



**UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE FACOLTÀ DI MEDICINA  
E CHIRURGIA**

**Corso di Laurea in FISIOTERAPIA**

***EFFICACIA DEL TRATTAMENTO CON tDCS E MIRROR THERAPY SUL  
RECUPERO DELLA DESTREZZA DELL'ARTO SUPERIORE IN  
PAZIENTI CON ESITI DI ICTUS IN FASE CRONICA***

**Relatore:**

Chiar.mo Prof MARIANNA CAPECCI

**Correlatore:**

Chiar.mo Dr VIVIANA BONCI

**Tesi di Laurea di:**

ELISA SILENZI

*Anno accademico 2018/2019*

*Alle mie due stelle,  
che la vostra luce possa riscaldare  
le mie giornate più fredde*

# INDICE

INTRODUZIONE.....	5
<b>1. ANATOMIA DEL SISTEMA NERVOSO CENTRALE.....</b>	<b>8</b>
1.1.1 Le Cellule Nervose.....	12
1.1.2 I lobi del cervello e la loro funzione.....	16
<b>2. ICTUS.....</b>	<b>23</b>
2.1 Definizione.....	23
2.2 Classificazione.....	23
2.3 Sintomatologia e segni.....	24
2.4 Epidemiologia.....	26
2.5 Disabilità: impatto su funzione e qualità di vita.....	26
2.6 Emiplegia e spasticità.....	28
<b>3. L'ARTO SUPERIORE.....</b>	<b>34</b>
3.1 Fisiologia articolare.....	34
3.2 Muscoli del braccio.....	35
3.3 Muscoli dell'avambraccio.....	42
<b>4. ARTO SUPERIORE: COMPROMISSIONE E RECUPERO.....</b>	<b>45</b>
4.1 Complicanze nella fase acuta ictus.....	45
4.2 Complicanze nella fase cronica ictus.....	46
4.2.1 La Sindrome Talamica.....	46
4.2.2 Sindrome della spalla dolorosa.....	47
4.2.3 La spasticità.....	53
<b>5. IL SISTEMA DEI NEURONI SPECCHIO E IL LORO RUOLO NELLA RIABILITAZIONE.....</b>	<b>55</b>
5.1 Neuroni mirror e gli studi correlati.....	55
5.2 Mirror Therapy.....	61
5.3 Applicazione della tDCS in neuroriabilitazione.....	61
<b>6. STUDIO SPERIMENTALE.....</b>	<b>63</b>
6.1 Obiettivo.....	64
6.2 Materiali e metodi.....	64
6.2.1 Reclutamento pazienti.....	64
6.2.2 Soggetti.....	65
6.2.3 Protocollo di trattamento mediante tDCS.....	66
6.2.4 Protocollo di valutazione.....	68

6.3 Analisi dei risultati .....	85
6.4 Discussione.....	92
6.5 Conclusioni .....	94

# INTRODUZIONE

L'ictus è una patologia facente parte delle malattie cerebro-vascolari; queste ultime sono caratterizzate da quadri clinici che possono essere acuti o cronici, rispettivamente unico evento o più eventi nell'arco della vita; transitori o persistenti ed infine distrettuali o diffusi ovvero confinati in determinate diramazioni dei vasi cerebrali oppure coinvolgenti l'intero albero circolatorio.

Nello specifico caso l'ictus è un evento vascolare acuto, permanente e distrettuale.

I fattori di rischio dell'ictus si dividono in modificabili e non modificabili; i primi sono età e familiarità, i secondi sono l'ipertensione arteriosa, diabete mellito, le patologie di natura cardiaca, alterazione fattori della coagulazione, la dissezione carotidea senza contare fumo di sigaretta, dislipidemie e sostanza d'abuso.

All'interno del nostro cervello avviene un insieme di connessioni cellulari definito "connettoma"; quest'ultimo si modifica durante il corso della vita di un individuo, sia per cause fisiologiche come la formazione di nuove sinapsi e l'eliminazione di quelle superflue, sia per quelle patologiche come nel caso dell'ictus in cui morendo la cellula neuronale viene persa quello specifico tipo di connessione.

A questo punto entra in gioco la figura del riabilitatore, il quale sfruttando la plasticità neuronale permette la formazione di nuove sinapsi mediante neurogenesi, differenti dalle precedenti, che consentono al paziente di svolgere determinate azioni ma con uno schema motorio del tutto nuovo.

La neuroplasticità o plasticità neuronale permette ai neuroni di rigenerarsi sia a livello anatomico quanto a livello funzionale e formare nuove connessioni sinaptiche. La plasticità neuronale rappresenta la facoltà del cervello di recuperarsi e ristrutturarsi. Questo potenziale di adattamento del

sistema nervoso permette al cervello di ristabilirsi da disturbi e lesioni, e può ridurre gli effetti di alterazioni strutturali prodotte da patologie. Nel paziente colpito da ictus, un trattamento riabilitativo adottato per facilitare la formazione di nuove connessioni neuronali è quello di associare la stimolazione cerebrale non invasiva alla Mirror therapy. La stimolazione cerebrale non invasiva adottata in questo studio è la tDCS. La tDCS è una terapia fisica che sfrutta la stimolazione elettrica; usa una corrente elettrica semplice attraverso elettrodi applicati su spugnette bagnate in soluzione fisiologica posti direttamente sullo scalpo. La corrente è in grado di raggiungere gli strati superficiali della corteccia e indurre una ripolarizzazione dei neuroni corticali influenzando l'attività di un gruppo di neuroni; questo strumento permette alla corteccia motoria primaria di essere più recettiva agli stimoli che si introducono con la riabilitazione. Il tipo di riabilitazione effettuata in questo studio sfrutta i neuroni a specchio e una specifica tecnica definita Mirror Therapy; queste particolari cellule nervose sono state scoperte per la prima volta nella corteccia motoria del macaco da G. Rizzolatti e colleghi mentre studiavano l'attivazione di quest'area cerebrale al fine di comprendere i meccanismi neurofisiologici alla base dei movimenti della mano. La particolarità di questi neuroni è la loro capacità visuo-motoria nell'attivarsi sia quando si compie un'azione, sia quando la si osserva compiere da altri. Con studi successivi queste cellule sono state individuate anche nella corteccia cerebrale dell'uomo in zone quali l'area di Broca, la corteccia premotoria e il lobo parietale inferiore; queste cellule, inoltre, mediano processi come la comprensione delle azioni altrui, l'apprendimento motorio per imitazione e l'empatia. La Mirror Therapy sfrutta al massimo il potenziale dei neuroni a specchio, ciò avviene poiché l'arto non deficitario viene posto davanti allo specchio mentre quello lesso viene nascosto così che quello riflesso nello specchio prenda il posto di quest'ultimo.

Il terapeuta successivamente propone una serie di esercizi che il paziente dovrà eseguire guardando e concentrandosi interamente sullo specchio e dunque sull'arto riflesso; così facendo otterremo un allargamento della rappresentazione della corteccia motoria e un aumento della destrezza. In questo studio è stato trattato l'arto superiore.

L'arto superiore nell'uomo riveste un significato fondamentale ai fini dell'interazione con il mondo; in particolare la mano rappresenta il mezzo con il quale il "sistema uomo" può rapportarsi, comprendere e modificare la realtà esterna. Le funzioni dell'arto superiore sono molteplici: il movimento può essere finalizzato all'indicazione, al raggiungimento o all'allontanamento di oggetti indesiderati. La mano a sua volta è uno strumento eccezionale grazie alla sua specifica funzione: la prensione. Solo nell'uomo è presente questa abilità con dei gradi di precisione e perfezione così alti.

Questa caratteristica è dovuta alla particolare disposizione del pollice che permette una sua opposizione con tutte le altre dita. La mano oltre che un organo d'esecuzione si ritrova ad essere un recettore sensoriale sensibile e preciso.

In tutto questo, ciò che ha maggior rilevanza è la coppia mano-cervello: il cervello dirige la mano, ma è la mano che ha modificato il cervello dell'uomo. La mano forma quindi col cervello una coppia funzionale indissolubile.

# Anatomia del Sistema Nervoso Centrale

Il cervello e il midollo spinale sono centri integrati fondamentali per l'omeostasi, il movimento ed altre funzioni vitali.

Di fatto sono il centro di controllo del sistema nervoso, una rete di miliardi di cellule, di tipo nervoso, collegate in modo tale da permettere rapide risposte dell'individuo all'ambiente in cui opera.

Le cellule nervose, o neuroni, trasportano informazioni sotto forma di segnali elettrici anche su grandi distanze.

La produzione di segnali elettrici non è peculiare solo delle cellule nervose, ma lo sono la fitta rete di interazioni che esse determinano, note come reti neurali, proprio a indicare come i neuroni non formano solo catene sequenziali, ma fitte interazioni che sono alla base delle proprietà emergenti del sistema nervoso, ovvero quei processi superiori come coscienza, intelligenza ed emotività.

Il sistema nervoso è suddiviso in due parti: il Sistema Nervoso Centrale (SNC) e il Sistema Nervoso Periferico (SNP).

Il Sistema nervoso Centrale è costituito da Cervello e Midollo Spinale, quello periferico da neuroni afferenti e neuroni efferenti.

In tutti i vertebrati il SNC è costituito da strati di tessuto nervoso che circondano una cavità centrale riempita di fluido e rivestita da epitelio. È costituito da neuroni e da cellule gliali di sostegno.

A livello macroscopico i tessuti del SNC sono divisi in sostanza grigia e bianca. La prima non contiene mielina ed è costituita dai corpi cellulari dei neuroni, dai dendriti e dalle parti terminali degli assoni.

I corpi cellulari sono disposti in maniera organizzata sia nell'encefalo che nel midollo spinale.



In alcune zone formano strati, in altre raggruppamenti con funzioni simili. La materia bianca è principalmente costituita da assoni mielinizzati. I fasci di assoni che connettono regioni diverse del SNC vengono chiamati tratti o fasci e corrispondono ai nervi del SNP. Il tessuto nervoso ha pochissima matrice extracellulare e ha bisogno di un supporto esterno per proteggersi dai traumi, a questo scopo è presente un rivestimento esterno di tessuto osseo e tre strati di tessuto connettivo membranoso con un fluido tra queste membrane dette meningi.

Partendo dall'osso e procedendo verso il tessuto nervoso le meningi prendono il nome di dura madre, aracnoide e pia madre. La dura madre è la più spessa e contiene vasi venosi che drenano il sangue dall'encefalo attraverso cavità dette seni.

L'aracnoide è connessa con la pia madre, lasciando uno spazio detto subaracnoideo.

La pia madre, infine, è una sottile membrana che aderisce alla superficie dell'encefalo e del midollo spinale, ad essa sono associati i vasi arteriosi che irrorano il tessuto nervoso ed internamente è presente il liquido extracellulare che ha funzione protettiva di ammortizzamento per il tessuto nervoso. [1]

Il liquido cerebrospinale(LCS) si trova nello spazio subaracnoideo e nei ventricoli mentre il liquido interstiziale internamente alla pia madre.

La funzione del LCS, secreto dai plessi corioidei, è quella di protezione fisica e chimica, la spinta idrostatica del liquido infatti riduce il peso dell'encefalo di circa 30volte. La riduzione del peso si traduce in una minore pressione sui vasi sanguigni e sui nervi attaccati al SNC, senza escludere l'effetto protettivo da gli urti.

Inoltre il LCS crea un ambiente extracellulare adatto al mantenimento dell'omeostasi delle cellule nervose.

Per quanto riguarda l'irrorazione sanguigna dell'encefalo, dall'arteria carotidea si dividono due rami, l'Arteria Cerebrale Anteriore (ACA) e quella Mediale (Middle Cerebral Artery, MCA), che irrorano circa i due terzi dell'encefalo, mentre la restante parte è irrorata dall'Arteria Cerebrale Posteriore (APC) che deriva dall'arteria basilare, che corre lungo il fondo del tronco encefalico, e a sua volta proviene da arterie ascendenti dal midollo spinale.

Un anello di connessioni tra le arterie cerebrali, chiamato cerchio di Willis, si pensa sia un meccanismo di emergenza di rifornimento sanguigno in caso di rotture dei vasi o blocchi circolatori.

Il livello finale di protezione per il SNC è costituito dalla barriera ematoencefalica, che permette l'isolamento del tessuto cerebrale da sostanze potenzialmente dannose e batteri presenti nel sangue.

Una rete di oltre 600 km di capillari a permeabilità altamente selettiva protegge il SNC da tossine e sostanze neuroattive presenti nel sangue, questo grazie alla presenza di giunzioni strette dovute a segnali paracrini provenienti dagli astrociti (particolari cellule gliari) che circondano i capillari con i loro pedicelli.

L'endotelio della barriera ematoencefalica utilizza canali a carrier di membrana per muovere nutrienti e gli altri materiali utili dal sangue al liquido interstiziale cerebrale, altri trasportatori invece spostano le sostanze di rifiuto dal liquido interstiziale al plasma. Solo alcune regioni come l'ipotalamo e il centro del vomito nel bulbo non possiedono la barriera ematoencefalica. [2]

L'ossigeno attraversa liberamente la barriera ematoencefalica e i trasportatori di membrana lasciano passare il glucosio dal plasma al liquido interstiziale. Basse concentrazioni di questi due substrati possono avere effetti devastanti per le funzioni cerebrali.

Un'interruzione di pochi minuti del flusso ematico all'encefalo, con conseguente assenza di ossigeno e glucosio al tessuto, è sufficiente all'instaurarsi di un danno cerebrale.

Come il resto del corpo anche l'encefalo presenta simmetria bilaterale: esistono due emisomi controllati dai due emisferi cerebrali, in particolare ciascun emisoma è controllato dall'emisfero controlaterale.

La corteccia cerebrale è stratificata, si distinguono sei strati funzionali che si sono formati in periodi diversi, in particolare i più recenti sono disposti più esternamente.

Scendendo dall'encefalo verso il midollo spinale vi sono le seguenti strutture: mesencefalo, ponte e bulbo.

Il bulbo o midollo allungato comprende nella sostanza bianca, fasci somatosensoriali ascendenti che portano informazioni sensoriali all'encefalo e fasci discendenti corticospinali che portano informazioni dalla corteccia al midollo spinale. Circa il 90% delle fibre dei tratti corticospinali attraversa la linea mediana portandosi sul lato opposto, nella regione delle piramidi bulbari. Questa decussazione è responsabile dell'inversione tra emisfero cerebrale e emisoma controllato.

### 1.1.1 Le Cellule Nervose.

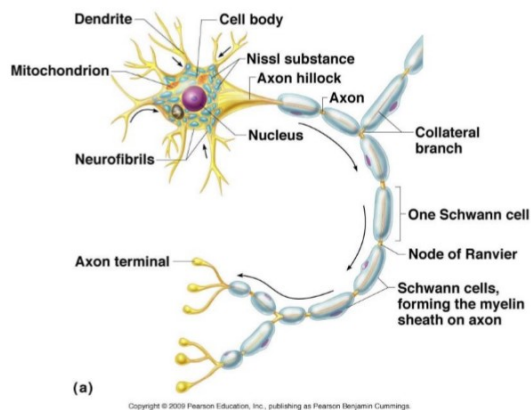


Figura 1: cellula nervosa

I neuroni sono le unità funzionali di base del sistema nervoso e sono caratterizzati dal punto di vista morfologico da un corpo centrale detto soma, che contiene gli organuli necessari al controllo dell'attività cellulare, e da lunghi processi che fuoriescono e si diramano, prendendo il nome di dendriti o assoni a seconda che rispettivamente ricevano le informazioni o le trasportino in uscita.

La funzione principale dei dendriti è quella di veicolare l'informazione proveniente dall'esterno verso un centro di integrazione, anche se nel SNC le spine dendritiche hanno la capacità di scambiare segnali con altri neuroni e cambiare forma e dimensioni in base ai segnali che ricevono, questi cambiamenti morfologici sono associati alla memoria e all'apprendimento. L'assone origina in una regione specializzata del corpo cellulare definita monticolo assonico, ha dimensioni molto variabili, fino anche al metro di lunghezza e spesso sono presenti ramificazioni collaterali; in generale termina con un rigonfiamento detto terminale assonico contenente mitocondri e vescicole membranose in cui sono contenute molecole neurocrine. [3]

I neuroni possono essere classificati in base alla struttura in unipolari, pseudounipolari, bipolari, multipolari, ed in base alla funzione in sensoriali, interneuroni e efferenti: i primi trasportano informazioni di tipo sensoriale

(temperatura, pressione, luce e stimoli di altra natura), i secondi sono confinati all'interno del sistema nervoso centrale, gli ultimi sono sostanzialmente motori somatici o autonomici.

Fasci di neuroni afferenti o efferenti con tessuto connettivo prendono il nome di nervi.

La trasmissione dell'informazione avviene per via elettrica, un segnale elettrico, generato da variazioni della permeabilità di membrana agli ioni  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ , modifica la differenza di potenziale di membrana rispetto ad una condizione di riposo.

Tale segnale si origina dal monticolo assonico e giunge al terminale assonico, dove l'informazione può essere trasmessa per via chimica, attraverso la secrezione di un neurotrasmettitore, neuromodulatore o neuromone, ad un altro neurone o al bersaglio finale. La regione in cui il terminale assonico incontra la cellula bersaglio è detta sinapsi. Se una sinapsi non viene mai attivata, questa scompare. Il potenziale di membrana a riposo per le cellule nervose è all'incirca  $-70mV$  ed è dovuto all'inequale distribuzione degli ioni ai due lati della membrana, l'interno della cellula risulta essere più negativo dell'esterno; in particolare il sodio ed il cloro risultano in maggiore concentrazione all'esterno della cellula, il Potassio e Anioni organici ( $A^-$ , principalmente proteine e amminoacidi) all'interno.

Le cellule nervose mostrano una leggera permeabilità allo ione  $Na^+$ : un leggero aumento della permeabilità a questo implica un ingresso secondo gradiente elettrochimico del  $Na^+$  nella cellula e si depolarizza la membrana (diminuisce in negatività) generando un segnale elettrico. Se la membrana aumenta la permeabilità al  $K^+$ , questo tende ad uscire, secondo gradiente di concentrazione, dalla cellula che si iperpolarizza. La modifica della permeabilità avviene grazie a canali a cancello sensibili alle condizioni intra-extra cellulari, in particolare canali voltaggio dipendenti del Sodio, del

Potassio e canali sempre aperti che contribuiscono a determinare il potenziale di membrana a riposo. [4]

Le variazioni del potenziale elettrico della membrana danno origine a potenziali graduati o potenziali d'azione, i primi si estinguono nella direzione di propagazione mano a mano che questa avanza, i potenziali d'azione invece si innescano se uno stimolo "soprasoglia" (maggiore di -50mV) giunge alla regione di integrazione di un neurone. I potenziali d'azione sono fenomeni del "tutto-o-nulla", nel senso che non variano in ampiezza ma, se innescati, hanno una determinata intensità (rapida depolarizzazione fino a circa +30mV) e riescono a propagarsi per lunghe distanze senza perderla.

Il potenziale d'azione si genera nella zona di trigger che in generale coincide con il monticolo assonico e con la prima parte dell'assone. Una volta avviatosi un potenziale d'azione esiste un periodo, detto periodo refrattario assoluto, in cui nessuno stimolo può innescare un altro potenziale d'azione, seguito da un periodo refrattario relativo in un cui stimoli sufficientemente intensi possono eventualmente generare un secondo potenziale d'azione. Il segnale elettrico che si propaga in seguito ad un potenziale d'azione non perde in intensità grazie a meccanismi di autorigenerazione all'interno della cellula nervosa, le regioni a monte e a valle rispetto a quella in cui stanno avvenendo gli scambi ionici sono inattive, trovandosi l'una nel periodo refrattario e l'altra al potenziale di riposo, l'ingresso di ioni permette la depolarizzazione fino al valore di soglia della regione successiva con innesco del potenziale d'azione. La conduzione risulta più rapida negli assoni più grandi, poiché questi offrono minor resistenza, ed in quelli mielinizzati che isolano la membrana dalla dispersione della corrente ionica; in quest'ultima condizione la conduzione del segnale elettrico è detta saltatoria poiché gli scambi ionici avvengono solo nei punti in cui la cellula non è isolata (nodi di Ranvier), nel caso

contrario la conduzione è detta continua. L'intensità dello stimolo non è codificata attraverso l'ampiezza del potenziale d'azione, che appunto resta costante, e quindi lo è attraverso la frequenza di scarica.

In caso di lesione del corpo cellulare la cellula muore, mentre se ad essere lesionato è l'assone c'è possibilità di recupero grazie all'azione delle cellule di Schwann, appartenenti alle cellule gliali, che oltre a produrre mielina permettono la ricrescita degli assoni del SNP in modo tale da consentire la riformazione di una sinapsi con il bersaglio corretto.

Quando il potenziale d'azione giunge al bottone sinaptico vengono emessi dalla cellula neurotrasmettitori attraverso esocitosi, processo con cui delle vescicole si fondono con la membrana cellulare ed emettono il neurotrasmettitore nello spazio extracellulare. Attraversano la fessura sinaptica questi si vanno a legare a recettori posti sulla membrana dendritica postsinaptica determinando l'apertura di canali ionici ligando-dipendenti. I flussi ionici che si instaureranno saranno di tipo inibitorio o eccitatorio e determineranno nella cellula postsinaptica risposte graduate in intensità proporzionale alla quantità di neurotrasmettitore captato (e quindi rilasciato dalla cellula presinaptica). Tali risposte pervenute ai dendriti sono sommabili rendendo possibile la generazione di un potenziale d'azione anche nella cellula post-sinaptica. Questo nel caso di sinapsi eccitatoria, poiché permettono un avvicinamento dalla condizione di riposo alla soglia di innesco, al contrario per le sinapsi inibitorie vi è un'iperpolarizzazione che diminuisce la probabilità di innesco di un potenziale d'azione. Si distinguono quindi potenziali postsinaptici eccitatori (PPSE) ed inibitori (PPSI) ai quali corrisponderanno flussi di carica opposti, rispettivamente uno positivo entrante (e quindi corrente entrante) e l'altro negativo entrante (corrente uscente).

### 1.1.2 I lobi del cervello e la loro funzione.

I lobi del cervello sono le 4 grandi sezioni che suddividono la corteccia cerebrale di ogni emisfero del cervello e che sono anche note come lobo frontale, lobo parietale, lobo temporale e lobo occipitale.

Protetti dalle ossa omonime del neurocranio e caratterizzati da circonvoluzioni e solchi, i lobi del cervello presentano, ciascuno, uno specifico set di funzioni; per esempio, il lobo occipitale presiede all'interpretazione degli stimoli visivi, il lobo parietale all'elaborazione delle informazioni sensitive provenienti dalla cute, al senso della posizione, il lobo frontale alla capacità di produrre il linguaggio parlato e scritto, al controllo dei movimenti volontari e per finire, il lobo temporale, alla capacità di comprendere il linguaggio scritto e parlato, alla percezione e interpretazione dei suoni.

Il cervello è la regione più voluminosa e importante dell'encefalo.

La sua conformazione anatomica generale prevede la presenza di:

- Due grandi emisferi speculari (l'emisfero cerebrale destro e l'emisfero cerebrale sinistro), separati da un solco (il cosiddetto solco interemisferico), e
  - Un corpo calloso, situato alla base dei due sopraccitati emisferi cerebrali.
- In superficie, il cervello presenta la cosiddetta sostanza grigia, la quale va a comporre uno strato laminare chiamato corteccia cerebrale; negli strati più profondi (quindi sotto la superficie), invece, presenta la cosiddetta sostanza bianca.

I lobi del cervello, o lobi cerebrali, sono le 4 grandi sezioni, in cui è idealmente suddivisa la corteccia cerebrale di ciascun emisfero del cervello umano e che gli anatomisti hanno indicato con gli appellativi di lobo

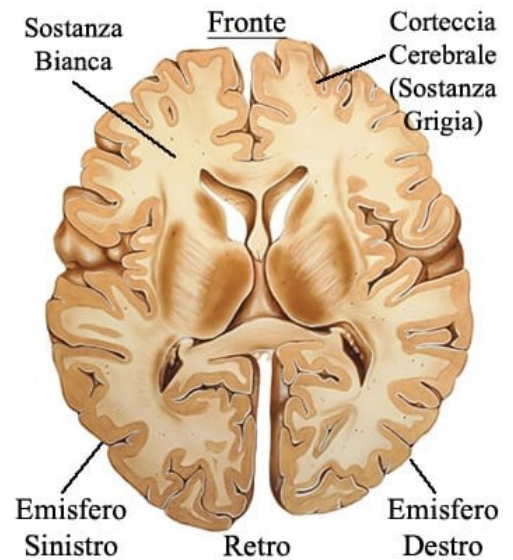


Figura 2: rappresentazione del cervello



frontale, lobo parietale, lobo temporale e lobo occipitale.

I lobi del cervello risiedono all'interno del neurocranio (o scatola cranica), ossia l'insieme di ossa del cranio deputato a proteggere l'intero encefalo. Questi presentano un'architettura comune; ognuno di loro, infatti, possiede una serie di creste – il cui nome specifico è circonvoluzioni – separate da scanalature più o meno profonde – il cui appellativo più appropriato è solchi. [5]

### Lobo frontale

Il lobo frontale è il lobo del cervello rappresentante, in ogni emisfero cerebrale, la porzione anteriore della corteccia cerebrale; il lobo frontale è, quindi, l'area corticale del cervello che si colloca anteriormente alle restanti 3 aree corticali.

Protetto principalmente dall'osso frontale (osso cranico che forma la fronte) e solo per una piccola parte dall'osso parietale (osso cranico che costituisce la regione superiore della volta cranica), il lobo frontale è, per estensione, il più grande dei lobi del cervello; è infatti di sua appartenenza il 41% di tutta la corteccia cerebrale.

Sul lobo frontale localizzano diverse importanti aree funzionali del cervello; tra queste, figurano: la corteccia motoria primaria (sulla circonvoluzione precentrale), la corteccia premotoria (sulle circonvoluzioni precentrale, frontale superiore e frontale media), l'area motoria supplementare (sulle medesime circonvoluzioni della corteccia premotoria), l'area di Broca (sulla circonvoluzione frontale inferiore) e la corteccia prefrontale (sulle circonvoluzioni rimanenti). Sul lobo frontale, inoltre, c'è una ricchissima quantità di neuroni sensibili alla dopamina

### Lobo parietale

Il lobo parietale è il lobo del cervello costituente, in ogni emisfero, la porzione di corteccia cerebrale compresa tra il lobo frontale, anteriormente, il lobo occipitale, posteriormente, e il lobo temporale, inferiormente.

Protetto dall'osso parietale, il lobo parietale rappresenta il 19% di tutta la corteccia cerebrale, il che lo colloca al terzo posto nella speciale classifica relativa all'estensione dei lobi del cervello.

Il lobo parietale presenta confini ben definiti: a separarlo dal lobo frontale, c'è il già citato solco di Rolando; a dividerlo dal lobo temporale, c'è la già citata scissura laterale di Silvio; infine, a distinguerlo dal lobo occipitale, c'è la scanalatura nota come solco parieto-occipitale.

Sul lobo parietale risiedono due importanti aree funzionali del cervello, che sono:

- La corteccia somatosensoriale primaria (o area somestesica primaria). Per la precisione, quest'area funzionale del cervello localizza nella circonvoluzione post-centrale del lobo parietale, ossia la circonvoluzione compresa tra il solco di Rolando e il solco post-centrale;
- La corteccia corticale posteriore. Più nei dettagli, tale area funzionale del cervello ha sede nelle circonvoluzioni dei lobuli parietale superiore e parietale inferiore, circonvoluzioni che si estendono a partire dal solco post-centrale, in direzione del lobo occipitale.

### Lobo temporale

Il lobo temporale è il lobo del cervello rappresentante, in ogni emisfero cerebrale, la porzione latero-inferiore della corteccia cerebrale.

Difeso dall'osso temporale (osso che comprende la tempia, l'orecchio e la regione immediatamente posteriore all'orecchio), il lobo temporale ricopre un'area di corteccia cerebrale pari al 22% del totale, risultando il secondo lobo cerebrale più esteso dopo il lobo frontale.

Sul lobo temporale prendono posto le aree funzionali del cervello note come area di Wernicke, ippocampo e amigdala.

### Lobo occipitale

Il lobo occipitale è il lobo del cervello rappresenta, in ogni emisfero cerebrale, la porzione posteriore della corteccia cerebrale; in altri termini,

quindi, è l'area corticale del cervello che si sviluppa posteriormente alle altre 3 aree corticali.

Protetto dall'osso occipitale (osso cranico della regione anatomica chiamata occipite), il lobo occipitale ricopre un'area di corteccia cerebrale pari al 18% del totale e ciò lo colloca all'ultimo posto nella classifica relativa ai lobi del cervello più estesi.

Sul lobo occipitale prendono posto due importanti aree funzionali del cervello: la corteccia visiva primaria (o corteccia calcarina) e la corteccia visiva secondaria.

I lobi del cervello frontale, temporale e parietale concorrono, con porzioni più intime (e vicine al sottostante corpo calloso), alla formazione del cosiddetto sistema limbico.

In neurologia, il termine "sistema limbico" indica un complesso di strutture cerebrali, che ha un ruolo chiave nelle reazioni emotive, nei processi di memoria a breve termine, nel comportamento e nell'olfatto.

I lobi del cervello ricoprono, ciascuno, un set specifico di funzioni. A dispetto di tale specificità funzionale, però, queste aree cerebrali non sono affatto strutture sconnesse tra di loro; ogni lobo del cervello, infatti, è in comunicazione con gli altri (e con altre strutture dell'encefalo) e, addirittura, il suo corretto funzionamento dipende dal corretto funzionamento degli elementi con cui è in contatto (per esempio, il cattivo funzionamento del lobo frontale, indotto da una lesione a suo carico, può causare il malfunzionamento di uno o più degli altri lobi del cervello).

La capacità di vedere un colore deriva dal lobo occipitale, mentre la capacità di riconoscerlo e identificarlo con un nome dipende dal lobo temporale.

Il cattivo funzionamento di uno di questi due lobi del cervello (non ha importanza di quale) conduce sempre e comunque a un'incapacità di stabilire i colori osservati. [6]

Il lobo frontale è importante per:

- Il controllo dei movimenti volontari. È prerogativa della corteccia motoria primaria, della corteccia premotoria e dell'area motoria supplementare;
- La memoria a lungo termine;
- La produzione del linguaggio parlato e scritto. Dipende dalla presenza dell'area di Broca;
- La capacità di comprendere e reagire a i sentimenti altrui (empatia);
- La programmazione di comportamenti e azioni finalizzati a un certo risultato, a ottenere una gratificazione, a stare meglio ecc. (sistema della ricompensa). È strettamente correlata alla corposa presenza di neuroni sensibili alla dopamina;
- La capacità di pianificare, la gestione dell'attenzione (compresa l'attenzione selettiva) e il controllo degli impulsi. Sono prerogativa dell'area prefrontale;
- La capacità di classificare gli oggetti;
- La personalità.

Lobo parietale: funzioni

Il lobo parietale ha un ruolo chiave nel garantire il senso della posizione e dello spazio e nell'elaborazione delle informazioni sensitive (quali dolore, senso del caldo o del freddo, il tatto ecc.) provenienti dalla cute.

Inoltre, contribuisce alla capacità di memoria, alle capacità di calcolo e alla capacità di interpretare il linguaggio.

Lobo temporale: funzioni

Il lobo temporale è il lobo del cervello che presiede a:

- La percezione dei suoni, il loro riconoscimento e la loro interpretazione. A garantire tutto ciò è il suo stretto rapporto con le componenti dell'orecchio medio e interno;
- L'interpretazione degli stimoli visivi e il riconoscimento, attraverso la costruzione di una memoria visiva, degli oggetti;

- La comprensione del linguaggio parlato e scritto, e la denominazione e la memoria verbali. Sono funzioni che spettano specificatamente all'area di Wernicke;
- La memoria a lungo termine e il controllo di funzioni apparentemente inconsce, come la fame, la sete, le emozioni ecc.

Lobo occipitale: funzioni

Il lobo occipitale è il lobo del cervello deputato a l'interpretazione degli stimoli visivi; a fornirgli tale capacità è la presenza della corteccia visiva primaria e della corteccia visiva secondaria.

Per effetto di traumi alla testa, episodi di ictus, tumori cerebrali e forme di demenza, i lobi del cervello possono subire lesioni o alterazioni nella loro normale anatomia; queste lesioni e queste alterazioni sono causa, com'è facilmente intuibile, di un loro cattivo funzionamento e della perdita, da parte del soggetto coinvolto, delle funzioni sotto il loro controllo.

- Il mal funzionamento del lobo frontale induce principalmente: scarsa se non assente capacità di controllo dei movimenti volontari, afasia espressiva (incapacità di parlare e scrivere), abulia (perdita di volontà), apatia, assenza di empatia, cambiamenti della personalità, difficoltà nella pianificazione di strategie, giudizi, comportamenti o azioni con una certa finalità e difficoltà nel controllare gli impulsi.
- Il cattivo funzionamento del lobo parietale è causa solitamente di: perdita del senso dello spazio, incapacità di riconoscere gli oggetti mediante il tatto (astereognosia uni- o bilaterale), aprassia (incapacità di compiere gesti coordinati e diretti a un determinato fine), sindrome di Gerstmann (acalculia, agnosia digitale ecc.), perdita delle abilità sensitive, anosognosia (incapacità di riconoscere i propri deficit), perdita della memoria topografica ecc.
- Il mal funzionamento del lobo temporale è responsabile prima di tutto di: afasia recettiva (incapacità di comprendere il linguaggio parlato e scritto),

acalculia (incapacità di calcolo), agrafia (incapacità di formulare un pensiero per iscritto), agnosia verbale-uditiva, disfasia nominale, dislessia acquisita, quadrantonopsia (perdita di un quarto del campo visivo), alterazioni della memoria non-verbale, prosopagnosia (incapacità di riconoscere i volti delle persone) ecc.

- Il cattivo funzionamento del lobo occipitale produce: emianopsia (perdita di metà del campo visivo), agnosia per il colori (mancato riconoscimento dei colori), acinetopsia (incapacità di vedere gli oggetti in movimento), allucinazioni visive e sindrome di Anton.

È importante precisare che, sulle caratteristiche del quadro sintomatologico derivante dal cattivo funzionamento dei lobi del cervello, incidono l'estensione della lesione/alterazione scatenante e l'interessamento o meno dell'emisfero cerebrale dominante (es: le lesioni dei lobi del cervello dell'emisfero dominante hanno conseguenze più gravi delle lesioni del lobo del cervello dell'emisfero non dominante).

# ICTUS

L'ictus è una condizione clinica frequente che ha un significativo impatto sui pazienti colpiti e sulla società, poiché è una malattia disabilitante con pesanti effetti sulla vita delle persone coinvolte. [7]

## 2.1 Definizione

Deficit neurologico focale ad insorgenza acuta i cui sintomi durano più di ventiquattro ore, secondario ad alterazione del flusso ematico cerebrale.

## 2.2 Classificazione

Questo tipo di patologia si divide in ischemica, quando c'è un'otturazione in un vaso e il sangue non giunge al cervello o al contrario emorragica, quando si forma un cumulo di sangue nel cervello che può comprimere parte della corteccia danneggiandola.

L'ictus ischemico può essere di tre tipi: aterotrombotico, cardioembolico e lacunare. Il primo avviene poiché i vasi sanguigni non sono più elastici e dunque si creano dei frammenti che vanno ad otturare il vaso; il secondo deriva dalla frammentazione di un trombo che giunge a livello del cuore (embolo) e andando in circolo occludono i vasi; l'ultimo riguarda i piccoli vasi, tipico degli ipertesi e diabetici.

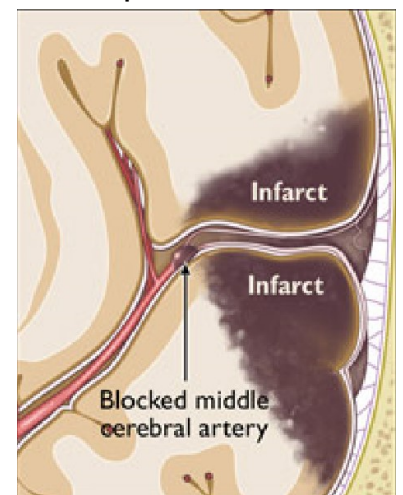


Figura 3: ictus ischemico

L'ictus emorragico si divide invece in intraparenchimale e subaracnoideo, le cause più frequenti sono le rotture di aneurismi, angiomi e deficit di coagulazione. La tipologia intraparenchimale si tratta mediante intervento chirurgico, quella subaracnoidea mediante intervento vascolare.

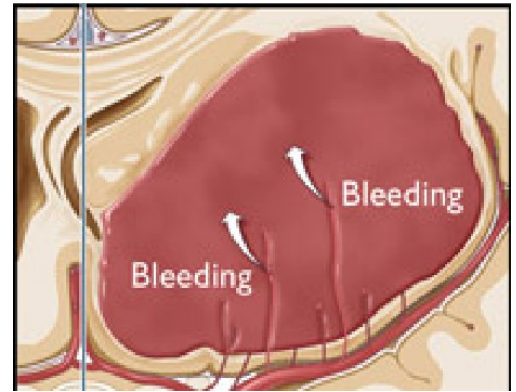


Figura 4: ictus emorragico

L'ictus ischemico viene trattato farmacologicamente mediante un fibrinolitico somministrato mediante flebo, in grado di sciogliere il trombo che ha determinato l'otturazione; in questi casi le tempistiche sono variabili fondamentali, se la patologia viene presa in tempo questo trattamento può essere risolutivo, se invece viene scoperta entro le quattro ore e mezza è doveroso ricorrere alla trombolisi.

Nel caso in cui il trombo sia molto grosso potrebbe non rispondere alla trombolisi e bisogna ricorrere alla trombectomia ovvero attraverso un catetere immesso in arteria dotato di una specie di rete si prende il trombo; ciò solo se il paziente giunge in ospedale entro sei ore.

La causa più frequente dell'ictus emorragico è l'aneurisma del vaso arterioso ovvero uno sfiancamento di un vaso che viene chiamata sacca neurismatica, la quale col flusso del sangue si può rompere; gli aneurismi tendono a concentrarsi nel poligono di Willis (sistema di vasi cerebrali).

### **2.3 Sintomatologia e segni**

In base alla regione colpita possiamo avere diversi sintomi e segni: i primi si distinguono in sensitivi, sensoriali che determinano una alterata percezione di una parte del corpo o visivi, riduzione del campo visivo completa o parziale. Tra i secondi riscontriamo emiparesi o emiplegia, impaccio motorio di arto superiore o parola impastata (es. disartria); i



disturbi della marcia, instabilità e parola scandita per quanto riguarda la sindrome cerebellare, disfagia e disartria per quelle bulbari ma anche disturbi cognitivi, quali afasia e neglet.

Il termine afasia fa riferimento al disturbo del linguaggio ovvero il paziente non capisce ciò che gli viene detto o ciò che legge in termini di significato; il neglet è un disturbo dell'attenzione, avviene nella zona parietale destra ed il paziente ignora tutto ciò che è alla sua sinistra, sé stesso e l'ambiente.

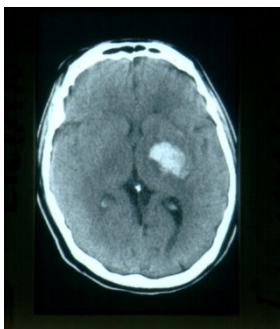
Nelle prime ventiquattro ore possono verificarsi situazioni per cui non riconoscono nemmeno il proprio arto.

Nello specifico caso dell'ictus emorragico possono verificarsi manifestazioni cliniche quali cefalea violenta, tipicamente nucale; perdita di coscienza con caduta a terra, vertigini, alterazione vista e obnubilamento ma anche sindrome meningea che comprende nausea, vomito con decubito obbligatorio.

Altri sintomi sono l'idrocefalo, ovvero accumulo del liquor prodotto dai ventricoli, che se non assorbito dallo spazio subaracnoideo, rimane tra i ventricoli e li dilata e l'iperpiressia maligna ovvero presenza di febbre alta dovuta ad interessamento delle zone adibite a termoregolazione.

La diagnosi precoce per verificare la natura dell'ictus si fa mediante la tomografia computerizzata: se è emorragico vedrò nella zona interessata una macchia bianca, se è ischemico noterò ipodensità del nucleo lenticolare, ovvero perdita del gradiente tra la sostanza bianca e grigia.

**Emorragico**



*Figura 5*

**Ischemico**



*Figura 6*

## **2.4 Epidemiologia**

L'ictus conta in Italia circa 200.000 casi ogni anno, di cui l'80% sono nuovi episodi e il 20% recidive, che riguardano soggetti precedentemente colpiti. In Italia l'ictus è la terza causa di morte dopo le malattie cardiovascolari e le neoplasie (il 10-12% di tutti i decessi per anno si verifica dopo un ictus) e rappresenta la principale causa d'invalidità.

Nel nostro Paese il numero di soggetti che hanno avuto un ictus e sono sopravvissuti, con esiti più o meno invalidanti, è pari a circa 913.000.

Ad 1 anno circa dall'evento acuto, un terzo dei soggetti sopravvissuti ad un ictus – indipendentemente dal fatto che sia ischemico o emorragico – presenta un grado di disabilità elevato, tanto da poterli definire totalmente dipendenti.

Il fenomeno è in costante crescita a causa dell'invecchiamento della popolazione.

Il tasso di prevalenza di ictus nella popolazione anziana (età 65-84 anni) italiana è del 6,5% leggermente più alta negli uomini (7,4%) rispetto alle donne (5,9%).

L'incidenza dell'ictus aumenta progressivamente con l'età raggiungendo il valore massimo negli ultraottantacinquenni. Il 75% degli ictus, quindi, colpisce i soggetti di oltre 65 anni.

Nel mondo il numero di decessi per ictus è destinato a raddoppiare entro il 2020. [8]

## **2.5 Disabilità: impatto su funzione e qualità di vita**

L'ictus è considerato la prima causa di disabilità negli anziani e seconda causa di demenza dopo l'Alzheimer, negli stessi.

Questa patologia comporta un'ampia gamma di deficit funzionali, dalla paresi degli arti superiori e inferiori a gravi problemi neurologici e cognitivi,

che richiedono risposte riabilitative diverse in relazione alla gravità del danno cerebrale subito.

Il 60 per cento dei pazienti presenta anche problemi visivi, quasi un paziente su due ha difficoltà di deglutizione e respirazione, uno su tre soffre di disturbi del linguaggio e depressione.

I costi collettivi dell'ictus sono valutati in 3,7 miliardi di euro, ovvero il 4 per cento della spesa sanitaria nazionale: un terzo è rappresentato dalle spese di trattamento nella fase acuta, gli altri due terzi sono costi generati dalla disabilità. Ci sono, poi, i costi che devono sostenere le famiglie, a causa della malattia le spese familiari aumentano del 58 per cento e il 69 per cento dei pazienti tra i 25 e i 59 anni deve abbandonare il lavoro.

L'ictus è un evento che ha un impatto forte non solo sulla persona colpita, ma anche sulla sua famiglia.

Lo stress, l'ansia, la depressione o la sensazione di “una crisi senza fine e di smarrimento”, infatti, sono comuni nei famigliari di coloro che hanno subito un ictus.

Lo stress, in particolare, si può manifestare in varie forme: sintomi psicosomatici, disaccordo tra i membri della famiglia su come gestire la situazione, difficoltà ad accettare un cambiamento di ruolo, sensazione di essere in gabbia, timori di isolamento sociale, timori di impoverimento finanziario.

Solitamente in una famiglia lo stress è maggiore quando l'ictus è grave, o se c'è il rischio di disabilità permanente, nonostante le cure e la riabilitazione, o quando le tensioni tra i membri della famiglia erano già presenti prima dell'ictus.

La persona che solitamente si trova ad affrontare maggiori difficoltà è il coniuge: la modifica di ruolo è molto difficile da sostenere nel tempo, anche se in molti casi la coppia è in grado di reggere alle avversità e ai cambiamenti.

L'ictus è un evento improvviso ed inatteso ed è quindi un fatto traumatico. È normale quindi provare sentimenti di profondo sconforto ed incredulità. Spesso i famigliari temono di aver perso un proprio caro, si sentono soli, vogliono capire subito cosa sia successo e se vi siano possibilità terapeutiche e di recupero.

La famiglia entra in "modalità di crisi", cercando di provvedere concretamente ai bisogni del proprio caro in un contesto emotivo che fluttua tra la speranza e l'incertezza.

## 2.6 Emiplegia e spasticità

La spasticità fa parte di una delle principali conseguenze post ictus ed un carattere distintivo dell'emiplegia.

La spasticità è un fenomeno che spesso viene identificato nell' "ipertono muscolare". Quando si parla di Emiplegia e di ictus cerebrale è comunemente condiviso, che la Spasticità e quindi l'ipertono, sia il problema maggiore.



Figura 7: mano con spasticità

Infatti rappresenta una condizione riflessa dei muscoli difficilmente trattabile dal fisioterapista e difficilmente gestibile dal paziente emiplegico, sia che si tratti di emiplegia destra sia di emiplegia sinistra. L'emiplegia è la conseguenza di un danno al sistema cortico-spinale, si avrà una difficoltà nel trasferimento di comandi motori dalla corteccia al midollo spinale. Di conseguenza le caratteristiche principali dell'emiplegia sono principalmente tre: la debolezza muscolare, l'alterazione del tono muscolare e la coattivazione dei muscoli antagonisti [Villeneuve 2014]. A seconda dei singoli quadri del paziente, si possono ritrovare in aggiunta: aggiustamenti posturali anormali, alterata sinergia di movimenti, mancanza di coordinazione muscolare e deficit di sensibilità [Cristea,2001]. Vista la

moltitudine di aspetti che caratterizza l'empiegia e la loro coesistenza, è più appropriato parlare di sindrome plegica.

Questo avveniva fin quando il fenomeno della spasticità venne approfondito e correttamente interpretato, infatti i risultati degli studi condotti dal Professor C. Perfetti e dalla sua equipe, hanno permesso da tempo di promuovere un approccio terapeutico in grado di mettere il paziente emiplegico nelle condizioni di poter apprendere diverse modalità di controllo nei confronti dell'ipertono e della spasticità, attraverso l'attivazione dei processi cognitivi come ad esempio un corretto utilizzo dell'attenzione. [9]

Si parla del "Metodo Perfetti" conosciuto anche come Esercizio Terapeutico Conoscitivo o Riabilitazione Neurocognitiva.

Si definisce cosa sia la Spasticità e come sia possibile il suo trattamento. Il progresso delle scienze neurocognitive permette di identificare all'interno del complesso fenomeno della spasticità, un insieme di fenomeni e di elementi patologici più facilmente trattabili attraverso l'esercizio terapeutico conoscitivo. In conclusione il fenomeno della spasticità è l'insieme dei seguenti componenti di motilità elementare:

- Reazione Abnorme allo Stiramento
- Abnorme Irradiazione
- Deficit di Reclutamento di Unità Motorie
- Schemi elementari di movimento

#### Reazione abnorme allo stiramento

Per comprendere al meglio questo elemento della spasticità è necessario fare un esempio. Quando picchiamo con un martelletto il ginocchio, questo si muove per riflesso, questo avviene per lo stiramento "veloce" dei recettori muscolari e tendinei, ma nel soggetto emiplegico con spasticità è diverso: il riflesso da stiramento dei recettori, è abnorme ed avviene anche

con stiramenti di lieve entità e "lenti". Se in seguito ad un trattamento riabilitativo inadeguato, la persona si trova con il braccio piegato al gomito e si prova ad estenderlo manualmente, si otterrà non altro che una risposta riflessa di ulteriore flessione.

Nella valutazione del paziente emiplegico, il dato più rilevante da osservare, non è tanto l'entità della spasticità, ma la capacità del paziente di tenerla sotto controllo.



*Figura 8*

Infatti, se invece di estendere il gomito senza preparazione chiediamo al paziente di dirigere la sua attenzione sull'articolazione che verrà mossa, in questo caso il gomito, e lo si fa preparare al movimento, utilizzando anche il confronto con il gomito opposto, è possibile verificare una risposta diversa: il gomito infatti, mostrerà delle possibilità diverse di movimento. Questo è solo un esempio, in realtà tali capacità richiedono una guida terapeutica ben strutturata.

La reattività abnorme allo stiramento ha un'origine ben precisa.

Il controllo dei muscoli è affidato a due entità : una legata al controllo cosciente, quindi ai processi cognitivi come attenzione memoria apprendimento ed altri, l'altra invece di tipo riflesso, che reagisce allo stiramento, attraverso una contrazione contraria alla direzione dello stiramento.

Quando avviene una lesione al cervello come in seguito ad una ischemia cerebrale o emorragia, l'entità corticale (cosciente), perde la capacità di

bilanciare l'azione di quella midollare (riflesso), che prende il sopravvento. Ricordiamo che per effetto della diaschisi, avviene l'inibizione a carico delle sinapsi. La riabilitazione ha il compito fondamentale di far sì che questo processo di competizione vada a favorire il controllo cosciente dell'organizzazione motoria, purtroppo però, troppo spesso una fisioterapia scorretta provvede ad accentuare la spasticità attraverso il rinforzo muscolare.

Due importanti aspetti della riabilitazione e della spasticità:

1) l'ictus è un danno al cervello e limita le sue funzioni cognitive, non è un danno dei muscoli, pertanto il trattamento deve essere rivolto nei confronti del corpo e dei processi cognitivi.

2) La contrazione muscolare è solo uno degli aspetti della organizzazione motoria, alla base del movimento c'è la nostra capacità di elaborarlo attraverso le nostre capacità cognitive, come percezione, attenzione ed apprendimento.

Quindi per recuperare il movimento è necessario recuperare queste facoltà.

Il superamento della reattività allo stiramento e della spasticità, permette al riabilitatore di condurre il paziente ad apprendere un movimento sempre più evoluto.

### Abnorme Irradiazione

L'abnorme Irradiazione è un aspetto della spasticità che si ritrova nel soggetto sano; infatti l'irradiazione serve per risolvere un problema motorio, quando ad esempio devi sollevare una valigia pesante, anche il braccio opposto parteciperà al movimento.

Questo è un esempio di irradiazione, che nel soggetto sano ha un significato funzionale: serve per svolgere più efficacemente un compito.

Diverso è nel soggetto emiplegico.

A causa dell'irradiazione e dunque della spasticità, l'attivazione di muscoli diversi da quelli impegnati direttamente nell'azione non sono funzionali all'azione stessa, ma sono sempre gli stessi, quindi non sono variabili. Spesso la spasticità (l'irradiazione), investe quei muscoli che sono coinvolti negli schemi sinergici patologici, un esempio è quello di flessione del braccio, chiusura della mano, di estensione della gamba e supinazione del piede.

Per questo accade che in seguito ad uno sforzo lieve si manifesta spesso l'attivazione di queste sinergie, anche durante il cammino infatti è possibile notare la flessione del braccio e la chiusura della mano, e la inclinazione del piede verso il bordo esterno tanto da portare alcuni sanitari, a prescrivere alcuni sostegni rigidi detti molle che impediscono tale fenomeno.

Anche questo aspetto della spasticità, l'irradiazione, è fortemente suscettibile al trattamento riabilitativo e alle capacità di apprendimento per il controllo di questo fenomeno.

In realtà se la riabilitazione viene effettuata in modo corretto, sin dai primissimi giorni in seguito all'ictus, la spasticità, dovrebbe non comparire o perlomeno essere presente in minima parte.

### Schemi elementari

Questo altro elemento della spasticità può essere spiegato attraverso il fenomeno della diaschisi, sappiamo infatti che i primi circuiti neuronali che vengono riattivati in seguito alla lesione sono quelli rappresentati da circuiti semplici, con poche sinapsi.

Un esempio è quello di elevazione dell'anca durante il cammino, quello che viene definito "andatura falciante", questo tipo di movimento rappresenta uno schema semplice di movimento perché stereotipato, in definitiva compare ogni qual volta che il soggetto tende a fare un qualsiasi



movimento con l'arto inferiore.

Anche questo aspetto della spasticità deve essere superato dal trattamento riabilitativo, o come abbiamo detto prima, bisognerebbe far sì che non compaia affatto, perché l'apprendimento di tali schemi preclude l'apprendimento di nuove e più evolute possibilità di movimento.

Spesso, purtroppo, l'errore che si commette in riabilitazione è quello di potenziare la spasticità e tali schemi elementari di movimento, perché come nel caso dell'elevazione di anca permettono uno spostamento più veloce del paziente.

### Deficit di reclutamento di unità motorie

E' forse uno degli aspetti più evidenti dello specifico patologico del paziente emiplegico e della spasticità, perché fa riferimento alla incapacità di reclutare unità motorie (contrarre i muscoli).

Rappresenta infatti uno degli elementi che in genere il fisioterapista cerca di recuperare per primo attraverso il rinforzo muscolare.

Ma questo tipo di approccio, definito muscolare, non premia dal punto di vista del recupero, per il primo motivo fondamentale che l'alterazione del movimento del paziente emiplegico, non nasce da un problema dei muscoli, poi perché la contrazione muscolare rappresenta solo uno degli aspetti della complessa organizzazione motoria, alla base della quale vi è una altrettanta complessa organizzazione dei nostri processi cognitivi.

Per tanto se vogliamo recuperare la possibilità di "contrarre i muscoli" o per meglio dire di organizzare il movimento dobbiamo agire da punto di vista terapeutico sui processi cognitivi, da qui deriva il successo della Riabilitazione Neurocognitiva. In conclusione, trattare la spasticità come fenomeno unico, senza considerare tutti gli elementi di cui è composta non permette una corretta interpretazione della patologia e porta purtroppo ad intraprendere trattamenti incoscienti con troppa leggerezza.

# L'ARTO SUPERIORE

L'arto superiore si compone di due regioni distinte in braccio ed avambraccio: il segmento superiore è l'omero, in rapporto con la scapola per formare parte dell'articolazione della spalla; il segmento inferiore è composto da due elementi ossei paralleli, mobili tra loro (radio ed ulna), che formano insieme all'omero l'articolazione del gomito, mentre in basso si uniscono alla mano tramite l'articolazione del polso. Braccio ed avambraccio, articolandosi tra loro, agiscono da supporto per ampliare i movimenti dell'arto in funzione delle molteplici necessità prensili della mano. La distribuzione muscolare del segmento superiore dell'arto (omero) si distingue in: 1. muscoli flessori (regione anteriore del braccio); 2. muscoli estensori (regione posteriore del braccio). Più complessa è la distribuzione dei muscoli dell'avambraccio, per la varietà dei movimenti eseguibili dalla mano, con i relativi distretti digitali. [10]

### 3.1 Fisiologia articolare

#### Gomito

Doppia articolazione, unisce il segmento del braccio, l'omero, con le due ossa dell'avambraccio: l'ulna ed il radio.

Il gomito è formato da due giunzioni articolari: 1. omero-ulnare (tipo "trocleartosi"); 2. omero-radiale (tipo "enartrosi"). Le due giunzioni articolari consentono la flessione-estensione del gomito. A completare l'assetto articolare del gomito, si inserisce sul prolungamento dell'ulna un segmento osseo detto "oleocrano", che rappresenta un incastro articolare posteriore. Infine, esiste un altro meccanismo articolare che emerge nella funzionalità dell'avambraccio, quando ulna e radio si articolano tra loro: si tratta dell'articolazione radio-ulnare, predisposta alla rotazione dell'avambraccio

intorno al suo asse longitudinale, permettendo la prono-supinazione (che diventa massima quando il gomito è posto in flessione a 90°). Le azioni di flessione, estensione, pronazione, supinazione, adduzione ed abduzione sono visibili nello schema successivo.



Figura 9

In particolare, il segmento più mobile è il radio: pertanto è questo a ruotare intorno all'ulna, così che le due ossa risultano parallele in massima supinazione ed incrociate in massima pronazione.

## Polso

L'articolazione di polso (fig. 4), la radio-carpale, è costituita dalla porzione dell'avambraccio (detta anche antibrachiale) che si articola con la mano. Questa giunzione articolare è classificata in base al tipo come "condiloartrosi": da un punto di vista meccanico è biassiale.

### **3.2 Muscoli del braccio**

#### Coracobrachiale

È visibile in piccola parte al di sotto del bicipite, adagiandosi interamente sul braccio lungo la faccia più interna e superiore dell'omero. Corredato di un modesto fascio muscolare, raggiunge la scapola con il tendine superiore. È un muscolo monoarticolare.

Attraversa l'articolazione scapolo-omerale della spalla per inserirsi: sulla scapola, alla base dell'apofisi coracoide (inserzione superiore) e sull'omero, a livello della faccia antero-interna nella metà superiore

(inserzione inferiore). La sua funzione è quella di partecipare all'elevazione del braccio, flettendolo sulla spalla sul piano laterale e lo avvicina al torace sul piano orizzontale; inoltre, concorre all'adduzione dell'omero.

La sua azione si realizza in alcuni movimenti del braccio rispetto alla spalla, ma sempre come muscolo accessorio del grande pettorale e del deltoide anteriore. Tuttavia, partecipa a stabilizzare l'articolazione scapolo omerale della spalla, quando questa è messa sotto carico.

### Bicipite brachiale

È il principale muscolo motore anteriore dell'articolazione del gomito e passa in modo verticale sopra la parte centro inferiore del braccio. È formato da due lunghi fasci muscolari paralleli, che nella parte superiore si trovano inseriti tramite due distinti tendini diretti alla scapola; mentre nella parte inferiore si fondono su un unico tendine collocato sulla parte superiore del radio. È un muscolo biarticolare; attraversa l'articolazione scapolo-omerale e del gomito. Utilizza anche l'articolazione radio-ulnare dell'avambraccio, considerato il particolare tragitto realizzato dal tendine inferiore. Il bicipite è costituito da due capi: 1. il capo lungo (rappresenta la porzione più laterale dell'omero, inserendosi sulla scapola, oltrepassando la sede omerale (tuberosità sopraglenoidea); 2. il capo breve (rappresenta la porzione più interna all'omero, inserendosi sulla scapola a livello dell'apice dell'apofisi coracoide). I due capi hanno l'inserzione in comune sul radio, attraverso un percorso tendineo che lo avvolge alla base, fino a raggiungere la faccia posteriore. I due capi del bicipite, a livello del gomito, partecipano insieme alla flessione dell'avambraccio sul braccio ed alla supinazione dell'avambraccio quando questo è in flessione di 90°. A livello della spalla collaborano all'antiversione del braccio: in particolare, il capo breve – data la sua inserzione tendinea posta al di sotto del fulcro articolare della spalla – partecipa all'adduzione del braccio. Il capo lungo,

diversamente, avendo il tendine che passa sopra la scapola-omeroale, partecipa all'abduzione del braccio. Per questa ragione, il capo lungo ha una funzione periarticolare, aiutando a mantenere il contatto articolare della testa omerale sulla scapola. Inoltre, il bicipite è fornito nella sua inserzione inferiore di un ulteriore ancoraggio lacerto fibroso posto sull'ulna, utile alla stabilità assiale nel corso della supinazione dell'avambraccio. Pur essendo il principale flessore del gomito, il bicipite trova ad ogni angolo di lavoro il contributo più o meno efficace di altri muscoli

flessori posti nell'avambraccio: il suo migliore isolamento richiede un'attenta riflessione sulle varie azioni.

Considerato che questo muscolo interviene sulla meccanica delle tre articolazioni (spalla, gomito e radio-ulnare), raggiunge il massimo allungamento quando il segmento del braccio si trova esteso rispetto alla spalla e l'avambraccio si trova esteso e pronato; viceversa, raggiunge il massimo accorciamento quando l'omero è flesso verso la spalla e l'avambraccio flesso e supinato. Sulla base di questo schema funzionale, è possibile costruire i relativi movimenti necessari al suo potenziamento, tenendo conto che il bicipite esprime la massima componente dinamica flessoria tra i 40 ed i 110° di flessione del gomito. È da tenere presente che la supinazione dell'avambraccio, associata alla flessione dello stesso, risulta essenziale per un corretto e pieno utilizzo del bicipite brachiale. Per concludere, si può affermare che i due capi che formano il bicipite brachiale sono predisposti a lavorare in misura eguale:

- nella flessione del gomito;
- nella supinazione dell'avambraccio;
- nella flessione dell'omero sulla spalla.

Esistono, comunque, delle condizioni particolari in cui i due capi del bicipite possono dare un contributo leggermente diverso al lavoro muscolare, in

relazione alla posizione assunta dal braccio rispetto al corpo; infatti, proprio per la loro distinta collocazione tendinea superiore e per il diverso attraversamento dell'asse di rotazione dell'omero rispetto all'articolazione scapolo-omerale (il tendine del capo lungo passa al di sotto della testa omerale, mentre il tendine del capo breve passa al di sotto) viene modificato il loro stiramento, diversificando tra loro la tensione muscolare ed il successivo lavoro. Nel caso dell'omero addotto e ruotato esternamente, prevale durante il movimento dell'arto l'azione del capo lungo (esterno); mentre nel caso dell'omero abdutto e ruotato internamente prevale, nel compiere il movimento, l'azione del capo breve (interno).

### Brachiale anteriore

Si dispone anteriormente sul braccio a ridosso della porzione inferiore e non è facilmente visibile perché è quasi interamente coperto del muscolo bicipite.

È un muscolo monoarticolare. Ha un ventre muscolare con direzione verticale che attraversa la sola articolazione del gomito per inserirsi rispettivamente: sull'omero, nella parte centro-anteriore (inserzione superiore); sull'ulna, nella faccia anteriore sotto l'apofisi coronide (inserzione inferiore). È attivo solo nella flessione del gomito, avvicina l'avambraccio al braccio e, viceversa, flette l'omero sull'avambraccio. Il brachiale anteriore viene chiamato in causa quando il gomito si piega, indipendentemente dalla rotazione dell'avambraccio e si cataloga quale unico "flessore puro" di questa articolazione. Infatti, la sua inserzione inferiore è posizionata sull'ulna, che non ha la possibilità di ruotare in modo effettivo, come invece avviene per il radio e, pertanto, non risente della prono-supinazione assunta dall'avambraccio. Questa stessa inserzione tendinea è posizionata vicino all'asse articolare del gomito, così da permettere con piccoli accorciamenti muscolari ampi spostamenti dell'avambraccio, che risultano decisivi alla velocità della flessione. Trova

il suo ruolo principale nella flessione dell'avambraccio sul braccio, quando l'arto viene anteposto verso la spalla: in queste condizioni, il suo "cugino" bicipite viene a trovarsi parzialmente deterso, lasciando gran parte del lavoro al bicipite brachiale. È interessante notare che lo sviluppo muscolare del brachiale anteriore ha l'effetto di esaltare la forma del bicipite brachiale, grazie alla sua disposizione al di sotto di questo (che risulta come una sorta di sollevamento anatomico).

### Brachioradiale

Questo muscolo si evidenzia sulla regione latero-anteriore dell'avambraccio, con un copro carnoso corredato di un lungo tendine inferiore collocato sul radio. E' un muscolo monoarticolare. Attraversa l'articolazione del gomito interessando anche l'articolazione radio-ulnare che lo renderebbe funzionalmente biarticolare. Si inserisce rispettivamente: sull'omero alla base del margine inferiore esterno (inserzione superiore), sul radio (inserzione inferiore), attraverso un lungo tendine che raggiunge l'estremità inferiore, collocandosi sulla faccia laterale (apofisi stiloide del radio). Flette l'avambraccio sul braccio e viceversa, specialmente nei primi gradi della flessione. Svolge il ruolo di rotatore dell'avambraccio solo se si trova in estrema pronazione o supinazione, con la capacità di poter invertire la sua azione; proprio per questa caratteristica si verifica, nelle normali condizioni, un equilibrio di forze (tra l'azione supinatrice e pronatrice) che si traduce in una derotazione dell'avambraccio stesso, tipica nella presa detta "a martello". Controlla la mobilità articolare del gomito partecipando alla flessione dell'avambraccio, nella quale porta il massimo contributo nei primi gradi del movimento grazie ad una leva muscolare inizialmente più favorevole rispetto a quella utilizzata dal bicipite. Difatti il brachioradiale, avendo l'inserzione inferiore lontano dal fulcro articolare, ha il vantaggio di esercitare subito la sua trazione con la componente dinamica, favorevole all'avvio della flessione. Il potenziamento

del brachioradiale avviene durante l'esercitazione del bicipite nella flessione dell'avambraccio, ponendo questo ultimo in pronazione per consentire il massimo utilizzo del brachioradiale che si trova pre-allungato; il lavoro sarà concentrato soprattutto nella prima parte del movimento (vedi panca Scott).

### Tricipite brachiale

Si dispone lungo il braccio, coprendo tutta la regione dorsale ed è sostanzialmente l'unico muscolo estensore dell'articolazione del gomito. Si compone di tre capi distinti, che si uniscono nella parte inferiore a livello del gomito in un unico e robusto tendine collocato sull'avambraccio: il capo laterale (il fascio esterno, che attraversa soltanto il gomito per inserirsi sull'omero nella faccia posteriore e laterale); il capo mediale (rappresenta il fascio interno del tricipite, attraversa soltanto il gomito per inserirsi sull'omero nella faccia posteriore interna; il capo lungo (biarticolare, rappresenta il fascio posteriore ed è composto di un corpo muscolare di notevole lunghezza che copre la stessa direzione iniziale del capo mediale; attraversa l'articolazione del gomito e l'articolazione della spalla per inserirsi sulla scapola nella regione posteriore a fianco della sede omerale – tuberosità sottoglenoidea). I tre diversi capi confluiscono in un tendine comune che si inserisce sull'ulna nella regione posteriore alta a livello dell'olecrano. A livello articolare è formato da tre capi distinti, provenienti da tre diversi punti di inserzione superiore: due sono di tipo monoarticolare e di modesto sviluppo muscolare ed il terzo, il più consistente, è biarticolare. A livello del gomito i tre diversi fasci (in particolare il capo mediale e quello laterale) agiscono come protagonisti assoluti nell'estensione dell'avambraccio sul braccio e viceversa. A livello della spalla interviene soltanto il capo lungo, che partecipa all'avvicinamento del braccio al tronco estendendo e/o adducendo l'omero sulla scapola. Inoltre, ha un'azione fondamentale nei piegamenti sulle braccia, movimenti nei quali il capo



lungo esercita una particolare contrazione statica con effetti dinamici, associando l'estensione del gomito alla flessione della spalla e lasciando così invariata la lunghezza del suo ventre muscolare. Una specifica azione complessiva del tricipite si evidenzia nei movimenti dell'arto superiore, di tipo complesso, come la contemporanea estensione del braccio e dell'avambraccio, che si registra in alcuni gesti come il lancio di un oggetto dall'alto in basso tipico del colpo d'ascia.

Il tricipite brachiale è l'unico estensore dell'avambraccio, però, diversamente dai suoi antagonisti (muscoli flessori del gomito), non varia la sua tensione muscolare in relazione alla prono-supinazione dell'avambraccio in quanto si inserisce posteriormente all'ulna, che a sua volta non risente della rotazione del radio. Le due porzioni monoarticolari del tricipite (capo mediale capo laterale) risultano facilmente impiegate nell'attività pratica, attraverso l'estensione del gomito contro resistenza in qualsiasi condizione si trovi l'arto rispetto al tronco. È ovvio che i due capi del tricipite si trovano a sostenere direttamente il lavoro muscolare e, quindi, a specializzarsi quando il capo è lungo e messo fuori gioco – come nel momento in cui il braccio si trova particolarmente vicino al corpo. Il capo lungo del tricipite, essendo di natura biarticolare, cambia la sua lunghezza e quindi il suo stato di tensione in funzione della posizione articolare in cui si trova il braccio. Il suo maggior utilizzo si riscontra quando il braccio è posto sopra la testa: in tale posizione il ventre muscolare del capo lungo è completamente teso e predisposto a lavorare, esaltando il suo impiego nell'estensione del gomito contro resistenza. Un'ulteriore specializzazione del capo lungo del tricipite può avvenire contrastando l'avvicinamento dell'arto al corpo (estensione e adduzione del braccio), facendo perno sulla spalla. Va comunque ricordato che l'applicazione pratica di questo movimento non garantisce il massimo

isolamento, in quanto altri muscoli posteriori del tronco partecipano fortemente all'azione.

### Anconeo

Composto di un piccolo ventre muscolare, risiede nella regione posteriore del gomito attraversando la stessa articolazione per inserirsi: sull'omero, posteriormente a livello della testa omerale, epicondilo laterale (inserzione superiore), sull'ulna, a livello della faccia posteriore, raggiungendo l'olecrano lateralmente (inserzione inferiore). E' un muscolo monoarticolare, attraversa la sola articolazione del gomito e si inserisce tra l'omero e l'ulna. Ha una funzione stabilizzatrice per l'articolazione del gomito, mantenendo l'ulna aderente all'omero, soprattutto nei movimenti di pronazione dell'avambraccio. Partecipa come muscolo accessorio del tricipite all'estensione dell'avambraccio sul braccio e viceversa.

### **3.3 Muscoli dell'avambraccio**

Molteplice organizzazione muscolare, si compone di numerosi fasci disposti anteriormente, posteriormente e lateralmente suddivisi ancora in uno strato superficiale ed uno profondo. Nel complesso, i muscoli dell'avambraccio svolgono un'azione a livello del gomito e del polso. Le loro diverse azioni sono da supporto ai movimenti del braccio. A livello del gomito la l'azione è fortemente presente nella flessione e nella pronosupinazione dell'avambraccio, mentre è totalmente assente nell'estensione. A livello del polso partecipano a tutti i movimenti consentiti all'articolazione del carpo. Nel lavoro eseguito in palestra, i muscoli dell'avambraccio compiono una rilevante azione isometrica come stabilizzatori del polso, negli esercizi i muscoli del dorso e per le braccia. Il loro lavoro muscolare è quindi presente in tutti i movimenti di trazione nei quali le mani devono esercitare una vera presa per afferrare e tenere ben

saldo l'attrezzo. A questo proposito, si evidenziano molto frequentemente forti sollecitazioni muscolari durante l'esercizio, dovute al loro impegno statico sul polso ed al tempo stesso dinamico sull'avambraccio.

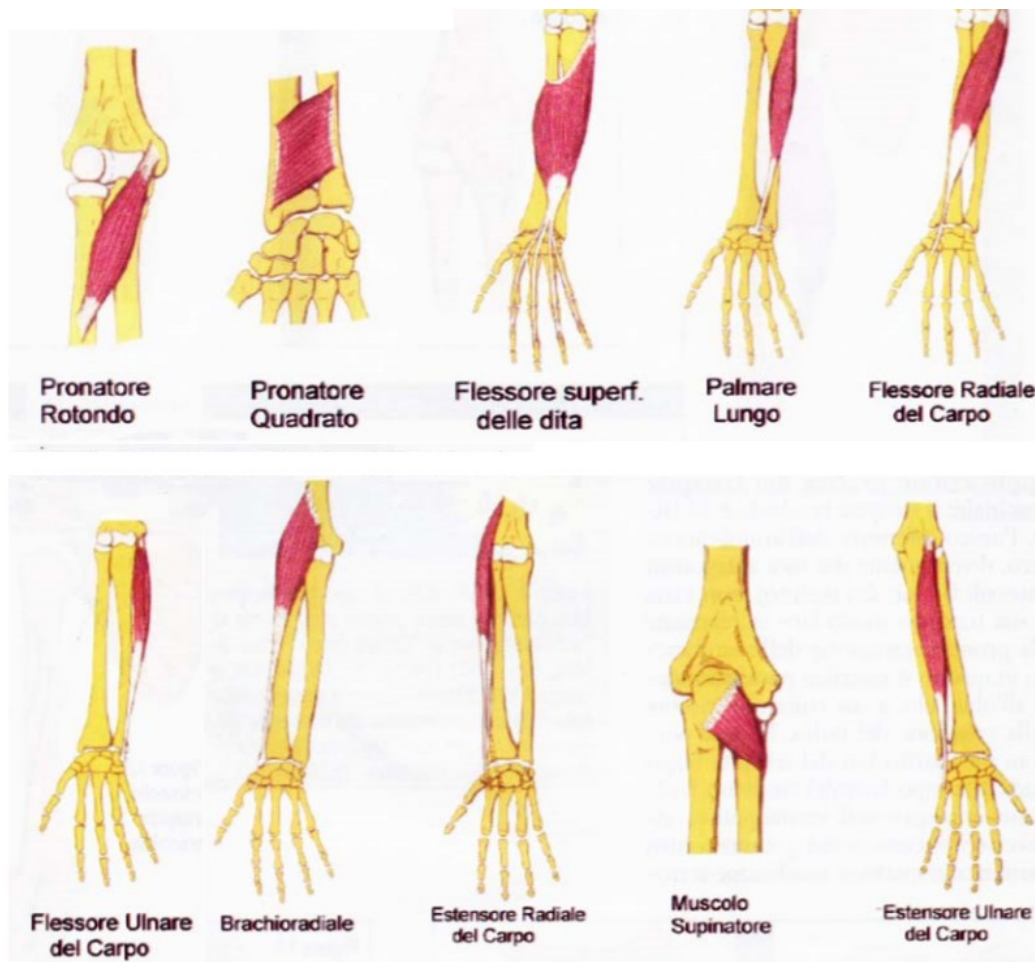


Figura 10

## Mano

La mano si trova alla parte estrema esterna del braccio a cui è collegata dal polso. La mano serve a toccare e a prendere ed è composta da 5 dita vero e proprio "strumento" prensile dell'uomo. Lo scheletro della mano è costituito da 26 ossa divise in 3 gruppi: carpo, metacarpo, falangi.

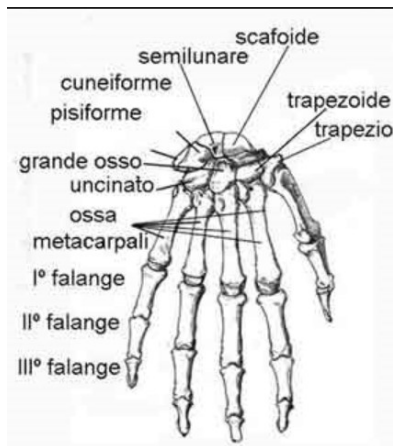


Figura 11

### Ossa della mano: Carpo

Il carpo è formato da 8 ossa brevi organizzate in 2 fila:

o fila prossimale (latero-medialmente): scafoide (navicolare), semilunare, piramidale, pisiforme.

o fila distale (latero-medialmente): trapezio, trapezoide, capitato, uncinato.

Il carpo, prossimalmente, forma una sorta di condilo che si articola con le ossa dell'avambraccio. Distalmente, invece, è frastagliato e si articola con quelle del metacarpo.

### Ossa della mano: Metacarpo

Il metacarpo è formato da 5 ossa lunghe numerate in senso latero-mediale.

Le ossa metacarpali presentano una base prossimale, un corpo ed una testa distale.

Le basi si articolano con le ossa della fila distale del carpo, le teste con le falangi prossimali delle dita.

### Ossa della mano: Falangi

Le falangi formano lo scheletro delle dita e sono in numero di 3 per ogni dito: prossimale, medio e distale dall'indice al mignolo. Nel pollice sono 2: prossimale e distale. Sono ossa lunghe e presentano un corpo, una base prossimale ed una testa; nelle falangi distali la testa è sostituita da una tuberosità che accoglie l'unghia. [11]

# ARTO SUPERIORE: COMPROMISSIONE E RECUPERO.

## 4.1 Complicanze nella fase acuta ictus

Le linee guida SPRED suggeriscono, nelle fasi appena successive alla lesione, di effettuare nelle fasi precoci dell'ictus un'intensa mobilizzazione passiva quotidiana degli arti paretici in tutto il range di movimento. Questa indicazione è supportata da studi che dimostrano come la mobilizzazione passiva alteri lo stato inibitorio del SNC e quindi le risposte comportamentali. Nelle prime fasi post ictus infatti la perdita di forza muscolare è una conseguenza della perdita di input discendenti di motoneuroni spinali, mentre nei mesi successivi la riduzione è dovuta principalmente alla diminuzione di un'area settoriale trasversa e al disuso. In fase acuta infatti l'obiettivo è la prevenzione della disabilità motoria secondaria evitando l'insorgere di quella che è uno dei fenomeni più rischiosi a cui si può andare incontro: il "learned non-use" che consiste nella rinuncia all'uso del lato emiparetico a favore di un uso prevalente del paretico conseguente alla rimodulazione delle aree corticali di rappresentazione sensori-motoria dopo la lesione e l'assenza o la riduzione dell'uso e degli input sensoriali. E' favorito anche dalla iperattività dell'emisfero sano emergente per la riduzione dell'inibizione inter-corticale da parte dell'emisfero leso. Per tanto il "non uso appreso" è frutto di una plasticità mal adattativa che determina un'ulteriore perdita di capacità manipolative, di forza e di destrezza dell'arto superiore colpito. Nella valutazione dell'approccio riabilitativo è indicato considerare la gravità del quadro clinico dell'ictus ad esempio coma all'esordio, alterazione del controllo sfinterico, persistenza di gravi deficit motori e funzionale, controllo

del tronco, disabilità globale misurata con l'Indice di Barthel (BI) e con la Functional Independence Measure (FIM) e la presenza di condizioni in grado di influenzare negativamente il recupero dell'autonomia come disfagia, emi-inattenzione e afasia globale. Nella pianificazione degli interventi riabilitativi è raccomandato definire obiettivi riabilitativi a lungo, medio, breve termine con un approccio centrato sul paziente che coinvolgano sia funzioni di tipo motorio che cognitivo-linguistiche, tenendo conto delle esigenze a lungo termine del soggetto colpito dall'evento cerebrovascolare; inoltre è raccomandato definire obiettivi clinicamente rilevanti, e comunque raggiungibili, misurabili, secondo una definita sequenza temporale. In generale gli obiettivi sono rivolti al raggiungimento della massima autonomia possibile nelle attività principali della vita quotidiana e, ove possibile, al recupero di abilità che permettano di contenere e/o superare lo svantaggio sociale. Nei casi più severi, gli obiettivi del trattamento sono rappresentati dal contenimento della richiesta di assistenza per le attività della vita quotidiana. [12]

## **4.2 Complicanze nella fase cronica ictus**

Nei pazienti cronici invece le complicazioni più frequenti sono le sindromi dolorose quali Sindrome Talamica, Sindrome della spalla dolorosa e la spasticità, che si associano al danno sensori-motorio ed alla limitazione funzionale. [13]

### **4.2.1 La Sindrome Talamica**

La Sindrome Talamica riguarda l'8% dei pazienti colpiti da ictus e solitamente si verifica dopo un mese dall'evento, la patogenesi consiste in un danno alle vie spinotalamiche sensitive che comporta disturbi sensitivi e dolore neuropatico; rappresenta un fattore altamente disabilitante tanto che in casi più gravi può precludere la possibilità di intraprendere qualsiasi

esercizio terapeutico, spesso è associato ad altre comorbidità come depressione, ansia e disturbo del sonno. Il trattamento è sintomatico ed è essenzialmente farmacologico: antidepressivi triciclici (amitriptilina è di prima scelta), ma altri farmaci *antidepressivi*, *anticonvulsivanti* (gabapentin), *oppioidi* potrebbero essere utili nei pazienti che non rispondono all'amitriptilina con dosaggio da personalizzare.

Da una recente revisione emerge che farmaci quali amitriptilina, lamotrigina e gabapentin presentano un profilo di sicurezza e d'efficacia superiori alla carbamazepina. Nei casi particolarmente gravi si interviene con idoneo trattamento neurochirurgico. [14]

#### **4.2.2 Sindrome della spalla dolorosa**

La sindrome della spalla dolorosa è una delle più frequenti complicanze dopo un Ictus con un'incidenza variabile dal 9% al 40% ed è un fattore responsabile di limitazione delle ADL. Sono state riconosciute diverse condizioni patogenetiche che possono causare questa sindrome e si differenziano in locali e non locali.

Quelle locali sono: lesione della cuffia dei rotatori, sublussazione, capsulite adesiva e tendinite; quelle non locali: cervicopatie e dolore talamico.

Tra fattori predisponenti:

- Marcata spasticità che coinvolga l'arto superiore
- Plegia o la riduzione della funzione motoria della spalla
- Ipotonia dei muscoli della spalla che favorisce la sublussazione gleno-omerale
- Neglect, deficit del campo visivo e ridotto controllo posturale con un aumento dei potenziali traumi all'arto superiore ed alla spalla.

La diagnosi di questa patologia si fa mediante la presenza di due elementi fondamentali: dolore locale spesso irradiato dalla superficie del braccio e

compromissione della funzione articolare; il primo viene quantificato mediante la scala di valutazione detta VAS, scala visuoanalogica del dolore, il secondo mediante le due scale chiamate rispettivamente Ritchie Articular Index , RMA (Rivermead Motor Assessment) e Fugl-Meyer Assessment (relativa alla funzione dell'arto superiore).

La sublussazione di spalla è una delle principali cause della spalla dolorosa, consiste nella parziale e progressiva perdita del rapporto anatomico tra la testa omerale e la cavità glenoidea, secondaria a deficit dell'apparato muscolo-legamentoso sospenditore della spalla. In assenza della normale stabilizzazione muscolare, l'omero scivola progressivamente in basso sotto l'azione della gravità perdendo parzialmente il rapporto anatomico con la cavità glenoidea.

Generalmente si verifica nella fase flaccida dell'emiplegia e con maggior frequenza nelle forme ipotoniche prolungate, per l'ipostenia (la gravità della paralisi è il comune denominatore dei soggetti emiplegici affetti da SGO) dei muscoli del cingolo, soprattutto del deltoide e del sopraspinato, nelle prime tre settimane dall'ictus.

Successivamente lo stiramento della capsula provocherebbe una ridotta stabilità articolare, anche dopo il recupero del controllo neuro-motorio.

Le conseguenze di questa complicanza sono: lesione da stiramento del legamento coracoacromiale, stiramento delle componenti superiori della capsula, stiramento del plesso e del nervo ascellare, algodistrofia simpatico-riflessa, dolore alla spalla. [15]

L'algodistrofia simpatico-riflessa o sindrome dolorosa regionale complessa consiste in dolore neuropatico cronico che segue un danno dei tessuti molli o una lesione ossea (tipo I) o una lesione nervosa (tipo II) e persiste più a lungo e ha intensità più grave di quanto non ci si aspetterebbe sulla base del danno tissutale alla base. Altre manifestazioni comprendono modificazioni autonome (p. es., sudorazione, anomalie vasomotorie),



modificazioni motorie (p. es., debolezza, distonia), e modificazioni trofiche (p. es., atrofia cutanea od ossea, perdita di peli, retrazioni articolari). La diagnosi è clinica. Il trattamento comprende farmaci, fisioterapia, e il blocco simpatico.

La sindrome dolorosa regionale complessa di tipo I generalmente segue una lesione (di solito della mano o del piede), spesso dopo lesioni da schiacciamento, specie di un arto inferiore. Può seguire a un'amputazione, a infarto del miocardio, a un ictus o neoplasie maligne (p. es., polmonari, mammarie, ovariche, del sistema nervoso centrale); in circa il 10% dei pazienti non è evidente alcun fattore precipitante.

La sindrome dolorosa regionale complessa di tipo II è simile al tipo I ma implica un danno evidente a carico di un nervo periferico. Di solito si verifica dopo l'immobilizzazione dell'arto per trattare la lesione iniziale.

La fisiopatologia non è chiara, ma i nocicettori periferici, la sensibilizzazione centrale e il rilascio di neuropeptidi (sostanza P, peptide correlato al gene della calcitonina) contribuiscono a mantenere il dolore e l'infiammazione. Il sistema nervoso simpatico è maggiormente coinvolto nella sindrome dolorosa regionale complessa che in altre sindromi dolorose neuropatiche: l'attività simpatica centrale è aumentata, e i nocicettori periferici sono sensibilizzati alla noradrenalina (un neurotrasmettitore del simpatico); questi cambiamenti possono portare ad alterazioni della sudorazione e a riduzione del flusso ematico dovuto a vasocostrizione. Tuttavia, solo alcuni pazienti rispondono alla manipolazione del simpatico (ossia, blocco del simpatico a livello centrale o periferico).

I sintomi della sindrome dolorosa regionale complessa variano notevolmente e non seguono uno schema specifico; questi comprendono anomalie sensitive, autonome focali (vasomotorie o sudomotorie), e motorie.

Il dolore, urente o sordo, è comune. Non segue la distribuzione di un singolo nervo periferico; è regionale. Può peggiorare con modificazioni dell'ambiente di vita o con lo stress emotivo. Allodinia e iperalgesia possono verificarsi. Il dolore spesso determina nei pazienti limitazioni nell'uso di un arto.

Possono essere presenti alterazioni vasomotorie cutanee (p. es., arrossamento, cute a chiazze, o cinerea; temperatura aumentata o diminuita) e alterazioni della sudorazione (cute secca o iperidrosica). L'edema può essere notevole e circoscritto localmente.

Altri sintomi comprendono disturbi trofici (p. es., pelle traslucida, atrofica; crescita con fessurazioni o eccessiva delle unghie; atrofia ossea; perdita di peli) e anomalie motore (debolezza, tremori, spasmi, distonia con dita fisse in flessione o con posizione del piede equinovara). L'estensione della mobilità è spesso limitata, a volte portando a retrazioni articolari. I sintomi possono interferire con il posizionamento di una protesi dopo amputazione.

Sono frequenti stress psicologici (p. es., depressione, ansia, rabbia), sostenuti dalla scarsa comprensione della causa, dalla mancanza di una terapia efficace, e dal decorso prolungato.

Per quanto riguarda la diagnosi, si esegue mediante:

- Valutazione clinica

La sindrome dolorosa regionale complessa viene diagnosticata quando i pazienti hanno dolore persistente sproporzionato rispetto a qualsiasi danno al tessuto originale e quando determinati criteri clinici (criteri di Budapest) sono soddisfatti. I criteri includono la presenza di 3 di 4 sintomi e 2 di 4 segni delle seguenti categorie (sintomi e segni si sovrappongono):

- Sensoriale: iperestesia (come segno, parestesie) o allodinia (come segno, per i test sensoriali)

- Vasomotore: asimmetria di temperatura ( $> 1^\circ \text{C}$  come segno) o cambiamenti di colore della pelle asimmetrici
- Sudomotore o edema: cambiamenti della sudorazione, asimmetria della sudorazione, o edema
- Motore o trofico: alterazioni trofiche della pelle, dei capelli o delle unghie, ridotta gamma di movimento o disfunzione motoria (debolezza, tremore, distonia)

Inoltre non ci deve essere nessun segno di un altro disturbo che può spiegare tali sintomi. Qualora sia presente un'altra patologia la sindrome dolorosa regionale complessa deve essere considerata possibile o probabile.

Possono essere documentate modificazioni ossee (p. es., demineralizzazione all'esame RX, aumentata captazione di radionuclide alla scintigrafia ossea trifasica) che sono generalmente valutate solo se la diagnosi è dubbia. Tuttavia, negli esami per immagini, le ossa possono sembrare anormali anche dopo un trauma in pazienti senza sindrome dolorosa regionale complessa, rendendo queste anomalie non specifiche.

In un esame che indaga l'interessamento simpatico, viene somministrata al paziente in infusione EV una soluzione fisiologica (placebo) o fentolamina 1 mg/kg in 10 min e contemporaneamente viene registrato il punteggio attribuito al dolore; una diminuzione del dolore dopo fentolamina ma non con il placebo indica un dolore simpatico-mediato. Il blocco nervoso simpatico (del ganglio stellato cervicale o lombare) è stato impiegato per la diagnosi (ed è usato per il trattamento). Tuttavia, risultati falsi-positivi e falsi-negativi sono frequenti poiché non tutti i dolori dovuti alla sindrome dolorosa regionale complessa sono sostenuti dal simpatico e il blocco nervoso può agire anche sulle fibre non appartenenti al sistema simpatico. La prognosi è variabile ed è difficile da predire. La

sindrome dolorosa regionale complessa può regredire o restare stabile per anni; in alcuni pazienti, progredisce, diffondendosi ad altre aree del corpo.

Il trattamento consiste nella terapia multimodale (p. es., farmaci, fisioterapia, blocco simpatico, terapie psicologiche, neuromodulazione, terapia dello specchio)

L'obiettivo principale di tutti i trattamenti per la sindrome dolorosa regionale complessa è aumentare la mobilità dell'arto colpito.

Il trattamento della sindrome dolorosa regionale complessa è complesso e spesso insoddisfacente, in particolare se iniziato tardivamente. Esso comprende farmaci, fisioterapia, blocco del simpatico, terapie psicologiche e neuromodulazione. Sono stati effettuati pochi studi clinici controllati.

Possono essere utilizzati molti dei farmaci usati per il trattamento del dolore neuropatico, compresi gli antidepressivi triciclici, gli antiepilettici e i corticosteroidi, nessuno di questi sembra essere superiore agli altri. L'uso prolungato di analgesici oppiacei può essere utile in pazienti selezionati. In alcuni pazienti affetti da dolore simpatico-mediato il blocco simpatico regionale allevia il dolore, rendendo attuabile la fisioterapia. Analgesici orali (FANS, oppiacei, e vari analgesici adiuvanti) possono alleviare sufficientemente il dolore da consentire la riabilitazione.

Per la neuromodulazione, sono sempre più utilizzati stimolatori impiantati nel midollo spinale. La stimolazione del ganglio della radice dorsale può dare sintomi localizzati. La stimolazione nervosa elettrica transcutanea applicata su diversi punti con differenti parametri di stimolazione deve essere tentata per un lungo periodo. Altri metodi di neuromodulazione comprendono il vivace strofinamento della parte dolorante (controirritazione) e l'agopuntura. Nessuna forma di neuromodulazione è

più efficace rispetto a un'altra e una risposta insoddisfacente a un tipo di essa di fatto non indica una scarsa risposta a un altro.

L'infusione neuroassiale con oppiacei, anestetici e clonidina può essere di ausilio e il baclofen intratecale riduce la distonia in alcuni pazienti.

La fisioterapia è essenziale. Gli obiettivi comprendono l'aumento della forza, il graduale aumento dell'escursione dei movimenti e la riabilitazione occupazionale.

Anche la desensibilizzazione di un arto allodinico è essenziale. Questa procedura comporta innanzitutto l'applicazione di stimoli relativamente non irritanti (p. es., seta) e, nel tempo, l'applicazione di stimoli più irritanti (p. es., il jeans). La desensibilizzazione può anche comportare bagni a contrasto termico, in cui l'arto interessato viene posto in un bagno di acqua fredda, quindi posto in un bagno di acqua calda.

La terapia dello specchio è stata segnalata a beneficio dei pazienti con sindrome dolorosa regionale complessa di tipo 1 dovuta a dolore da arto fantasma o ictus. I pazienti stanno a cavalcioni su un grande specchio tra le gambe. Lo specchio riflette l'immagine inalterata dell'arto e nasconde l'arto interessato (doloroso o mancante), dando l'impressione che i pazienti hanno 2 arti normali. I pazienti sono istruiti a muovere entrambi gli arti mentre osservano l'immagine riflessa del movimento dell'arto normale. Questo esercizio induce il cervello a pensare che 2 arti normali si muovano senza dolore. La maggior parte dei pazienti che fanno questo esercizio per 30 minuti/die per 4 settimane segnala una sostanziale riduzione del dolore.

#### **4.2.3 La spasticità**

La spasticità è un disordine del sistema sensomotorio in seguito a lesioni del sistema piramidale velocità-dipendente della resistenza allo stiramento passivo di un muscolo, che si accompagna ad un della vivacità dei riflessi

tendinei. Nel tempo può determinare cambiamenti nelle proprietà reologiche della muscolatura interessata e delle articolazioni: retrazioni, anchilosi, atrofia e fibrosi.

Caratterizzato da un aumento del tono muscolare (spasticità) e da contrazioni involontarie e ripetute, spesso dolorose, dei muscoli scheletrici (spasmi).

Il quadro di questa complicanza è caratterizzato da un aumento dell'attività dei muscoli flessori negli arti superiori, degli estensori negli arti inferiori, aumentata risposta del muscolo allo stiramento e marcato aumento dei riflessi tendinei. La postura è caratterizzata da spalla addotta ed intraruotata, gomito flesso e avambraccio pronato, polso flesso e diverse modalità di flessione delle dita mentre le gambe sono estese e addotte. Possono essere presenti anche clono e spasmi muscolari. La spasticità viene valutata mediante due scale di valutazione la Ashworth e la Spasm Frequency Score; questa patologia viene trattata solo se interferisce a livello di funzionalità, posizionamento, nursing e comfort; determinando disabilità o disagio.

# IL SISTEMA DEI NEURONI SPECCHIO E IL LORO RUOLO NELLA RIABILITAZIONE.

## 5.1 Neuroni mirror e gli studi correlati.

I neuroni specchio generano una rappresentazione motoria interna dell'atto osservato, dalla quale dipenderebbe la possibilità di apprendere via imitazione. Sono alla base del riconoscimento e della comprensione del significato degli eventi motori, ossia degli atti degli altri. Hanno la capacità di riconoscere negli eventi motori osservati un determinato tipo d'atto, caratterizzato da una specifica modalità di interazione con gli oggetti, i movimenti assumono significato per chi osserva in base al vocabolario d'atti di cui egli dispone. In virtù delle loro proprietà visuo-motorie i neuroni specchio sono in grado di coordinare l'informazione visiva con la conoscenza motoria dell'osservatore, essi codificano tipo, modi, tempi di realizzazione e anche l'esecuzione. Si attivano inoltre durante l'osservazione nello stesso modo sia se l'azione è portata a termine sia se la stessa azione è solamente iniziata ma non conclusa, questo grazie alla rappresentazione motoria interna (atto motorio potenziale), che consente di integrare la parte mancante, riconoscendo nella sequenza parziale dei movimenti, il significato complessivo di un'azione. Sono fondamentali per capire i singoli atti motori (afferrare, tenere) ma anche la loro eventuale concatenazione in azioni complesse (afferrare cibo per portarlo alla bocca) e si attivano in maniera differente in base alla situazione eseguita anche se simile. I neuroni specchio parietali sono in grado di codificare il significato intenzionale dell'azione durante la sua esecuzione sin dal primo movimento compiuto, infatti si attivano per esempio già quando la mano prefigura la

prensione di un qualcosa, quindi gli atti motori sono organizzati in catene motorie. Consentono quindi di capire la dinamica intenzionale del gesto, anticipando l'esito cui corrispondono i movimenti iniziali del soggetto osservato. Fondamentale per il riconoscimento dell'intenzione è il contesto in cui l'azione avviene. La conoscenza motoria consente di riconoscere il significato quando gli atti sono eseguiti isolatamente e anche quando fanno parte di sequenze complesse. Se le azioni osservate sono ambigue, si attivano più atti motori potenziali, concatenati fra loro, che consentono di decifrare le intenzioni del soggetto osservato mentre svolge l'azione e di scegliere, via via che l'azione procede, l'atto motorio più idoneo.

Fadiga e colleghi mediante l'utilizzo della TMS e calcolando i MEP di vari muscoli della mano, hanno dimostrato che osservando azioni compiute con la mano da un altro soggetto, ci sono aumenti della MEPs proprio in quei muscoli responsabili del gesto motorio osservato. [16] Il sistema dei neuroni specchio è associato all'esecuzione e all'osservazione di atti motori sia per quando riguarda i muscoli coinvolti sia, come evidenziato dallo studio di Gangitano, nella corretta sequenza temporale di attivazione degli stessi. [17] Le aree del cervello che si attivano durante l'osservazione di gesti motori della mano sono l'area di Broca del giro frontale inferiore, il giro temporale mediale e il solco temporale superiore (STS). L'area di Broca classicamente considerata una delle aree del linguaggio ha invece anche delle competenze riguardanti la rappresentazione mentale di movimenti della mano. Uno studio di Buccino tramite la fMRI ha dimostrato che il sistema dei neuroni mirror negli umani non si attiva solo per azioni compiute con la mano, ma anche con il piede e con la bocca; inoltre hanno portato alla luce il fatto che l'osservazione di azioni transitive o mimate portano all'attivazione di regioni differenti della corteccia pre-motoria e dell'area di Broca, evidenziando così un'organizzazione somatotopica delle rappresentazioni motorie [18]. Sulla base di un esperimento di Buccino,



dove si testava l'apprendimento durante l'osservazione di gesti nuovi, si è notato che i substrati neuronali responsabili dell'elaborazione dei nuovi patterns motori, coincidono prevalentemente con i centri del sistema dei neuroni a specchio, è probabile che durante l'acquisizione dei nuovi atti motori tramite l'imitazione, le azioni osservate sono scomposte in semplici singoli atti motori che attivano, mediante il meccanismo dei neuroni specchio, la corrispondente rappresentazione motoria nel lobo parietale inferiore e nell'opercolo del IFG. Una volta che la rappresentazione motoria è stata attivata viene ricombinata per fissare così il gesto motorio. La ricombinazione avviene all'interno del sistema dei neuroni specchio, dove l'area 46 svolge un ruolo fondamentale nell'organizzazione del tutto.

L'imitazione motoria necessita dell'immagine motoria, cioè la rappresentazione mentale di semplici o complessi atti motori senza l'ausilio di alcun movimento corporeo. L'immagine motoria può sfruttare circuiti visivi e/o motori e svolge un ruolo fondamentale nello sviluppo delle abilità motorie e può essere usata nei pazienti con paralisi. L'immagine motoria può essere eseguita o creando una rappresentazione mentale del movimento, osservando però in terza persona il gesto eseguito da un altro soggetto (VI virtual imagery), oppure simulare mentalmente il movimento associandolo con la sensazione chinestesica del movimento come se il movimento lo stesso facendo lui stesso (KI kinetic imagery). Studi hanno dimostrato che molte aree tra cui le aree responsabili del sistema mirror, sono attivate durante i compiti di immagine motoria.

Un esperimento di Buccino e Rizzolatti ha proposto a 23 soggetti che osservassero 3 tipi di stimoli: azioni di prese manuali senza un contesto, solo il contesto (scene dove erano posti degli oggetti), azioni di prese manuali in differenti contesti, in quest'ultima rappresentazione l'intenzione era associata con azioni di presa (o bere o pulire). Si è notato che l'area pre-motoria dei neuroni mirror, l'area che si attiva durante l'esecuzione e

l'osservazione di azioni, è coinvolta non solo in azioni di riconoscimento ma anche per comprendere le intenzioni dell'azione di altri soggetti. Per capire un'intenzione bisogna dedurre un imminente obiettivo e questa è un'operazione che il sistema motorio fa automaticamente. Si è poi ipotizzato che il sistema dei neuroni mirror produca un meccanismo neuronale che consente di capire le intenzioni delle altre persone. Quindi i neuroni mirror attivano un meccanismo di riconoscimento delle azioni motorie osservate, facendo ricordare una categoria percettiva; per esempio alcuni neuroni mirror non differenziano stimoli provenienti dalla stessa categoria, come per esempio diversi tipi di presa, ma discriminano bene azioni provenienti da categorie differenti. Il riconoscimento di una azione prevede il riconoscimento dell'obiettivo del gesto motorio e la comprensione dell'intenzione del soggetto che esegue l'azione. Il problema è capire se il sistema mirror gioca un ruolo centrale nella codificazione delle intenzioni globali del soggetto che compie il gesto motorio. I neuroni specchio identificano il perchè uno compie quell'azione e un importante indizio viene dato dal contesto. Quindi il sistema dei neuroni specchio non consente solo un meccanismo di comprensione dell'azione motoria ma attiva un meccanismo che codifica le intenzioni degli altri. Dall'esperimento si è notato un aumento dell'attività neuronale nelle aree occipitali, temporali posteriori, parietali e frontali (soprattutto nella corteccia premotoria), durante l'osservazione di azioni e intenzioni. L'osservazione dei video relativi solo al contesto attiva più o meno le stesse aree, ad eccezione del solco temporale superiore (STS), perchè non c'è nessuna attività di presa, e del lobo parietale inferiore perchè non c'è l'azione nel contesto. L'osservazione dell'intenzione mostra un evidente aumento dell'attività neuronale nelle aree visive, nella corteccia frontale inferiore e nella parte dorsale dell'opercolo del giro frontale inferiore. L'aumento dell'attività in queste aree è relativo solo alla presenza di oggetti durante la condizione

d'intenzione ma non nella condizione di azione. L'incremento dell'attività nell'area frontale inferiore destra localizzata nell'area frontale nota per avere proprietà del sistema mirror, dimostra che quest'area corticale non è implicata solo nel prevedere un'azione di riconoscimento meccanico (es. presa) ma è coinvolta nella comprensione delle intenzioni che stanno dietro alle azioni compiute da altri. L'insieme dei risultati ha dimostrato che il ruolo dei neuroni mirror è molto più complesso delle previsioni, mostrando un interessamento degli stessi nel riconoscimento e nella codifica delle intenzioni. Esperimenti nelle scimmie hanno evidenziato che il sistema mirror parietale e frontale codifica il "cosa" delle azioni osservate (la mano prende la tazza).

I neuroni specchio quindi fanno parte di una catena di neuroni che codificano le intenzioni delle azioni delle altre persone, in altre parole, essi osservando un'azione eseguita in un contesto specifico, attivano una catena motoria che è tipicamente eseguita nel contesto in cui si è portato a termine il gesto; inoltre i mirror sono attivati non solo dal contesto dell'azione ma anche del modo in cui si esegue l'azione stessa. Queste scoperte portano alla conclusione che l'intenzione, associata all'azione di altri, è basata sull'attivazione di una catena neuronale formata dai neuroni mirror che codificano l'osservazione dei gesti motori e attraverso un collegamento logico i neuroni specchio codificano gli atti motori nel contesto adatto [19]. Per determinare l'intenzione bisogna dedurre l'imminente obiettivo e questa operazione il sistema motorio la compie in automatico. Ormai è noto che molti tipi di trattamenti possono contribuire a far sì che i neuroni cambino le loro connessioni sinaptiche, formando così nuovi campi ricettivi. L'imitazione motoria è un processo cognitivo complesso, che racchiude al suo interno vari passaggi: l'osservazione motoria, l'immagine motoria e l'esecuzione motoria. Quando si utilizza tutto ciò, c'è un incremento dell'eccitabilità della via metabolica cortico-spinale,

con inoltre la partecipazione di varie aree del cervello. Il cervello quindi integra i nuovi input sensoriali con i patterns motori già immagazzinati, per riuscire poi a produrre il movimento richiesto. L'immagine motoria può dunque concorrere al recupero delle funzioni motorie dopo lo stroke. La riabilitazione classicamente si focalizza sulle compensazioni, cioè sulle tecniche per riuscire ad utilizzare altri gesti motori per compensare appunto l'atto motorio che non si è più in grado di eseguire, per raggiungere così un obiettivo funzionale. L'osservazione e l'imitazione motoria rappresentano invece un tipo di approccio riabilitativo che agisce sulla riorganizzazione dei circuiti neuronali, impiegando sia meccanismi diretti che indiretti. L'imitazione motoria tenta di facilitare un recupero dei circuiti neuronali e motori compromessi, promuovendo così la plasticità cerebrale mediante l'utilizzo di più afferenze sensoriali (visive, uditive e propriocettive), cercando di riattivare il sistema usando svariati input. Inoltre attivando le connessioni per osservare ed eseguire azioni, si produce un aumento dell'eccitabilità della via metabolica cortico-spinale anche in assenza di movimento. L'imitazione motoria consente la frammentazione del gesto motorio complesso in piccole parti, ma ricordando comunque la completezza del movimento, inoltre è molto utile per il trattamento perché associa l'immagine motoria e le componenti motorie nell'imitazione, nell'osservazione e nell'esecuzione, rinforzando così la riabilitazione del paziente. L'osservazione di azioni motorie recluta il sistema motorio e consente l'esecuzione motoria, durante l'imitazione di nuovi pattern motori il sistema dei neuroni specchio è attivo dalla fase di osservazione fino all'esecuzione della nuova azione. Questo consente un miglioramento della performance motoria sulla base dell'osservazione e l'imitazione di azione della vita quotidiana. Non sono adatti a questo tipo di trattamento pz. aprassici, con un'afasia fluente e affetti da negligenza.

## 5.2 Mirror Therapy

Il trattamento denominato “mirror therapy” si basa sull’utilizzo di uno specchio posto sul piano sagittale per far sì che sullo specchio venga proiettato l'arto sano ma in modo tale che dia l'illusione al paziente che sia proiettato l'arto plegico. È stato dimostrato che se viene utilizzato per esempio l'arto destro, l'illusione provoca la sensazione che sia utilizzato l'arto sinistro e l'attivazione a livello di emisferi cerebrali avviene a carico dell'emisfero destro e viceversa. Questo trattamento va a stimolare sempre il sistema dei neuroni specchio, e ha portato ai pazienti coinvolti in questo trattamento un miglioramento funzionale a livello motorio, sensoriale e attentivo. L'osservazione di movimenti eseguiti allo specchio comporta una eccitabilità corticospinale, simile all'esecuzione vera del movimento nella realtà, contribuendo così al recupero motorio dell'arto plegico. Il miglioramento a livello sensoriale, dimostra invece che l'osservazione motoria eccita anche la corteccia somato-sensoriale e non solo la corteccia motoria. La mirror therapy ha dimostrato evidenti risultati nel trattamento del neglect. Tutti questi effetti sono attribuibili ai neuroni mirror che si attivano durante l'osservazione di movimenti significativi.

## 5.3 Applicazione della tDCS in neuroriabilitazione

La tDCS o stimolazione transcranica a corrente continua è una terapia fisica che sfrutta la stimolazione elettrica; usa una corrente elettrica continua attraverso degli elettrodi inseriti all'interno di spugnette bagnate in soluzione fisiologica applicati direttamente sullo scalpo. La corrente è in grado di raggiungere gli strati superficiali della corteccia e indurre una ripolarizzazione dei

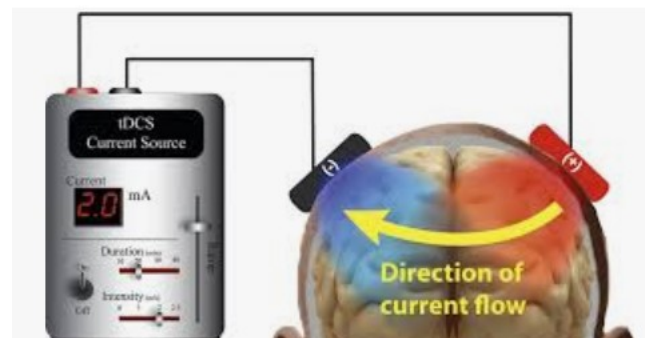


Figura 12

neuroni corticali, modificando l'eccitabilità degli stessi. Si registra l'attività neuronale in assenza di stimolo, poi si applica lo stimolo e si nota che durante la polarizzazione negativa indotta dal catodo, spariscono gli spikes, i quali descrivono l'attività neuronale, mentre se si induce una polarizzazione positiva aumentano.

La tDCS lascia un ricordo di sé, ovvero, l'eccitabilità neuronale persiste qualche tempo dopo la stimolazione per un periodo proporzionale al periodo della stimolazione elettrica stessa. Per avere dei buoni risultati gli elettrodi devono essere di trentacinque centimetri quadri, l'intensità di almeno 1 mA e la stimolazione deve durare almeno dieci minuti affinché gli effetti si protraggano per circa un'ora; la risposta alla tDCS, inoltre, dipende da diversi fattori: polarità dell'elettrodo stimolante, tempo ed intensità di stimolazione, sede di stimolazione, monitoraggio e dimensione elettrodo, farmaci usati, età, sesso, genetica e fase di malattia del paziente.

Nei protocolli si usano solitamente 2,5 mA per circa venti minuti e nell'ora successiva si esegue la riabilitazione; solitamente si misura l'ampiezza dei potenziali evocati, come detto in precedenza l'action observation e la mental imagery rendono i MAP (potenziali d'azione motori) più ampi e li fanno comparire prima. Quando c'è tanta asimmetria tra i due emisferi dopo un ictus è possibile inibire il lato sano così da migliorare le prestazioni del lato lesso; si è notato che le lesioni dell'emisfero destro, quindi con emiplegia sinistra, sembrano essere associate ad un recupero più lento. Durante questo trattamento è fondamentale che il paziente sia ben concentrato e motivato affinché ci sia un buon apprendimento; l'utilizzo di alcuni farmaci inficiano sul trattamento poiché inibiscono l'attenzione come gli ansiolitici, gli antipsicotici e alcuni antiepilettici.

La tDCS dunque agisce sui sistemi di plasticità e consolidamento, garantisce migliori risultati nel recupero e favorisce la neoangiogenesi.

## **STUDIO SPERIMENTALE**

In ambito riabilitativo esistono numerose tecniche volte al miglioramento della funzione dell'arto superiore, queste ultime però hanno ottenuto scarsi risultati sebbene generalmente ottenere un'evoluzione dell'arto dopo anni è molto difficile.

Per cui in questo studio sono stati usati due tipi di trattamenti riabilitativi innovativi, ovvero, la tDCS la quale stimola l'emisfero lesa ed inibisce quello sano per ripristinare un bilancio tra i due emisferi e la Mirror Therapy che determina un'illusione nell'emisfero lesa relativamente ad un movimento compiuto dall'arto sano, così che utilizzando uno specchio, il movimento compiuto venga proiettato nel lato lesa stimolandolo fisiologicamente.

Entrambe le tecniche hanno mostrato dei buoni risultati sia in ambito della destrezza che delle abilità cognitive.

## **6.1 Obiettivo**

Lo scopo dello studio è quello di esaminare l'efficacia del binomio tDCS e Mirror Therapy per il miglioramento della funzione dell'arto superiore paretico in fase cronica post ictus; durante lo studio i pazienti vengono valutati in tre momenti differenti: prima di iniziare il trattamento, nell'ultima sessione di trattamento e a distanza di un mese da esso.

I parametri clinico strumentali acquisiti saranno utilizzati per valutare:

- l'efficacia del trattamento nell'incrementare la motricità in tutti i piani di movimento e migliorare i movimenti fini, tra i quali la prensione dell'arto superiore
- l'efficacia del trattamento proposto nel promuovere il recupero della destrezza manuale (tempo di esecuzione e qualità del gesto)
- tollerabilità e sicurezza della stimolazione, in particolare in termini di evoluzione della spasticità

## **6.2 Materiali e metodi**

### **6.2.1 Reclutamento pazienti**

Sono stati reclutati pazienti con esiti di ictus, in fase cronica precedentemente ricoverati presso l'Ospedale Riuniti di Ancona, che rispondessero al seguente protocollo di arruolamento

#### **Criteri di inclusione:**

- Esiti di ictus in fase cronica (> 6 mesi dall'evento acuto)
- Deficit stenico arto superiore quantificabile secondo MRC in  $\geq 2 \leq 4$
- Età < 80 anni
- Consenso informato scritto

#### **Criteri d'esclusione:**

- Plegia arti superiore
- >1 episodi di ictus



- TACI
- Epilessia
- Gravi patologie internistiche
- Deterioramento cognitivo severo (MMSE <20)
- Trattamento riabilitativo e/o trattamento spasmolitico focale con tossina botulinica nei tre mesi precedenti l'arruolamento.

### 6.2.2 Soggetti

Sono stati reclutati cinque pazienti di cui due di sesso femminile e tre di sesso maschile. Tutti e cinque i pazienti sono in fase cronica, due presentavano esiti di ictus emorragico ed gli altri di ictus ischemico. Le caratteristiche dei soggetti della ricerca sono di seguito elencate:

Nome Pz	Data Evento	Data 1°Val	Lato Emipl.
A. L.	05/01/2010	21/05/2019	Sinistra
G. R.	21/04/2011	21/05/2019	Destra
S. A.	26/09/2012	4/06/2019	Sinistro
C. G.	27/02/2014	3/06/2019	Destro
C. R.	22/07/2016	1/03/2019	Sinistro

Tabella 1

Nome Pz	Età	Sesso	Tipo di Ictus	IM as	Spasticità
A. L.	73	F	isch.	76	Si
G. R.	64	F	Isch.	76	Si
S. A.	66	M	Emor.	77	Si
C. G.	69	M	Emor.	61	Si
C. R.	69	M	Isch.	50	Si

Tabella 2

### **6.2.3 Protocollo di trattamento mediante tDCS**

Il paziente è stato trattato per quattro settimane in cui la prima è stato sottoposto a stimolazione elettrica transcranica contemporaneamente alla Mirror therapy e le seguenti tre settimane con la sola Mirror Therapy. Il trattamento con la tDCS durava 20 minuti mentre la sola Mirror Therapy 30 minuti; durante il trattamento sono stati usati diversi oggetti per realizzare differenti prese, spostamenti in più direzioni così da determinare azioni nei diversi assi di movimento, manipolazioni con oggetti di diverse forme e dimensioni e per la realizzazione di percorsi che il paziente ha dovuto poi seguire con l'arto superiore. A tale scopo sono stati utilizzati bicchieri, barattoli, bottiglie, cilindri e cubi di legno, fogli di carta, carte da briscola e ogni altro oggetto che il paziente potesse usare nella quotidianità.

#### Prima settimana di trattamento:

Come detto in precedenza nella prima settimana venivano utilizzate sia la tDCS che la Mirror Therapy; prima di applicare la tDCS, la cute del paziente veniva detersa e sgrassata così da permettere una migliore penetrazione della corrente nella zona da trattare; nel frattempo due spugnette, una per l'anodo e l'altra per il catodo, venivano imbevute in soluzione fisiologica per poi, dopo aver eliminato l'acqua in eccesso, essere applicate nella zona interessata. Una volta inseriti i due elettrodi nelle rispettive spugnette, nel lato di queste ultime a contatto con la cute veniva spalmato del gel conduttore di corrente elettrica. Come ultimi passaggi, gli elettrodi venivano inseriti all'interno della macchina e sulla cute del paziente; l'anodo applicato alla zona lesa, il catodo a livello della zona sana, entrambi fermati sul paziente mediante una garza; come da protocollo il macchinario è stato impostato su 2.5mA per venti minuti. Una volta avviato il macchinario, ha inizio il trattamento con la Mirror Therapy: inizialmente veniva richiesta una mobilizzazione attiva dell'arto superiore sano: flesso-estensione delle dita, palmo della mano sull'asse sagittale ed

apro e chiudo mano con interfalangee estese, stessa cosa con le metacarpofalangee estese ed interfalangee flesse, prono-supinazione del polso, inclinazione radiale-ulnare polso e presa a pinza; tutto ciò per un tempo di dieci minuti. I restanti dieci minuti venivano utilizzati gli oggetti: prendo- lascio bottiglia, prendo e lascio barattolo, stringo e lascio palla da tennis, prendere e lasciare un cubetto mediante la presa a pinza, presa cilindrica, presa a sfera, muovo lungo il piano sagittale e frontale la bottiglia seguendo traiettorie diritte, stessa cosa con il barattolo.



*Figura 13*

### Settimane successive:

Terminata la prima settimana di trattamento, in quelle successive, come detto in precedenza veniva adottata la sola Mirror Therapy; in base alla capacità del paziente e mano a mano che quest'ultimo prendeva confidenza con il metodo riabilitativo, gli esercizi potevano aumentare di difficoltà: eseguire una sequenza di gesti ben precisa che il paziente doveva memorizzare, seguire con entrambi gli arti delle traiettorie disegnate in un foglio, girare più volte le carte, prendere un barattolo porlo a testa in giù e rimmetterlo nella posizione iniziale ed infine disegnare con entrambi gli arti .

## 6.2.4 Protocollo di valutazione

I pazienti sono stati sottoposti a tre valutazioni; una prima di iniziare il trattamento (T0), un'altra in data dell'ultima seduta di trattamento (T1) e l'ultima a distanza di un mese dalla precedente (T2). In base agli obiettivi selezionati si è scelto di utilizzare le seguenti misure di esito:

- **Funzionalità dell'arto superiore:**

Per la funzionalità dell'arto superiore le scale adottate sono:

1.L'indice di motricità AASS:

E' un test che ci permette di ottenere, valori indicativi riguardo la capacità di eseguire alcuni movimenti, considerati fondamentali nelle attività di vita quotidiana, da parte del paziente post-stroke. L'operatore richiede di eseguire dei movimenti con l'arto superiore come effettuare una presa a pinza, la flessione del gomito e l'abduzione della spalla. Il punteggio totale per ogni arto si ottiene come somma dei punteggi delle prove parziali, a cui viene sommato un punto per poter ottenere il punteggio totale massimo di 100. Il punteggio massimo viene assegnato di default all'arto conservato.

Arto superiore destro	Punteggio						
	Presa a pinza	0	11	19	22	26	33
	Flessione gomito	0	11	19	22	26	33
	Abduzione spalla	0	11	19	22	26	33
Punteggio totale arto superiore destro: __ /100							

Arto superiore sinistro	Punteggio						
	Presa a pinza	0	11	19	22	26	33
	Flessione gomito	0	11	19	22	26	33
	Abduzione spalla	0	11	19	22	26	33
Punteggio totale arto superiore sinistro: __ /100							

Figura 14: Upper Limb Motricity Index

Modalità di attribuzione del punteggio:

Presa a pinza:

0: nessun movimento;

11: inizio di prensione, qualche movimento di pollice o indice;

19: presa possibile, ma non contro gravità;

22: presa possibile contro gravità, ma non contro resistenza;

26: presa possibile contro resistenza, ma più debole della controlaterale;

33: presa normale;

Tutti gli altri item:

0: nessun movimento;

9: contrazione palpabile del muscolo ma senza movimento apprezzabile;

14: movimento visibile ma non per l'intero range articolare o contro gravità;

19: movimento possibile per l'intero range articolare contro gravità, ma non contro resistenza;

25: movimento possibile contro resistenza ma più debole del controlaterale;

33: movimento eseguito con forza normale.

Sono testati tre movimenti degli arti. Il paziente è seduto su una sedia o sul bordo del letto. Se necessario, può essere testato anche da sdraiato.

- Presa: viene chiesto al paziente di afferrare un cubo di 2,5 cm di lato tra pollice e indice. L'oggetto deve essere posto su una superficie piana. Controllare i muscoli dell'avambraccio ed i piccoli muscoli della mano. 19=l'oggetto cade quando viene sollevato (l'esaminatore potrebbe dover sostenere il polso). 22=l'oggetto può essere sollevato, ma può essere rimosso con facilità.
- Flessione gomito: il gomito è flesso a 90°, avambraccio orizzontale e braccio verticale. Viene chiesto al paziente di piegare il gomito in modo che

la mano tocchi la spalla. L'esaminatore oppone resistenza con la mano sul polso. Monitorare il bicipite. 14= non è visibile alcun movimento, ma il gomito resta flesso a 90°.

- Abduzione spalla: il gomito è completamente flesso e contro il petto, viene chiesto al paziente di abdure il braccio. Monitorare il deltoide. Il movimento del cingolo scapolare non è da considerare, si deve evidenziare il movimento dell'omero rispetto la scapola. 19 = abduce più di 90°, oltre l'orizzontale.

## 2. Jebsen Taylor Hand Function Test:

La Jebsen Taylor Hand Function è una valutazione per misurare la destrezza dell'arto superiore ma composta da items che rispecchiano azioni della vita quotidiana. Gli items in totale sono sette e per ciascuno va preso il tempo.

Items:

1) scrivere una frase copiata composta da 24 lettere.

2) voltare alcuni biglietti di carta di dimensioni 7,6 x 12,7 cm, simulando l'atto di voltare pagine.

3) raccogliere piccoli oggetti (2 fermagli, 2 tappi di bottiglia, 2 monete).

4) simulare il nutrirsi.

5) impilare le pedine di una dama

6) raccogliere e spostare grandi oggetti leggeri (barattoli vuoti).

7) raccogliere e spostare grandi oggetti pesanti (barattoli pieni).



Figura 15: Jebsen Taylor Hand Function Test

### 3.Fugl-Meyer scale AASS:

E' un test che esamina la performance con particolare attenzione alle diverse prese della mano, la cui sezione comprende otto items, inoltre esamina approfonditamente anche le altre articolazioni quale polso, gomito e spalla. Fornisce un valore indicativo della funzionalità dell'intero arto più che della mano e della destrezza. È considerato per valutare la funzione del corpo secondo la classificazione internazionale di funzionamento, disabilità e salute (ICF). Le valutazioni motorie FMA per la parte superiore (punteggio massimo 66 punti) e per le estremità inferiori (punteggio massimo 34 punti) sono raccomandate come misure fondamentali da utilizzare in ogni trattamento di recupero e riabilitazione dell'ictus.

## 1) MOTOR CAPACITY ASSESMENT FUGL-MEYER (modificato da Lindmark e Hamrin 1988)

### PARTE A: CAPACITÀ DI ESEGUIRE MOVIMENTI ATTIVI DELL'ARTO SUPERIORE

(paziente seduto sul bordo del letto o su una sedia)

Valutazione (data)	T0 ( )	T1 ( )	T2 ( )	T3 ( )
Portare la mano alla bocca, flettendo il gomito e supinando l'avambraccio e toccare le labbra con le dita				
Portare la mano dietro il collo abducendo la spalla, piegando il gomito e pronando l'avambraccio				
Flessione del braccio a 180° con estensione del gomito				
Abduzione del braccio a 180° con estensione del gomito				
Portare la mano sul lato esterno del ginocchio opposto con adduzione e intrarotazione del braccio, estensione del gomito e pronazione dell'avambraccio				
Supinazione avambraccio: 1-2 punti se gomito flesso a 90°; 3 punti se gomito esteso e spalla flessa a 45°				
Pronazione avambraccio: punteggio come sopra				
Portare il braccio dietro la schiena ponendo il dorso della mano contro di essa				
<b>Totale:</b>				

0. incapacità di eseguire il movimento richiesto

1. possibile solo con gran sforzo o in maniera goffa e non coordinata, o per un ROM inferiore al 50% di quello richiesto e non in tutte le articolazioni
2. possibile con moderato sforzo o in maniera leggermente non coordinata, o per un ROM superiore al 50% di quello richiesto (anche se non completo)
3. funzione motoria normale

### POLSO

(paziente seduto sul bordo del letto o su una sedia)

Valutazione (data)	T0 ( )	T1 ( )	T2 ( )	T3 ( )
Flessione dorsale del polso				
Flessione volare del polso				
Circonduzione del polso				
<b>Totale:</b>				

0. incapacità di eseguire il movimento richiesto

1. se il gomito deve essere sostenuto, ROM del polso inferiore al 50%
2. se il gomito deve essere sostenuto e ROM del polso è superiore al 50%
3. se il gomito non deve essere sostenuto ed è mantenuto esteso



## MANO

(paziente seduto sul bordo del letto o su una sedia)

Valutazione (data)	T0 ( )	T1 ( )	T2 ( )	T3 ( )
Flessione di tutte le dita				
Estensione di tutte le dita				
Opposizione del pollice contro la punta del II dito				
PRESA AD UNCINO: intorno ad un bastone con MCF estese e IF flesse				
PRESA LATERALE: tenere un foglio tra il pollice esteso (esteso e abdotto) e la parte laterale del II dito				
PRESA A PINZA: tenere una penna tra il pollice e il II dito				
PRESA CILINDRICA: tenere un bicchiere con il pollice (opposto alle altre dita) e il II dito				
PRESA SFERICA: tenere una palla da tennis con le dita abdotte e flesse intorno alla palla				
<b>Totale:</b>				

0. la presa richiesta non può essere eseguita

1. possibile, ma il paziente non è in grado di trattenere un oggetto contro debole resistenza

2. possibile e il paziente può reggere un oggetto per circa 5 secondi, rilasciandolo di fronte ad una moderata resistenza, oppure la presa viene modificata o compare in coordinazione

3. normale ed il paziente può reggere un oggetto contro una forte resistenza per 5 secondi, rilasciandolo poi in maniera normale

## PARTE B: CAPACITA' DI ESEGUIRE RAPIDI MOVIMENTI ALTERNATI

(paziente seduto sul bordo del letto o di una sedia)

Valutazione (data)	T0 ( )	T1 ( )	T2 ( )	T3 ( )
Prono-supinazione dell'avambraccio (gomito flesso a 90°)				
Flesso-estensione del gomito				
Flesso-estensione del polso				
<b>Totale:</b>				

0. il paziente non riesce ad eseguire i movimenti alternati richiesti

1. possibile molto lentamente ed entro un ROM limitato

2. possibile ma più lentamente della norma, in maniera lievemente non coordinata, o non per l'intero range richiesto

3. normale velocità coordinazione e ROM

Figura 16: Fugl- meyer

#### 4.Nine Hole Peg Test:

Il test dei nove pioli viene utilizzato per valutare la destrezza degli arti superiori.

Il test si esegue prendendo i pioli, uno per uno, tra pollice e indice, ponendoli all'interno di fori presenti sulla superficie di una tavola e immediatamente prendere ciascun piolo dai fori e riporlo nell'apposito contenitore; essendo nove i pioli, vi saranno nove fori. Lo strumento dev'essere posto a livello della linea mediana del paziente con il contenitore dei pioli rivolto verso la mano da esaminare; l'altra mano può soltanto tenere lo strumento fermo così da conferire maggiore stabilità ma non può in alcun modo intervenire durante la somministrazione. Durante il test viene preso il tempo che viene fatto partire dal momento in cui il paziente tocca il primo piolo per porlo nei fori, fino a che dai fori, l'ultimo piolo, non ritocca il contenitore. Il tempo massimo di esecuzione è di tre minuti. Nel caso in cui il paziente non riesca a gestire tutti e i nove pioli, verranno registrati solo quelli utilizzati nel corrispettivo tempo; come si evince dalle istruzioni le variabili da registrare sono il tempo e il numero di pioli utilizzati.

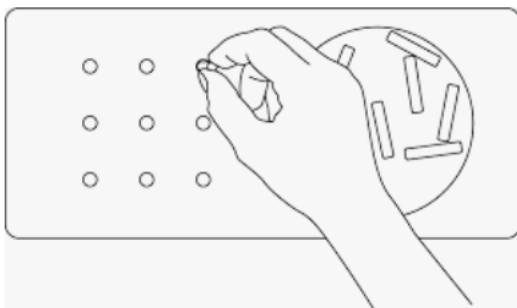


Figura 17: NHP

- **Valutazione cognitiva**

#### 5.Oxford Cognitive Screen:

La Oxford Cognitive Screen (OCS) valuta i principali domini cognitivi: memoria, linguaggio, cognizione numerica, prassie, funzioni esecutive e

attenzione. È stata progettata come strumento di screening che consente una rapida valutazione del funzionamento cognitivo del paziente e orienta per un'ulteriore e più dettagliata valutazione del dominio o dei domini cognitivi che dovessero risultare compromessi. È veloce da somministrare (circa 15 minuti) e, a differenza di altri strumenti di uso corrente, consente anche la valutazione di pazienti afasici. Gli elementi della prova sono infatti presentati sia visivamente che verbalmente e si offre la possibilità di selezionare una risposta corretta tra scelte multiple. Al fine di ottimizzare la distribuzione delle risorse attentive, gli items della batteria sono presentati centralmente, riducendo la necessità di una scansione visiva. A differenza di altri strumenti di screening, l'OCS permette di valutare la presenza di neglect (sia allocentrico che egocentrico), di aprassia e di deficit di cognizione numerica.

Il test è composto da dieci parametri:

- 1) Denominazione di figure
- 2) Semantica
- 3) Orientamento
- 4) Valutazione del campo visivo
- 5) Lettura di frase
- 6) Cognizione numerica: a) Scrittura di numeri  
b) Calcolo
- 7) Attenzione
- 8) Prassie
- 9) Memoria: Rievocazione e riconoscimento
  - a) Memoria verbale
  - b) Memoria episodica
- 10) Test esecutivo: Task switching

## Anagrafica

Cognome e Nome :

Tel

Sesso:  M  F

Data di nascita:

Età:

Scolarità:

Punteggio MMSE: /30

### 1. Denominazione di figure

*Mostra i disegni del Booklet (4 pagine)*

1.	ippopotamo	<input type="checkbox"/>
2.	cocomero / anguria / melone	<input type="checkbox"/>
3.	cassettoni / classificatore	<input type="checkbox"/>
4.	peca	<input type="checkbox"/>
<b>Totale:</b>		<input type="text"/> /4

### 2. Semantica / Indicazione Figure

*Mostra i disegni del Booklet (1 pagina)*

1.	Indica il frutto	<input type="checkbox"/>
2.	Indica l'animale	<input type="checkbox"/>
3.	Indica l'attrezzo	<input type="checkbox"/>
<b>Totale:</b>		<input type="text"/> /3

### 3. Orientamento

*Mostra opzione a scelta multipla in presenza di problemi espressivi (non penalizzare il punteggio per questa opzione)*

	FR	MCQ
1. Città	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Parte del giorno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Mese	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Anno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Totale:</b>		<input type="text"/> /4

### 4. Campo Visivo

*Chiedere al paziente di guardare il naso dell'esaminatore e osservare il movimento della mano*

	SINISTRA	DESTRA
Quadrante sup.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Quadrante inf.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Totale:</b>	<input type="text"/> /2	<input type="text"/> /2
<b>Totale:</b>		<input type="text"/> /4

### 5. Lettura di Frase

*Sputare le parole lette correttamente. Dopo il tentativo di lettura diretta leggere ad alta voce la frase al partecipante. Cerchi di ricordare questa frase che vi chiederò di ricordare più avanti.*

Dopo un esercizio estenuante l'acrobata si riposò un pò sul logoro sedile color porpora.

**Totale:**  /15

### 6. Scrittura di Numeri

*Dettare i numeri da scrivere sulla pagina con le righe*

708	<input type="checkbox"/>	
15 200	<input type="checkbox"/>	
400	<input type="checkbox"/>	
<b>Totale:</b>		<input type="text"/> /3

### Calcolo

*Mostra opzione a scelta multipla in presenza di problemi espressivi (non penalizzare il punteggio per questa opzione)*

	FR	MCQ
$6 + 3 = 9$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$7 + 9 = 16$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$8 - 5 = 3$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$36 - 17 = 19$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Totale:</b>		<input type="text"/> /4



- **Autonomia**

Le normali attività della vita quotidiana possono essere valutate e tenute sotto osservazione attraverso strumenti analitici semplici, ma assai veritieri e rispondenti alle reali condizioni dell'assistito. È il caso della Modified Barthel Index o Indice di Barthel modificato, scala utilizzata per valutare il grado di autonomia degli assistiti. Quando parliamo di Activities of Daily Living (o semplicemente di ADL) indichiamo quelle scale di valutazione che forniscono dati indicativi sullo stato del paziente in relazione alle semplici attività della vita quotidiana. Tra la valutazione delle ADL rientra certamente il Modified Barthel Index (o Indice di Barthel Modificato), ovvero lo strumento utilizzato per indicare, con un punteggio preciso, le capacità dell'utente. L'indice Barthel dovrebbe essere usato per registrare quello che un paziente fa realmente e non quello che potrebbe fare; lo scopo principale del Barthel Index Code è di stabilire il grado di indipendenza da qualsiasi tipo di aiuto (fisico o verbale), al di là se sia minimo o dovuto a motivazioni occasionali; la necessità di supervisione rende il paziente "dipendente"; la prestazione del paziente dovrebbe essere stabilita usando i migliori dati disponibili. Si suggerisce di porre domande dirette all'utente, agli amici, ai parenti e ai professionisti della salute che orbitano attorno ad esso. Sono altrettanto importanti l'osservazione diretta e il buon senso; si suggeriscono periodi di osservazione di 24 – 48 ore, ma occasionalmente possono essere dedicati periodi più lunghi; tutti i pazienti incoscienti dovrebbero avere il punteggio "0" in tutte le voci, pur se ancora continenti per feci e urine; le categorie intermedie implicano che il paziente partecipa ad oltre il 50% dello sforzo; è permesso l'uso di ausili per essere indipendenti.

ITEM	CODICE					PUNTEGGIO			
	A	B	C	D	E				
Igiene personale	0	1	3	4	5				
Fare il bagno	0	1	3	4	5				
Mangiare	0	2	5	8	10				
Usare il W.C.	0	2	5	8	10				
Fare le scale	0	2	5	8	10				
Vestirsi	0	2	5	8	10				
Controllo urine	0	2	5	8	10				
Controllo alvo	0	2	5	8	10				
Camminare	0	3	8	12	15				
Carrozzina *	0	1	3	4	5				
Trasferimenti	0	3	8	12	15				
<b>TOTALE</b> (range 0 - 100)									

### Punteggio Barthel

0-20 = totalmente dipendente  
 21-60 = dipendenza severa  
 61-90 = dipendenza moderata  
 91-99 = dipendenza minima  
 100 = autosufficienza

*Figura 19: Barthel Index*

- **Valutazione psico-cognitiva**

#### 7.Hamilton Depression Rating Scale:

La scala di Hamilton è un test composto da ventuno domande che possono essere somministrate dall'operatore o essere autosomministrate; alla fine del test vanno sommati i punteggi e confrontati con la scala di valutazione.

## **HAMILTON DEPRESSION RATING SCALE**

### **1. UMORE DEPRESSO (sentimento di tristezza, mancanza di speranza, sentimento di incapacità e di inutilità)**

- 0 = Per niente
- 1 = Manifesto questi sentimenti solo se mi viene chiesto
- 2 = Ne parlo spontaneamente
- 3 = Comunico questi sentimenti con attraverso l'espressione del volto, la posizione del corpo, la voce e la tendenza al pianto
- 4 = Manifesto questi sentimenti mediante messaggi sia verbali che non verbali

### **2. SENTIMENTI DI COLPA**

- 0 = Per niente
- 1 = Auto accusa, penso di aver deluso la gente
- 2 = Idee di colpa o ripensamenti su errori passati o su azioni peccaminose
- 3 = Penso che l'attuale malattia sia una punizione. Deliri di colpa
- 4 = Odo voci di accusa o di denigrazione e/o ho esperienze allucinatorie visive a contenuto minaccioso

### **3. SUICIDIO**

- 0 = Per niente
- 1 = Penso che la vita non valga la pena di essere vissuta
- 2 = Vorrei essere morto o penso alla possibilità di suicidarmi
- 3 = Ho idee di suicidio
- 4 = Ho tentato il suicidio (ogni serio tentativo di suicidio deve essere valutato '4')

### **4. INSONNIA INIZIALE**

- 0 = Non ho difficoltà ad addormentarmi
- 1 = Talvolta ho difficoltà ad addormentarmi (p.e. mi occorre più di mezz'ora)
- 2 = Ho sempre difficoltà ad addormentarmi

### **5. INSONNIA CENTRALE**

- 0 = Non mi sveglio durante la notte
- 1 = Sono diventato irrequieto durante la notte
- 2 = Mi sveglio durante la notte – segnare '2' se ti alzi dal letto (a meno che non sia per urinare)

### **6. INSONNIA RITARDATA**

- 0 = Nessuna difficoltà
- 1 = Mi sveglio prestissimo (nelle prime ore del mattino), ma mi riaddormento
- 2 = Non riesco a riaddormentarmi se mi alzo dal letto

### **7. LAVORO E INTERESSI**

- 0 = Nessuna difficoltà
- 1 = Mi sento incapace, mi affatico facilmente o mi sento debole durante le attività (lavoro o hobby)
- 2 = Ho perso interesse per le attività – lavoro o hobby . Devo sforzarmi per lavorare
- 3 = Dedico un minor tempo alle attività o sono meno efficiente
- 4 = Ha cessato di lavorare a causa della malattia

### **8. IDEAZIONE E LINGUAGGIO RALLENTATI; RIDOTTA CAPACITÀ A CONCENTRARSI; DIMINUITA ATTIVITÀ MOTORIA**

- 0 = Nessun cambiamento nel pensiero e linguaggio



- 1 = Mi sento lievemente rallentato mentre parlo
- 2 = Mi sento molto rallentato mentre parlo
- 3 = Ho difficoltà a parlare
- 4 = Stato di arresto psicomotorio

#### **9. AGITAZIONE**

- 0 = Per niente
- 1 = Sono irrequieto
- 2 = Gioco con le mani, con i capelli, ecc.
- 3 = Mi muovo continuamente, non riesco a stare seduto
- 4 = Mi torco le mani, mi mordo le unghie, mi tiro i capelli, mi mordo le labbra

#### **10. ANSIA PSICHICA**

- 0 = Per niente
- 1 = Sono teso ed irritabile
- 2 = Mi preoccupo per questioni di poco conto
- 3 = Sono apprensivo ed è evidente da come mi muovo e da come parlo
- 4 = Manifesto spontaneamente le mie paure

#### **11. ANSIA SOMATICA**

Aspetti somatici dell'ansia

Gastrointestinali: secchezza delle fauci, meteorismo, indigestione, diarrea, crampi, eruttazione

Cardiovascolari: palpitazioni, cefalea

Respirazione: iperventilazione, sospiri

Genito-urinari: pollachiuria

Sudorazione

- 0 = Per niente
- 1 = Lieve
- 2 = Moderata
- 3 = Notevole
- 4 = Invalidante

#### **12. SINTOMI SOMATICI GASTROINTESTINALI**

- 0 = Per niente
- 1 = Ho perso l'appetito, ma mi alimento senza essere stimolato o aiutato dal personale. Senso di peso all'addome
- 2 = Ho difficoltà ad alimentarmi senza lo stimolo o l'aiuto di qualcuno. Prendo dei lassativi o dei farmaci per i disturbi gastrointestinali

#### **13. SINTOMI SOMATICI GENERALI**

- 0 = Per niente
- 1 = Ho pesantezza agli arti, alla schiena o alla testa. Ho mal di testa, mal di schiena, dolori muscolari. Mi sento privo di energie e mi affatico facilmente
- 2 = Se i sintomi sono molto evidenti segnare '2'

#### **14. SINTOMI GENITALI**

- 0 = Per niente
- 1 = Lievi
- 2 = Gravi

#### **15. IPOCONDRIA**

- 0 = Per niente
- 1 = Iper-attenzione nei confronti del mio corpo
- 2 = Sono preoccupato per la mia salute
- 3 = Mi lamento spesso e chiedo aiuto

4 = Sono convinto di avere una malattia somatica, senza che ve ne siano i motivi

#### **16. PERDITA DI PESO**

0 = Nessuna perdita di peso

1 = Probabile perdita di peso a causa della presente malattia

2 = Evidente perdita di peso

3 = Non valutata

#### **17. INSIGHT**

0 = Penso di essere depresso ed ammalato

1 = Penso di essere ammalato e ritengo che ciò sia dovuto alla cattiva alimentazione, al clima, al superlavoro, a malattie infettive, al bisogno di riposo

2 = Non penso di essere ammalato

*Figura 20: Scala Hamilton per la depressione*

Valutazione del punteggio ottenuto:

- < 7 ASSENZA DI DEPRESSIONE
- 8-17 DEPRESSIONE LIEVE
- 18-24 DEPRESSIONE MODERATA
- > 25 DEPRESSIONE GRAVE

#### 8. Hamilton Anxiety Rating Scale:

Questo test è utilizzato per valutare clinicamente la gravità dell'ansia, è utilizzabile sia per adulti, adolescenti che bambini. Il tempo di somministrazione va dai dieci ai quindici minuti. L'Hamilton è stata una delle prime scale di valutazione sviluppata per misurare la gravità dei sintomi di ansia, ed oggi è ancora ampiamente usata sia in ambito clinico che di ricerca. La scala è composta da 14 punti, ognuno dei quali, definito da una serie di sintomi, misura tanto di ansia psichica (agitazione mentale e stress psicologico) quanto di ansia somatica (disturbi fisici legati

all'ansia). Sebbene l'Hamilton rimanga ampiamente usata come misura del risultato negli studi clinici, è stato criticato per la sua a volte scarsa capacità di distinguere gli effetti ansiolitici da quelli antidepressivi e gli effetti di ansia somatica da quelli somatici secondari. L'Hamilton non fornisce alcuna serie di domande standardizzate. Nonostante questo, i livelli segnalati di affidabilità della scala sembrano essere accettabili.

### **HAMILTON ANXIETY RATING SCALE**

	<b>Assente</b>	<b>Lieve</b>	<b>Moderato</b>	<b>Grave</b>	<b>Molto grave</b>
<b>1- ANSIA</b> Preoccupazioni, previsioni pessimistiche, paura del futuro, irritabilità	0	1	2	3	4
<b>2- TENSIONE</b> Senso di tensione, facile stancabilità, trasalimenti, facilità al pianto, tremiti, sensazione di irrequietudine, incapacità a rilassarsi	0	1	2	3	4
<b>3- PAURE</b> Del buio, degli estranei, di essere lasciato solo, degli animali, del traffico, della folla	0	1	2	3	4
<b>4- INSONNIA</b> Difficoltà ad addormentarsi, sonno interrotto, sonno non riposante e senso di stanchezza al risveglio, sogni, incubi, terrori notturni	0	1	2	3	4
<b>5- SFERA INTELLETTIVA</b> Difficoltà a concentrarsi, riduzione della memoria	0	1	2	3	4
<b>6- UMORE DEPRESSO</b> Perdita di interessi, incapacità a trovare piacere negli hobby, depressione, risveglio precoce, alternanza diurna	0	1	2	3	4
<b>7- SINTOMI SOMATICI (APPARATO MUSCOLARE)</b> Dolori muscolari, senso di stiramento, irrigidimento, contrazioni	0	1	2	3	4

cloniche, denti serrati, voce tremula, aumento del tono muscolare					
<b>8- SINTOMI SOMATICI (SENSORIALI)</b> Acufeni o ronzii, offuscamento visivo, vampate caldo o freddo, intorpidimento, sensazione di formicolii					
<b>9- SINTOMI CARDIOVASCOLARI</b> Tachicardia, palpitazioni, dolori ai petto, pulsazioni vasali, senso di svenimento	0	1	2	3	4
<b>10- SINTOMI RESPIRATORI</b> Senso di peso o di costrizione al torace, senso di soffocamento, sospiri, dispnea	0	1	2	3	4
<b>11- SINTOMI GASTROINTESTINALI</b> Difficoltà a deglutire, flatulenza, dolori addominali, pirosi, senso di ripienezza, nausea, vomito, borborigmi, meteorismo, perdita di peso, stipsi	0	1	2	3	4
<b>12- SINTOMI GENITO-URINARI</b> Pollachiuria, stimolo alla minzione, amenorrea, menorragie, comparsa di frigidità, ejaculatio praecox, perdita della libido, impotenza	0	1	2	3	4
<b>13- SINTOMI A CARICO DEL S.N. AUTONOMO</b> Secchezza delle fauci, rossore, pallore, tendenza a sudare, vertigini, cefalea, pilo erezione	0	1	2	3	4
<b>14- SOGGETTO DURANTE L'ESAME</b> Agitato, irrequieto, va avanti e indietro, tremore alle mani, fronte corrugata, faccia tirata, sospiri o tachipnea, pallore del volto, deglutizioni, ecc	0	1	2	3	4

Figura 21: Scala Hamilton per l'ansia

Punteggio:

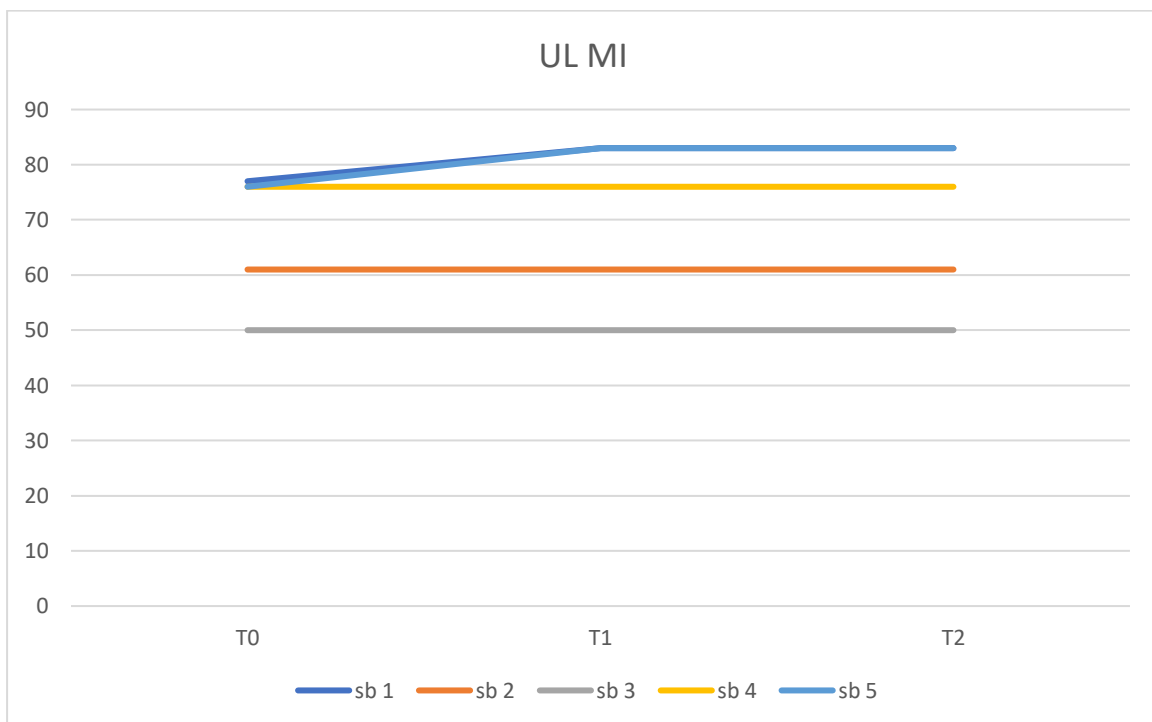
Ogni elemento è segnato su una scala da 0 (non presente) a 4(grave), con un intervallo di punteggio totale di 0-56, dove <17 indica lieve entità, 18-24 da lieve a moderata e 25-30 da moderata a grave.

### 6.3 Analisi dei risultati

- FUNZIONE MOTORIA ARTO SUPERIORE

#### Upper Limb Motricity Index

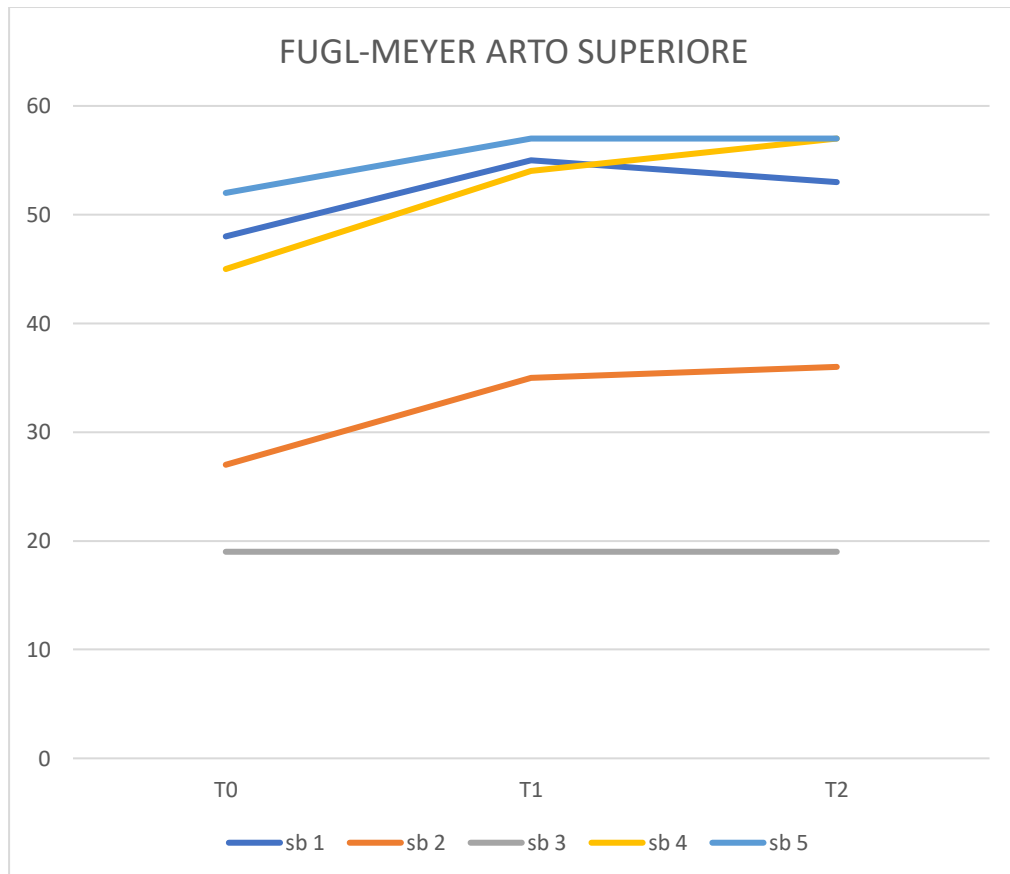
I valori dell'Upper Limb Motricity Index riportati nel grafico sono dati dalle somme del valore assoluto della presa a pinza, flessione gomito a partire da 90° e abduzione spalla partendo dalla parete toracica.



L'indice di motricità è migliorato in due pazienti su cinque di 6/ 7 punti, ad un mese il risultato è stabile.

## Fugl-Meyer arto superiore

I valori della Fugl-Meyer per l'arto superiore riportati sono dati dalle somme del valore assoluto dei movimenti dell'arto superiore, del polso, della mano e dei movimenti rapidi alternati.



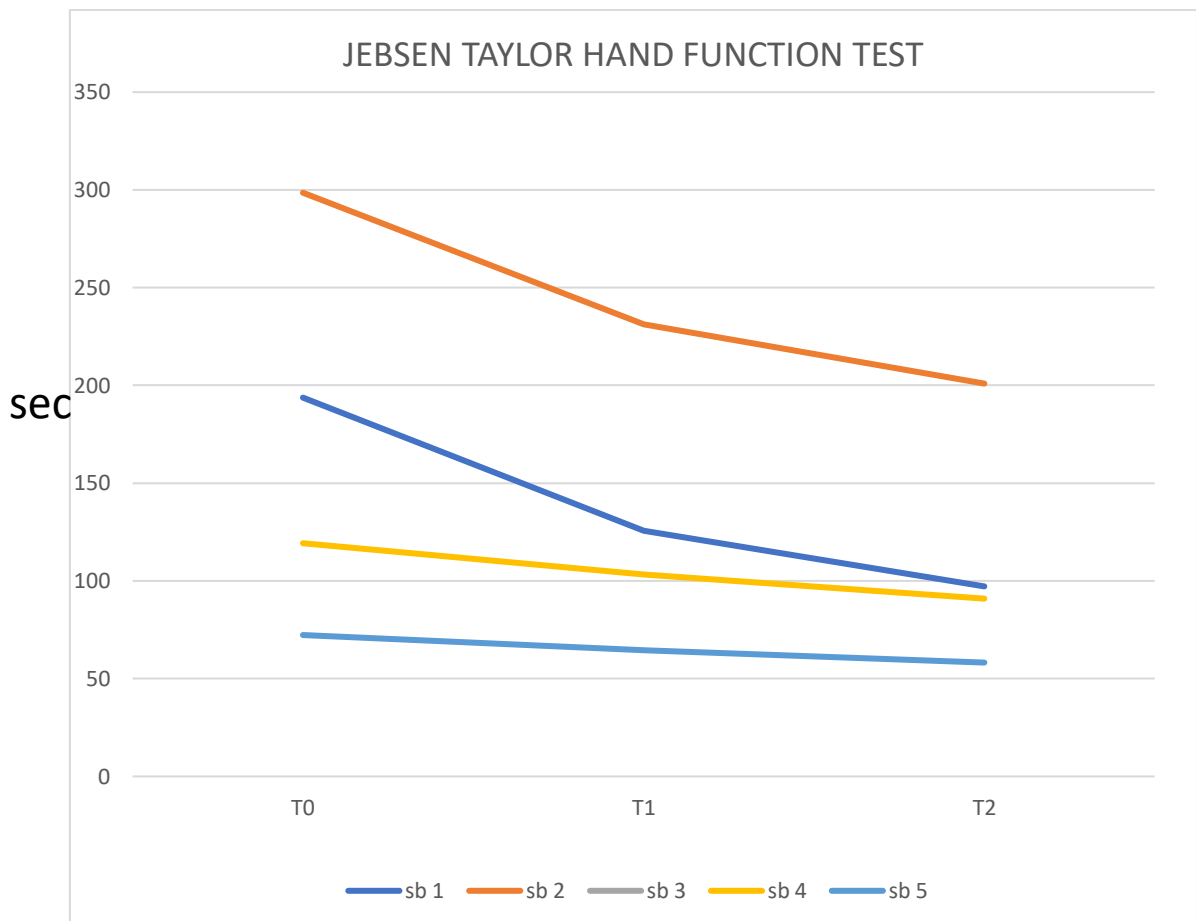
Il punteggio della Fugl-Meyer è migliorato per quattro pazienti su cinque, rimane stabile nel quinto soggetto. La differenza pre-post è in media di 7 punti [range 5-9] pienamente nel range di miglioramento clinicamente significativo (MCID= [range 4-7] per i soggetti cronici (Page et al 2012) .

Ad un mese il risultato è stabile.

- DESTREZZA

### Jebsen Taylor Hand Function Test

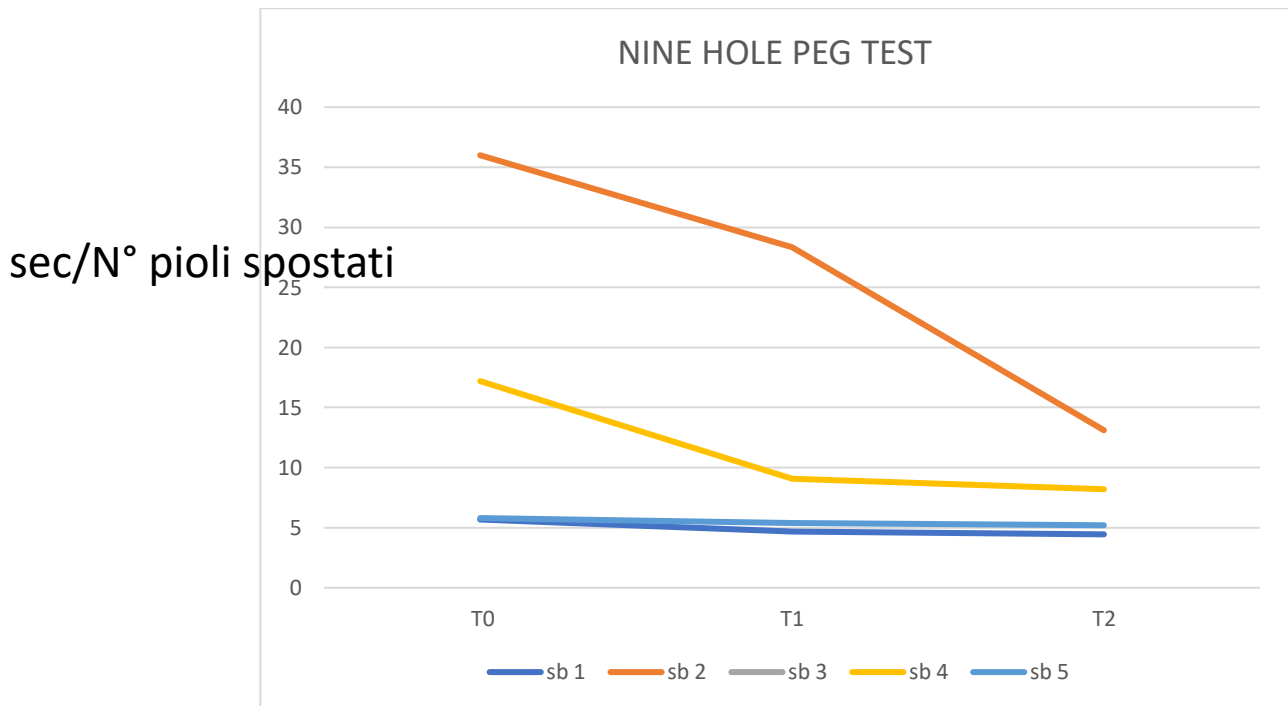
I valori riportati in questo grafico corrispondono alla somma in secondi dei tempi impiegati dai pazienti per portare a compimento un'azione.



Il punteggio al test di Jebsen è migliorato in 4 /4 pazienti, il quinto soggetto non presentava una motricità residua tale da poter effettuare test di destrezza. Ad un mese il risultato continua a migliorare; è molto importante sottolineare che il miglioramento è maggiore in chi era all'inizio più compromesso.

## Nine Hole Peg Test

I valori del Nine Hole Peg Test derivano dal rapporto tra il tempo impiegato per porre i pioli negli appositi spazi ed il numero dei pioli realmente spostati.



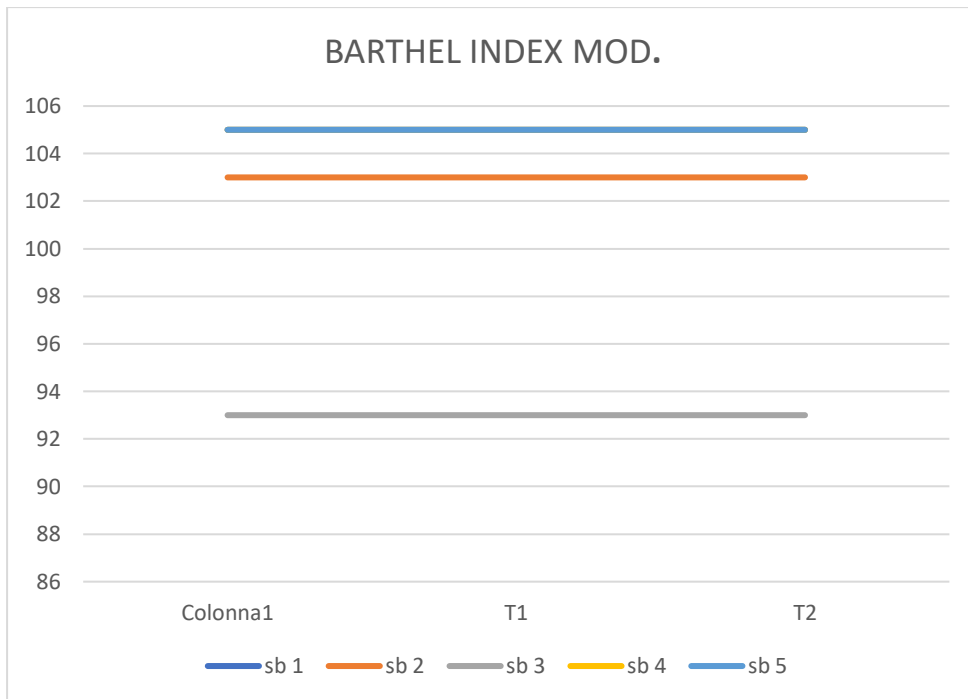
Il punteggio al test di NHP è migliorato in 4 /4 pazienti. Ad un mese il risultato è stabile o migliorato a T2; anche in questo caso il miglioramento è maggiore in chi era all'inizio più compromesso



- AUTONOMIA GLOBALE

### Barthel Index Modificato

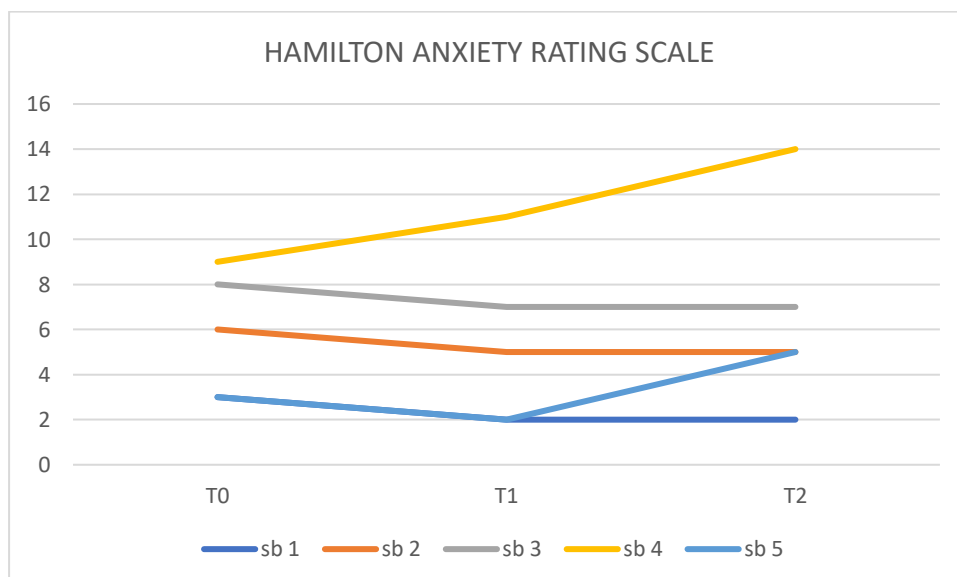
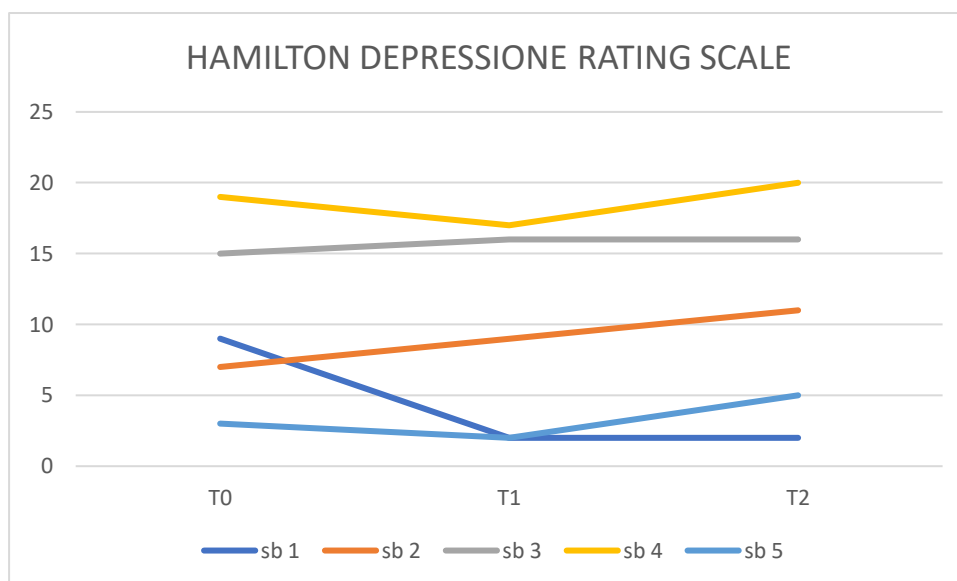
I valori riportati nel grafico sono dati dalla somma dei punteggi degli undici items.



Il grafico mostra una stabilità clinico-funzionale

- STATO EMOTIVO

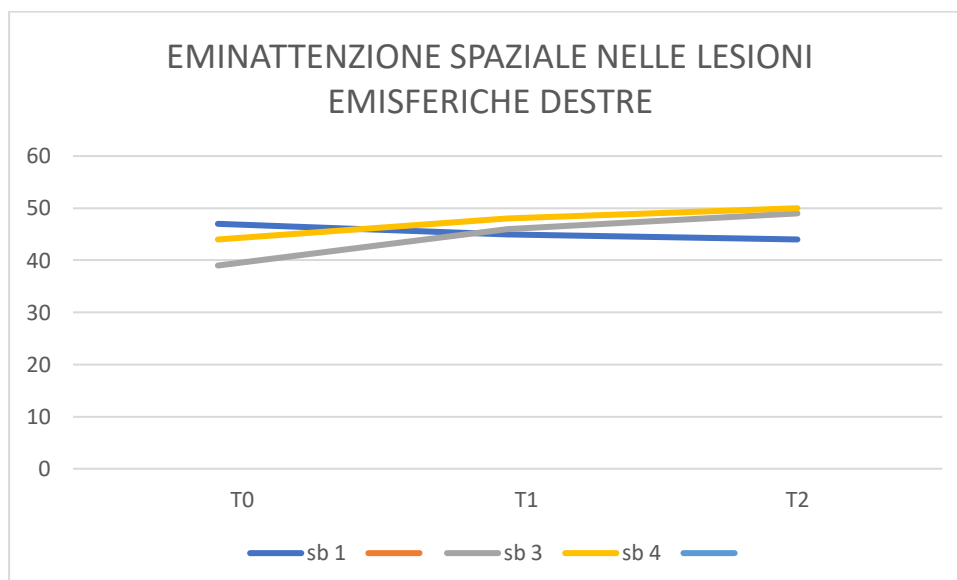
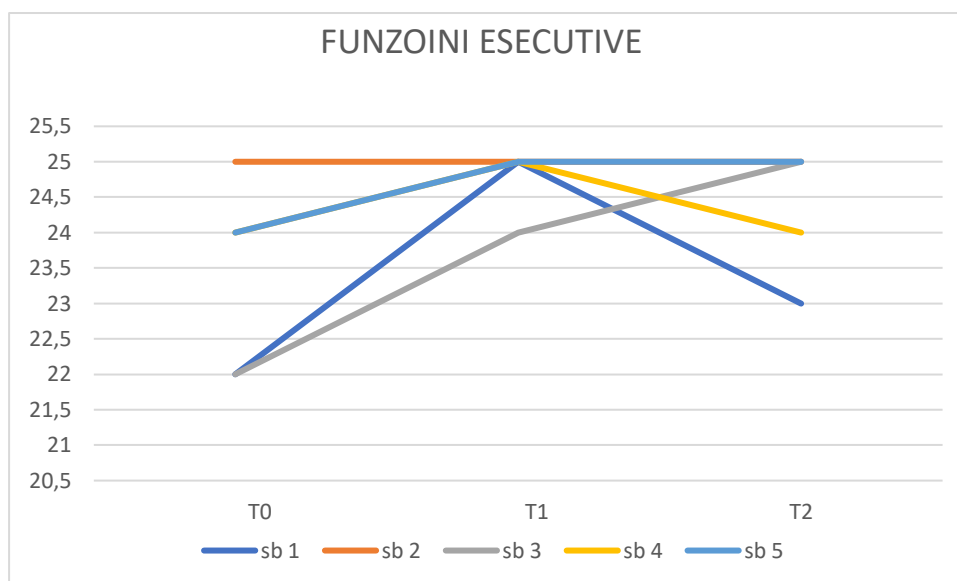
### Hamilton Depression Rating Scale



In ambito emotivo- comportamentale la presa in carico si è correlata con una riduzione stabile dell'ansia in tutti i pazienti eccetto uno. La deflessione del tono dell'umore ha un andamento meno omogeneo riducendosi in due soggetti temporaneamente e rimanendo sostanzialmente stabile negli altri.

- ABILITA' COGNITIVE

### Oxford Cognitive Scale



Le abilità cognitive monitorate attraverso la OCS rimangono stabili eccetto: le funzioni esecutive che dopo il training sono migliorate in 3 soggetti [range 1-3 punti] e rimaste stabili in due soggetti. L'eminattenzione per lo spazio è migliorato in 2 soggetti su tre con lesioni emisferiche destre e rimaste invariate (al tetto) nelle sinistre.

## 6.4 Discussione

L'analisi dei risultati ottenuti in questo studio su piccola casistica consente di puntualizzare alcune considerazioni in merito agli effetti di combinazione della tDCS e della Mirror Therapy in soggetti con paresi dell'arto superiore con esiti di ictus in fase cronica; per quanto riguarda la funzione motoria dell'arto superiore, si nota, mediante i grafici che solo due pazienti su cinque sono migliorati al tempo T1 e rimasti stabili al miglioramento nel T2, mentre le valutazioni degli altri tre pazienti non hanno subito cambiamenti nelle distanze di tempo tra le tre valutazioni. L'altra misura di outcome è la Fugl-Meyer, il cui punteggio è migliorato in quattro pazienti su cinque; il quinto è rimasto stabile durante le tre valutazioni. La differenza pre-post è in media di 7 punti [range 5-9] pienamente nel range di miglioramento clinicamente significativo del "Minimal clinically important differences" (MCID= [range 4-7] per i soggetti cronici (Page et al 2012), ovvero punteggi ottenuti dal paziente nelle valutazioni che riflettono, in un intervento clinico, cambiamenti significativi. Ad un mese il risultato è stabile. La destrezza viene valutata mediante la Jebsen Taylor Hand Function Test, il punteggio è migliorato in 4 /4 pazienti mentre il quinto soggetto non presentava una motricità residua tale da poter effettuare il test di destrezza; ciò che caratterizza questo risultato è che i pazienti che sono migliorati maggiormente sono quelli che al T0 avevano un punteggio più basso e che poi al T2 continuano ancora a migliorare nonostante sia passato un mese dall'ultimo trattamento. Risultati ottenuti anche da altri studi che prevedevano la somministrazione di tDCS e mirror therapy in pazienti post stroke, con protocollo di valutazione e trattamento simili al nostro studio.

[20]

Un'altra scala che misura la destrezza è il Nine Hole Peg Test, questa valutazione è migliorata in 4 pazienti su 5; il quinto soggetto non

presentava una motricità residua tale da poter effettuare il test di destrezza. Come nel caso della Jebsen anche in questo test, i miglioramenti maggiori sono stati rilevati nei pazienti più compromessi ed anche qui, a distanza di un mese di trattamento, i pazienti rimangono stabili o continuano a migliorare al T2, l'effetto del trattamento si mantiene nel tempo e i pazienti non regrediscono al valore del T0. Per quanto riguarda l'autonomia globale, le valutazioni della Barthel sono rimaste invariate in parte perché i soggetti in esame partivano quasi tutti da un buon livello funzionale ma suggerendo anche che i risultati di destrezza non si traducono in una migliore autonomia e diminuzione del carico assistenziale. Le abilità cognitive sono state valutate mediante l'Oxford Cognitive Screen, di cui solamente due variabili sono state significative: le funzioni esecutive e l'eminattenzione spaziale. Le altre sono rimaste stabili. Le funzioni esecutive dopo il training sono migliorate in 3 soggetti [range 1-3 punti] e rimaste stabili in due soggetti. L'eminattenzione spaziale è migliorata in 2 soggetti su tre con lesioni emisferiche destre e rimaste invariate (al tetto) nelle sinistre. Questo ultimo dato riportato è risultato inaspettato ma allo stesso tempo stupefacente poiché i pazienti che hanno migliorato il loro punteggio, sono quelli in cui la lesione ha interessato le aree deputate alle abilità Visuo-Spaziali presenti nell'emisfero destro; ovvero gli stessi pazienti con eminattenzione spaziale il cui inserimento negli studi con Mirror Therapy è ancora motivo di controversie. Nell'ambito dello stato emotivo, le variabili valutate sono state l'ansia e la depressione; mediante l'Hamilton Anxiety Rating Scale è emerso che il trattamento è correlato con una riduzione stabile dell'ansia in tutti i pazienti eccetto uno, mentre tramite l'Hamilton Depression Scale si è visto che la deflessione del tono dell'umore ha un andamento meno omogeneo rispetto quello dello stato d'ansia riducendosi in due soggetti solo temporaneamente e rimanendo sostanzialmente stabile negli altri.

## 6.5 Conclusioni

L'analisi dei dati delle valutazioni, ci permette di affermare che il binomio tDCS e Mirror Therapy ha avuto una rilevante influenza nel recupero della funzione motoria, della destrezza, dello stato emotivo e delle abilità cognitive; i risultati sulla destrezza in particolare rilevano un andamento in progressiva riduzione dei tempi impiegati nello svolgere le azioni dei test nonostante la sospensione del trattamento e questo fa pensare ad una reale riattivazione delle aree corticali producendo un effetto terapeutico incisivo, reale e duraturo. Interessante saper poter inserire la valutazione con Tms per misurare la variazione di questa attività. Inoltre, durante i trattamenti infatti, diversi pazienti hanno testimoniato di sentire l'arto affetto meno rigido e più propenso alla mobilità, di usarlo spontaneamente insieme o al posto dell'arto sano, quest'ultimo invece veniva usato durante il trattamento poiché il controlaterale era impossibilitato a muoversi diminuendo l'affaticabilità e migliorando la resistenza. Un altro paziente inoltre ha riferito di aver avuto una sorta di "assuefazione" verso la Mirror Therapy, affermando che durante il trattamento provava un senso di benessere che veniva a mancare nei giorni di pausa del trattamento stesso, questo fenomeno è rilevante per avvalorare la motivazione che i pazienti avevano nell'effettuare il trattamento. Infatti si è provocato un meccanismo simile all'assuefazione dove la ricompensa è quella di veder muovere l'arto lesa in modo appropriato al comando, senza ricevere le informazioni di inadeguatezza e quindi frustranti che si hanno spesso in altre terapie. La Motivazione è alla base dell'apprendimento che ha provocato la riattivazione delle aree corticali stimulate. L'ultimo aspetto da evidenziare riguarda il Neglet, ovvero l'eminattenzione spaziale dovuta a lesioni nell'emisfero destro, il quale in diversi studi è stato inserito nei fattori di esclusione ma in realtà si è notato che i pazienti con lesioni destre, nel rispettivo test, hanno raggiunto i punteggi migliori.

## ***Ringraziamenti***

Questi tre anni di università sono stati intensi, impegnativi ma anche spensierati; sono cresciuta vedendo e vivendo differenti situazioni insieme ai miei colleghi e pazienti, le quali hanno determinato in me cambiamento e maturità. Durante il mio percorso ho incontrato diverse figure professionali che mi hanno dato tanto in termini di conoscenza ma soprattutto di umanità; con le tutor Giovanna Censi, Paola Casoli e Cristina Brunelli si è instaurato subito un rapporto di complicità e rispetto reciproco, sin da subito ci hanno trattato come colleghi e loro pari. Un grande ringraziamento inoltre va alla Dottoressa Marianna Capecci, la quale oltre ad essere un'ottima Professoressa, è una donna di grande animo ed umiltà, che si è resa disponibile per la realizzazione di questo studio. Ringrazio poi il Dottor Riccardo Carlino, specializzando in fisioterapia, il quale mi ha accompagnato e supportato durante l'intero sviluppo della tesi, partecipando lui stesso e contribuendo a creare momenti di ilarità con i pazienti, mettendoli a proprio agio. Uno speciale ringraziamento va a una ragazza, una professionista, conosciuta in primo anno durante l'ultimo mese di tirocinio, che da subito con me è stata gentile e disponibile, una ragazza, che poi in terzo anno ho voluto come mia correlatrice di tesi: Viviana Bonci. Viviana mi è stata sempre accanto lungo tutto il percorso, se non poteva fisicamente, al telefono; mi è stata di grande aiuto nella realizzazione e sviluppo della tesi: inizialmente per l'organizzazione in sé e per improntare i trattamenti, poi mi ha aiutato nel cercare gli articoli da cui prendere spunto, mi ha aiutato nell'analisi dei dati ma soprattutto mi è stata di supporto e di conforto nelle situazioni più difficili. Per ultima ma sicuramente non meno importante, vorrei ringraziare la mia famiglia, la quale mi è stata sempre vicino e che nei momenti più bui non mi ha mai giudicato ma attraverso il dialogo ha trovato la chiave per aiutarmi e farmi ragionare; a mia madre, una donna con un cuore grande, d'animo gentile e con una forza e determinazione, che spero di poter avere io un domani. A mio padre, la persona più sensibile e piena d'amore che io conosca, che con la sua allegria ed il suo senso dell'umorismo illumina le mie giornate e che durante le avversità è in grado di mantenere lucidità e calma per trovare sempre una soluzione. A mio fratello, il mio esempio, che ha creato la sua carriera da solo, senza chiedere niente a nessuno ma semplicemente affrontando le sue paure e mettendo sempre avanti la sua curiosità e la sua voglia di fare, senza mai tirarsi indietro.

Grazie a tutti.

# Bibliografia

- [1] [Online]. Available: <https://www.my-personaltrainer.it/fisiologia/sistema-nervoso-centrale.html>.
- [2] [Online]. Available: <http://www.sinv.it/images/pdf/2017/sbt/paci.pdf>.
- [3] [Online]. Available: [http://www.neuroworld.it/neuroni&psiche/RF\\_neuroni.pdf](http://www.neuroworld.it/neuroni&psiche/RF_neuroni.pdf).
- [4] [Online]. Available: [https://www.unibs.it/sites/default/files/ricerca/allegati/Neuroscienze\\_per%20iniziare\\_testo%20complementare.pdf](https://www.unibs.it/sites/default/files/ricerca/allegati/Neuroscienze_per%20iniziare_testo%20complementare.pdf).
- [5] [Online]. Available: <https://www.my-personaltrainer.it/salute-benessere/lobi-cervello.html>.
- [6] <https://www.doveecomemicuro.it/notizie/aggiornamenti/cervello>.
- [7] F. Veronesi. [Online]. Available: <https://www.fondazioneveronesi.it/magazine/tools-della-salute/glossario-delle-malattie/ictus-cerebrale#section-1>.
- [8] [Online]. Available: [http://www.sinv.it/images/pdf/2016/sbt/relazione\\_dott\\_carboni.pdf](http://www.sinv.it/images/pdf/2016/sbt/relazione_dott_carboni.pdf).
- [9] Neuroplanet. [Online]. Available: <http://neuroplanet.blogspot.com/2009/04/spasticita.html>.
- [10] Albanesi. [Online]. Available: <https://www.albanesi.it/medicina/braccio.htm>.
- [11] <https://www.my-personaltrainer.it/salute-benessere/mano.html>.
- [12] L. SPREAD. [Online]. Available: [www.iso-stroke.it/wp-content/uploads/2017/02/LIBRO-SPREAD-VIII-ED-13-09-16.pdf](http://www.iso-stroke.it/wp-content/uploads/2017/02/LIBRO-SPREAD-VIII-ED-13-09-16.pdf).
- [13] M. Capecci. [Online]. Available: <https://docs.google.com/presentation/d/1cPWcsJ4wqXYhw6wMMQy9EUO-AoviZiFjrXeJGbCyzZ0/edit#slide=id.p1>.
- [14] [https://www.pathos-journal.com/page\\_46.html](https://www.pathos-journal.com/page_46.html).
- [15] [aifa.progettoecce.it/approfondimenti/ecceinfad2006\\_spalla.0.pdf](http://aifa.progettoecce.it/approfondimenti/ecceinfad2006_spalla.0.pdf).
- [16] [Online]. Available: [www.istitutoveneto.it › flex › pages › ServeAttachment.php › E › pdf](http://www.istitutoveneto.it/flex/pages/ServeAttachment.php).
- [17] L. C. e. A. Imbasciati, in *Neuroscienze e teoria psicoanalitica*.
- [18] [www.vitellaro.it/silvio/storia%20e%20filosofia/neuroni\\_specchio/Empatia%20Neuroni%20Specchio.pdf](http://www.vitellaro.it/silvio/storia%20e%20filosofia/neuroni_specchio/Empatia%20Neuroni%20Specchio.pdf).
- [19] G. Rizzolati, *Specchi nel cervello*, 2019.
- [20] W. H. S. U. R. o. K. Department of Physical Therapy, «Effect of mirror therapy with tDCS on functional recovery of the upper extremity of stroke patients».