

# Esercizio terapeutico e recupero funzionale

Ruolo di primo piano nella presa in carico riabilitativa



Evoluzione del concetto di Esercizio

Recupero motorio

Partecipazione attiva del paziente

Compliance e motivazione

# Definizione

La successione ordinata e sistematica di procedure manuali, posture e movimenti del corpo (o di parte di esso), attivi e/o passivi, al fine di migliorare la **funzione**, alleviare il **dolore** e ottimizzare lo **stato di salute**.

# Obiettivi

- 1) Garantire la riprogrammazione sensitivo-motoria, favorendo il ripristino delle funzioni compromesse o perdute.
- 2) Ricondizionare il Sistema Nervoso al fine di modificare funzionalmente un'organizzazione compromessa da un evento disabilitante.

# Obiettivi

3) Fornire uno stimolo neuromotorio efficace per il recupero di:

- articolari
- forza, resistenza, potenza
- tono, trofismo
- coordinazione
- equilibrio
- propriocezione
- controllo neuromotorio

# Principi generali dell'ET

Fondato su rigorose conoscenze anatomico-neuro-fisiologiche.

Prevede stimoli di facilitazione propriocettiva.

Confezionato e adattato ad ogni paziente nei diversi momenti intercorrenti della propria disabilità.

Ove possibile:

- richiede uno sforzo volontario (cognitivo) al paziente;
- promuove il coinvolgimento attivo del paziente nel monitoraggio sensoriale dei propri movimenti.

# Plasticità cerebrale

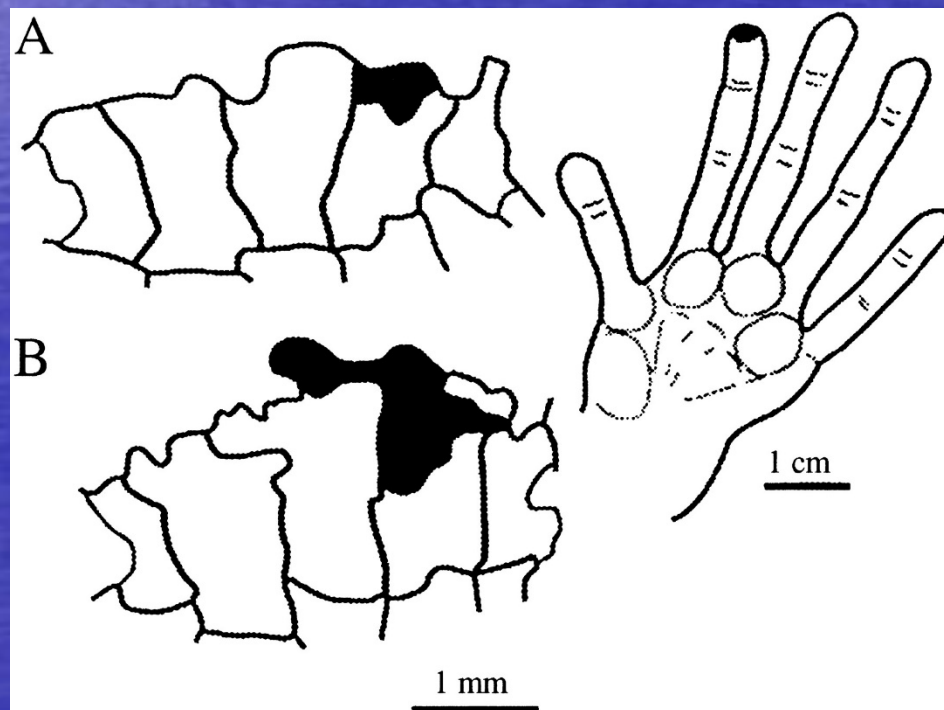
## *Definizione*

Capacità del SNC di adattarsi alle richieste funzionali e di riorganizzarsi in funzione di esse.

*Il SNC è in continua evoluzione, estremamente versatile e orientato a risolvere problemi durante tutta l'esistenza.*

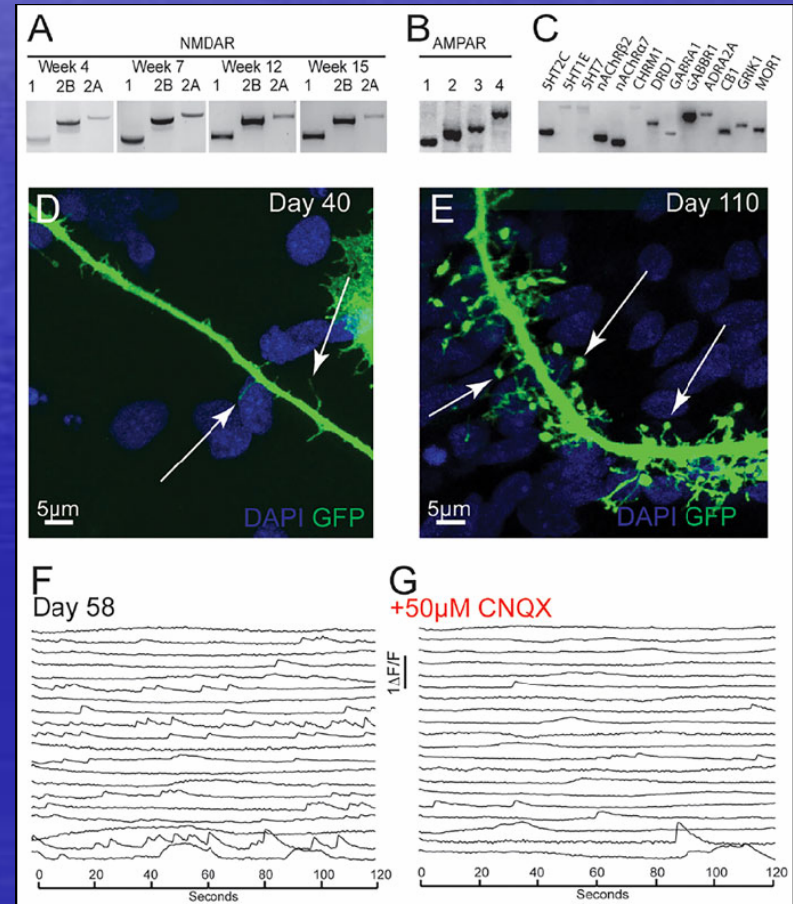
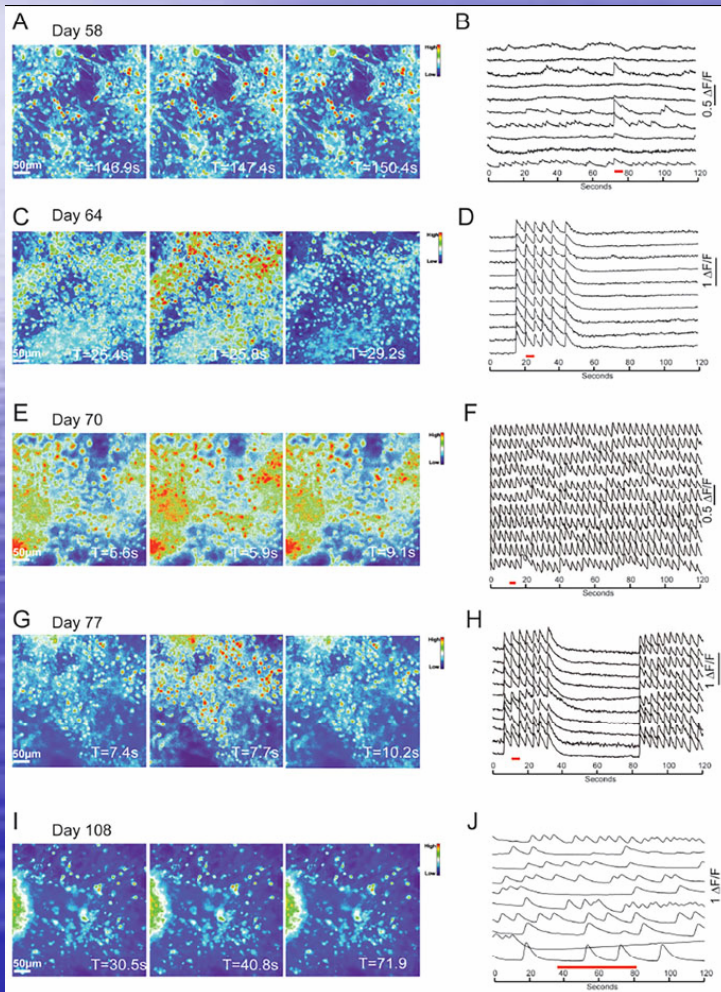
# Plasticità cerebrale

Si basa su cambiamenti neurochimici, neurorecettoriali e neurostrutturali guidati da necessità specifiche e dall'esperienza.  
(competizione neuronale territoriale continua)



# Plasticità cerebrale

Per ogni azione vi sono network corticali neuronali comprendenti parti distinte del SNC, pre-esistenti o ex novo.



# Plasticità cerebrale

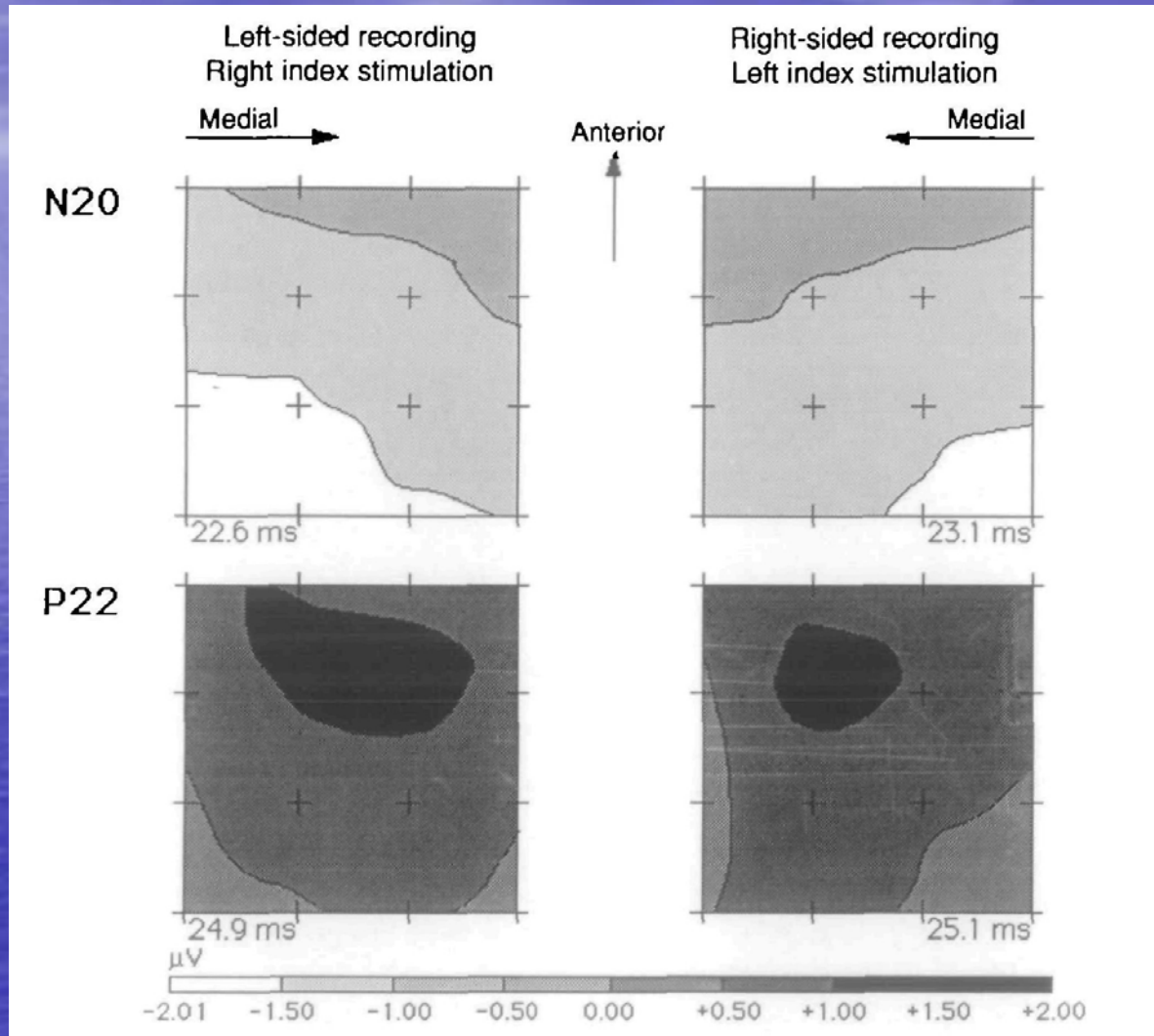
L'apprendimento motorio dipende dalle caratteristiche dell'allenamento:

- motorio e/o stimolazione sensoriale
- intensità, durata, frequenza delle ripetizioni (fisiche e/o figurative)
- conquista funzionale.

# Plasticità cerebrale

Potenziali evocati somato-sensoriali in soggetti ciechi (TMS).

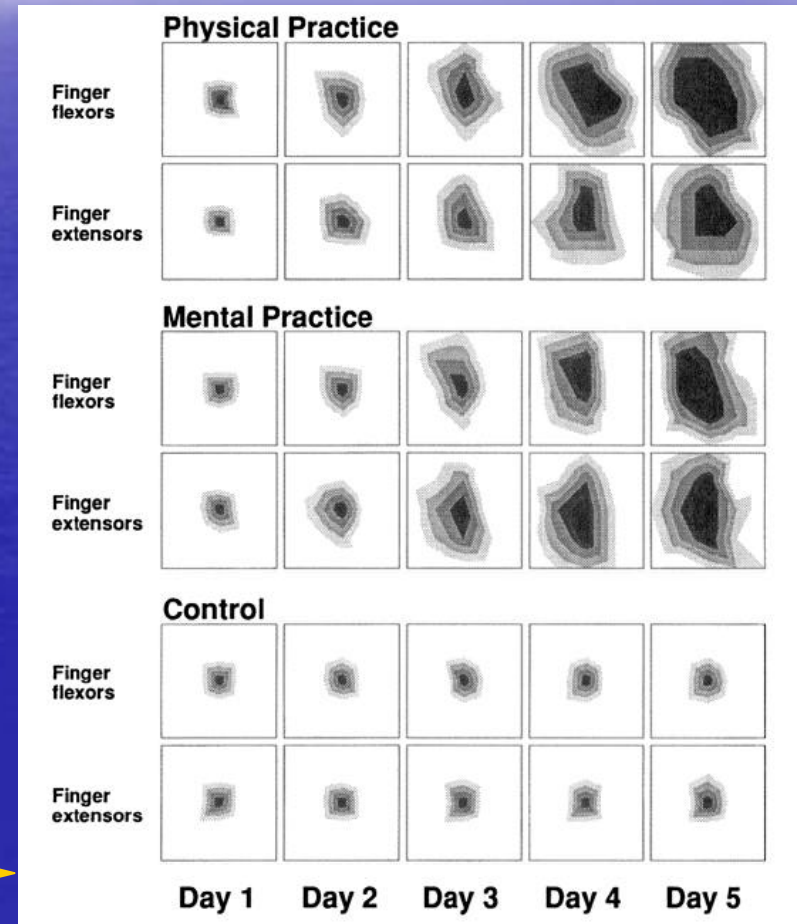
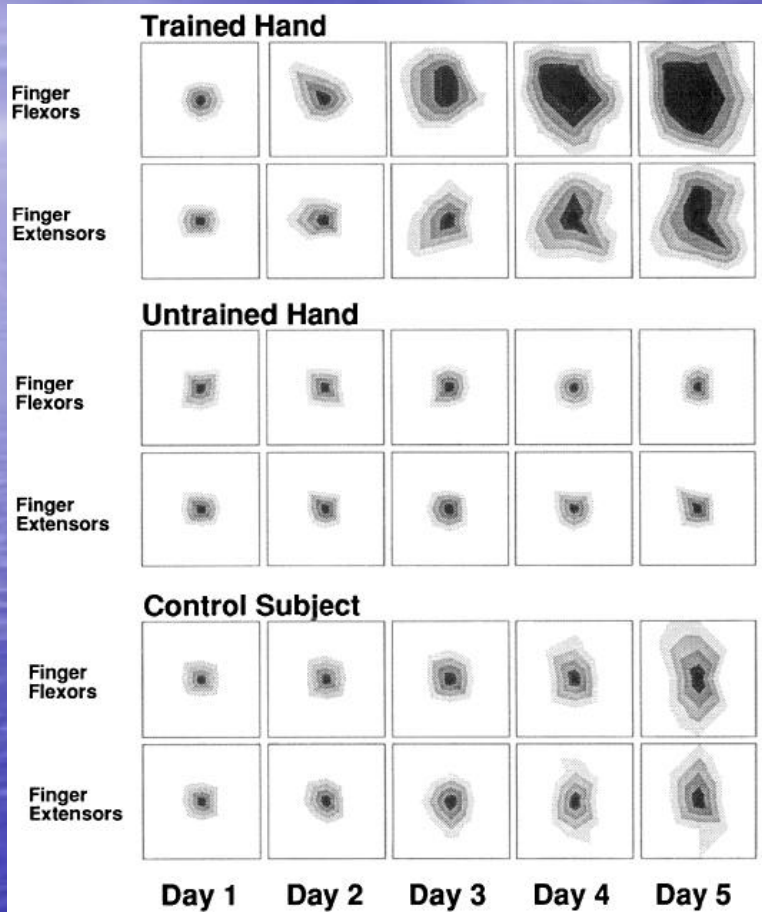
Braille readers vs non-Braille readers



# Plasticità cerebrale

Exp.1:  
incremento  
area  
motoria  
(TMS)

Exp.2:  
incremento  
area  
motoria  
anche con  
esercizio  
mentale  
(LTP e/o  
nuovi  
networks)



# Plasticità cerebrale

Modulazione e stabilità delle mappe motorie  
(dimensioni corticali e sottocorticali)

**Attività fisica vs. sedentarietà**

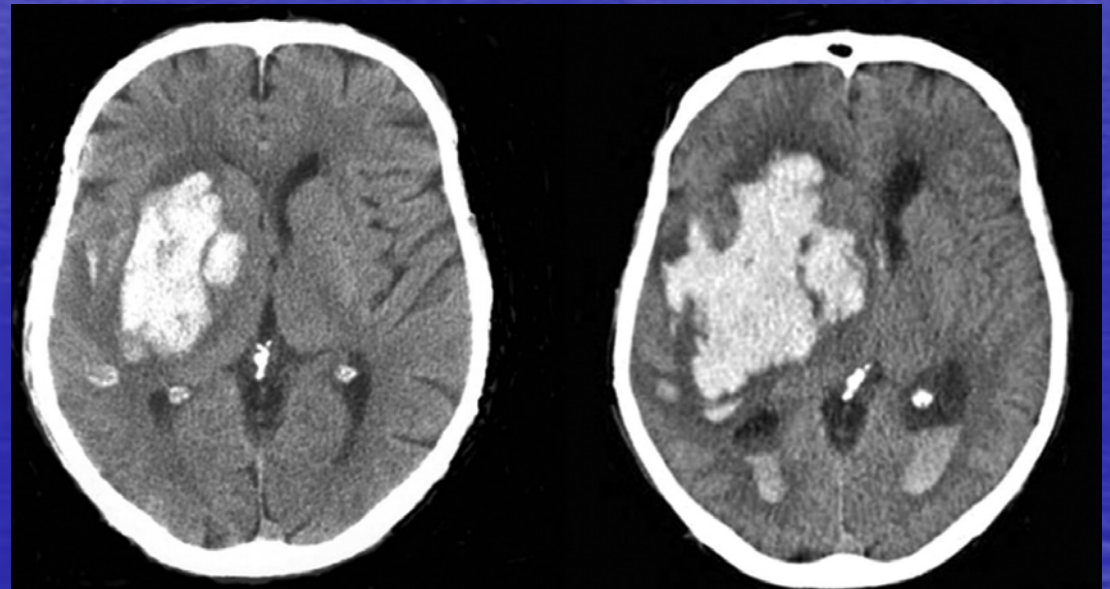
Cambiamenti biomeccanici quale conseguenza  
di adattamenti neurali.

# Plasticità cerebrale

Cosa succede dopo una lesione cerebrale?



Ischemia cerebrale



2.0 hours after onset

6.5 hours after onset

Emorragia cerebrale

# Plasticità cerebrale

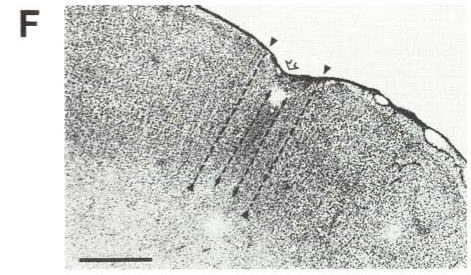
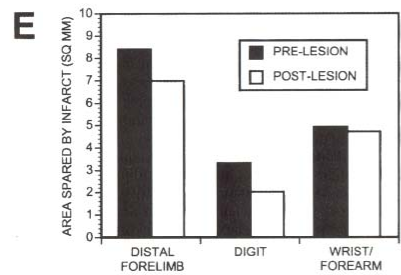
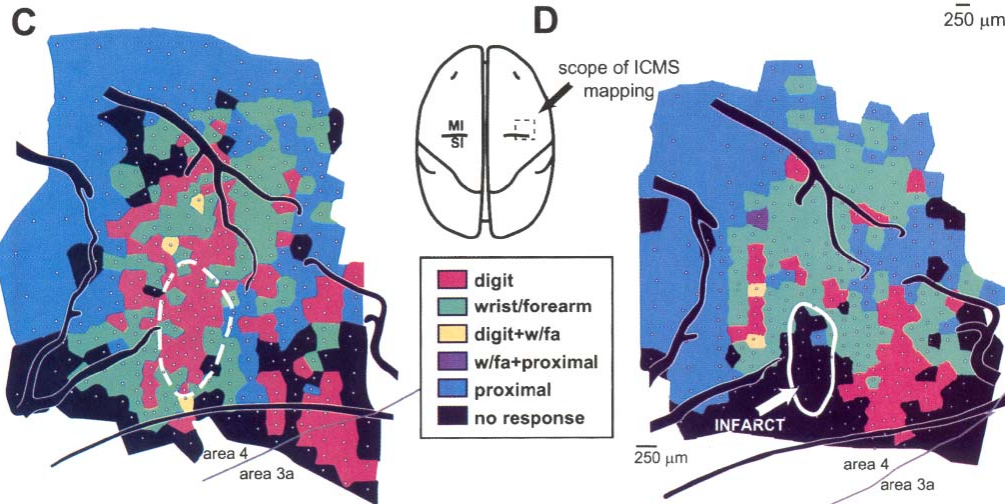
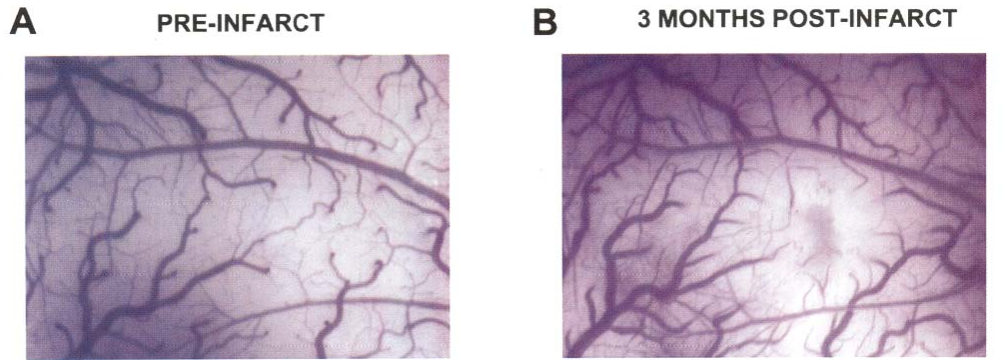
Il recupero neuromotorio avviene a seguito di riorganizzazione strutturale e funzionale:

- 1) incremento della rappresentazione perilesionale
- 2) trasferimento dell'attività da sistemi di elaborazione primari a secondari
- 3) reclutamento di aree omologhe dell'emisfero intatto

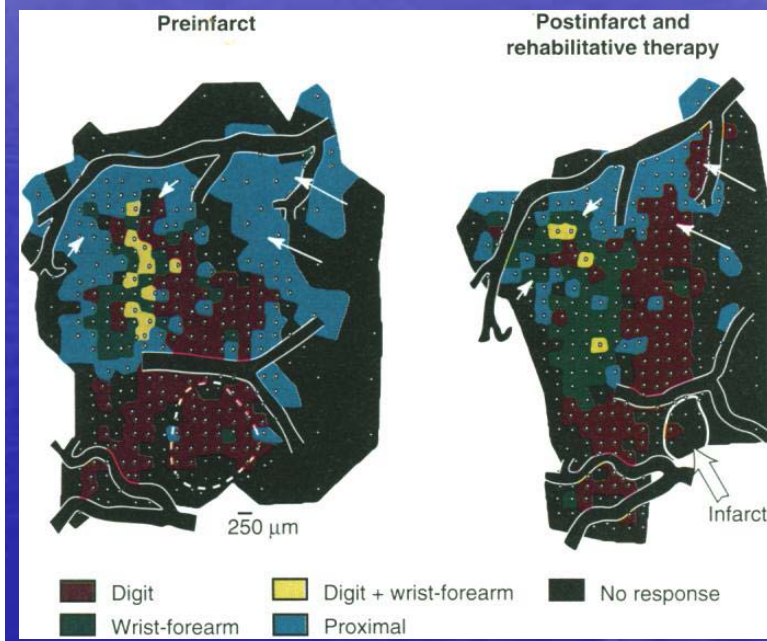


Riorganizzazione di network neuronali  
(fino a che punto?)

# Plasticità cerebrale



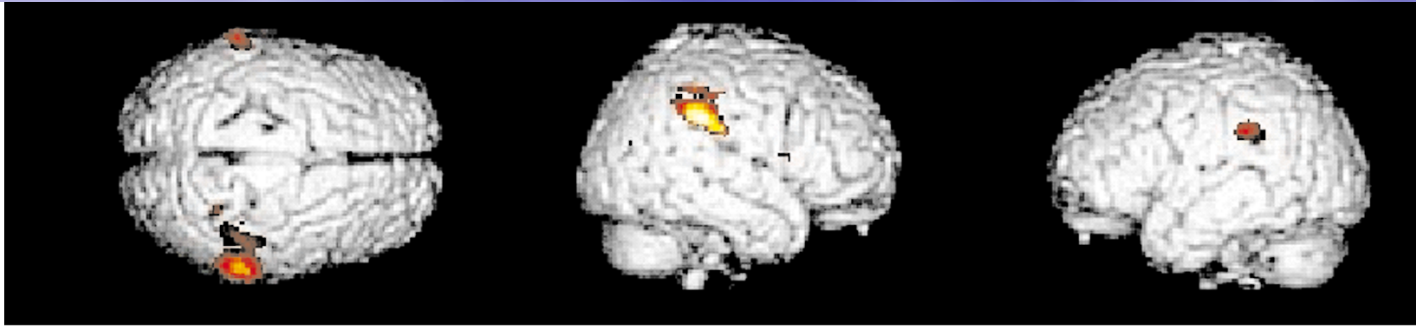
Arete adiacenti: riduzione (no stimolo) o riorganizzazione (training)



Easy vs challenging tasks

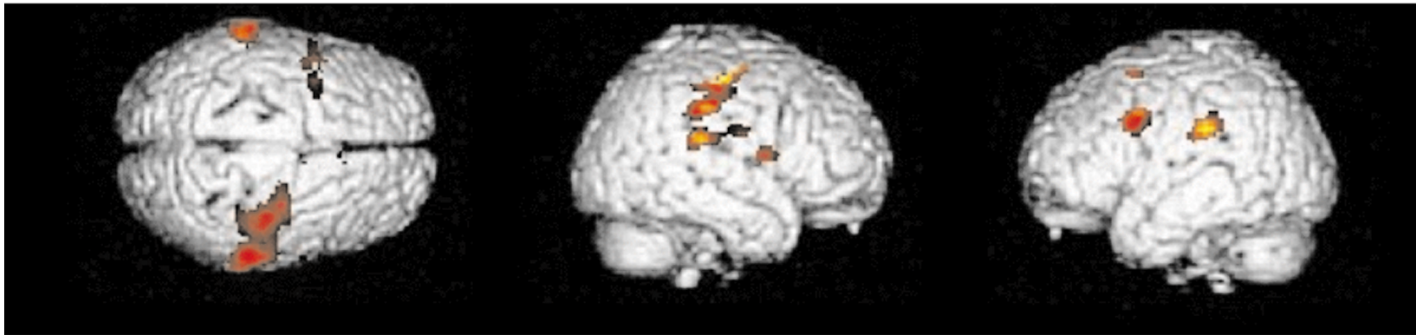
# Plasticità cerebrale

A



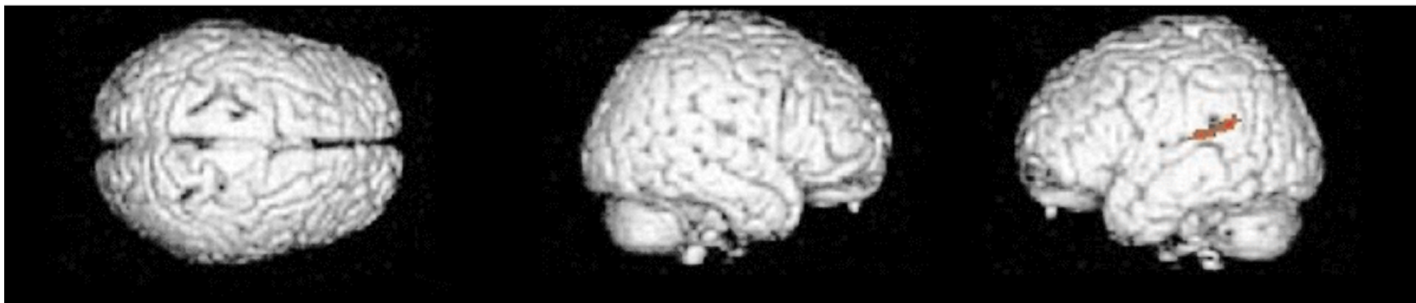
Pre-  
training

B



Task-  
oriented  
exercises

C



Control

Zone di afflusso cerebrale (PET) in aumento:  
riorganizzazione area motoria dopo stimolo specifico (ET) Nelles G 2001 Neuroimage

# Recupero funzionale

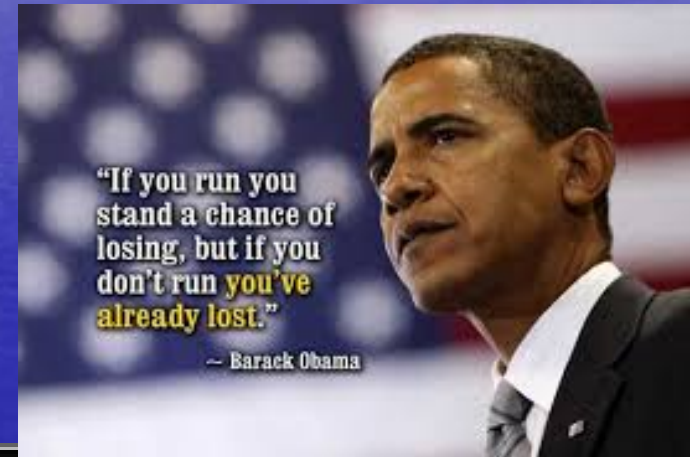
- 1) Vi è riorganizzazione nel tessuto non lesa dopo lesione della corteccia motoria
- 2) Vi è riorganizzazione a seguito di movimenti specifici
- 3) Meglio se task-oriented
- 4) Servono molte ripetizioni per superare la soglia di riorganizzazione
- 5) I task devono essere a complessità crescente e significativi

# Plasticità cerebrale

Recupero della funzione



Esperienza



The only time you lose at something  
is when you don't learn from that  
experience.

— Chuck Norris —

# Plasticità cerebrale

Recupero della  
funzione:

- recupero spontaneo
- riorganizzazione dei  
meccanismi neurali  
(necessità specifiche  
ed esperienza)

**Esercizio  
terapeutico**



# Plasticità cerebrale

Assenza di esperienza adeguata e di esercizio adeguato



Connessioni neurali e azioni maladattive  
*(learned non-use)*

Esercizio terapeutico  
(preservazione degli effettori, stimolazione dei movimenti corretti, pratica intensiva)



Connessioni neurali e azioni adattive

# Plasticità cerebrale

Effetto di ambiente e comportamento:

Struttura riabilitativa

Esercizio terapeutico

Attività fisica generale

Interazione sociale

**Persistenza di questo ambiente: facilitatore!**

Riabilitazione precoce, intensa, frequente,  
sfidante

# Rieducazione funzionale

## Principi generali

Permettere ai soggetti di compiere le azioni quotidiane più significative (garanti dell'indipendenza)

## Ruolo del Fisioterapista

Esercizio terapeutico, specifico e intensivo, efficiente

Ambiente stimolante (setting)



Riorganizzazione dell'attività neuromotoria  
(azione periferica e centrale)

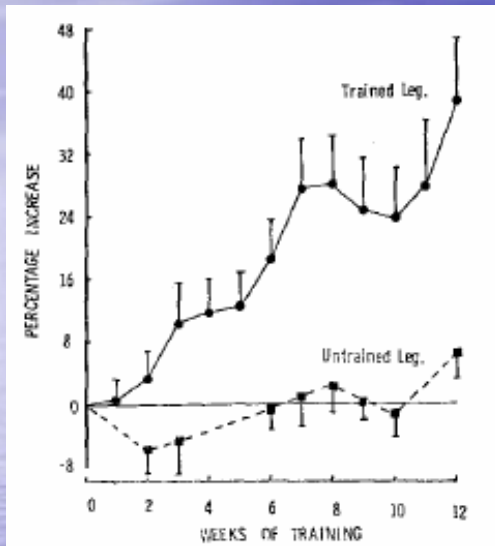
# Specificità dell'esercizio

Gli effetti di un ET dipendono dal **compito** assegnato e dal **contesto** in cui tale compito è svolto.

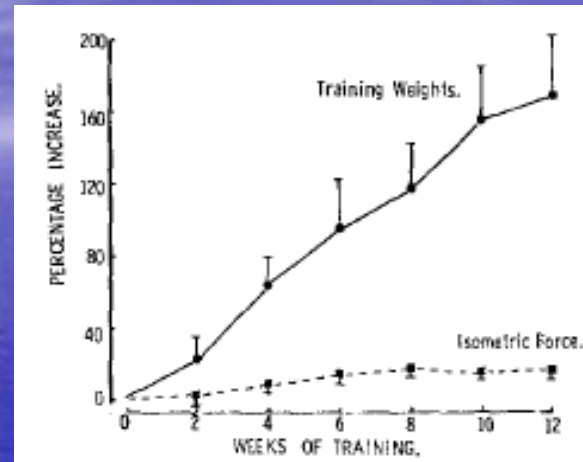
Qual è la trasferibilità del compito motorio?

*...eseguire una contrazione muscolare da seduto è la stessa cosa di svolgerla stando in piedi?*

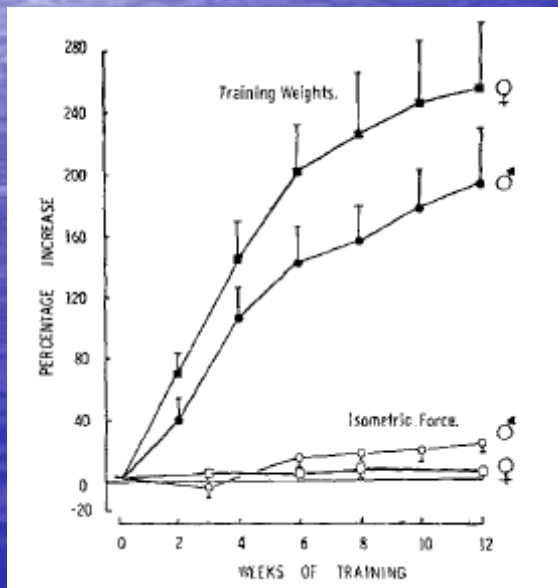
# Allenare la forza muscolare



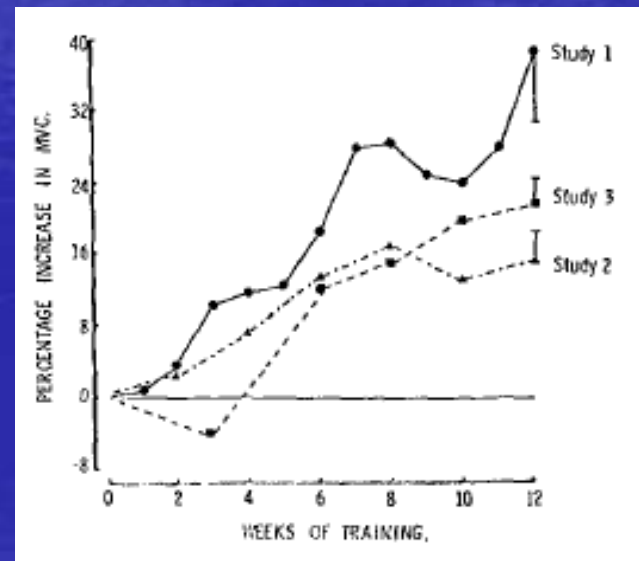
Studio 1



Studio 2

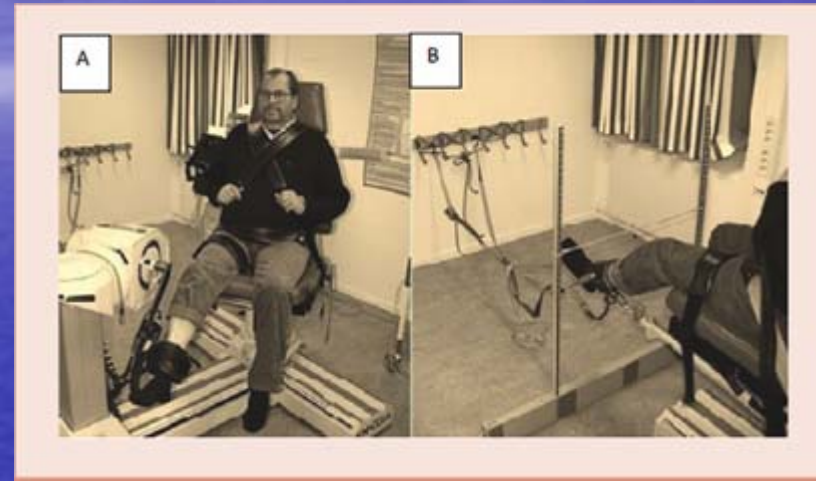
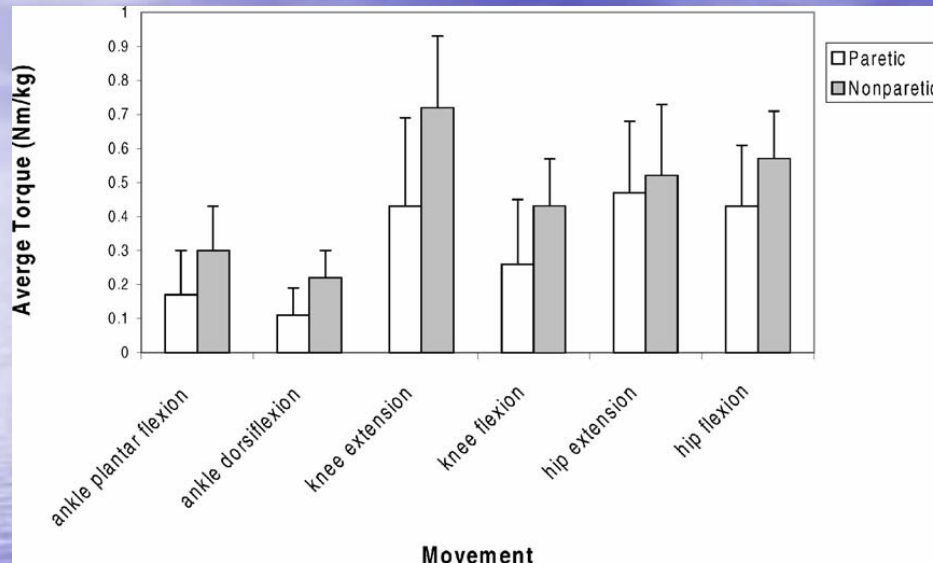


Studio 3



Studi a confronto

# Trasferibilità dell'esercizio?



Pearson product moment correlation ( $r$ ) between sit-to-stand duration (self-paced and fast-paced) with joint torque values and weight-bearing symmetry ( $N = 22$ )

Movement	STS self-paced		STS fast-paced	
	Paretic	Non-paretic	Paretic	Non-paretic
Ankle plantar flexion	-0.355	0.111	-0.616 <sup>a**</sup>	-0.239
Ankle dorsiflexion	-0.450 <sup>*</sup>	0.064	-0.466 <sup>*</sup>	-0.323
Knee extension	-0.716 <sup>a**</sup>	0.250	-0.736 <sup>a**</sup>	0.005
Knee flexion	-0.232	0.237	-0.252	0.039
Hip extension	0.025	0.250	-0.101	-0.087
Hip flexion	-0.068	0.028	-0.420	-0.237
Asymmetry	-0.565 <sup>**</sup>		-0.564 <sup>**</sup>	

<sup>a</sup>  $N = 21$ .

<sup>\*</sup> Significant at  $P < 0.05$ .

<sup>\*\*</sup> Significant at  $P < 0.01$ .

# Specificità dell'esercizio

## Rinforzo muscolare funzionale

### a) Adattamento neurale (attivazione)

#### *Weight-bearing vs non weight-bearing*

**Table 5: Functional Performance Between-Group Comparisons**

Outcome by Group	Preintervention	1 Month	4 Months
<b>Timed sit-to-stand ×5 (s)</b>			
WBE	25.4±18.5	20.0±14.1	18.0±12.4*
NWBE	28.1±20.4	24.9±20.3	20.3±12.7
Control	21.7±12.8	22.5±21.8	23.2±15.4
<b>Timed supine-to-sit (s)</b>			
WBE	4.6±3.9	3.8±3.6	3.4±3.5
NWBE	6.8±8.7	5.4±5.5	5.5±9.2
Control	4.5±3.6	3.7±3.4	4.1±3.5
<b>PPME total score</b>			
WBE	9.4±2.1	10.2±2.3	10.3±2.3
NWBE	9.5±2.0	9.9±1.8	10.5±1.5
Control	9.8±1.8	10.2±1.7	10.1±1.8

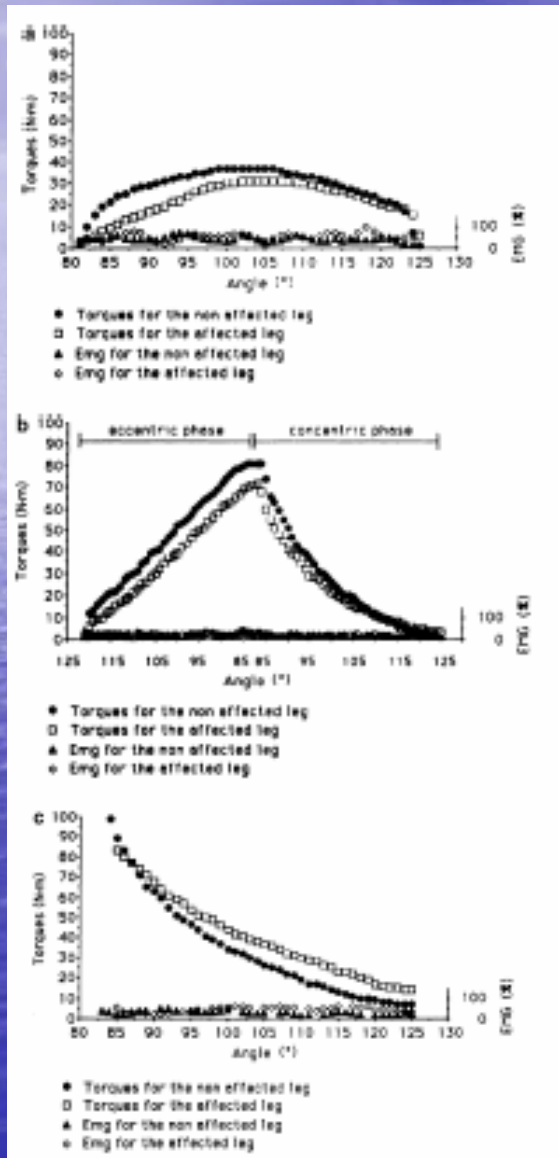
# Specificità dell'esercizio

Contrazione eccentrica ed  
eccentrica

Ciclo di allungamento e  
accorciamento

Più forza, più efficienza  
meccanica, meno consumo  
metabolico (cammino,  
corsa, ...).

Trasferibilità?



# Specificità dell'esercizio

Velocità (e forza muscolare):

- a) Modificazione delle proprietà muscolari
- b) Caratteristiche di reclutamento nervoso

Trasferibilità?

# Specificità dell'esercizio

Lunghezza muscolare (angolo articolare):

- a) Braccio di leva
- b) Adattamento neurale (attivazione)

Trasferibilità?

# Specificità dell'esercizio

Input sensitivi

Feedback dalle azioni compiute  
(sit-to-stand, walking, object manipulation)



Arricchimento del controllo neuromotorio.

# Efficienza muscolare

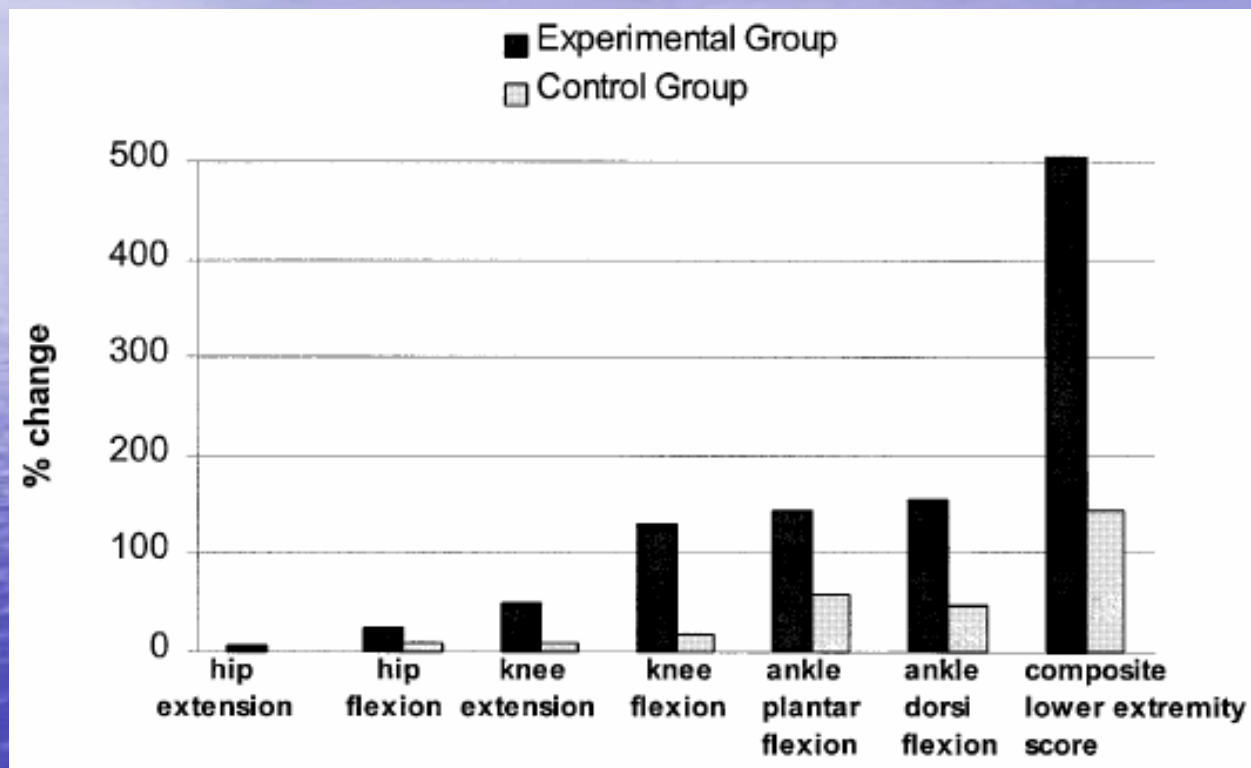
Quali fattori?

- 1) Strutturali (dimensione, qualità delle fibre)
- 2) Biomeccanici (leve, interazioni intersegmentarie)
- 3) Funzionali (unità motorie e capacità di sinergie neuromuscolari)

→ ***ET vs sedentarietà***

# Efficienza muscolare

Spasticità muscolare e rinforzo muscolare?



**Incremento di:**  
-Forza  
-Attivazione mm. agonista  
-Inibizione mm. antagonista  
-Elasticità tissutale

*Effetti benefici su fattori strutturali e funzionali*

# Come fare?

1) Contrazioni ripetitive (anche attive-assistite) di gruppi muscolari scarsamente innervati (o deboli)

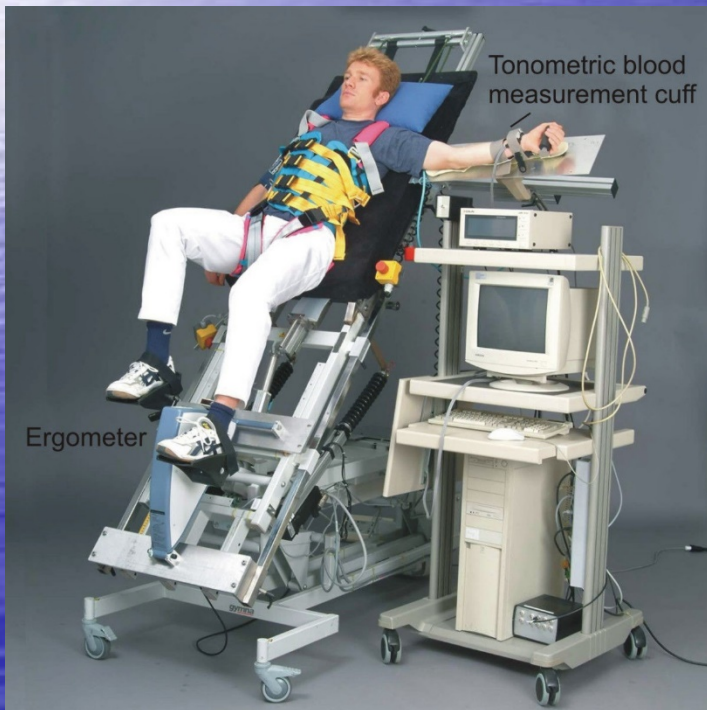


**Eccentriche/concentriche**

Carr J & Shepherd R.  
Neurological Rehabilitation 2010

# Come fare?

2) Esercizi di rinforzo muscolare (anche attivi-assistiti) per migliorare la forza, il controllo intersegmentario e preservare la lunghezza muscolare



**Heel-raise**

**Step up/down**

# Come fare?

2) Esercizi di rinforzo muscolare (anche attivi-assistiti) per migliorare la forza, il controllo intersegmentario e preservare la lunghezza muscolare

Squatting



Sit-to-stand

# Come fare?

## 3) Esercizi funzionali (anche attivi-assistiti) di azioni specifiche



**Lifting**



**Reaching**

# Rinforzo muscolare funzionale

Allenare, fino alla **soglia di fatica moderata**:

**Intensità** (*quanto difficile*), **durata** (*per quanto tempo*), **frequenza** (*quanto spesso*)  
*[resistenza e potenza]*

Esposizione graduale e distribuzione delle risorse

**Variabilità periodica e generalizzabilità dell'ET**

Bisogni specifici del paziente

# Stretching muscolare

Preservazione della lunghezza muscolare

Necessità inevitabile, conseguente a riduzione della mobilità e aumento della sedentarietà

Retrazione dei plantiflessori dopo due mesi dopo lesione cerebrale.

→ Attivo (arti superiori e inferiori; rachide)

→ Passivo

# Abilità motorie

## *Skill*

is any human activity that becomes better organized and more effective as the result of practice

# Abilità motorie

Azioni motorie, più o meno complesse, che utilizzano segmenti corporei in sinergia tra loro, seguendo un'appropriata sequenza spaziale e temporale, per soddisfare un desiderio, per raggiungere un obiettivo.



Elementi cognitivi e di adattamento  
comportamentale/ambientale  
*(condizioni di normalità e di patologia?)*

# Motor learning

Rappresenta un cambiamento nelle abilità di un soggetto nello svolgere un compito.

Deriva da osservazioni di significativi miglioramenti personali delle abilità motorie, mantenuti nel tempo.



- 1) *Il miglioramento di abilità motorie non è di per se segno di apprendimento*
- 2) *Se non vi è adattabilità, l'apprendimento non è efficace*

# Motor learning

Due processi, tra loro dipendenti:

- Apprendimento esplicito: modalità per compiere un obiettivo specifico (alzarsi; ripetizioni e pratica)
- Apprendimento implicito: dinamica effettiva del movimento (efficienza del controllo neuromotorio)



Partecipazione attiva (no: ripetitori automatici)

# Motor learning

Cosa serve?

Esercizio intenso, attenzione sostenuta, ricompensa per gli sforzi compiuti.

Fluidità del movimento in crescita con il processo di apprendimento: *tempo di attivazione, regolazione e coordinazione muscolare (inconsapevole)*.



*Motor relearning*

# Dyscontrol

Schema motorio (mal)adattivo (standing/walking)

Meccanismi di co-contrazione muscolare

Utilizzo di forza eccessiva (reaching)



- Imparare a modulare la forza in relazione al compito (> efficienza, < spesa energetica).
- Modificatori ambientali

# Modificatori ambientali

Raggiungere un oggetto (variare posizione)

Alzarsi (facilitatori)

Camminare (treadmill)

# Fattori cognitivi

Riduzione dell'attenzione e della memoria

→ Contatto oculare

→ Ricordare di guardare oggetti o particolari dettagli dello scenario

→ Training attentivo e mnemonico (in sinergia con il neuropsicologo)

# Motor learning

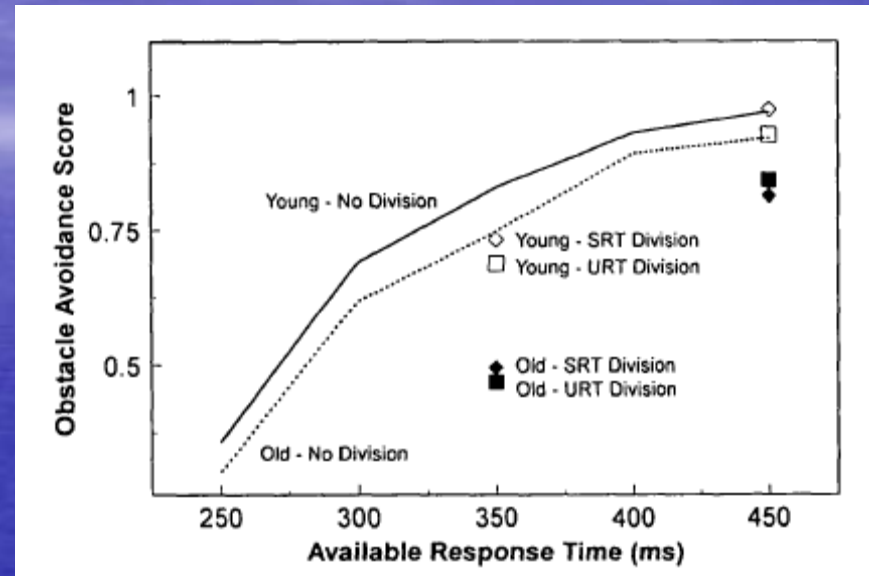
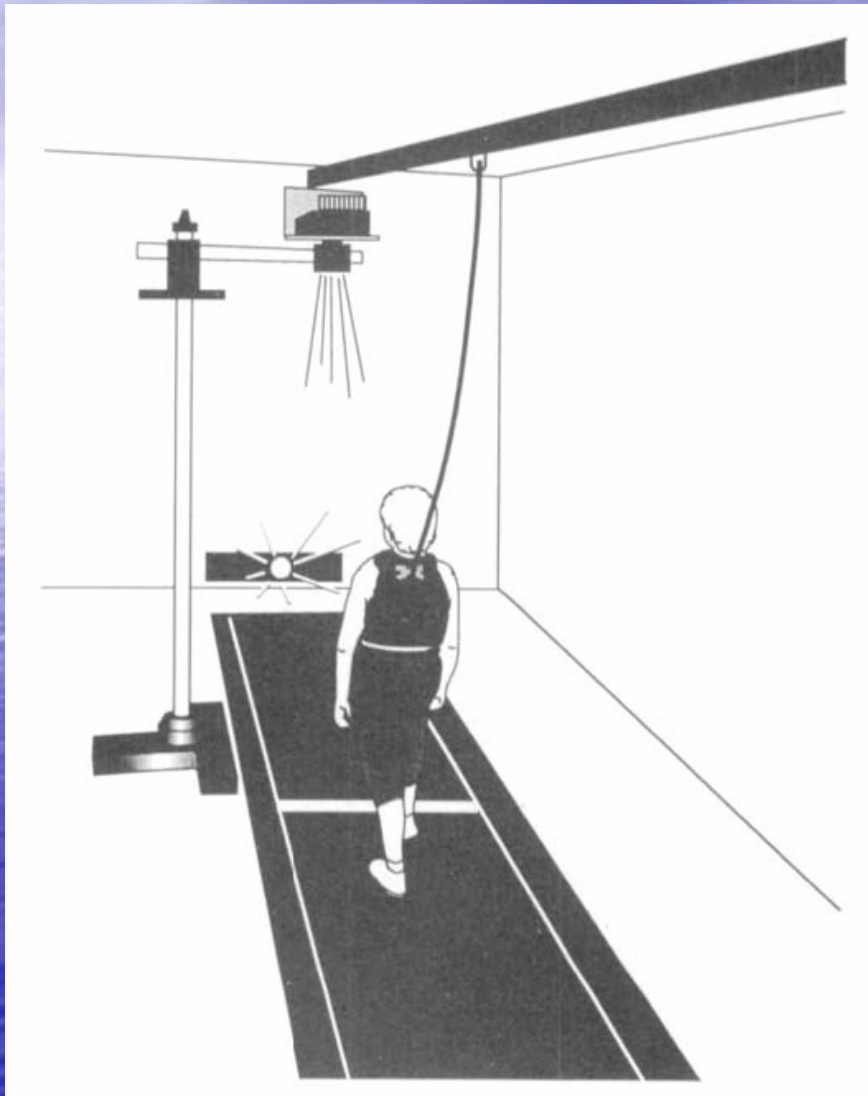
Vi sono diverse possibilità durante ADLs:

- unico compito
- passare da un compito ad un altro
- ignorare input non rilevanti
- svolgere più compiti contemporaneamente



**L'attenzione può influenzare l'apprendimento in modo critico!**

# Attenzione divisa (dual-task)



Anziani vs giovani: dual task  
> Rischio di caduta negli anziani

# Focus attentivi e motor learning

- 1) Dirigere l'attenzione verso l'effetto del movimento, indipendentemente dall'obiettivo (focus esterno)
- 2) Dirigere l'attenzione verso l'esecuzione del movimento stesso (focus interno)



Quale strategia per sviluppare apprendimento (riorganizzazione) e performance migliori?

# Focus attentivi e motor learning

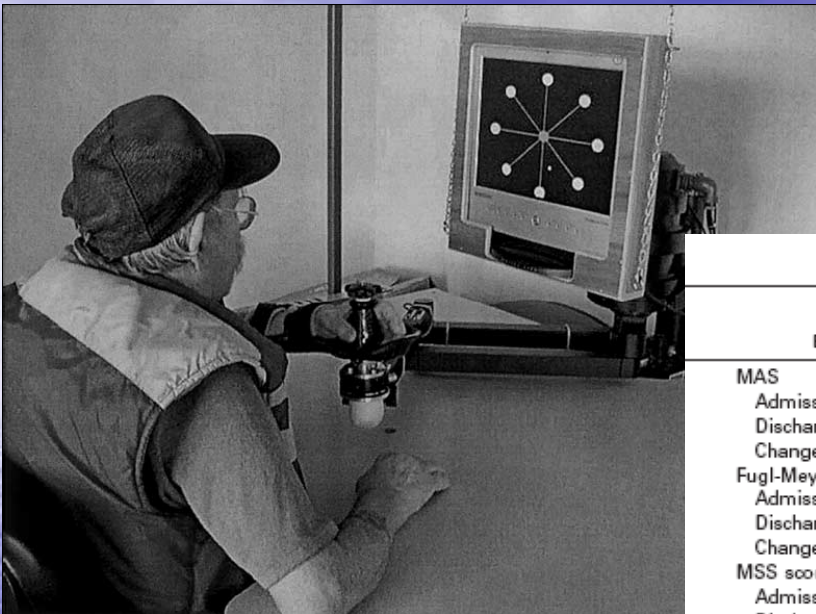
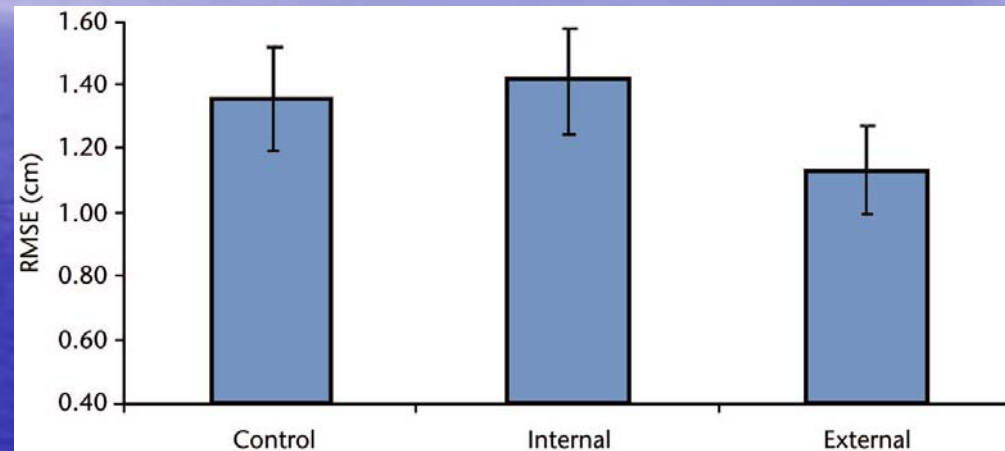


Table 3: Change in Clinical Scores Between Admission and Discharge, by Treatment Group

Evaluation*	Sensorimotor Group (n=13) (mean ± SD)	Progressive-Resistive Group (n=7) (mean ± SD)	$t_{16}$	<i>P</i>	<i>r</i>
<b>MAS</b>					
Admission	11.68±4.59	12.85±4.09			
Discharge	11.30±5.43	10.90±4.93			
Change	0.38±3.59	1.95±2.79	-0.99 <sup>†</sup>	.33	.23
<b>Fugl-Meyer test</b>					
Admission	29.15±11.85	30.29±7.06			
Discharge	32.30±12.96	34.00±9.97			
Change	3.15±3.63	3.71±4.96	-0.29	.77	.07
<b>MSS score: shoulder/elbow</b>					
Admission	23.68±7.05	27.59±3.75			
Discharge	25.12±7.01	28.35±3.97			
Change	1.44±1.67	0.76±2.59	0.71	.49	.17
<b>MSS score: wrist/hand</b>					
Admission	13.66±10.84	14.16±11.33			
Discharge	13.81±10.81	16.02±11.20			
Change	0.15±0.98	1.86±1.48	-3.11	.006	.59
<b>MRC motor power score<sup>‡</sup></b>					
Admission	26.39±4.54	28.71±2.06			
Discharge	29.08±4.84	30.28±10.24			
Change	2.69±1.88	1.57±1.51	1.35	.19	.30

Miglioramento della fluidità (tempo), velocità e potenza.

# Focus attentivi e motor learning



Controllo posturale (postural sway) migliore con external focus.

# Tipologia degli obiettivi

## Concreti vs astratti

Il movimento non è un processo indipendente bensì parte integrale di un'azione, ed è influenzato dalla sua pratica, dall'interesse suscitato nella persona e dalla qualità di informazione fornita.

# Feedback

Esistono due tipologie

**Intrinseco**

*(da implementare progressivamente  
fino all'autonomia)*

**Estrinseco**

*(verbale, visivo, uditivo, EMG; dal  
personale)*

Conoscenza del risultato

Conoscenza della  
prestazione

# Physical Motor learning

## Pratica ripetuta di un training specifico

(apprendimento, rinforzo, fluidità e plasticità)  
(una ripetizione? migliaia di ripetizioni?)

## Trasferibilità del compito

(apprendimento e plasticità).

## Complessità del compito

(apprendimento e plasticità).

Comprendere i limiti dell'abilità motoria per espanderli progressivamente.

# Mental Motor learning

Attività cognitiva senza movimento

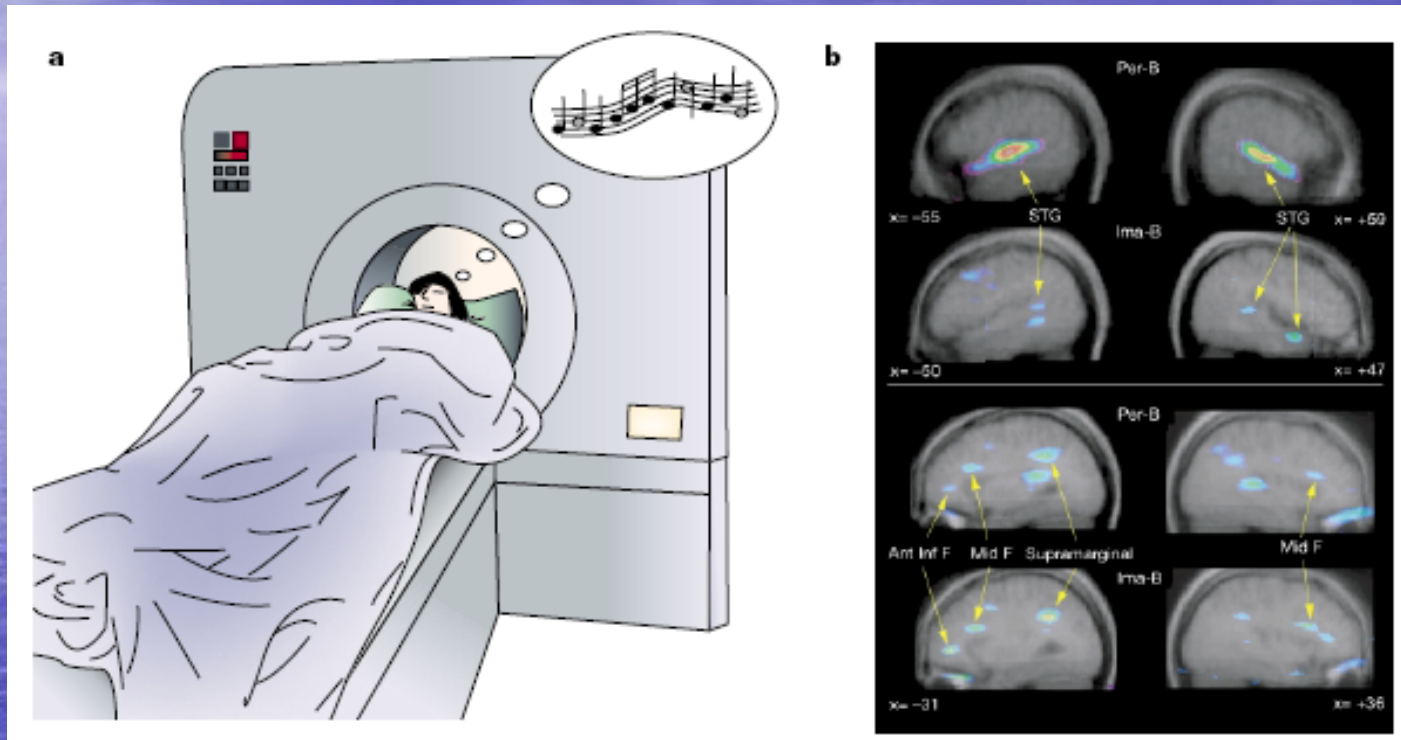


Mental imagery: *“seeing with the mind’s eye”, “hearing with the mind’s ear”*.



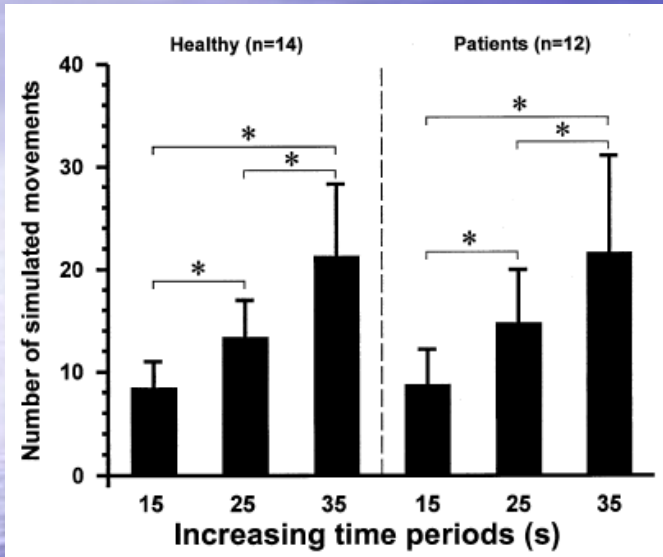
Riprodurre mentalmente immagini motorie e/o uditive induce un’attività corticale

# Mental Motor learning

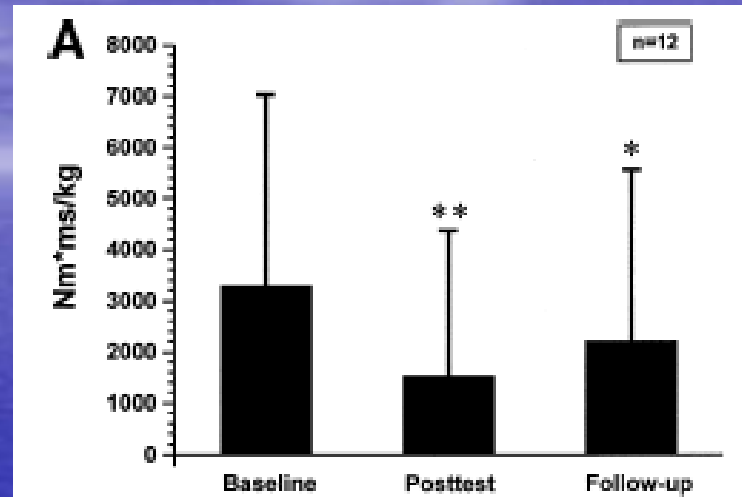


Suoni immaginati vs suoni realmente sentiti

# Mental Motor learning



Mental imagery

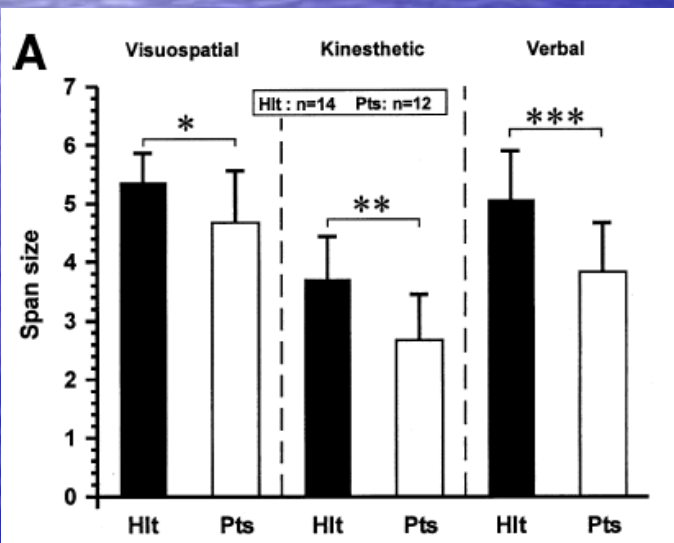


Mental Imagery:

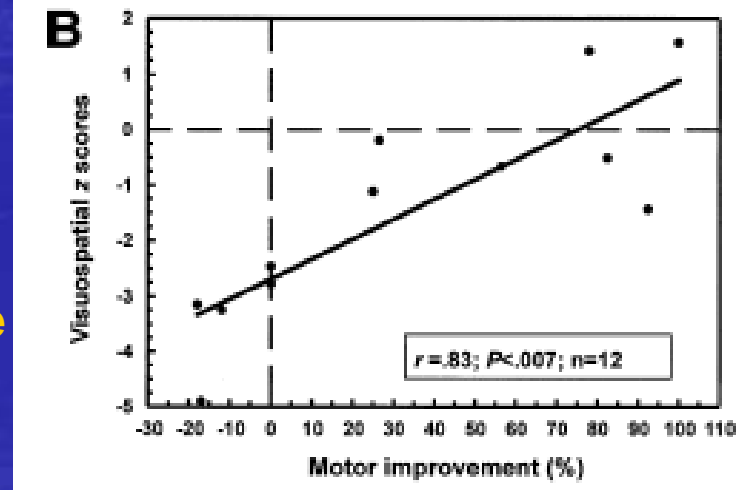


dopo sit-to stand

F-up: 1 g

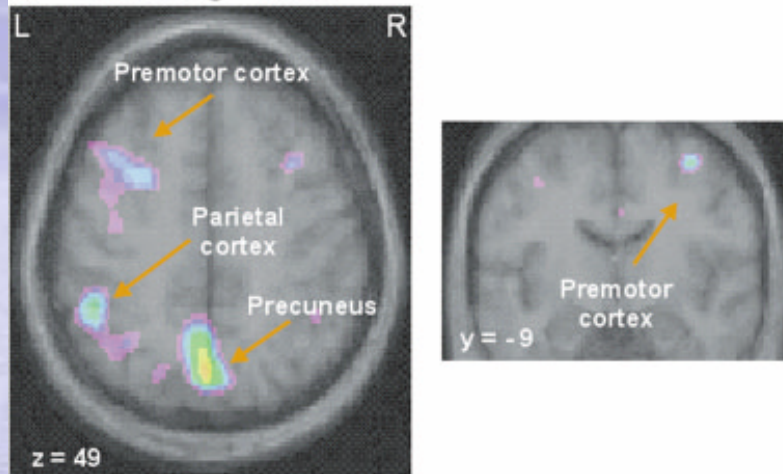


Mental Imagery: differenze con i sani

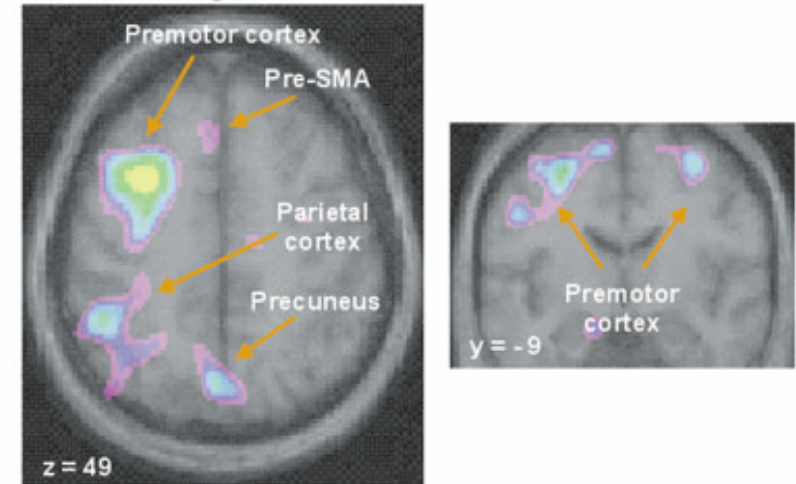


# Mental Motor learning

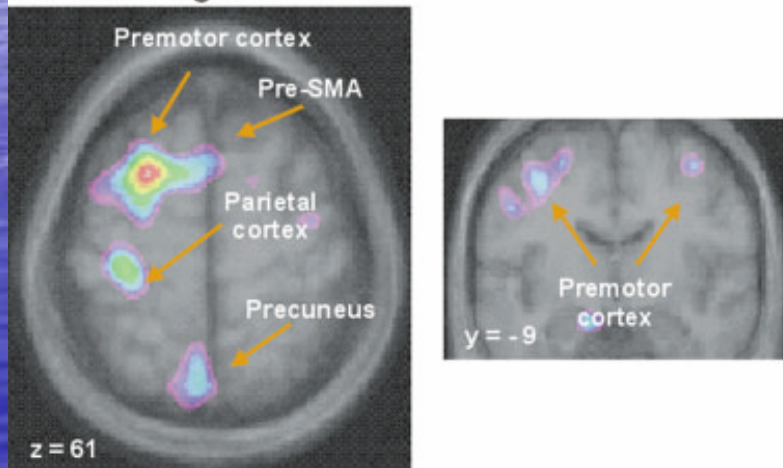
A. Standing - Rest



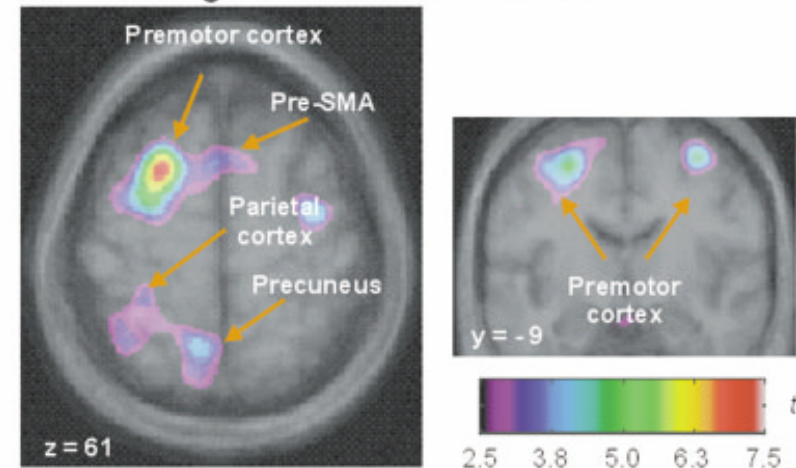
B. Initiating Gait - Rest



C. Walking - Rest



D. Walking with obstacles - Rest



Diversi network motori attivati per task diversi

Malouin F 2003 Hum Brain Mapping

# Motivazione

Come esercitarla e mantenerla nel tempo?

Comprensione obiettivi, loro concretezza e rilevanza  
Rinforzi positivi (anche “ricompensa”),  
organizzazione, divertimento.

Modulazione qualora vi siano compiti troppo difficili,  
evitando noia ed isolamento, ambienti favorevoli  
(work stations, + robot aided/virtual reality).

Early rehab & Peer-support.