



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI GENOVA



**Università degli Studi di Genova**

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

Dipartimento di Neuroscienze, Riabilitazione, Oftalmologia, Genetica e Scienze Materno-  
Infantili

**Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici**

A.A 2013/2014

Campus Universitario di Savona

**Dolore e motor imagery,  
studio preliminare in soggetti con dolore  
cronico alla spalla**

Candidato:

Gioia Elisabetta

Relatore:

Polli Andrea



## INDICE

1. Abstract.....	pag. 5
2. Introduzione .....	pag. 7
2.1 Motor imagery basi neurofisiologiche.....	pag. 7
2.2 Motor imagery le ultime evidenze.....	pag. 11
2.3 Motor imagery e dolore.....	pag. 13
2.4 Graded motor imagery.....	pag. 16
3. Materiali e metodi.....	pag. 19
3.1 Analisi statistica.....	pag. 21
4. Risultati.....	pag. 22
5. Discussione.....	pag. 27
6. Limiti e forza dello studio.....	pag. 30
7. Appendice.....	pag. 31
8. Bibliografia.....	pag. 36



## 1. ABSTRACT

Background e obiettivo: l'immagine motoria implicita è la capacità per un soggetto di rappresentarsi un'azione senza produrre movimento[1]. È stata usata come strumento che permette la riorganizzazione corticale. Il presupposto teorico per studiarla in relazione al dolore è che il dolore cronico provoca cambiamenti corticali, tali da instaurare una relazione tra la nuova riorganizzazione corticale e l'intensità di dolore. Questo è uno studio pilota con l'obiettivo di valutare la capacità di immaginazione motoria implicita in soggetti sani, con o senza dolore cronico di tipo muscoloscheletrico.

Materiali e metodi: sono stati reclutati 34 soggetti sani, con anamnesi negativa per patologie neurologiche centrali e/o periferiche, con o senza dolori muscolo scheletrici presenti al momento della valutazione. Per la valutazione clinica è stata usata una body chart per la localizzazione del dolore, del quale viene poi indicata l'intensità, la frequenza e l'esordio. Per la valutazione dell'immagine motoria implicita il soggetto è posto a risolvere, dopo un iniziale compito di familiarizzazione, un compito di lateralità di fronte al pc 15' svolgendo 2 esercizi. Il primo è il riconoscimento lateralità di spalle, il secondo è il riconoscimento di lateralità di mani. Nell'ultima parte della valutazione il soggetto è invitato ad effettuare dei movimenti con un arto e consecutivamente a immaginare lo stesso movimento con l'arto contro laterale, quantificandone la qualità della visualizzazione e la quantità della percezione utilizzando la scala KVIQ.

Risultati: -l'immagine motoria implicita non risulta essere significativamente correlata alla presenza di dolore; differenze significative sono state rilevate solo nel compito di riconoscimento della lateralità delle spalle, i soggetti con dolore alla spalla sinistra sembrano essere più accurati nel riconoscimento di lateralità sinistra.

Conclusioni: in soggetti con dolore alla spalla sinistra, vi è maggiore accuratezza nel riconoscere proprio la spalla sinistra. Le implicazioni di questo risultato sono discusse.

## **2.INTRODUZIONE**

### **2.1 Motor imagery basi neurofisiologiche**

L'immagine motoria la capacità di un soggetto di immaginare un movimento senza realmente eseguirlo, questo tipo di esperienza implica che il soggetto senta se stesso e percepisca l'esecuzione di una determinata azione, anche in mancanza di attivazione motoria [1]. Con le recenti disponibilità di tecniche di imaging, neuroimaging e stimolazione magnetica transcranica si è potuto verificare che l'immaginazione motoria attiene alla stessa categoria di processi coinvolti nella programmazione e preparazione effettiva delle azioni con la sola differenza che l'esecuzione sarebbe bloccata ad un certo livello cortico spinale [1]. Questa ipotesi non è nuova, già alla fine del secolo scorso in Principi di Psicologia, W. James ha dichiarato che "sensazione e immaginazione sono dovute all'attività di stessi centri della corteccia". Lo studio di anatomia funzionale del cervello umano è stato rivoluzionato dallo sviluppo di tecniche di imaging, tra queste la tomografia ad emissione di positroni (PET), la risonanza magnetica (MRI) e più recentemente, studi funzionali con la risonanza magnetica funzionale (fMRI) sono stati di particolare interesse perché queste tecniche sono state applicate allo studio della mappatura neurale di base dell'immaginazione motoria. Ingvar e Philipsson(1977)[2] sono stati i primi a misurare il flusso sanguigno cerebrale regionale (rCBF) in soggetti umani che sono stati istruiti ad immaginare un movimento stringendo la mano con un ritmo lento, oppure ad effettuare effettivamente il movimento stesso. Durante la simulazione mentale hanno trovato significativi aumenti di flusso di sangue nelle regioni premotorie e frontale (anche fino al +30% in alcune zone), mentre quando i movimenti venivano effettivamente eseguiti dalla mano c'era soprattutto un'attivazione della stessa entità nella corteccia motoria primaria. Più tardi, Roland e collaboratori (1980)[3] hanno chiesto a soggetti normali di immaginare rapide sequenze di movimenti,

individuando un significativo cambiamento del rCBF principalmente nell'area motoria complementare. I loro risultati hanno confermato quindi che l'area motoria complementare svolge un ruolo importante per la programmazione interna e simulazione di sequenze motorie complesse. Decety [1] ha analizzato soggetti normali durante l'azione e l'immaginazione di scrittura con la mano destra o sinistra; ai soggetti è stato chiesto di immaginare in prima persona e cercare di "sentire la loro scrittura a mano". Sono risultate significativamente attivate regioni corrispondenti alla corteccia prefrontale, area motoria associativa, e anche il cervelletto. La partecipazione del cervelletto da allora è stata confermata. Con l'utilizzo di singoli fotoni ad emissione di tomografia computerizzata (SPECT) durante l'immaginazione motoria di un movimento del braccio ripetitivo in volontari sani Decety [1] ha osservato un significativo rCBF aumentare bilateralmente nel cervelletto, nonché nel gangli basali e nella corteccia premotoria. Si potrebbe pensare che l'attivazione del cervelletto durante l'immaginazione motoria rifletta un meccanismo inibitorio che impedisce agli impulsi efferenti di raggiungere livelli midollari e muscolari come suggerito da Pickenhain (1984) [4]. Attivazioni significative sono state osservate nelle aree relative al comportamento motorio. A livello corticale, zona 6, nella parte inferiore del giro frontale vi era attivazione su entrambi i lati con una maggiore prevalenza nell'emisfero sinistro. Sono stati osservate inoltre anche attivazioni bilaterali, nelle aree prefrontali, che si estendono all'area dorso laterale della corteccia frontale (aree 9, 8 e 46), e sul lobulo parietale inferiore (area 40) dell'emisfero sinistro. Infine, la corteccia cingolata anteriore (zone 24 e 32) risultava attivata bilateralmente. A livello sottocorticale del nucleo caudato è risultato essere attivato in entrambi i lati. Quindi, i dati ottenuti con fMRI confermano gli studi PET mostrando che il modello di attività durante l'immaginazione motoria è simile a quello che si ha durante le prestazioni reali. Tuttavia è ancora oggetto di dibattito il coinvolgimento dell'area motoria primaria durante l'immaginazione motoria.

Infatti, diversi studi hanno riferito che, gli stessi livelli di attivazione sono stati trovati nella corteccia premotoria e parietali sia per le prestazioni effettive che per le immaginazioni motorie, mentre nella corteccia motoria primaria si riscontrava meno attivazione durante l'immaginazione motoria ma comunque sempre identificabile. Le aree corticali così come le aree sottocorticali attive durante l'immagine motoria riguardano

la rete neurale nota per essere coinvolta sin dai primi anni di vita nella fase di controllo dell'azione motoria ossia nella programmazione. Questo va a sostenere la tesi sui meccanismi neurali comuni di immaginazione e preparazione motoria. Recenti prove dimostrano che funzioni importanti dei lobi frontali sono il controllo temporale e l'organizzazione del comportamento [5]. Questa parte della corteccia umana è la filogeneticamente più giovane del cervello. Essa è caratterizzata da una serie particolarmente ricca di proiezioni afferenti ed efferenti e sistemi di collegamento a quasi tutti gli altri sistemi funzionali del cervello [6]. La parte posteriore della corteccia frontale, cioè, la motoria e premotoria è coinvolta nel controllo dell'atto motorio, mentre la parte più anteriore, vale a dire, la corteccia prefrontale svolge il compito di organizzazione sequenziale del comportamento [7]. Questa elaborazione sequenziale può includere diversi sotto-processi separatamente paralleli, ma progettati contemporaneamente. L'organizzazione temporale di immaginazione motoria ha il medesimo substrato neuronale come la temporizzazione dell'attività reale volontaria. Molto probabilmente il substrato per la temporizzazione mentale dei movimenti simulati riguarda gerarchicamente un livello superiore al livello dal quale l'esecuzione motoria è controllata. La dimostrazione nell'uomo, mediante misure di rCBF di PET e fMRI che le strutture cerebrali specifiche dell'atto motorio sono attivate anche da movimenti simulati, ha rivelato nuove aspetti riguardo gli alti processi che stanno alla base volontaria

dell'attività motoria. Sono descritti tre step nel controllo motorio [8]. Nel primo vi è la pianificazione, nel secondo vi è l'analisi degli spazi entro cui va effettuato l'atto e il calcolo degli angoli articolari adeguati che dovranno essere considerati, infine il terzo riguarda la quantità di forza necessaria per la corretta esecuzione dell'atto. Questi step non sono necessariamente indipendenti, una decisione presa per ognuno di questi step ha dirette ripercussioni sugli altri. La corteccia frontale svolge un ruolo importante non solo per la memoria di lavoro ma anche nel recupero di informazioni dalla memoria a lungo termine, sulla base di questi spunti si può dedurre che la motor imagery è gestita da quelle aree della corteccia frontale che sono specificamente coinvolte nella programmazione e pianificazione dell'azione, i dati disponibili dimostrano che la corteccia prefrontale e frontale dorso laterale svolgono un ruolo fondamentale nella gestione dei tempi di programmazione [7]. Lesioni a livello di corteccia prefrontale possono produrre difetti di "funzioni esecutive" nel controllo di comportamenti, nella progettazione, coordinamento, o il controllo di una sequenza di azione [9]. La simulazione mentale del comportamento motorio potrebbe innescare la programmazione di un'azione motoria coinvolgendo tutte quelle aree del sistema nervoso centrale che possono servire come effettori per l'intero processo di realizzazione di una data azione [1].

## **2.2 Motor imagery ultime evidenze**

Ci sono studi che dimostrano i significativi effetti positivi dell'immagine motoria sull'apprendimento/potenziamento delle capacità motorie come la possibilità di determinare un aumento della forza muscolare impiegando movimenti non reali, ma immaginati[1]. Per questo, sono stati messi a confronto gli incrementi della forza muscolare che si verificavano in due gruppi di volontari sani: il primo gruppo ha eseguito un allenamento della durata di 4 settimane che prevedeva l'esecuzione di contrazioni muscolari isometriche massimali in abduzione del quinto dito della mano sinistra, mentre il secondo ha condotto un analogo allenamento "mentale" che prevedeva di immaginare il medesimo movimento, ma senza eseguirlo effettivamente. Cosa interessante, entrambi i gruppi di volontari hanno conseguito significativi incrementi della forza: del 30% in media per il gruppo dell'allenamento reale e del 22% per quello dell'allenamento mentale. Occorre inoltre rilevare che anche il dito controlaterale non allenato della mano destra ha mostrato un incremento della forza in entrambi i gruppi: del 14% nel gruppo dell'allenamento reale e del 10% in quello dell'allenamento mentale. I risultati di questo esperimento suggeriscono l'origine neurale dei fenomeni osservati, che sono del tutto simili agli stessi aumenti di forza che si riscontrano nelle fasi iniziali di un qualsiasi allenamento, prima, cioè, che abbia luogo un effettivo incremento del trofismo muscolare. Per questo motivo, gli autori interpretano gli aumenti di forza ottenuti, sia con l'allenamento reale che con quello immaginato, come il risultato di un miglioramento delle fasi di programmazione centrale del movimento [10]. Oggetto di studio è stato il valutare l'immaginazione motoria durante la fase di programmazione per verificarne e quantificarne gli effetti sul sistema autonomico e quindi valutare un possibile contributo ai cambiamenti metabolici periferici durante l'immagine motoria. E' stato verificato che il grado di attivazione vegetativa in soggetti in esecuzione mentale del cammino pari a 12

km/h era paragonabile a quella di un soggetto che effettivamente stesse camminando a 5km/h, i parametri esaminati sono stati frequenza cardiaca e frequenza respiratoria [1]. Pochi studi su pazienti con cerebri lesioni hanno dimostrato come a differenza dei soggetti sani il processo di immaginazione motoria fosse più lento. Nei soggetti sani il tempo di esecuzione di immaginazione del movimento è lo stesso di quello di esecuzione effettiva, negli emiplegici è stata trovata una significativa differenza nei tempi di durata mentali tra l'arto sano e quello colpito, nei pazienti tetraplegici e paraplegici i tempi non differivano dai sani. Quindi i processi motori presumibilmente localizzati a livello corticale sembrano interagire con le unità di elaborazione delle informazioni che stanno alla base della rappresentazione mentale del comportamento motorio [1]. Studi recenti hanno valutato la correlazione tra esecuzione motoria e immaginazione motoria nei pazienti con morbo di Parkinson rilevando un netto rallentamento nei processi di immagine motoria implicita [1].

### **2.3 Motor imagery e dolore**

Con i progressi avvenuti negli ultimi dieci anni riguardo le tecniche di mappatura e imaging corticale, i ricercatori hanno acquisito una migliore comprensione della plasticità del cervello dopo che vi è avvenuto un danno [11]. Ci sono prove di alterata attività del sistema nervoso centrale in pazienti con dolori persistenti [12]. La corteccia senso motoria del corpo colpita risulta essere meno attiva. Nel dolore cronico, c'è anche un cambiamento della topografia corticale della area del corpo corporeo interessata. Esiste una relazione tra questa riorganizzazione corticale e l'intensità del dolore e si pensa che queste modifiche potrebbero influenzare la funzione del distretto corporeo a causa del fatto che lo schema del corpo, che è influenzata dal dolore, sottende le prestazioni di quest'ultima [13,14]. Inoltre sembra che questi cambiamenti corticali possano tornare alla normalità facilitando la riorganizzazione corticale. Ci sono state anche scoperte in materia di neuroni specchio, che sono un particolare tipo di cellule cerebrali che in sequenza processano input per la produzione di reali movimenti [15]. I neuroni specchio vengono attivati attraverso l'osservazione, l'immaginazione, l'esecuzione di movimenti, e suoni di azioni avvenute al buio. Questi neuroni sono parte di un processo cognitivo superiore che aiuta l'individuo ad imparare da altre azioni, tra cui l'imitazione e l'osservazione. Risultati riguardanti il coinvolgimento del sistema nervoso centrale associato al dolore cronico hanno suscitato un grande interesse a livello internazionale. Ripristinare la normale topografia corticale e la sensibilità può avere effetti positivi su quei casi di dolore difficili da trattare. Il dolore, storicamente visto meramente come il risultato di stimoli nocicettivi provenienti dalla periferia, è oggi contestualizzato come un "output che genera il cervello quando avverte una minaccia per il tessuto; dove l'entità dell'output è legata principalmente alla percezione implicita della minaccia"[16]. Dato che, come dimostrato, l'immagine motoria è mediata dalle stesse strutture cerebrali che sono alla base

dell'azione, diventa lecito aspettarsi che le prestazioni dell'immagine motoria possano influire sull'azione. Coerentemente con questa aspettativa studi precedenti di soggetti con dolore cronico hanno dimostrato che l'immaginazione motoria può essere influenzata dal dolore [17]. Analizzati soggetti con sindrome regionale complessa (CPRS) agli arti superiori, i risultati rispetto al compito di lateralità mostravano dati significativi per l'arto dolorante per quanto riguarda i tempi di reazione e l'accuratezza, ossia erano più lenti e meno precisi rispetto ai controlli [18] e che questo risultato migliorava se il soggetto subiva trattamento per il dolore [17]. Alla base di ciò lo studio di Coslett nel 2010, indaga la correlazione tra dolore e immagine motoria presupponendo che i soggetti con dolore all'arto inferiore fossero più lenti nel compito di lateralità rispetto all'arto inferiore, e i soggetti con dolore ad entrambi gli arti fossero più lenti nel compito di lateralità rispetto al compito di lateralità per entrambi gli arti inferiori. Viene evidenziato come il rallentamento del tempo di risposta fosse più evidente per stimoli che richiedono il massimo grado di rotazione mentale. Il gruppo con gamba dolorosa era solo più lento rispetto ai soggetti senza dolore, il rallentamento però veniva evidenziato maggiormente in quei processi per cui la rotazione mentale della gamba dolorosa era più ampia. Gli studi di Parsons e collaboratori hanno dimostrato che l'immaginazione motoria è impiegata durante il riconoscimento di task di lateralità di una mano o un piede, confermando l'esistenza di relazione coerente tra la lunghezza della traiettoria attraverso cui il soggetto effettua la rotazione mentale e il tempo di reazione. Il parametro della velocità è stato valutato anche in soggetti con dolore cronico alla spalla nello studio di Coslett e collaboratori (2010), rispetto a soggetti sani [19]. Gli autori hanno proposto uno studio in cui coinvolgevano soggetti con dolore cronico di vario genere sottoponendoli ad esercizio di lateralità per verificare il grado di rallentamento e la gravità del dolore, oltre a dimostrare il deficit in lentezza dei soggetti con dolore cronico rispetto ai controlli ha potuto evidenziare che le

performances dei soggetti con dolore cronico non differivano in precisione rispetto alle performances dei controlli. Quest'ultimo dato risulta importante perché dimostra che i soggetti con dolore cronico svolgono in modo affidabile l'operazione richiesta. Inoltre lo studio ha dimostrato che l'associazione tra dolore e rallentamento selettivo di immaginazione motoria non è specifica solo per i pazienti con CPRS agli arti superiori (finora esplorati), ampliandone così il potenziale di applicazione. Inoltre sembra che , l'immagine motoria di un movimento che provoca dolore possa rallentare il grado di rotazione mentale [19]. Il compito di lateralità per quanto riguarda la valutazione del dolore si è mostrato valido nei soggetti con distonia focale [20], torcicollo [21] e per gli arti amputati. Il suggerimento che si evince da tali studi sottolinea che i movimenti immaginati sono mediati da un "forward model" che specifica non solo la sincronizzazione e la forza di contrazione muscolare, ma anticipa anche le conseguenze sensoriali di quell'azione [22].

## 2.4 Graded Motor Imagery

Vi è una crescente letteratura circa l'uso dell'immagine motoria in riabilitazione neurologica e per il dolore cronico [23]. Le ultime evidenze propongono la Graded motor imagery come approccio di trattamento individuale utilizzato per stati di dolori persistenti e sindromi algodistrofiche ,recupero motorio dopo ictus, per ridurre la disabilità e migliorare la funzione motoria agendo sulla riorganizzazione corticale e la riattivazione graduale delle reti corticali . E' un "allenamento per il cervello" , un programma completo progettato per attivare la corteccia motoria , e si sviluppa in 3 fasi proposte in livelli di complessità crescenti pensata per una riattivazione graduale: lateralità (training di corretta identificazione di immagini di mano destra e sinistra in varie posizioni e prospettive) al fine di attivare la corteccia premotoria; immaginazione (si chiede al paziente di visualizzare posture specifiche senza che ci sia il reale spostamento, quando il paziente può effettuare l'immaginazione senza dolore allora può anche immaginare il movimento senza dolore) ; specchio (l'arto sano si riflette nello specchio, il paziente è invitato a guardare l'immagine speculare dell'arto sano, l'obiettivo è ricreare l'illusione dell'arto che si muove senza dolore e far vivere l'esperienza senza dolore, questo trattamento fornisce un grosso feedback sensoriale alla corteccia che voglio dimostrare alla mente che non tutti i movimenti sono dolorosi) [24]. Gran parte del lavoro iniziale sullo sviluppo delle strategie di questo trattamento è stato effettuato da Moseley. L'ipotesi iniziale era che il training di lateralità, l'immaginazione motoria e lo specchio potessero riattivare i sistemi corticali consentendo la riorganizzazione corticale, partendo dall'idea che i cambiamenti corticali sono alla base dolore cronico quindi andare a riorganizzarla contribuirebbe a diminuire il dolore .

1. Lateralità : in questo primo step viene chiesto al soggetto di identificare correttamente e rapidamente le immagini distinguendo tra mano destra e sinistra

proposte in varie posizioni e prospettive; si registrano la velocità e la precisione. E' quindi un compito di Immagine Motoria Implicita (IMI): al soggetto non viene esplicitamente chiesto di ricorrere all'immaginazione motoria per eseguire il compito, ma i soggetti dovranno necessariamente immaginare la propria mano che raggiunge la posizione della mano che vedono sullo schermo [24]. La progressione della sessione prevede un aumento del numero di immagini e un aumento della difficoltà di riconoscimento dell'immagine proposta. L'obiettivo finale per il soggetto è l'identificazione corretta dell'immagine in modo tempestivo e in assenza di dolore. La premessa di base per affrontare il primo step è la capacità di discriminare la destra e la sinistra. Questo primo passo del programma è di fondamentale importanza perché si ritiene che finché il soggetto non ha un'accurata rappresentazione corticale del proprio corpo non risulta essere produttivo proseguire con il training di riorganizzazione corticale.

2. Immaginazione motoria (EMI): in questo secondo step si chiede in modo esplicito al soggetto di immaginare alcuni movimenti o attività con il proprio arto superiore, ma senza effettuare attivamente il movimento. Ai soggetti può essere chiesto di visualizzare il movimento, o se stessi mentre compiono il movimento, cercando quindi maggiore focus sugli aspetti visivi; oppure di porre maggiore attenzione sugli aspetti cinestesici del movimento. In questo secondo caso i soggetti cercheranno di immaginare e riprodurre il movimento nei suoi aspetti sensoriali, propriocettivi e cinestesici, nonostante non è richiesto nessun movimento attivo. Parson e collaboratori [25] hanno dimostrato che in alcuni casi il solo immaginare un movimento che risulta doloroso per il paziente può produrre quella sensazione di dolore che il soggetto percepirebbe durante l'esecuzione reale del movimento.

3. Mirror visual feedbacks: l'ultimo step prevede l'utilizzo di uno specchio e una scatola posti in maniera tale che l'arto per il quale si sta lavorando è coperto dalla scatola mentre l'altro si possa riflettere allo specchio. Al soggetto è chiesto di guardare il riflesso dell'arto allo specchio. Questo crea l'illusione che l'arto da trattare si muova senza dolore. Quando il soggetto riesce a visualizzare l'immagine riflessa senza provare dolore si prosegue con simultanei movimenti dell'arto da trattare. L'obiettivo è fornire un forte feedback visivo alla corteccia sensoriale dimostrando che non tutti i movimenti sono effettivamente dolorosi. L'input visivo è un'utile modalità di modulazione del dolore somatico fornendo un feedback potente alla corteccia, così come sul pensiero e sulle emozioni, infatti lo specchio è usato anche nella terapia cognitivo comportamentale per confutare cognizioni difettose della mente.

La graded motor imagery ha quindi le capacità di stimolare la riorganizzazione corticale, inserendosi come un trattamento utile anche per il trattamento del dolore cronico, unita alle altre strategie di gestione del dolore [26]. Questo approccio è stato utilizzato anche per il trattamento della sindrome dolorosa regionale complessa e dell'arto fantasma dove è stata osservata un'alterata rappresentazione centrale sia percettiva che motoria. I risultati dello studio hanno mostrato evidente riduzione del dolore e disabilità, quindi con un netto miglioramento della funzione; più nel dettaglio si è notato che la graded motor imagery ha beneficiato per i soggetti con CPRS cronica, invece la mirror therapy ha beneficiato per i soggetti con CPRS acuta [27]. Risultati incoraggianti stanno emergendo da studi che valutano il valore di fattibilità e potenzialità della GMI per ridurre la disabilità dell'arto superiore di pazienti post-ictus [28].

### **3.MATERIALI E METODI**

Per questo lavoro sono stati reclutati solo soggetti sani o dolore cronico di tipo muscoloscheletrico. L'obiettivo è quello di creare 3 gruppi, uno di controllo, senza dolore; un gruppo con dolore all'arto superiore sinistro, in modo da valutare se la localizzazione del dolore può avere un effetto sull'immagine motoria implicita o esplicita; un ultimo gruppo con dolore cronico muscolo-scheletrico, non localizzato agli arti superiori. Quest'ultimo gruppo ci permetterà di capire se è il dolore in se, anche se non localizzato alla spalla, che influenza i risultati. Tutti i soggetti sono sottoposti ad una completa valutazione demografica e clinica mirata ad indagare in modo approfondito il dolore dei soggetti, oltre che alla valutazione dell'immagine motoria esplicita. E' stata utilizzata una body chart per permettere la precisa localizzazione dei sintomi; delle aree di dolore indicate viene chiesto di specificare l'intensità ( lieve, moderata, intensa), la frequenza ( meno di una volta a settimana , una volta a settimana, più volte a settimana , continuo), l'inizio della sintomatologia e il tipo di esordio. Viene analizzato inoltre l'andamento nel tempo dello stesso dolore, facendo riferimento a quattro grafici che ripropongono 4 tipologie di andamento: 1 dolore persistente con piccole fluttuazioni nella giornata e nella settimana; 2 dolore persistente con alcuni attacchi acuti che possono durare ore o giorni; 3 attacchi di dolore relativamente brevi (ore o giorni) senza dolore tra gli attacchi; 4 dolore persistente ma molto variabile e attacchi acuti di ore o giorni. In ultimo viene chiesto al soggetto sempre in riferimento al dolore 1 di quantificare lo stesso con la scala VAS da 0 a 10 dove 0 era nessun dolore , 10 era dolore massimo; successivamente di quantificare lo stesso dolore con la scala VAS( da 0 a 10) riferendosi ad un valore medio del dolore nel tempo. Per l'immagine motoria esplicita abbiamo utilizzato abbiamo utilizzato la scala KVIQ (Kinaesthetic and Visual Imagery Questionnaire), la quale prevede che il soggetto effettui prima dei movimenti con un distretto corporeo e poi vien

chiesto di riprodurli ad occhi chiusi col distretto corrispondente controlaterale solo con l'immaginazione; il soggetto doveva quantificare la qualità di questa visualizzazione con una Visual Imagery Scale (1 nessuna immagine, 2 immagine sfuocata, 3 immagine abbastanza chiara, 4 immagine chiara, 5 vedo chiaramente il movimento) e definire la percezione del movimento immaginato con una Kinaesthetic Imagery Scale (1 nessuna sensazione, 2 movimento difficile da sentire, 3 moderata sensazione di movimento, 4 movimento facile da sentire 5 sento chiaramente il movimento). L'ultimo step valutativo prevede che i soggetti venissero sottoposti al compito di immagine motoria implicita. Il soggetto veniva posto seduto comodo dinanzi ad uno schermo 15' in ambiente isolato e poco rumoroso con braccia poggiate sul tavolo e mouse sotto la mano dell'arto dominante, il test si sviluppava in 2 esercizi. Prima dei test vi era una sequenza preparatoria per verificare se sapevano usare il mouse correttamente e velocemente e per allenare la familiarità con lo stesso, erano 60 frecce che potevano indicare il verso a destra o a sinistra, il soggetto doveva indicare rispettivamente la freccia che indicava il verso a destra cliccando il tasto destro del mouse, al contrario il tasto sinistro se la freccia indicava il verso a sinistra. Dopo questa prima parte, si procedeva con i 2 esercizi per i quali il software calcolava l'accuratezza e i tempi di reazione. Il primo esercizio consisteva in 60 immagini presentate in modo random che rappresentavano parti del corpo. Nel primo erano rappresentate spalle, in diversi orientamenti. Nel secondo invece, erano presentate immagini di mani. Le immagini erano proposte in modo casuale rispetto al task destra, sinistra. I soggetti dovevano identificare la lateralità della parte del corpo cliccando destra o sinistra sul mouse. Prima di cominciare veniva spiegato e chiesto al soggetto di essere il più rapido e preciso possibile e di non riprodurre con i propri arti la posizione dell'immagine proposta per aiutarsi nell'identificazione. Non è stato dato nessun feedback ai partecipanti durante il compito che riguardassero accuratezza e tempi di reazione (RT).

Quest'ultimo step valutativo , ossia valutare il compito di lateralità, ci è servito per verificare l'esistenza di una relazione tra il dolore cronico e la capacità di immaginazione motoria, esaminando eventuali correlazioni significative tra i tre gruppi.

### **3.1 Analisi statistica**

Abbiamo effettuato delle analisi esplorative, in modo da valutare le caratteristiche demografiche e cliniche dei soggetti inclusi nello studio. Visto la ridotta numerosità campionaria ci siamo orientati su test non parametrici in modo da rimanere conservativi. Test di correlazioni bivariate non parametriche sono stati utilizzati per esaminare le correlazioni tra i risultati al compito di lateralità delle spalle e delle mani e le caratteristiche demografiche e cliniche dei soggetti. Sono state esplorate anche le correlazioni tra l'abilità dei soggetti all'immagine motoria esplicita ed i risultati all'immagine motoria implicita. Infine, test non parametrici sono stati utilizzati per confrontare i tre gruppi tra loro. I dati sono stati analizzati usando SPSS versione 18.0 (IBM/SPSS Inc.).

#### **4.RISULTATI**

Hanno partecipato allo studio 34 soggetti , 22 maschi, 12 femmine con età media di 42 anni, di questi 8 non presentavano alcun dolore, 11 avevano dolore alla spalla sinistra, 15 avevano dolore localizzato in varie parti del corpo. L'intensità media del dolore risulta essere "moderata", con VAS media al momento del test pari a 2 ( dove 0 era nessun dolore, 10 massimo dolore) e la VAS media considerando l'andamento generale del dolore pari a 4. Nonostante sia l'immagine motoria implicita sia l'immagine motoria esplicita sono state proposte per valutare le abilità di immaginazione motoria, i due compiti non sembrano correlati. Come si evince dalle analisi di correlazione e comparative non parametriche. Tutti i soggetti dimostrano ottima accuratezza e tempi di reazione molto rapidi nel riconoscimento spalle, che risulta essere un compito nettamente più facile rispetto al riconoscimento della lateralità delle mani (tabella 1). Dall'analisi statistica dei dati abbiamo esaminato alcuni aspetti che potessero influire sul compito di lateralità proposto ai tre gruppi di soggetti. Dai risultati emerge che il dolore non influenza il compito di lateralità anche se presente al momento in cui si è svolto l'esercizio. Si evidenzia una correlazione diretta tra l'età dei soggetti e i tempi di reazione, quindi più i soggetti sono grandi di età più sono lenti e una correlazione inversa tra l'età e l'accuratezza, quindi più i soggetti sono grandi meno le performances sono accurate. Per verificare eventuali differenze tra i risultati ottenuti rispetto al compito di lateralità in particolare discriminando i dati riguardanti la lateralità destra e sinistra, abbiamo utilizzato test non parametrici (di wilcoxon) poiché la numerosità del campione era piccola. Abbiamo confrontato il gruppo dei soggetti senza dolore con il gruppo con dolore alla spalla (tabella 2), il gruppo dei soggetti senza dolore con i soggetti con dolore ad altri distretti (tabella 3), infine il gruppo con dolore alla spalla con il gruppo con dolore ad altri distretti (tabella4). Unico dato significativo che emerge è che i soggetti con dolore alla spalla sinistra svolgono

performances con tempi di reazioni normali ma sono più accurati nel riconoscere le immagini di spalle sinistre. Sono normali invece i tempi di reazione e l'accuratezza per il riconoscimento di immagini di spalle destre.

	<b>NO DOLORE (n=8)</b>	<b>DOLORE SPALLA SINISTRA (n=11)</b>	<b>DOLORE ALTRO DISTRETTO (n=15)</b>
<b>Età ± SD</b>	40,75± 7,83	39,45 ± 11,11	46,27 ± 9,83
<b>Intensità dolore ±SD</b>	0	1,91 ± 0,944	1,93 ± 0,704
<b>Tempo ±SD</b>	0	86,27 ± 101,88	164,67 ± 117,97
<b>VAS dolore attuale ±SD</b>	0	2,82 ± 2,28	2,87 ± 1,92
<b>VAS media ±SD</b>	0	5,18 ± 1,72	5,13 ± 1,99
<b>EMI Visiva ± SD</b>	18 ± 5,3	17,6 ± 5,1	20 ± 4,4
<b>EMI Cinestesica ± SD</b>	17 ± 4,2	13,8 ± 5,2	15,9 ± 5,3
<b>Accuratezza spalle (%)±SD</b>	98,175 ± 2,35	97,54 ± 4,33	98,08 ± 2,49
<b>Accuratezza mani (%)±SD</b>	83,44 ± 18,70	87,21 ± 9,13	84,67 ± 11,87
<b>RT spalle (s)</b>	0.885 ± 0.179	0,907 ± 0.342	1,008 ± 0,353
<b>RT mani (s)</b>	1,791 ± 0,415	1,615 ± 0,599	1,919 ± 0,597

**Tabella n1:** Parametri descrittivi dei tre gruppi. RT sono i tempi di reazione spesi per completare l'esercizio proposto. SD è la deviazione standard.

	<b>NO DOLORE (n=8)</b>	<b>DOLORE SPALLA SINISTRA (n=11)</b>	<b>p-value</b>
<b>Accuratezza frecce (%)±SD</b>	99,44 ± 1,05	98,24 ± 1,62	0,437
<b>Accuratezza spalle sin (%)±SD</b>	96,86 ± 4,865	98,53 ± 3,7	0,048*
<b>Accuratezza spalle ds (%)±SD</b>	99,48± 1,48	96,55± 5,6	0,84
<b>Accuratezza mani sin (%)±SD</b>	83,75± 19,22	90,45 ± 7,03	0,41
<b>Accuratezza mani ds (%)±SD</b>	83,13± 19,44	83,98 ± 13,00	0,70
<b>RT frecce (s)±SD</b>	0,49 ± 0,045	0,51± 0,087	0,94
<b>RT spalle sin (s)±SD</b>	0,9± 0,2	0,9 ± 0,37	0,100
<b>RT spalle ds (s)±SD</b>	0,87 ± 0,17	0,89 ± 0,316	0,237
<b>RT mani sin (s)±SD</b>	1,8 ± 0,5	1,7± 0,56	0,43
<b>RT mani ds (s)±SD</b>	1,8 ± 0,38	1,5± 0,70	0,2

**Tabella n2:** parametri descrittivi del gruppo senza dolore, del gruppo con dolore alla spalla sinistra. L'asterisco (\*) indica la significatività con  $p < 0,05$  con test U di Mann Whitney.

	<b>NO DOLORE (n=8)</b>	<b>DOLORE ALTRO DISTRETTO (n=15)</b>	<b>p-value</b>
<b>Accuratezza frecce (%)±SD</b>	99,44 ± 1,05	97,98 ± 3,65	0,73
<b>Accuratezza spalle sin (%)±SD</b>	96,86±4,865	97,55±3,34	0,56
<b>Accuratezza spalle ds (%)±SD</b>	99,48±1,48	98,61±2,57	0,82
<b>Accuratezza mani sin (%) ±SD</b>	83,75± 19,22	85,33±14,5	0,65
<b>Accuratezza mani ds (%)±SD</b>	83,13± 19,44	84±11,2	0,84
<b>RT frecce (s)±SD</b>	0,49 ± 0,045	0,508 ± 0,102	0,35
<b>RT spalle sin (s)±SD</b>	0,9±0,2	1,027±0,326	0,9
<b>RT spalle ds (s)±SD</b>	0,87±0,17	0,99±0,402	0,87
<b>RT mani sin (s)±SD</b>	1,8±0,5	1,9± 0,608	0,78
<b>RT mani ds (s)±SD</b>	1,8±0,38	1,9± 0,617	0,88

**Tabella 3:** parametri descrittivi del gruppo senza dolore e del gruppo con dolore localizzato in altro distretto.

	<b>DOLORE SPALLA SINISTRA (n=11)</b>	<b>DOLORE ALTRO DISTRETTO (n=15)</b>	<b>p-value</b>
<b>Accuratezza frecce (%)±SD</b>	98,24 ± 1,62	97,98 ± 3,65	0,79
<b>Accuratezza spalle sin (%)±SD</b>	98,53± 3,7	97,55±3,34	0,93
<b>Accuratezza spalle ds (%)±SD</b>	96,55± 5,6	98,61±2,57	0,57
<b>Accuratezza mani sin (%) ±SD</b>	90,45± 7,03	85,33±14,5	0,2
<b>Accuratezza mani ds (%)±SD</b>	83,98± 13,00	84±11,2	0,65
<b>RT frecce (s)±SD</b>	0,51 ± 0,087	0,508 ± 0,102	0,9
<b>RT spalle sin (s)±SD</b>	0,9±0,37	1,027±0,326	0,87
<b>RT spalle ds (s)±SD</b>	0,89±0,316	0,99±0,402	0,7
<b>RT mani sin (s)±SD</b>	1,7±0,56	1,9± 0,608	0,68
<b>RT mani ds (s)±SD</b>	1,5±0,70	1,9± 0,617	0,45

**Tabella 4:** parametri descrittivi del gruppo con dolore alla spalla sinistra e gruppo con dolore ad altro distretto.

## 5.DISCUSSIONE

Il nostro obiettivo era quello di valutare l'immagine motoria implicita in soggetti sani con o senza dolore muscoloscheletrico di tipo cronico. Per questo scopo i partecipanti sono stati sottoposti ad un compito di giudizio di lateralità. I soggetti si dividevano in tre gruppi, un gruppo non riportava dolore, uno aveva dolore cronico alla spalla sinistra e uno aveva dolore cronico ad altri distretti corporei. Nell'analisi statistica effettuata si sono esaminate le eventuali correlazioni significative che potessero esserci nei tre gruppi rispetto al compito di lateralità. Che l'immagine motoria esplicita ed implicita siano non correlate tra loro è già un primo risultato interessante, che non è stato esplorato in letteratura. Questo significa che nonostante siano due modalità proposte per valutare una stessa caratteristica dei soggetti (l'immagine motoria), i meccanismi che sottendono queste due modalità di valutazione sono almeno in parte diverse e complementari. In primo luogo risulta evidente che il dolore in generale sembra non influire sul compito di lateralità, il dolore localizzato alla spalla invece, sembra che influenzi in qualche modo il compito di lateralità seppur non riducendo la performance come è stato verificato in altri studi. Dagli studi di Moseley del 2004 emerge invece, come il dolore cronico possa agire a livello corticale modificando la capacità di immaginazione motoria[29]. Probabilmente questo risultato non in linea con la letteratura potrebbe essere legato al fatto che il nostro campione dichiara una VAS media di 2, quindi un dolore relativamente moderato rispetto agli studi effettuati che non considerano una VAS inferiore a 5. E' da sottolineare che successivamente Coslett ha verificato come in soggetti con dolore cronico localizzato in vari distretti, i tempi di reazione fossero più lunghi ma l'accuratezza del compito di lateralità fosse mantenuta, quindi le performances erano affidabili [19].

Come si evince dalla tabella n.1, considerando l'accuratezza media dei tre gruppi, il riconoscimento delle spalle rispetto a quello delle mani risulta migliore perchè probabilmente il processo mentale di

riconoscimento della spalla è più semplice rispetto a quella di una mano. La mano si compone di piccole articolazioni rispetto ad una spalla che ha dimensioni maggiori, sembra fosse più semplice riconoscerne i punti di riferimento soggettivi. Il dato più significativo che emerge rispetto al dolore pone in evidenza che il gruppo con dolore alla spalla sinistra è più accurato a riconoscere immagini di spalle sinistre, i RT restano normali. Quindi la localizzazione del dolore sembrerebbe influenzare i risultati, quando questo è unilaterale. Questo dato va in contraddizione con altri studi, come quello di Parson che invece sottolinea come il dolore localizzato in una determinata area renda il riconoscimento di lateralità per quel punto più lento e meno accurato[30]. Pare quindi che i soggetti con dolore unilaterale fossero più attenti al riconoscimento di quella precisa area. Il dato ottenuto suggerisce di verificare questo risultato su un campione più ampio per approcciare ad uno studio che ne indaghi i meccanismi alla base. E' da sottolineare che il nostro studio ha preso in considerazione un campione di soggetti con dolore aspecifico, cronico di tipo muscoloscheletrico. Gli studi finora effettuati, riguardanti l'arto superiore, hanno volto la loro attenzione ad indagare l'immagine motoria di soggetti con sindromi algodistrofiche e arto fantasma. Probabilmente per questa sostanziale differenza i nostri risultati vanno in contraddizione con l'attuale stato dell'arte. Un recente studio di Bowering del 2014 mette a confronto e valuta l'immagine motoria di 3 gruppi di pazienti; uno con dolore alla schiena attuale, uno con una storia di dolore alla schiena e uno senza dolore alla schiena. Il gruppo con dolore alla schiena e il gruppo con un passato di mal di schiena non erano né più veloci né più lenti rispetto al gruppo senza dolore. Questo dato trova conferma nel nostro studio, nei tre gruppi messi a confronto i tempi di reazione erano normali e non correlavano al dolore. Per quanto riguarda l'accuratezza, il gruppo senza mal di schiena è risultato essere più accurato rispetto agli altri due. Quest'ultimo risultato va in contrasto con i dati emersi dal nostro studio, in quanto il gruppo con dolore

alla spalla sinistra risulta essere più accurato nel riconoscimento di spalle sinistre. Le prestazioni peggiori erano date da coloro che avevano mal di schiena attuale con storia di mal di schiena [31]. Un altro recente studio ha dimostrato che soggetti dopo frattura di polso che effettuavano un compito di lateralità poco corretto avevano meno probabilità di recuperare rispetto a coloro che rispondevano normalmente. Questo offre l'opportunità di utilizzare l'immagine motoria anche come un indicatore di rischio[32]. La letteratura descrive, infine, come i tempi di reazione e l'accuratezza cambino rispetto all'età, Sarah B. Wallork ha dimostrato nel suo studio come con l'aumentare dell'età aumentino i tempi di reazione e diminuisca l'accuratezza nel compito di lateralità[33]. Nel nostro studio questo dato trova conferma, i nostri soggetti più sono grandi più sono lenti e meno accurati.

## **6. LIMITI E FORZA DELLO STUDIO**

Il nostro obiettivo era quello di valutare l'immagine motoria implicita in soggetti con o senza dolori muscolo scheletrici di tipo cronico. Un limite importante è rappresentato dal campione poco numeroso. Lo stesso campione non ha comunque un numero equo di soggetti con dolore rispetto a quelli senza. Probabilmente la poca significatività statistica può essere legata anche al fatto che lo studio ha coinvolto pazienti che presentavano nel complesso un dolore relativamente moderato. Comunque nonostante il numero limitato, un risultato è emerso dalle analisi, cioè che il dolore influenza l'immagine motoria in modo specifico e non generale. Cioè non è il dolore in se che modifica la performance all'IMI, ma sembra piuttosto che sia la localizzazione del dolore che influisce sui risultati. Questo è un dato interessante ma controverso in letteratura, e che sicuramente richiede un maggior approfondimento con un maggior numero di pazienti. In prospettiva, aumentare il campione riproponendo lo studio fornirebbe risultati utili per rendere il compito di lateralità un utile mezzo di valutazione dei soggetti con dolore cronico di tipo muscoloscheletrico e migliorarne l'approccio al trattamento, utilizzando l'immagine motoria come mezzo di riorganizzazione corticale per modulare il dolore cronico.

## 7. Appendice

### Modulo valutazione demografica e clinica

#### DATI CLINICI E ANAGRAFICI

NOME E COGNOME:  
DIAGNOSI:

Età:

Codice  
DATA NASCITA:

FISIOTERAPISTA:

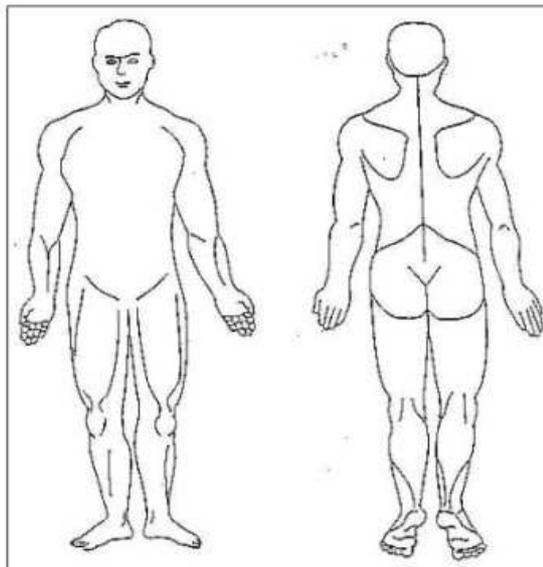
DATA  
SOMMINISTRAZIONE:

COMORBILITA' / ALTRE CONSIDERAZIONI

#### **CLINICA**

Sintomi su body chart (muscoloscheletrico, viscerale, radicolare)

Intensità: 1:lieve; 2: moderata; 3: intensa.



Frequenza: 1: meno di 1 v/sett; 2: 1 v/sett; 3: più volte/ sett; 4: giornaliero o continuo.

Intensità X Frequenza

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Inizio sintomi (quando)

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

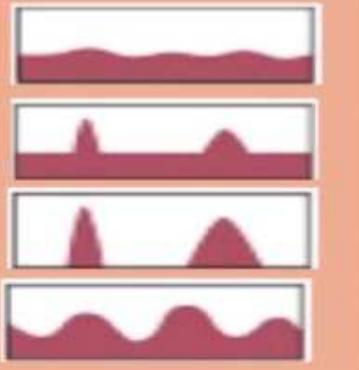
Esordio sintomi (trauma?)

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

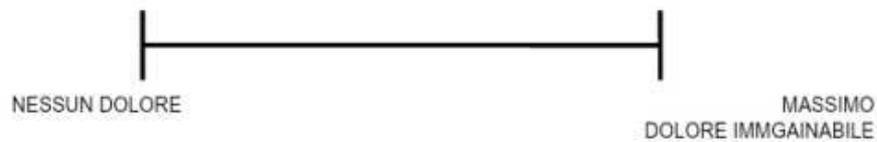
## Modulo valutazione clinica

### ANDAMENTO DOLORE (NON CONSIDERARE INTENSITA')

	<ul style="list-style-type: none"><li>* Dolore persistente con piccole fluttuazioni nella giornata e nella settimana</li><li>* Dolore persistente con Alcuni attacchi acuti che possono durare ore o giorni</li><li>* Attacchi di dolore relativamente brevi (ore o giorni) senza dolore tra gli attacchi</li><li>* Dolore persistente ma molto variabile e attacchi acuti di ore o giorni</li></ul>
---	--

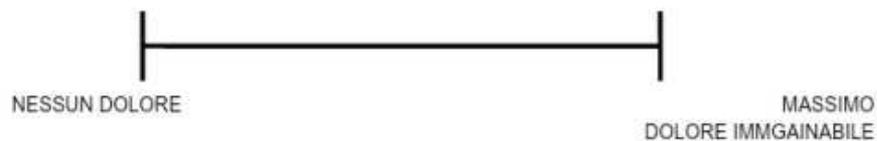
### VAS BRACCIO (o dolore numero 1) IN QUESTO MOMENTO

Localizzazione \_\_\_\_\_



### VAS MEDIA DOLORE BRACCIO (o dolore numero 1)

Localizzazione \_\_\_\_\_



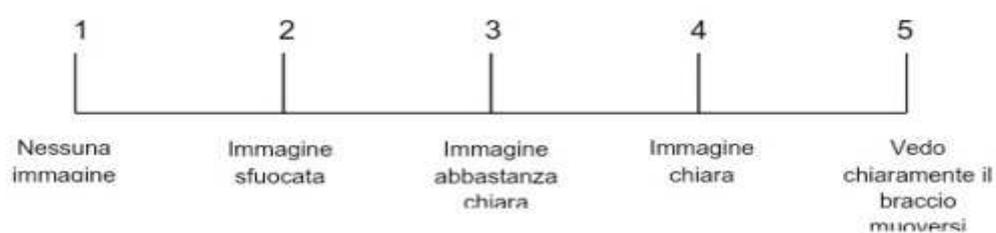
Interruzione di pagina

## Modulo valutazione immagine motoria esplicita

---

### KVIQ – Short form - Modified

#### Visual Imagery Scale



#### Kinaesthetic Imagery Scale



**Item 3V-Knd. Flessione di spalla.**

1. Sieda in composto, con la testa dritta e le mani rilassate sulle sue gambe
2. Sollevi l'arto contro-laterale dritto di fronte a lei e continui a sollevarlo fino a sopra la testa
3. Torni alla posizione iniziale. Adesso immagini il movimento con l'altro arto (arto colpito), si concentri sull'intensità della sensazione.
4. Indichi sulla scala la qualità della sua immaginazione

**Item 5V-Kd. Thumb to finger tips.**

1. Sieda in composto, con la testa dritta e le mani rilassate sulle sue gambe
2. Con la mano contro-laterale, tocchi la punta di ogni dito con il pollice, inizi con l'indice e continui con gli altri impiegando circa un secondo per dito
3. Torni alla posizione iniziale. Adesso immagini il movimento con l'altra mano (arto colpito), si concentri sull'intensità della sensazione.
4. Indichi sulla scala la qualità della sua immaginazione

**Item 6V-K. Flessione del tronco in avanti.**

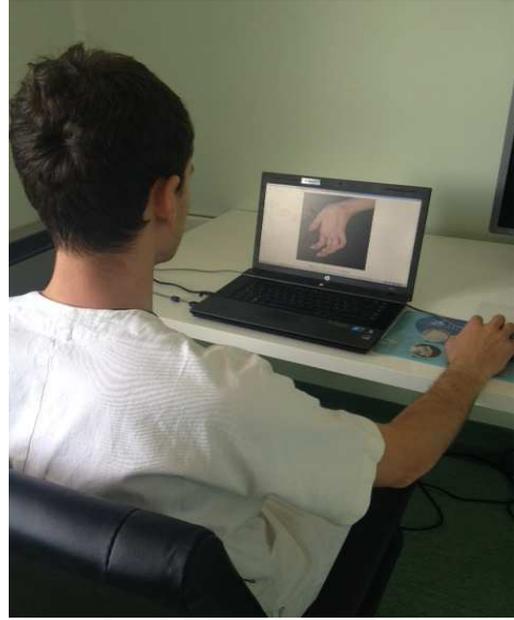
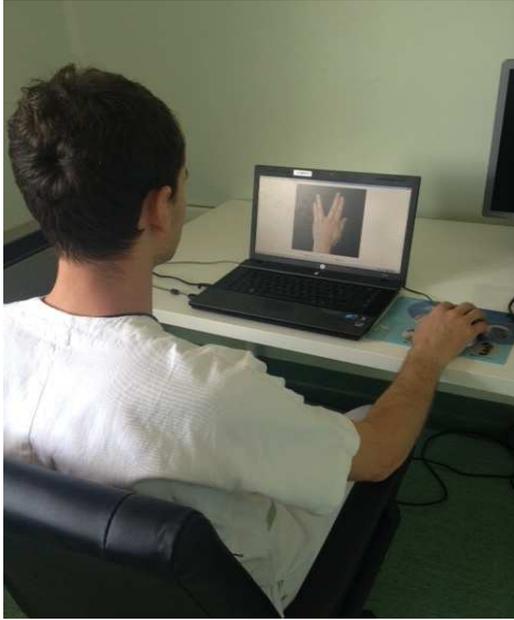
1. Sieda in composto, con la testa dritta e le mani rilassate sulle sue gambe
2. Tenendo il bacino fermo, pieghi il busto più avanti possibile, e torni alla posizione di partenza
3. Torni alla posizione iniziale. Adesso immagini il movimento, si concentri sull'intensità della sensazione.
4. Indichi sulla scala la qualità della sua immaginazione

**Item 8V-Kd. Abduzione dell'anca.**

1. Sieda in composto, con la testa dritta e le mani rilassate sulle sue gambe
2. Muova il piede dell'arto contro-laterale lateralmente di circa 30 cm, e torni alla posizione di partenza
3. Torni alla posizione iniziale. Adesso immagini il movimento con l'altro piede (arto colpito), si concentri sull'intensità della sensazione.
4. Indichi sulla scala la qualità della sua immaginazione

**Item 9V-Knd. Foot tapping.**

- 
1. Sieda in composto, con la testa dritta e le mani rilassate sulle sue gambe
  2. Con l'arto contro-laterale, tocchi con la punta del piede il pavimento per 5 volte, mantenendo il tallone a terra. Impieghi circa 1 secondo per ogni movimento.
  3. Torni alla posizione iniziale. Adesso immagini il movimento con l'altro arto (arto colpito), si concentri sull'intensità della sensazione.
  4. Indichi sulla scala la qualità della sua immaginazione



**Esempi compito di lateralità**

## **8. BIBLIOGRAFIA**

1. Jean Decety , The neurophysiological basis of motor imagery, *Behavioural Brain Research* 77-(1996) 45-59
2. Ingvar, D.H and Philipson, L., Distribution of cerebral blood flow in the dominant hemisphere during motor ideation and motor performance. *Ann. Neurol.*,2 (1977) 230-237
3. Roland P.E., Skinhoj,E., Lassen, N.A. and Larsen, B., Different cortical areas in man in organization of voluntary movements in extrapersonal space. *J. Neurophysiol.*,43(1980) 137-150
4. Pickenhain, L., Towards a holistic conception of movement control In: H.T.A. Whiting (Ed.), *Human Motor Actions: Bernstein Reassessed*. Amsterdam: 1984 North-Holland.
5. Goldman-Rakic, P.S., Circuitry of primate prefrontal cortex and regulation of behavior by representational memory. In: V.B.Brooks and M.D. Bethesda (Eds.), *Handbook of Physiology, The Nervous System V*, 1987.
6. Goldberg, E. and Bilder, R.M., The frontal lobes and hierarchical organization of cognitive control. In E. Pereeman (Ed.), *The Frontal Lobes Revisited*. New York: IRBN Press, 1987.
7. Petrides, M., Frontal lobes and behaviour. *Curr. Opin. Neurobiol.*, 4 (1994) 207-211.
8. Jeannerod, M., The representing Brain: Neural correlates of motor imagery and intention. *Behav. Brain Sci.*, 17 (1994) 187-245.
9. Duncan, J., Disorganisation of behaviour after frontal lobe damage. *Cogn. Psychol.*, 3 (1986) 271-290.
10. Yue, G. and Cole, K.J., Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions, *J. Neurophysiol.*, 67 (1992) 1114-1123
11. Flor H. The functional organization of the brain in chronic pain. *Prog. Brain Res* 2000;129:313–322.
12. Juottonen K, Gockel M, Silen T, Hurri H, Hari R, Forss N. Altered central sensorimotor processing in patients with complex regional pain syndrome. *Pain* 2002;98:315–323.

13. Tichelaar YIG, Geertzen JHB, Keizer D, van Wilgen CP. Mirror box therapy added to cognitive behavioral therapy in three chronic complex regional pain syndrome type I patients: a pilot study. *Int J Rehabil Res.* 2007;30:181–8.
14. Maihofner C, Baron R, DeCol R, et al. The motor system shows adaptive changes in complex regional pain syndrome. *Brain.* 2007;130:2671–87.
15. Rizzolatti G, Singaglia C. Mirror neurons and motor intentionality. *Funct Neurol.* 2002;22:205–10.
16. Ronald Melzack, Pain and stress: a new perspective. 1989
17. Moseley GI, Zalucki N, Birklein F, Marinus J, van Hilten JJ, Luomajoki H. Thinking about movement hurts: the effect of motor imagery on pain and swelling in people with chronic arm pain. *Arthritis Rheum* 2008;59:623–31.
18. Schwoebel J, Friedman R, Duda N, Coslett HB. Pain and the body schema: evidence for peripheral effects on mental representations of movement. *Brain* 2001;124:2098–104.
19. Coslett, H.B., Saffran, E.M., & Schwoebel, J. (2002). Knowledge of the human body: A distinct semantic domain. *Neurology*, 59, 357–363.
20. Fiorio, M., Tinazzi, M., & Aglioti, S.M. (2006). Selective impairment of hand mental rotation in patients with focal hand dystonia. *Brain*, 129, 47–54.
21. Fiorio, M., Tinazzi, M., Ionta, S., Fiaschi, A., Moretto, G., Edwards, M.J., et al. (2007). Mental rotation of body parts and non-corporeal objects in patients with idiopathic cervical dystonia. *Neuropsychologia*, 45, 2346–2354.
22. Blakemore SJ, Frith CD, Wolpert DM. Spatio-temporal prediction modulates the perception of self-produced stimuli. *J Cogn Neurosci* 1999;11(5):551–9.
23. Moseley GL. Graded motor imagery is effective for long-standing complex regional pain syndrome. *Pain* 2004;108:192–198.
24. Parsons LM. Inability to reason about an object's orientation using an axis and angle of rotation. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 1995;21:1259–77.
25. Parsons LM, Fox PT. The neural basis of implicit movements used in recognizing hand shape. *Cognitive Neuropsychology* 1998;15(6e8):583e615
26. Victoria W. Priganc, PhD, OTR, CHT, CL. Susan W. Stralka, PT, DPT, MS. *J HAND THER.* Graded Motor Imagery, 2011.

27. Moseley G. Graded motor imagery for pathologic pain: a randomized controlled trial. *Neurology*. 2006;67:2129–34.
28. Polli Andrea, PT Graded Motor Imagery for patients with stroke: a replicated case series. 2014 (sottomesso)
29. Moseley , G.L. ( 2004 a). Why do people with Complex Regional Pain Syndrome take longer to recognize their affected hand? *Neurology* , 62 , 2182 – 2186 .
30. Parsons , L.M. ( 1994 ). Temporal and kinematic properties of motor behavior reflected in mentally simulated action. *Journal of Experimental Psychology: Perceptual Performance* , 20 ,709 – 730 .
31. K. Jane Bowering, BPhysio (Hons),\* David S. Butler, EdD,w Ian J. Fulton, MPhty, and G. Lorimer Moseley, PhD\*Motor Imagery in People With a History of Back Pain, Current Back Pain, Both, or Neither. 2014
32. Moseley G, Herbert RD, Parsons T, et al. Intense pain soon after wrist fracture strongly predicts who will develop complex regional pain syndrome: prospective cohort study. *J Pain*. (In press).
33. Sarah B. Wallwork a, David S. Butler a,b, Ian Fulton a, Halton Stewart b, Igusti Darmawan C, G. Lorimer Moseley a,d, Left/right neck rotation judgments are affected by age, gender, handedness and image rotation,2012