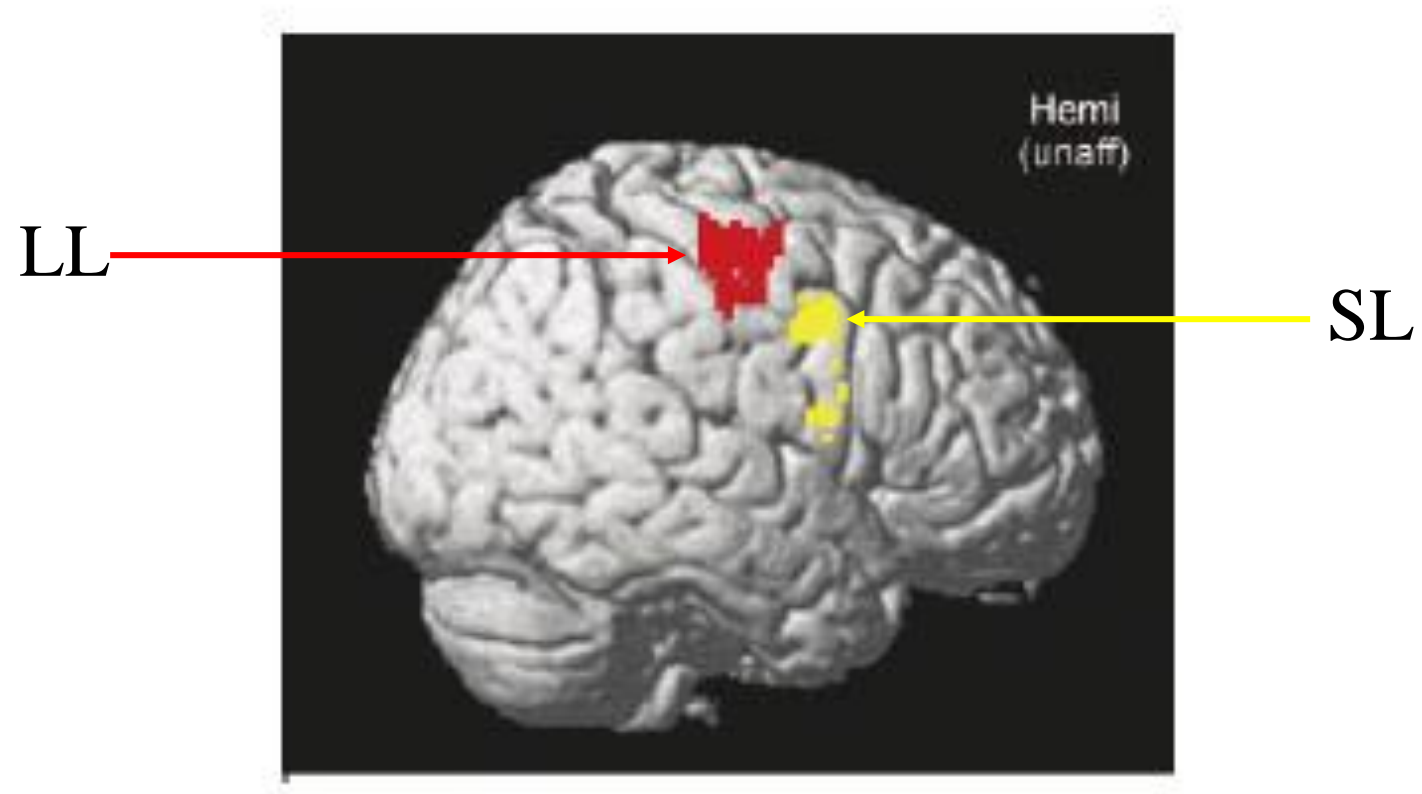
**L'imitazione è molto importante nell'apprendimento di moltissime abilità ed è cruciale nell'apprendimento del linguaggio**

Buccino et al. 2004



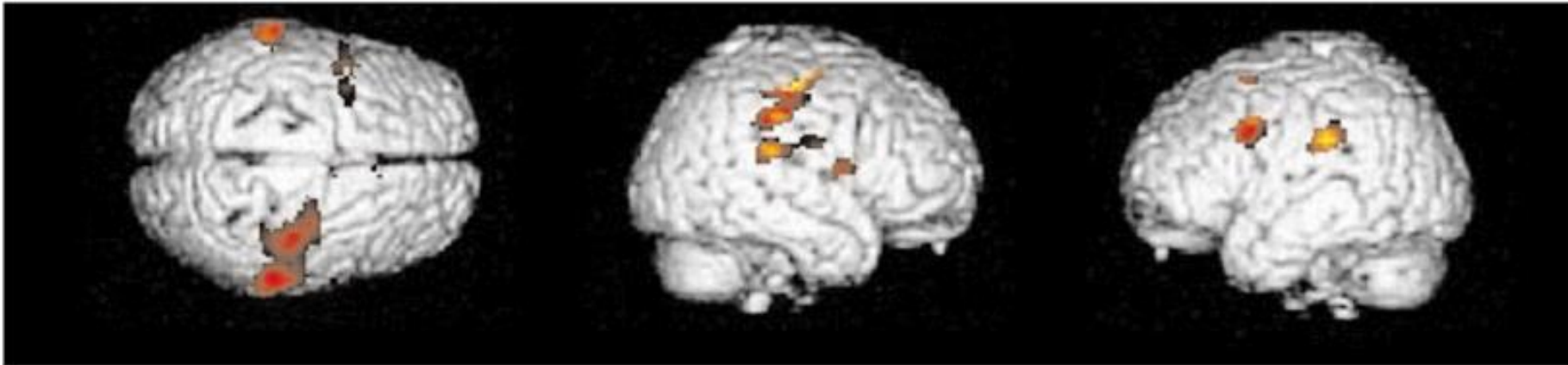


La corteccia premotoria risulta essere importante nel recupero della funzione motoria



Le cortecce premotoria e parietale inferiore risultano essere specificamente attivate dopo un periodo di training motorio

Pazienti dopo training motorio focalizzato



Pazienti dopo programma di riabilitazione aspecifico

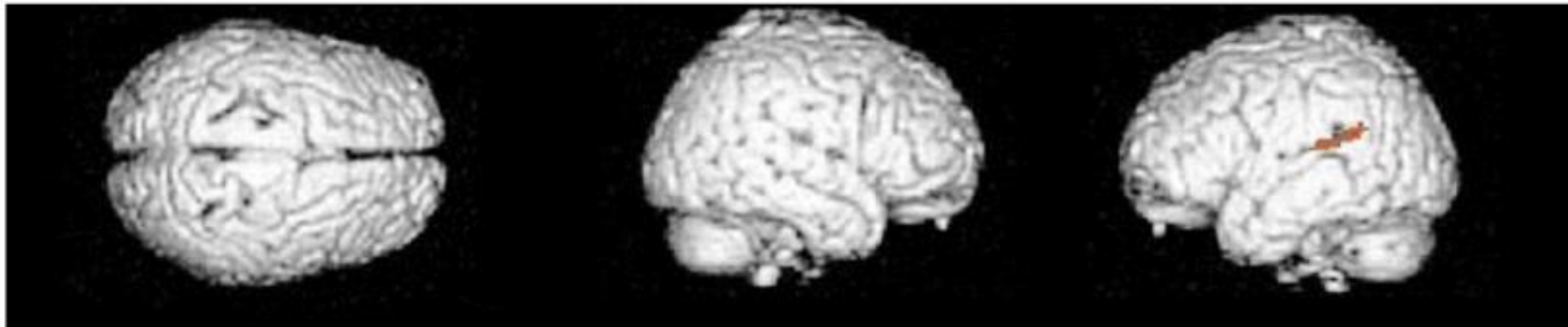
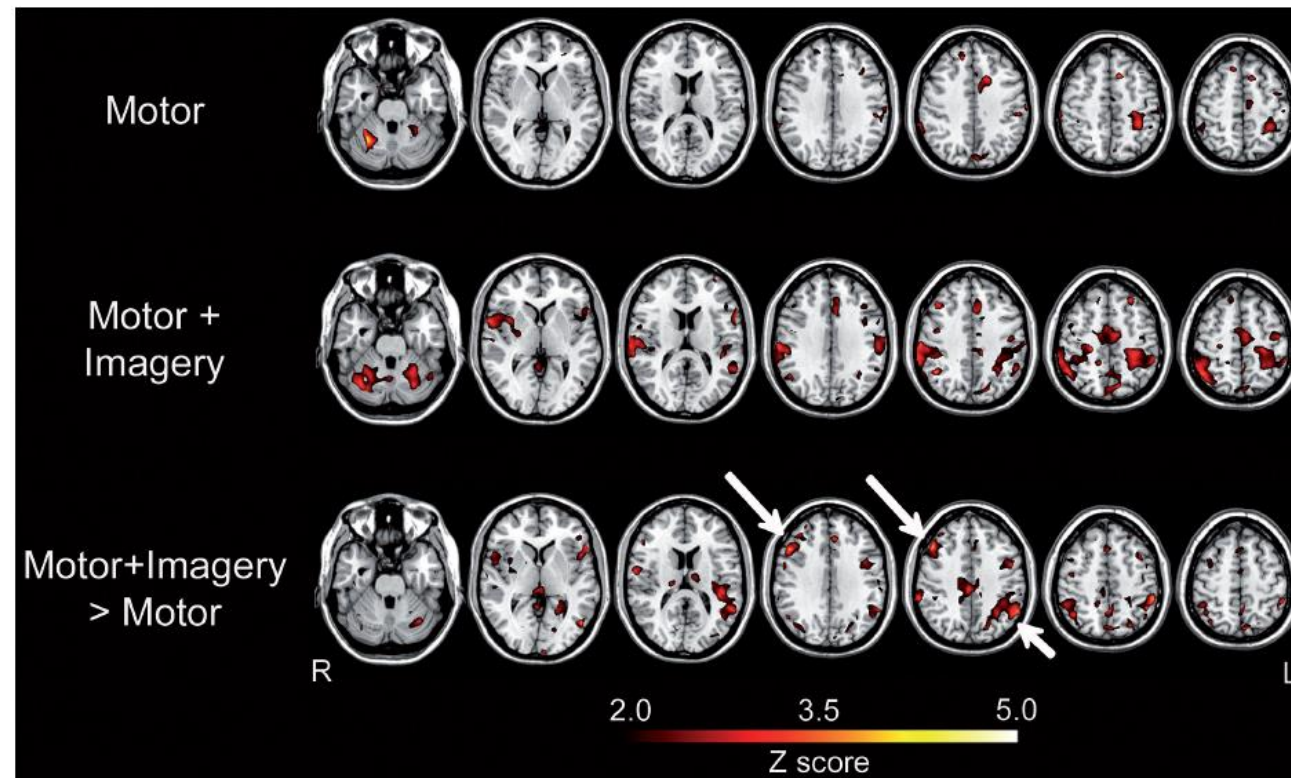


Table II. Location of significant clusters for each condition and their comparison

Condition	Brain region	Volume	Peak Z	MNI Coordinates		
				x	y	z
Motor	R Cerebellum	105	5.04	30	-56	-28
	L Sensorimotor cortex	32	3.40	-28	-24	52
Motor+imagery	R Cerebellum	38	3.92	38	-70	-26
	R Sensory cortex	37	3.65	62	-26	34
	L Cerebellum	37	3.64	-26	-56	-30
	R Inferior parietal lobule	70	3.59	48	-54	52
	L Sensorimotor cortex	42	3.43	-26	-26	58
	R Dorsolateral prefrontal cortex	68	4.14	46	22	38
Motor+imagery>motor	L Inferior parietal lobule	51	3.81	-56	-54	40
	L Inferior parietal lobule	37	3.77	-54	-38	50



Terapia basata sull'osservazione dell'azione

## **Terapia osservazionale su pazienti con paresi (Ertelt et al. 2007)**

16 Pazienti assegnati arbitrariamente al gruppo sperimentale e a quello di controllo;

### Gruppo sperimentale:

18 sessioni di terapia di 90 min.

Ogni sessione: 6 min di osservazione di azioni di mano e di braccio, 6 min di riproduzione delle stesse.

Azioni di crescente complessità, presentate da varie prospettive;

### Gruppo di controllo:

Ogni sessione: 6 min di osservazione di sequenze di simboli geometrici e lettere, 6 min di esecuzione di azioni di mano e di braccio.

Test clinici:

Frenchay arm test (FAT), Wolf Motor Function Test (WMFT), Stroke Impact Scale (SIS)

Tre differenti periodi di valutazione:

14 giorni pre-terapia (baseline)

1 giorno prima della terapia (pre-test)

Fine del periodo di riabilitazione (post-test)

8 settimane dopo la fine della terapia (solo nel gruppo sperimentale)

fMRI prima e dopo la terapia: 7 pazienti g.s., 6 del g.c.

Compito: manipolazione di oggetti con l'una e l'altra mano

Table 3

Results of the comparison of the differences between pre- and post-treatment assessments of the two groups ( $Z$ =standardized sum of the ranks; Significance (one-tailed)=level of significance of one-tailed test; FAT=Frenchay Arm Test; WMFT=Wolf Motor Function Test; SIS=Stroke Impact Scale)

	FAT	WMFT	SIS
$Z$	-3.252	-1.680	-2.684
Significance (one-tailed)	0.0005	0.0525	0.0025

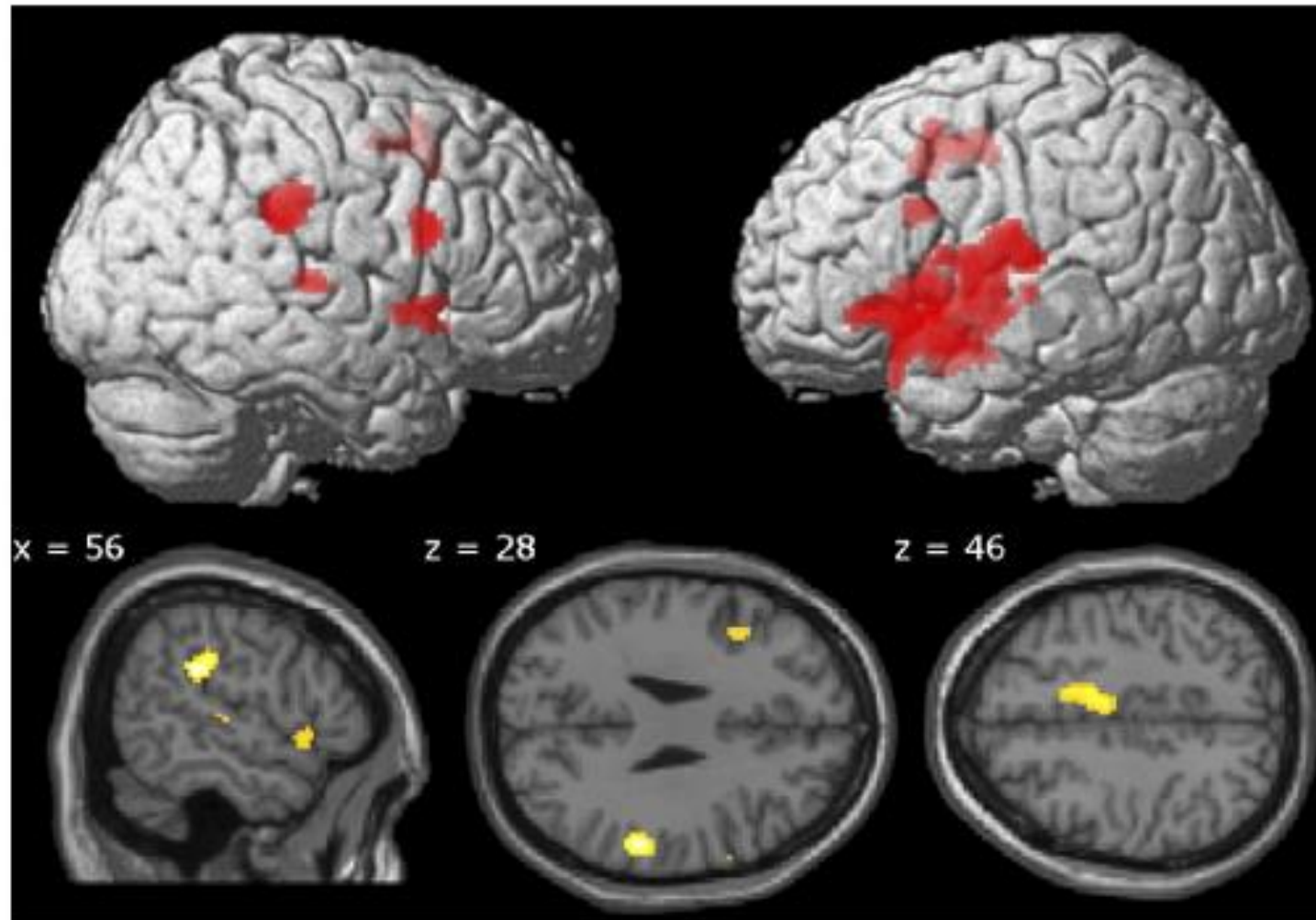
Table 6

Experimental group>control group post training explore complex objects>pre training explore complex objects

	Regions	BA	# Voxels	$Z$ score	MNI coordinates		
					$x$	$y$	$z$
Normal hemisphere	Insula <sup>30</sup> /IFG orb <sup>14</sup> operc <sup>7</sup> and Tri <sup>5</sup>	34	1409	4.29	-24	8	-16
	STG <sup>38</sup> /Temporal gyrus <sup>35</sup>	48	497	4.16	-54	-16	16
	SMA <sup>47</sup> /Cingulum <sup>37</sup>	23/24	246	3.72	-6	-6	46
	IFG tri <sup>79</sup> /IFG operc <sup>18</sup>	48	33	3.46	-40	14	28
Lesioned hemisphere	Supramarginal gyrus <sup>90</sup>	48	167	4.47	56	-32	28
	IFG operc <sup>66</sup> /Pre central gyrus <sup>22</sup>	44	48	3.74	60	14	22
	STG <sup>100</sup>	48	35	3.66	52	-24	6
	Superior temporal pole <sup>64</sup> /IFG operc <sup>17</sup>	38	58	3.56	58	16	-4

Effects of training on experimental group>Effects of training on control group. Effects derived from contrasts of effects of exploring complex objects with the affected hand. Thresholds and abbreviations identical to those described for Table 4.

Aumento dell'attività corticale come effetto del trattamento





L'approccio riabilitativo basato sul paradigma dell'osservazione di azioni è stato usato con risultati promettenti in altri studi pilota su adulti con varie patologie:

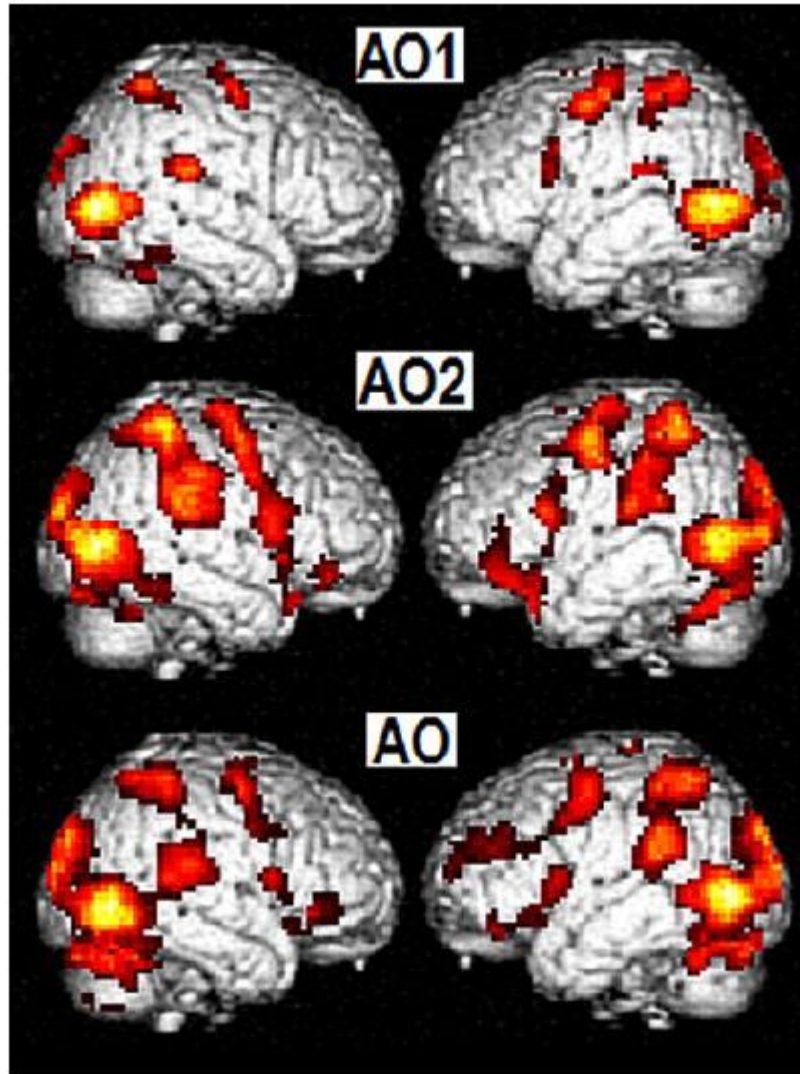
Stroke (Franceschini et al. 2010)

Morbo di Parkinson (Alese et al. 2010; Pelosin et al. 2013)

Afasici (Chen et al. 2015; Bonifazi et al. 2013)

Malati in fase di recupero dalla chirurgia ortopedica (Bellelli et al. 2010)

Studio di Brunner et al. 2014 in 20 pazienti in fase post-acuta  
Età media: 60.7



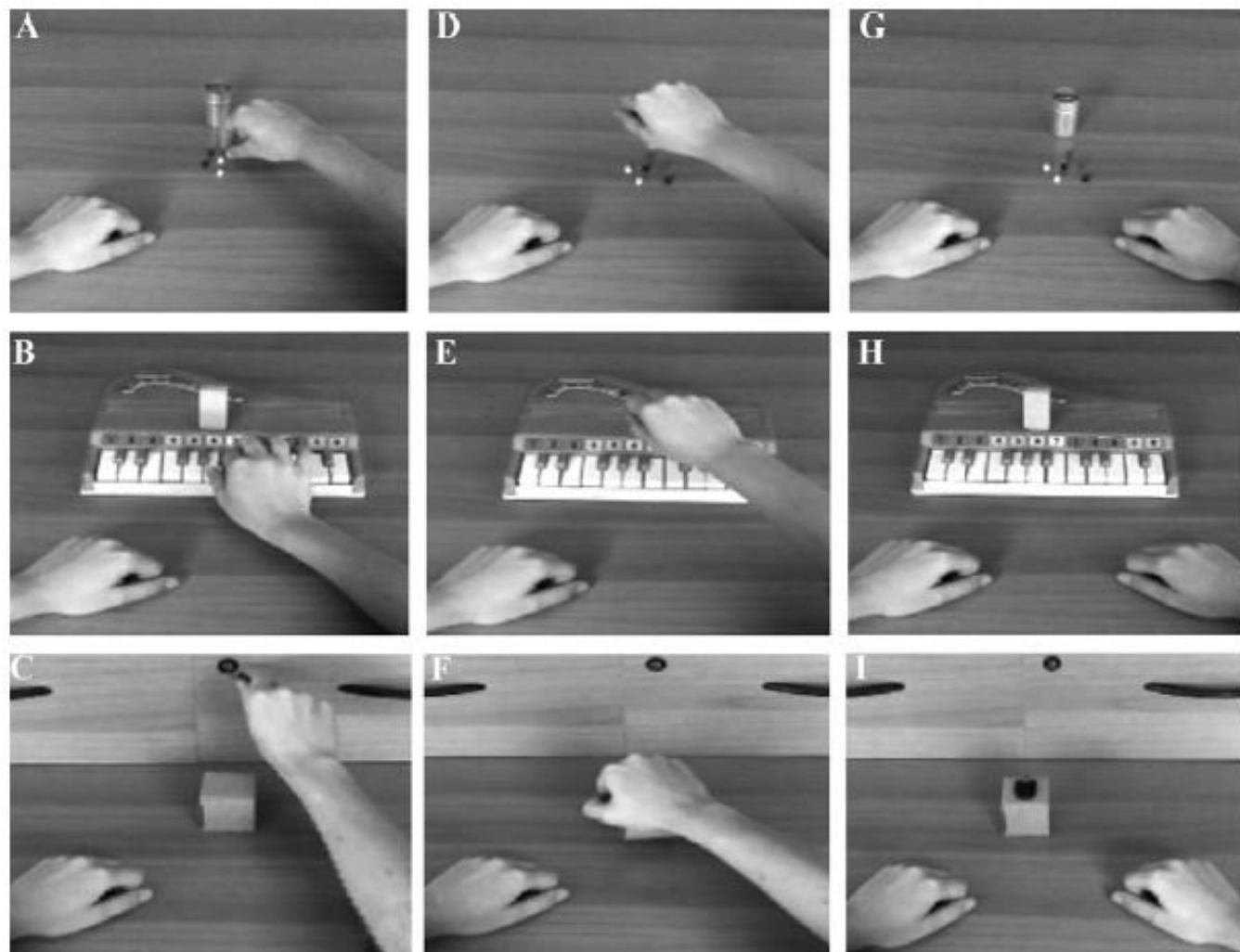
AO1: 2 settimane; AO2: 3 mesi

Compito fMRI: Ruotare un  
cilindro con due mani o  
osservarne la rotazione  
Scale funzionali: Action  
Research Arm Test (ARAT);  
NHPT

Risultati:  
Miglioramento in entrambe le  
scale funzionali

Allargamento delle aree  
appartenenti al sistema mirror  
durante il recupero  
Correlazione tra recupero  
funzionale e attivazione  
premotoria e cerebellare

Terapia osservazionale nei bambini con CP

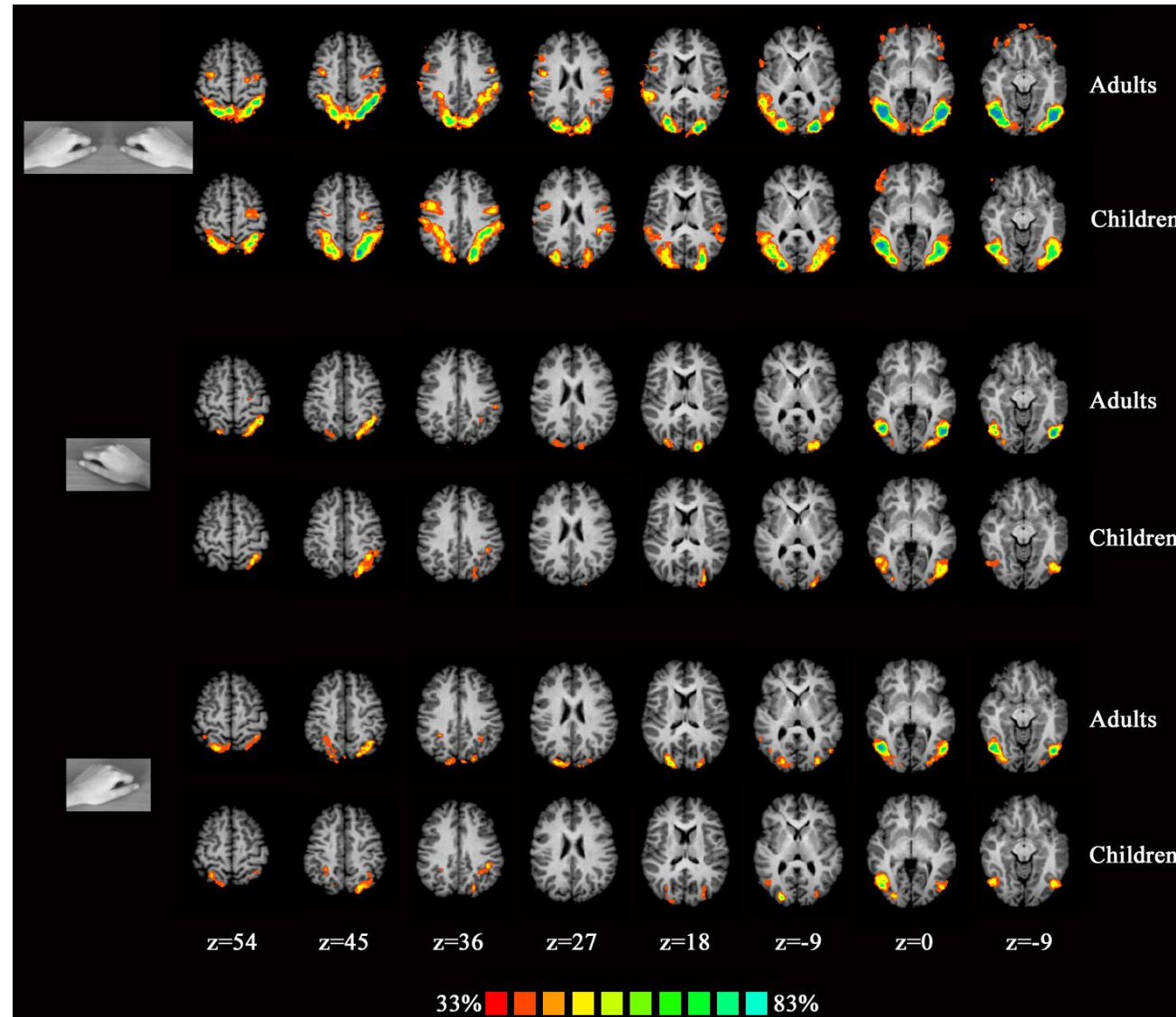


A. complessa

A. semplice

Controllo

# Attivazioni di bambini e adulti durante l'osservazione di azioni



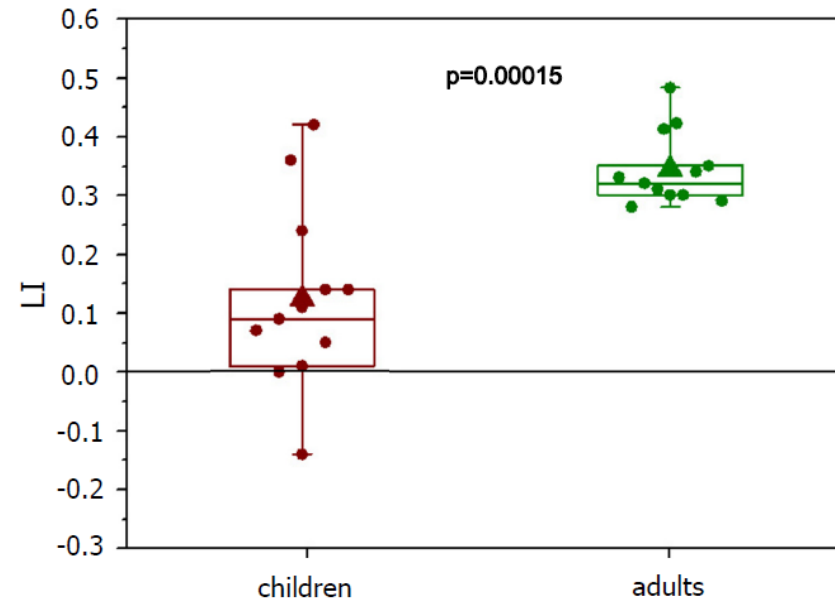
Le attivazioni sono più diffuse nei bambini

# Aree corticali attivate durante l'osservazione nei bambini

**Table 1:** Areas elicited by the observation of object-related hand actions versus static control condition in children.

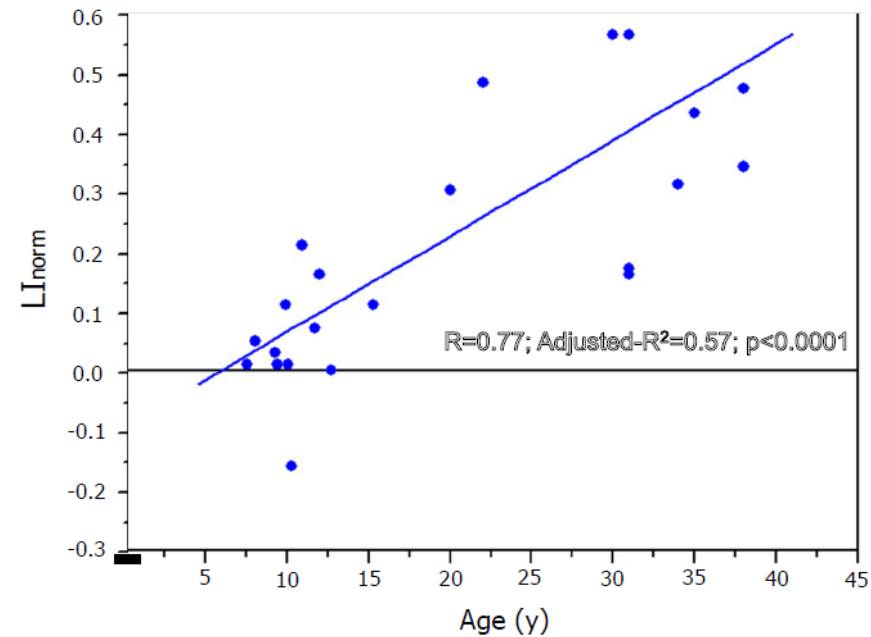
	Area name <sup>a</sup>	Broadman Area (BA)		Peak Talairach's coordinates			Number of Voxels
				X	Y	Z	
	Inferior temporal gyrus	37	L	-44	-64	0	15536
			R	44	-61	1	18659
*	Superior temporal sulcus	22	L	-51	-40	11	1531
			R	50	-40	11	2584
*	Inferior parietal lobule	40	L	-56	-31	30	3751
			R	57	-31	27	1669
*	Anterior IPS	40-7	L	-32	-46	50	4806
			R	33	-45	49	2265
	Superior parietal lobule	7	L	-25	-67	46	11593
			R	23	-64	47	8594
*	Precentral gyrus	6-4	L	-33	-16	52	3292
			R	32	-14	52	1865
		6-9	L	-47	-2	32	2019
			R	43	2	34	3242
*	Inferior frontal gyrus	45-47	L	-33	23	2	441
			R	41	23	3	538
	Postcentral gyrus	5	L	-8	-44	66	374
	Fusiform gyrus	37	L	-40	-54	-17	843
			R	43	-61	-16	742
	Middle Occipital Gyrus	18	L	-22	-83	3	3897
			R	24	-83	2	1369
	Precuneus-Cu	31-18-7	L	-27	-76	20	2570
			R	24	-79	21	4529
	Middle-Superior Frontal Gyrus	9-10-46	L	-39	38	22	1180
			R	43	17	21	1154

# Differenze negli indici di lateralizzazione



> 0.2= dominanza sinistra

< - 0.2= dominanza destra



# Terapia azione-osservazione nei bambini con paralisi cerebrale infantile

Gruppo sperimentale: 12 bambini

Gruppo di controllo: 12 bambini

Età: 5-15

## Paradigma:

GS: Osservazione di azioni unimanuali e bimanuali di complessità crescente, seguita da ripetizione con la mano plegica

GC: Osservazione di filmati con contenuto non riferito ad aspetti motori, esecuzione delle stesse azioni eseguite dal gruppo di controllo

Durata training: 15 giorni (3 settimane)

Valutazione della prestazione a: 1 settimana prima del training (T0), 1 settimana (T1), 8 settimane (T2), 24 settimane (T3) dopo il training

Scale utilizzate: Assisting Hand Assessment (AHA), Melbourne, ABILHAND-Kids



**Table 1.** List of Goal-Directed Actions Performed by All Children and First Observed in Video Clips by the Experimental Group During Action Observation Treatment.

Unimanual	1	Remove large lid from container, take out coloured candy, and place it in glass, pour water in glass
	2	Pick colored card (blue, yellow, red), turn it over, and match it to similar figure to make pairs
	3	Pick up rubber stamp, press it against horizontal and vertical plane to print figure
	4	Pick up coin, put it into money box through slot
	5	Pick up animal-shaped sponge stamp, press it against horizontal and vertical plane to print figure
	6	Pick up spray can and spray
	7	Lift open cap on tube containing shimmery powder and pour some on sheet of paper
	8	Pick up toy fishing rod and catch magnetic animals
Bimanual	9	Use hole punch to make holes in sheet of paper and match holes on studs
	10	Wet and wring cloth and insert it in toy washing machine
	11	Insert cards in clothespin in horizontal and vertical plane
	12	Roll piece of Play-Doh into ball and put it into toy oven
	13	Put coin in wallet and put wallet into box
	14	Make figure using stencil and toothbrush soaked in tempera paint
	15	Decorate frame with pieces of mosaic

# ABILHAND-KIDS

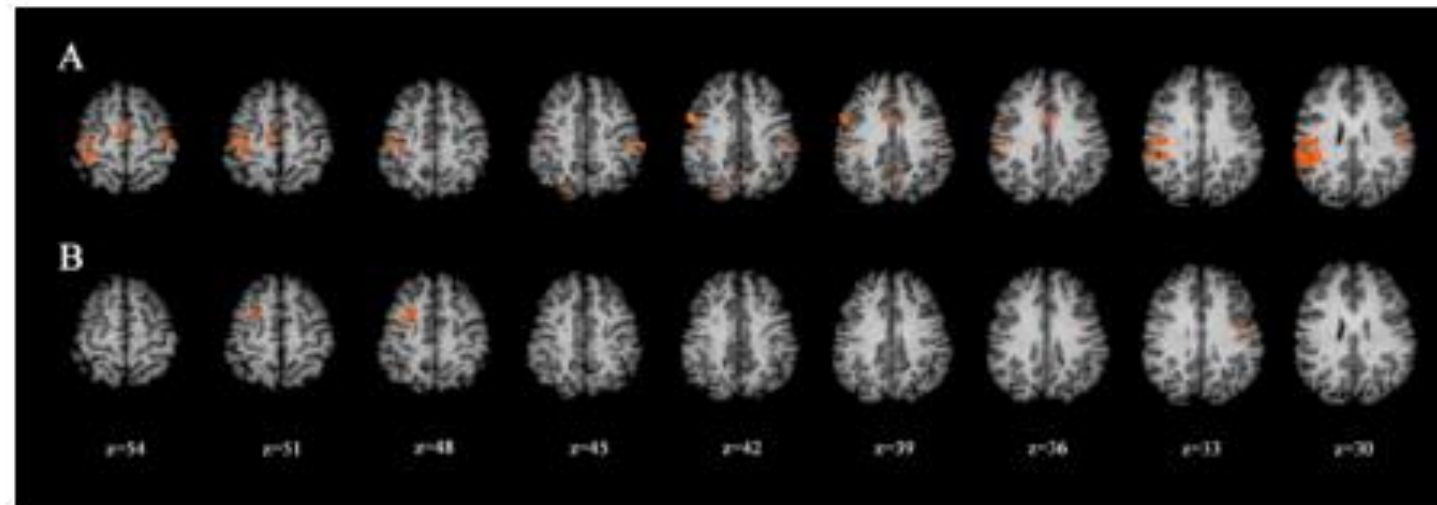
A 21-item questionnaire for children from 6 years, scored on a 3-level (impossible, difficult, or easy).

1.	Opening a jar of jam	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
2.	Putting on a backpack/schoolbag	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
3.	Opening the cap of a toothpaste tube	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
4.	Unwrapping a chocolate bar	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
5.	Washing the upper-body	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
6.	Rolling-up a sleeve of a sweater	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
7.	Sharpening a pencil	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
8.	Taking off a T-shirt	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
9.	Squeezing toothpaste onto a toothbrush	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
10.	Opening a bread box	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
11.	Unscrewing a bottle cap	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
12.	Zippering-up trousers	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
13.	Buttoning up a shirt/sweater	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
14.	Filling a glass with water	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
15.	Switching on a bedside lamp	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
16.	Putting on a hat	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
17.	Fastening the snap of a jacket	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
18.	Buttoning up trousers	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
19.	Opening a bag of chips	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
20.	Zippering-up a jacket	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?
21.	Taking a coin out of a pocket	<input type="radio"/> Impossible	<input type="radio"/> Difficult	<input type="radio"/> Easy	<input type="radio"/> ?

**Table 3.** Between-Group Differences.

	Experimental Group (n = 12)	Control Group (n = 12)	<i>p</i> <sup>a</sup>
<i>Primary outcome measure</i>			
AHA (logits), mean ± SD			
Baseline (T0)	2.04 ± 1.50	2.63 ± 1.69	
T1	2.94 ± 1.69	2.78 ± 1.67	.008 <sup>b</sup>
T2	2.90 ± 1.81	2.78 ± 1.58	.019 <sup>c</sup>
T3	3.06 ± 2.25	2.83 ± 1.70	.049 <sup>d</sup>
<i>Secondary outcome measures</i>			
MUUL (%), mean ± SD			
Baseline (T0)	75.44 ± 10.65	78.91 ± 12.67	
T1	79.90 ± 10.87	82.98 ± 10.35	.931 <sup>b</sup>
T2	81.28 ± 11.30	84.57 ± 9.80	.840 <sup>c</sup>
T3	78.05 ± 14.50	81.89 ± 14.00	.795 <sup>d</sup>
ABILHAND-Kids (logits), mean ± SD			
Baseline (T0)	0.65 ± 1.42	0.93 ± 2.28	
T1	1.41 ± 0.87	1.21 ± 2.85	.149 <sup>b</sup>
T2	2.05 ± 1.19	1.22 ± 2.40	.043 <sup>c</sup>
T3	2.07 ± 1.34	1.27 ± 2.54	.118 <sup>d</sup>

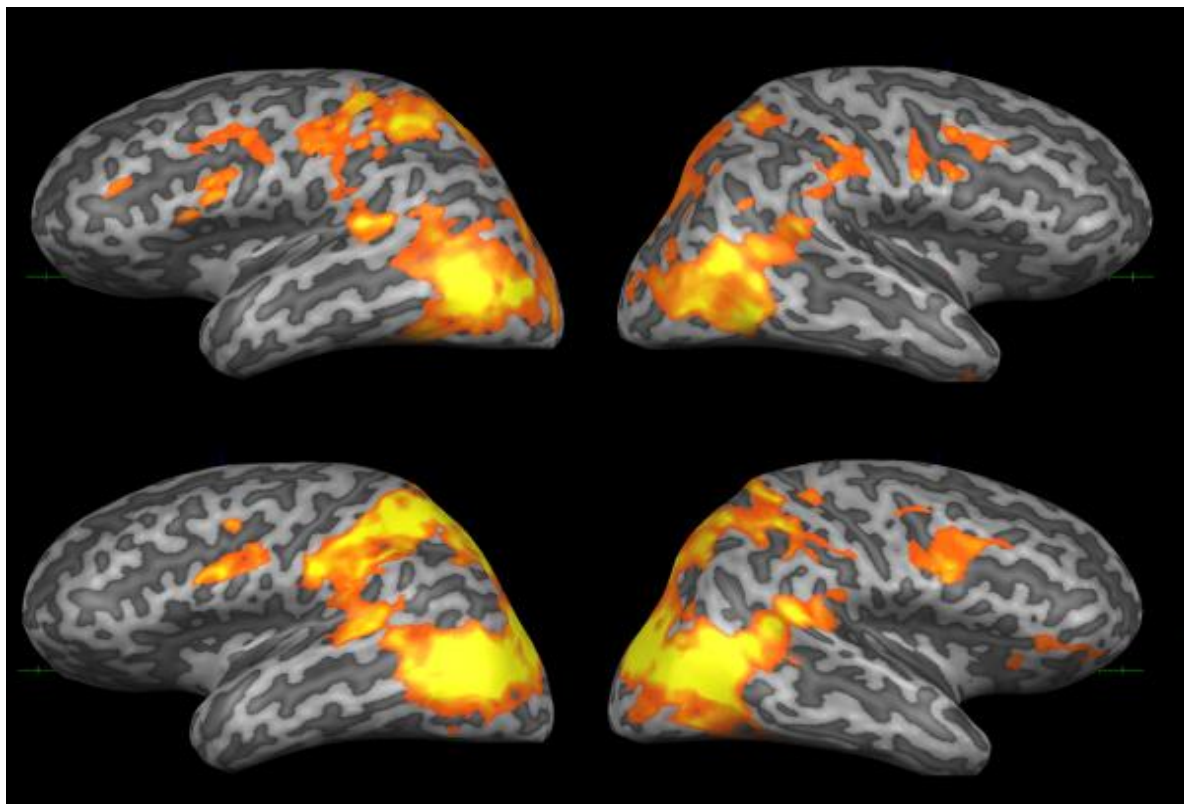
# Modificazione del sistema specchio dopo la AOT



Sgandurra et al. 2020

Studio fMRI di Biagi et al.  
12 bambini con UCP (età media 11 anni)  
Osservazione di azioni semplici e complesse

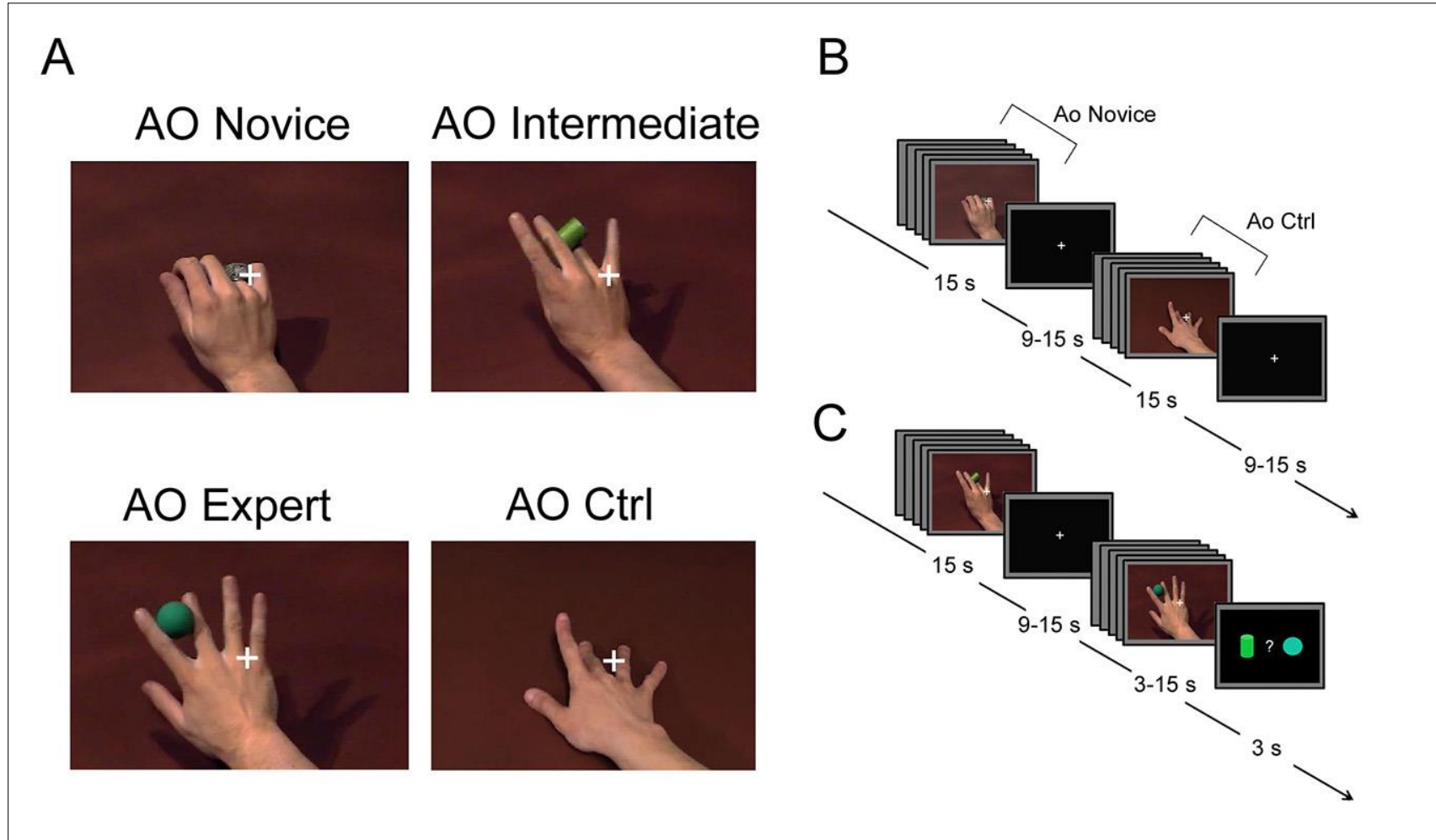
Bambini con  
cerebral palsy



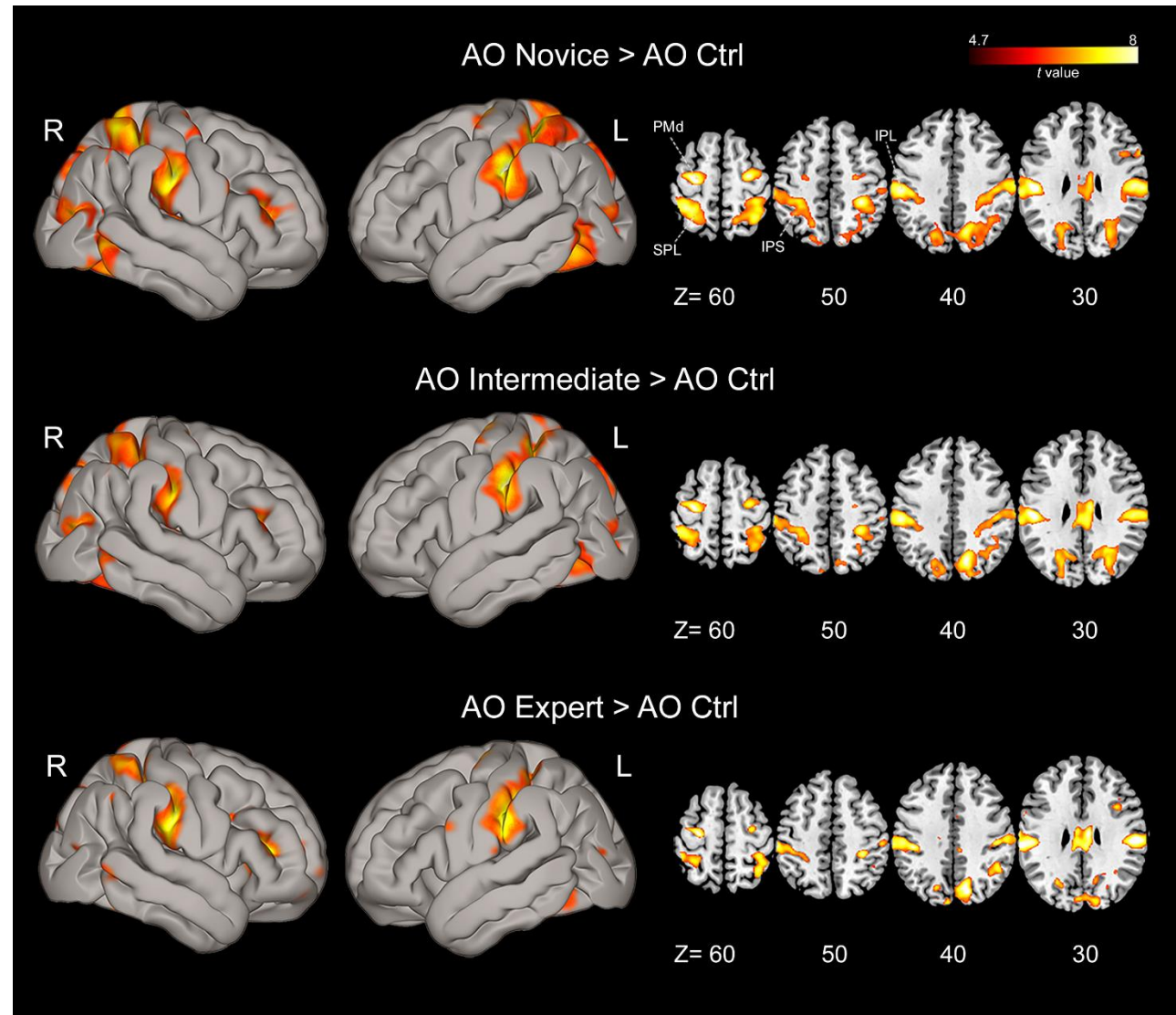
Bambini TD

Attivazione di: corteccia inferotemporale e STG; area anteriore intraparietale;  
lobuli parietale inferiore e superiore; giro precentrale; giro frontale inferiore.  
Lateralizzazione (verso l'emisfero dominante) maggiore dei bambini TD di pari età

# Osservazione di abilità motorie

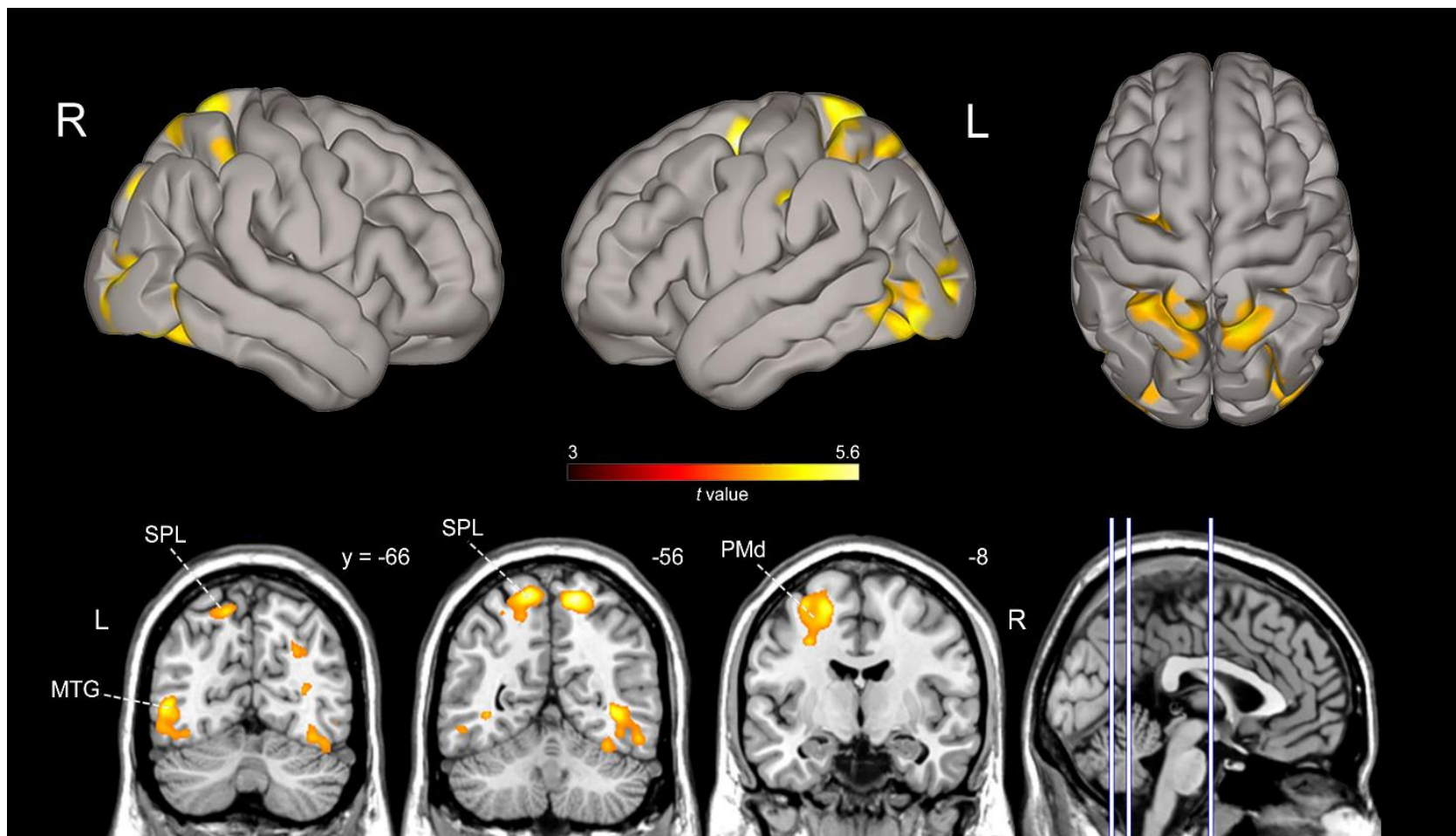




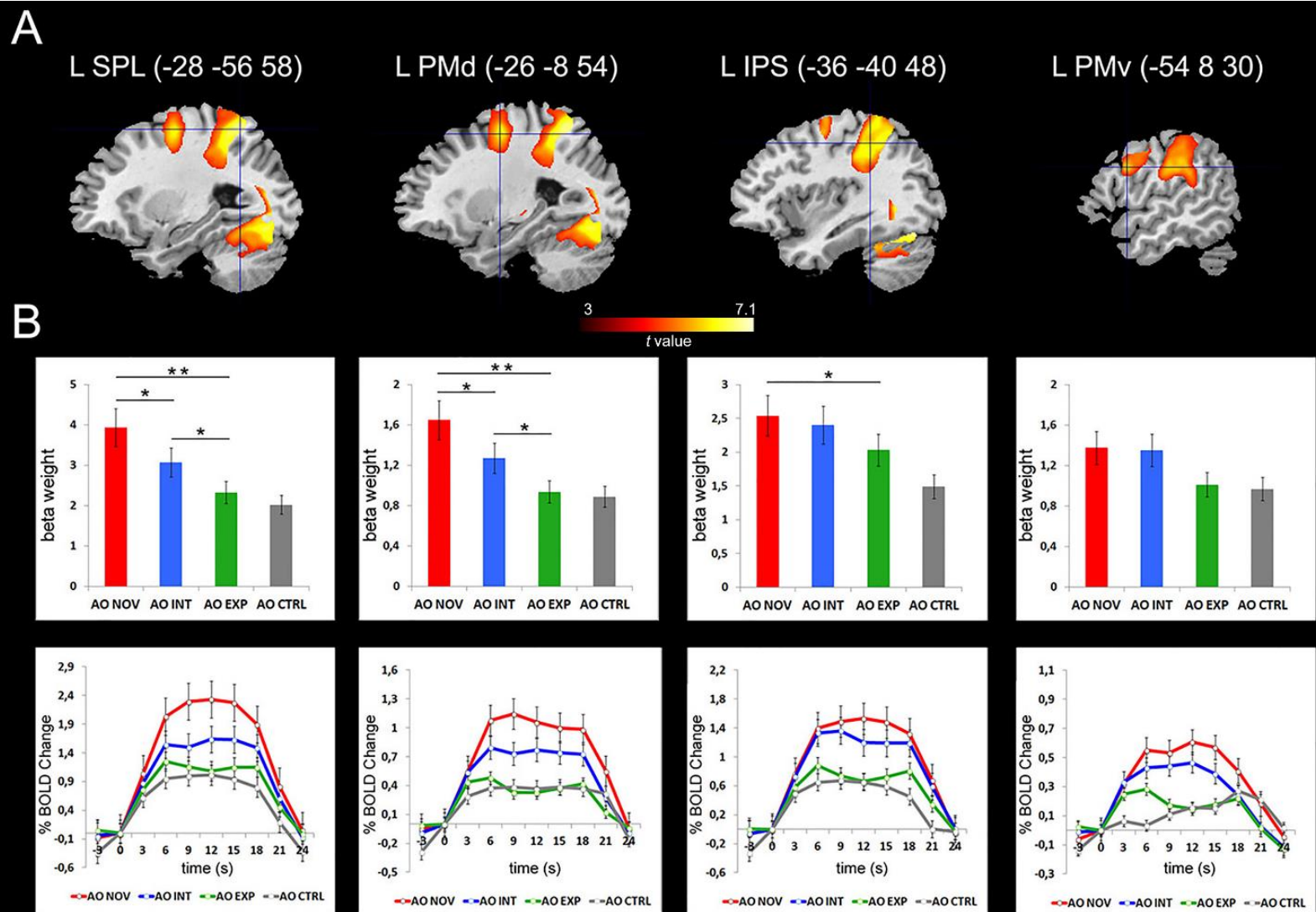


Attivazione con intensità diverse del sistema specchio

L'attivazione durante l'osservazione dell'azione inesperta è maggiore di quella ottenuta durante l'osservazione dell'azione esperta



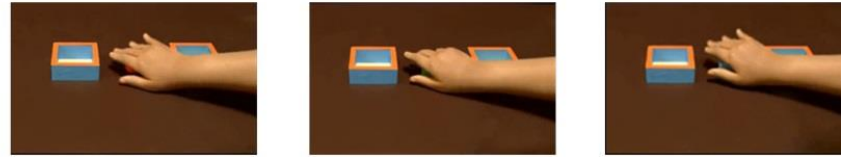




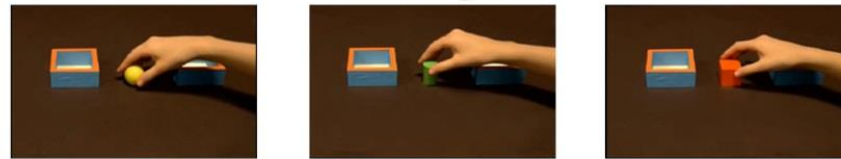
\* $p < 0.05$  \*\* $p < 0.01$  (Newman-Keuls corr.)

A

AO Paretic Hand



AO Healthy Hand

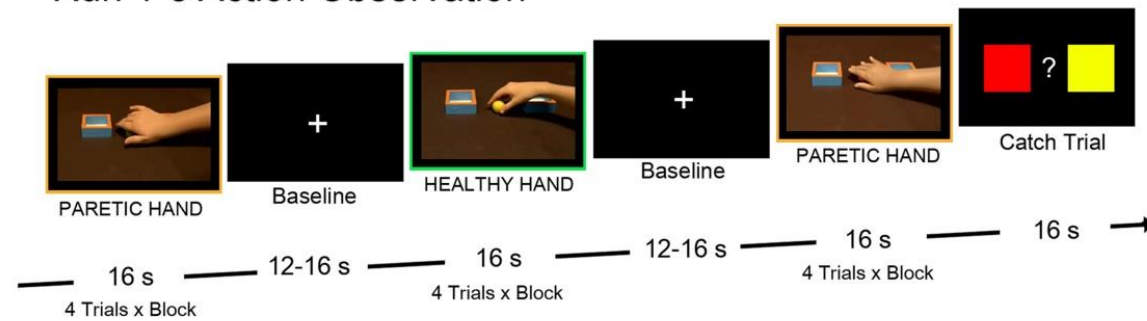


Motor Imagery



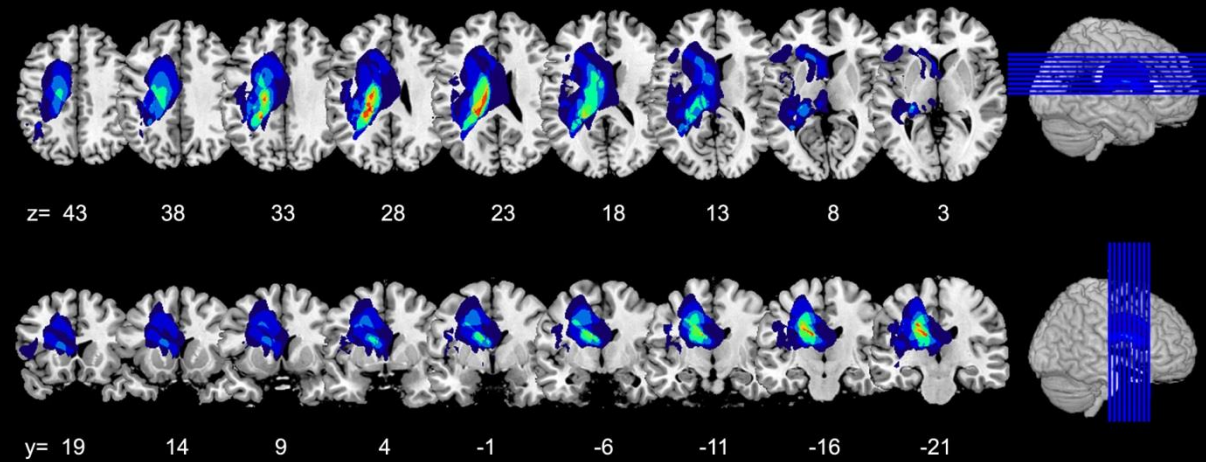
B

Run 1-3 Action Observation

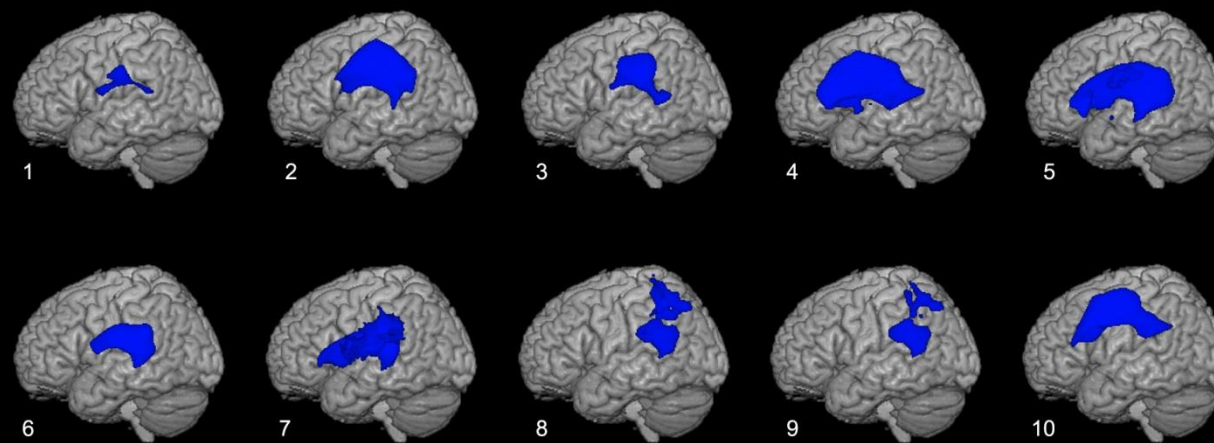


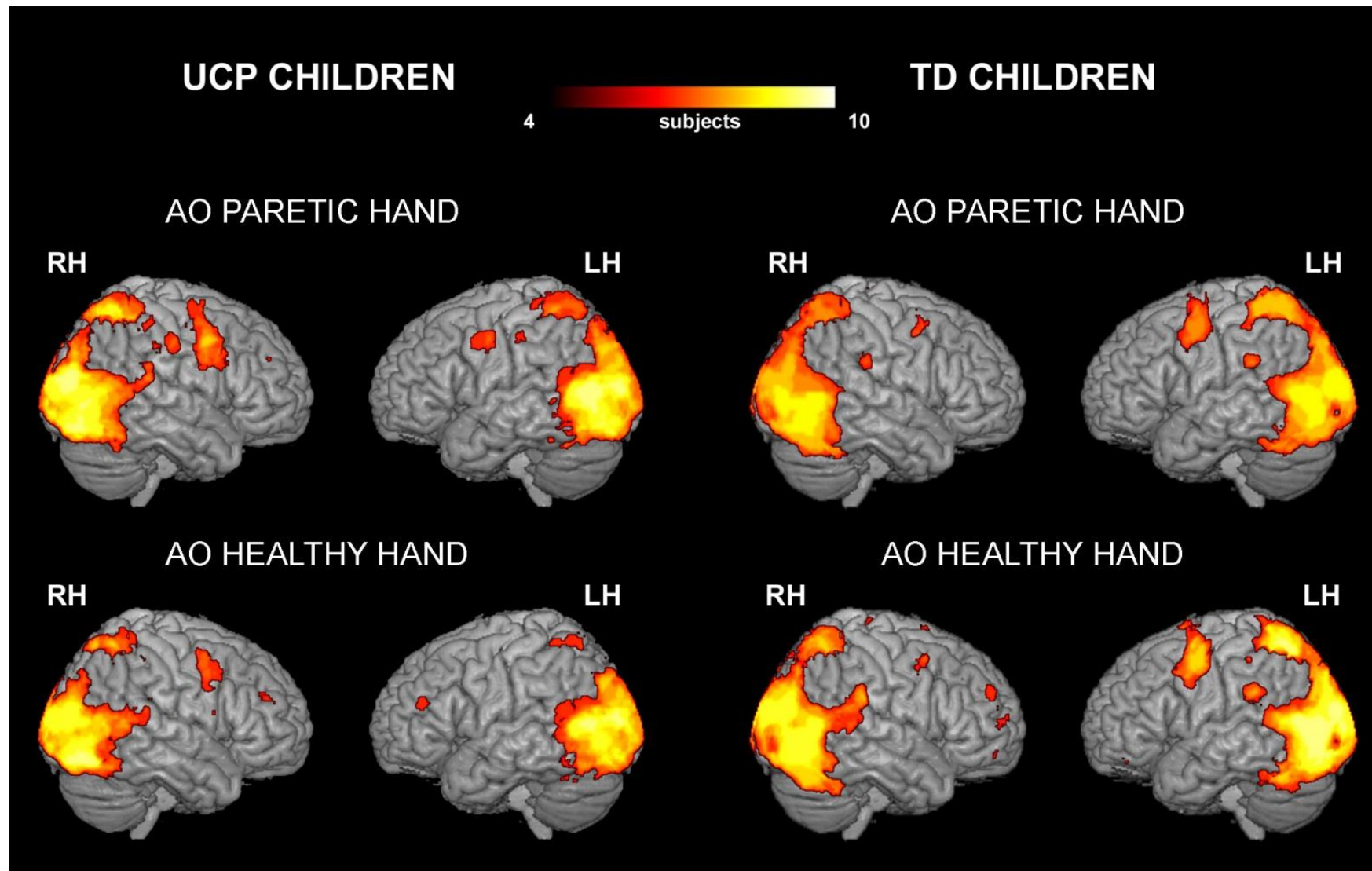
Errante et al. 2018

**A** Lesion overlap ( $n = 10$ )



**B** Lesion distribution in individual UCP children

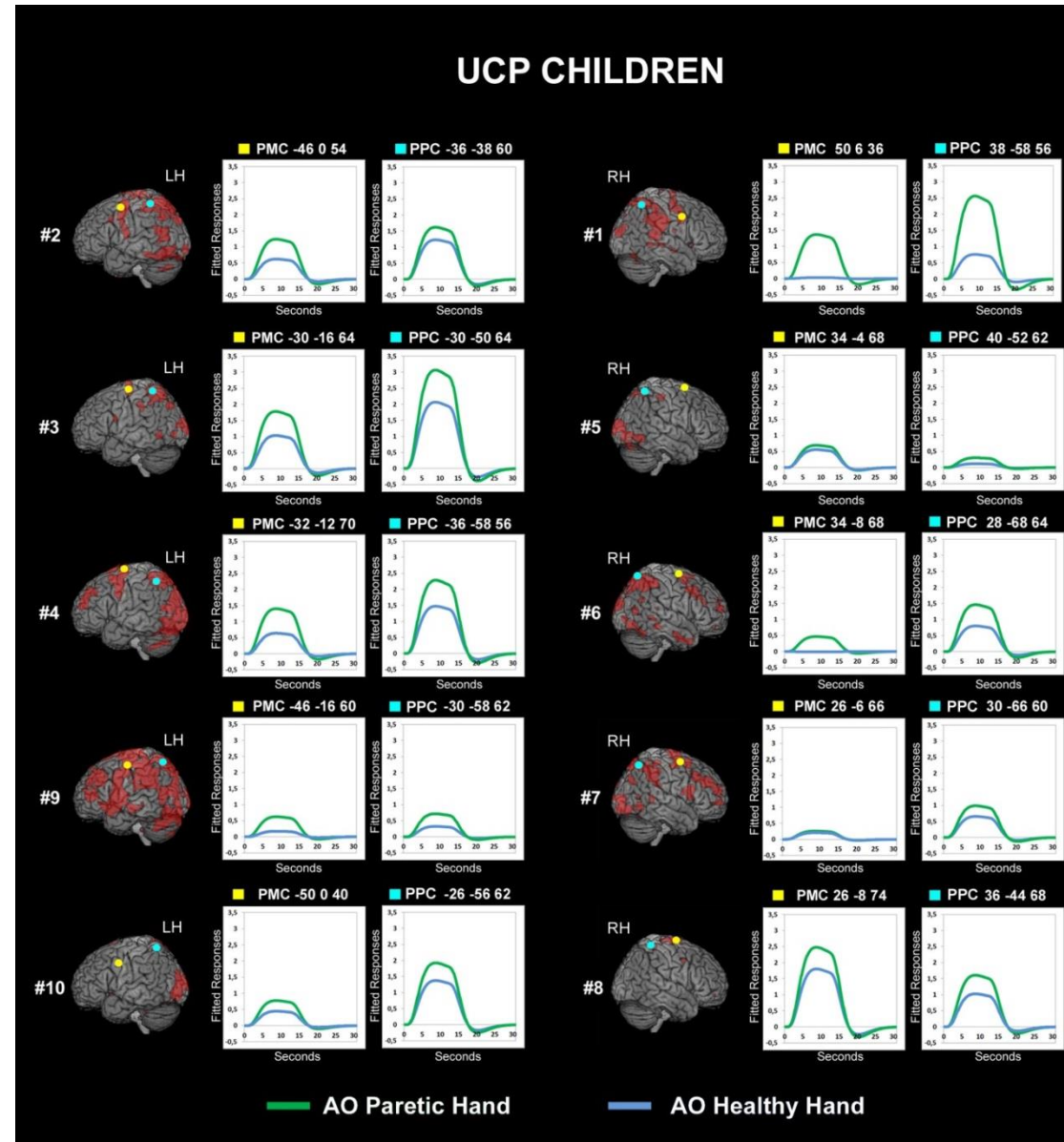




L'osservazione sia della mano sana che della mano paretica attiva il sistema specchio



# Attivazioni individuali dei bambini con UCP durante le due condizioni di osservazione



Una terapia efficace basata sull'osservazione  
dovrebbe tener conto del tipo di modello da  
usare

Quali circuiti permettono il recupero funzionale?

# Differential Impairment of Individuated Finger Movements in Humans After Damage to the Motor Cortex or the Corticospinal Tract

Catherine E. Lang<sup>1,2</sup> and Marc H. Schieber<sup>1-4</sup>

Dopo due anni di terapia, l'indipendenza del pollice era normale, quella dell'indice leggermente deteriorata, mentre quella delle tre altre dita era deficitaria

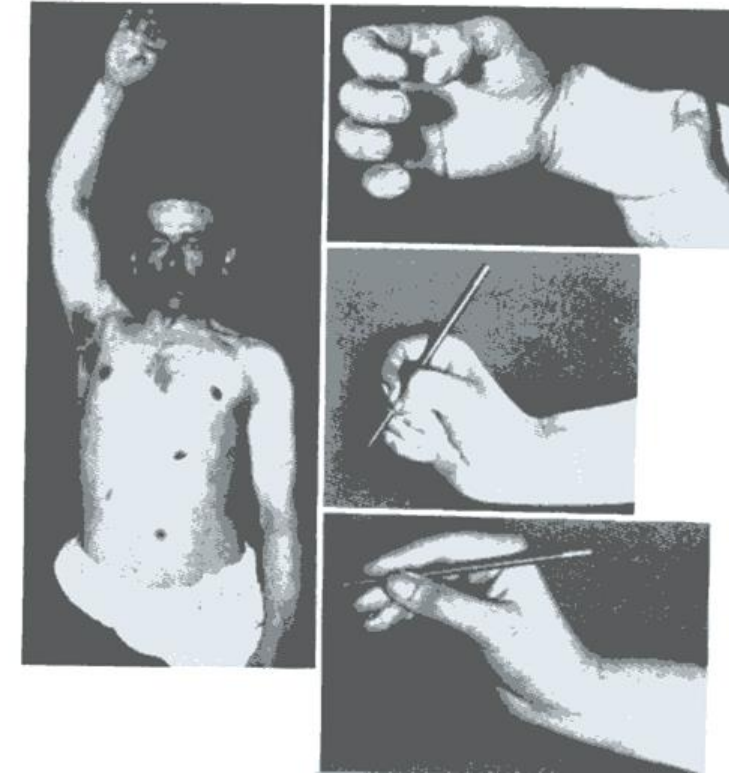
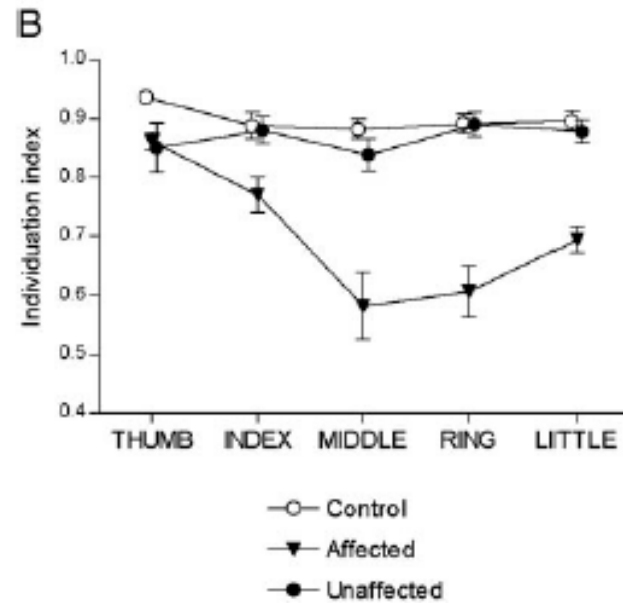
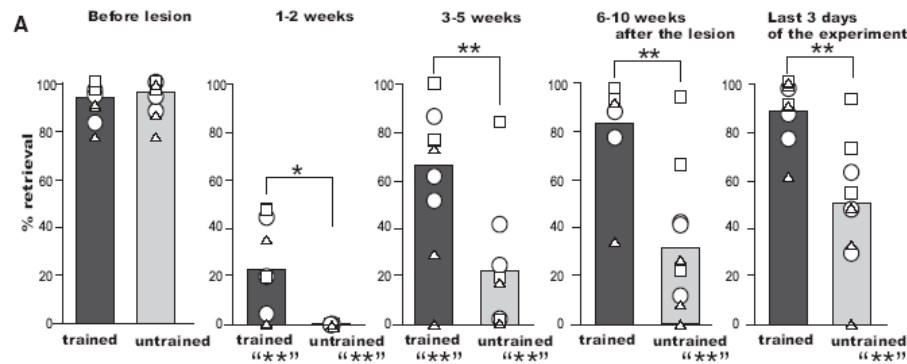


FIG. 4. Arm-hand movements and brain stem of patient with total destruction of arm-finger field of left precentral region. Initially there was complete paralysis of right arm. After 2 yr of intense physiotherapy, patient was able to perform movements shown in the various pictures. Individual finger movements were not possible, but synergistic finger flexion and interaction between forefinger and thumb were possible. *Bottom*, section of medulla oblongata shows complete degeneration of left pyramid. [From Foerster (74).]

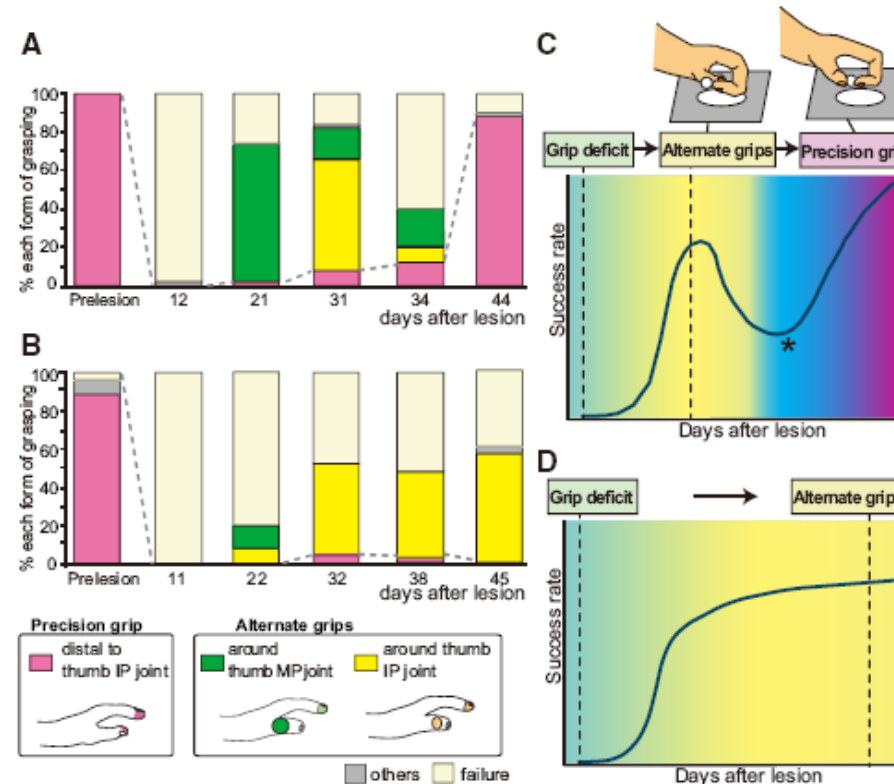




E' indispensabile l'area motoria primaria per i movimenti di precisione?

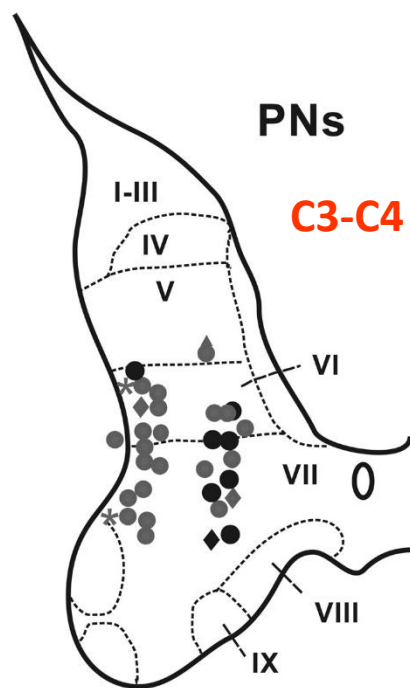


“Relatively independent digit movements, including precision grip (prehension of a small object with finger-to-thumb opposition), were restored in the trained monkeys.”



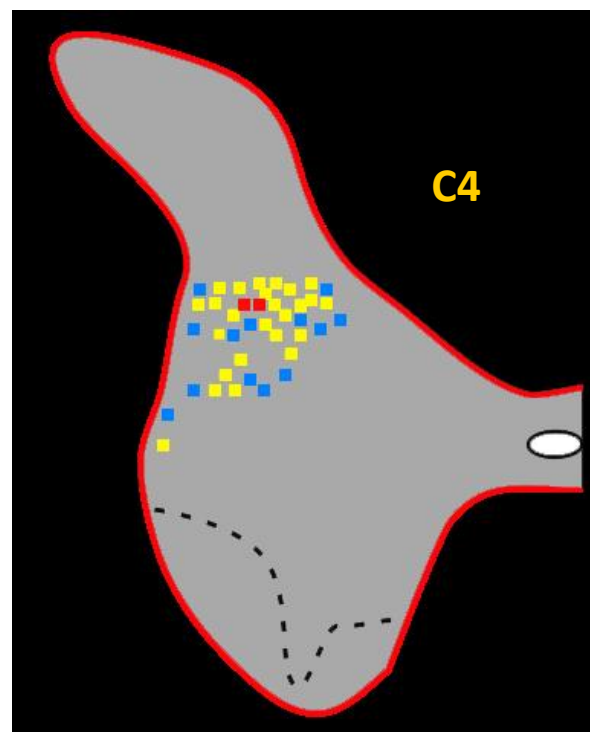
# La corteccia premotoria può controllare gli atti motori manuali insieme a M1

Localizzazione  
dei PNs



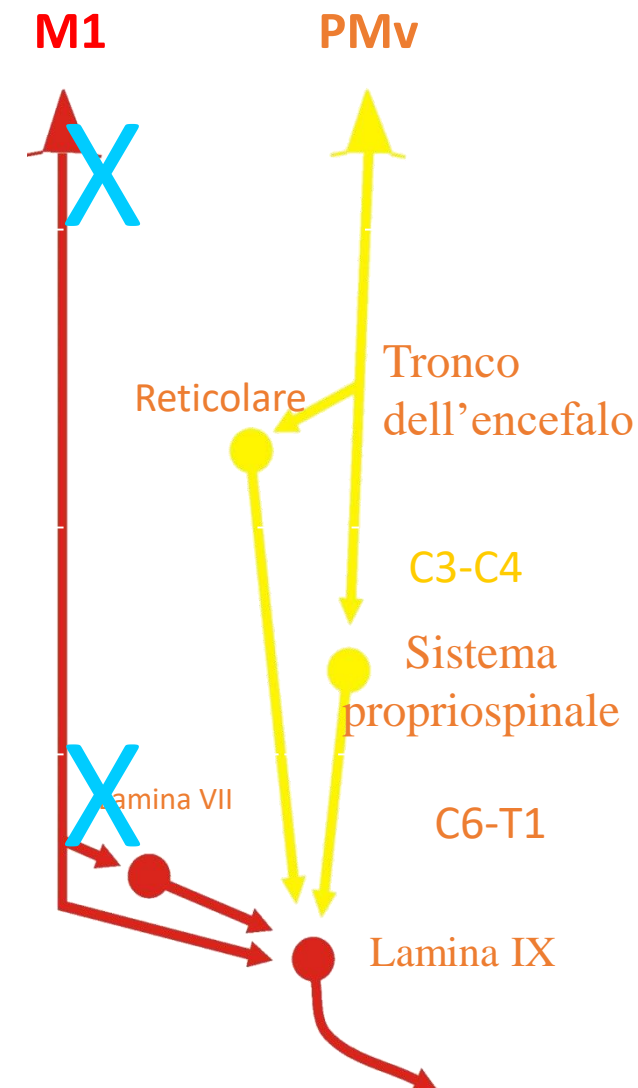
Isa et al., 2006

Proiezioni cortico-discendenti di  
F5

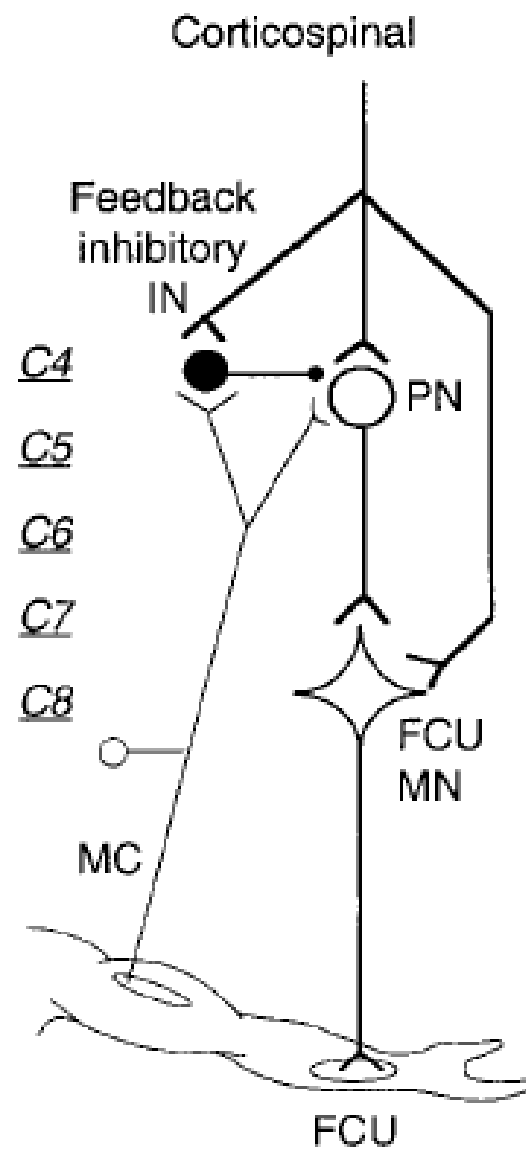


Borra et al., 2010

Vie cortico-discendenti



# Controllo disinaptico nell'uomo



L'attivazione del sistema mirror durante l'osservazione accoppiata alla riproduzione rinforza l'uscita motoria

