



# Università degli Studi di Padova

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA  
PRESIDENTE: *Ch.ma Prof.ssa Veronica Macchi*

## TESI DI LAUREA

L'UTILIZZO DI APPARECCHIATURE ELETTROMEDICALI NEL TRATTAMENTO  
RIABILITATIVO DELL'ARTO SUPERIORE DEL PAZIENTE EMIPLEGICO CRONICO:  
DUE CASE STUDIES

The use of electromedical equipment in the rehabilitation treatment of the upper limb in the chronic  
hemiplegic patient: two case studies

RELATORE: Dott.ssa Valentina Dal Molin

LAUREANDO: Nicola Tonial

Anno Accademico 2022/2023

## INDICE

<b>RIASSUNTO</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>II</b>
<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPITOLO 1: MALATTIE CEREBROVASCOLARI: DEFINIZIONE E CONSEGUENZE CLINICHE</b> .....	<b>3</b>
1.1 Definizione ed epidemiologia .....	3
1.2 Conseguenze cliniche .....	4
1.3 Neuroplasticità e ruolo della riabilitazione .....	5
<b>CAPITOLO 2: L'ARTO SUPERIORE NEI PAZIENTI AFFETTI DA ICTUS</b> .....	<b>8</b>
2.1 Caratteristiche cliniche e conseguenze funzionali nell'arto superiore dei soggetti colpiti da ictus.....	8
2.2 Valutazione funzionale dell'arto superiore nel paziente emiplegico.....	11
<b>CAPITOLO 3: LE APPARECCHIATURE ELETTROMEDICALI E IL LORO UTILIZZO NELLA RIABILITAZIONE DELL'ARTO SUPERIORE</b> .....	<b>14</b>
3.1 La robotica nella riabilitazione dell'arto superiore .....	14
3.2 Le apparecchiature elettromedicali utilizzate in questo progetto.....	15
3.2.1 Dinamometro Isocinetico .....	15
3.2.2 Bimeo .....	17
3.2.3 Biofeedback.....	18
<b>CAPITOLO 4: MATERIALI E METODI</b> .....	<b>20</b>
4.1 Disegno sperimentale .....	20
4.1.1 Definizione del problema e ipotesi.....	20
4.1.2 Obiettivo .....	20
4.1.3 Fasi del progetto .....	20
4.2 Definizione di un protocollo di valutazione per arto superiore.....	21
4.2.1 Valutazione del livello di compromissione senso motoria globale .....	23
4.2.2 Valutazione delle funzioni corporee .....	23
4.2.3 Valutazione dell'attività e della partecipazione.....	26
4.2.4 Valutazione della qualità di vita .....	28
4.3 Casi clinici .....	29
4.3.1 Scelta dei pazienti.....	29
4.3.2 Cartella clinica.....	29
4.4 Proposta terapeutica .....	30
<b>CAPITOLO 5: RISULTATI</b> .....	<b>34</b>
5.1 PAZIENTE 1 .....	34
5.1.1 Funzioni corporee.....	34
5.1.2 Attività e partecipazione .....	34
5.1.3 Qualità di vita .....	35
5.2 PAZIENTE 2 .....	36
5.2.1 Funzioni corporee.....	36
5.2.2 Attività e partecipazione .....	41
5.2.3 Qualità di vita .....	44
<b>CAPITOLO 6: DISCUSSIONE</b> .....	<b>46</b>
<b>CONCLUSIONE</b> .....	<b>49</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>50</b>

## RIASSUNTO

**Introduzione.** L'ictus è una delle principali cause di disabilità al mondo. Le conseguenze cliniche riguardano soprattutto l'arto superiore e comportano la perdita della forza muscolare, della coordinazione motoria, della destrezza e, in generale, della funzionalità dell'arto. In questi anni il progresso medico-scientifico ha portato allo sviluppo di tecnologie sempre più sofisticate anche in ambito riabilitativo. Nonostante ciò, in letteratura gli articoli in merito, focalizzati sull'arto superiore, sono pochi.

**Obiettivo.** Obiettivo primario è verificare l'efficacia, su funzioni neuro-muscoloscheletriche, attività, partecipazione e percezione della qualità di vita, dell'applicazione di tre dispositivi elettromedicali (dispositivo isocinetico, Bimeo e biofeedback) nel trattamento dell'arto superiore di due pazienti emiplegici cronici. Obiettivo secondario è verificare la validità clinica di un protocollo di valutazione creato ad hoc per i due soggetti.

**Materiali e metodi.** Presso l'IRCCS E. Medea "La Nostra Famiglia" di Pieve di Soligo (TV), sono stati individuati due pazienti che, in base a una valutazione del livello di compromissione senso-motoria globale, risultassero a basso funzionamento (Paziente 1) e ad alto funzionamento (Paziente 2). È stato progettato un programma riabilitativo costituito da 14 sedute totali: 10 di trattamento e 4 tra valutazione iniziale (T0) e finale (T1). La valutazione è avvenuta mediante la somministrazione di un protocollo creato ad hoc per i due pazienti, basato sui domini dell'ICF. Per delineare il profilo clinico sono stati definiti: fattori personali e ambientali; funzioni corporee (attraverso una valutazione della sensibilità, del dolore, del tono muscolare, dell'AROM e della forza muscolare); attività e partecipazione (con test specifici). Per definire la qualità di vita percepita da ciascun paziente è stata inserita una valutazione soggettiva attraverso la somministrazione di scale multidimensionali.

**Risultati.** Il paziente 1 ha mantenuto sostanzialmente invariati i parametri inerenti alle funzioni corporee e alla partecipazione. È migliorato, invece, in quelli relativi alla qualità di vita. Il paziente 2 è migliorato sia nei parametri relativi alla forza muscolare, all'attività e alla partecipazione, sia in quelli che riguardano la percezione della qualità di vita.

**Conclusioni.** I dispositivi elettromedicali utilizzati in questo studio si sono dimostrati validi nel trattamento del paziente emiplegico cronico, risultando efficaci soprattutto per il soggetto ad alto funzionamento su forza muscolare, presa grossolana e qualità di vita. Il protocollo di valutazione creato è risultato essere parzialmente affidabile, responsivo e accettabile; molto valido, perché ha permesso di delineare un quadro clinico e motorio completo di entrambi i pazienti.

## **ABSTRACT**

**Introduction.** Stroke is one of the leading causes of disability worldwide. Clinical consequences occur in the upper limb and mainly concern loss of muscle strength, motor coordination, dexterity and, in general, the functionality of the arm. Nowadays, the medical-scientific progress has led to the development of more sophisticated technologies used in rehabilitation. However, articles focused on upper limb rehabilitation are low in literature.

**Objective.** The primary objective is to verify the efficacy, on neuro-musculoskeletal functions, activity, participation and quality of life's perception, of the application of three electromedical devices (isokinetic device, Bimeo and biofeedback) in treatment of upper limb in two chronic hemiplegic patients. The secondary objective is to evaluate the clinical validity of an evaluation protocol created ad hoc for the two people.

**Materials and methods.** Two people were identified at the IRCCS E. Medea "La Nostra Famiglia" of Pieve di Soligo (TV), and they were selected because of their respective low functioning (Patient 1) and high functioning condition (Patient 2), based on an evaluation of their level of global sensorimotor impairment. A treatment plan was created and consisted of 14 sessions: 10 training sessions and 4 for initial evaluation (T0) and final evaluation (T1). Then an assessment protocol was built for each patient based on ICF domains. For outlining the clinical profile, some items were defined: personal and environmental factors; body functions (through an assessment of sensibility, pain, muscle tone, AROM and muscle strength); activity and participation (with specific tests). To define the quality of life perceived by each patient, a subjective estimation was created with multidimensional scales.

**Results.** Patient 1 kept his body function and participation's parameters stable. He improved on quality of life' parameters. Patient 2 got better both on muscle strength, activity and participation, and on quality of life's perception.

**Conclusion.** Electromedical equipment used in this study has proven to be valid on chronic hemiplegic patient's treatment, especially on muscle strength, manual grip and quality of life. The evaluation protocol was found to be partially reliable, responsive and acceptable; it's also very valid, because it allowed to outline a complete clinical and motor picture of both patients.

## INTRODUZIONE

L'ictus è la seconda causa di morte e disabilità a livello mondiale con circa 17 milioni di eventi ogni anno, ma con dei numeri in costante aumento [5]. Il 75% dei casi si presenta dopo i 65 anni d'età e i fattori di rischio che concorrono allo sviluppo di tale patologia sono diversi e riguardano, principalmente, patologie concomitanti, come ipertensione e iperglicemia, ma anche elementi di rischio comportamentali, come la scarsa attività fisica e il fumo di sigaretta [3][4]. In seguito all'evento ictale, l'impairment motorio e sensitivo che ne deriva spesso colpisce in modo più grave l'arto superiore. Questo rappresenta nell'uomo uno strumento fondamentale nella quotidianità e nell'interazione con il mondo, in quanto permette di compiere numerose attività grazie alla presenza di quattro articolazioni principali, che garantiscono movimenti nei diversi piani dello spazio. Di conseguenza un relativo impairment si ripercuote anche sulla percezione della propria qualità di vita.

La debolezza muscolare è uno dei principali fattori che contraddistinguono il deficit motorio in questi pazienti. Ne consegue una progressiva perdita dell'uso, della funzionalità e della destrezza dell'arto superiore. Quest'ultima è un altro grave problema nel soggetto con ictus, in quanto comporta notevoli difficoltà nelle attività di vita quotidiana e quindi nell'autonomia e nella percezione di salute del paziente stesso. Nella mano, inoltre, compare spesso la difficoltà nella presa e nel rilascio degli oggetti: in questo, un ruolo importante lo detiene il pollice che, con il movimento di opposizione, permette una manipolazione precisa e fine. La riabilitazione dell'arto superiore è, quindi, una tappa fondamentale nel programma riabilitativo dei soggetti post evento ictale.

Negli ultimi anni, il progresso tecnologico e la progressiva riduzione dei costi dei dispositivi robotici hanno permesso una loro applicazione anche in ambito riabilitativo. I dispositivi oggi sono sempre più numerosi e permettono, inoltre, una partecipazione attiva del paziente, stimolandolo ad acquisire nuove competenze ed esperienze significative per la riorganizzazione cerebrale.

Questo progetto di tesi, realizzato su due pazienti, ha come obiettivo primario di valutare l'efficacia, su funzioni neuro-muscoloscheletriche, attività, partecipazione e percezione della qualità di vita di un trattamento riabilitativo dell'arto superiore nel paziente emiplegico cronico realizzato mediante l'utilizzo di apparecchiature elettromedicali. L'obiettivo secondario è quello di verificare la validità clinica di un protocollo di valutazione creato per i due pazienti.

Il lavoro si è articolato nelle seguenti tappe. È stata inizialmente eseguita una ricerca bibliografica sull'ictus, le sue conseguenze cliniche e l'applicazione dei dispositivi elettromedicali all'arto superiore.

Sono stati poi selezionati due pazienti che avevano precedentemente svolto un percorso riabilitativo presso la struttura IRCSS E. Medea de "La Nostra Famiglia" di Pieve di Soligo (TV) e che rispondessero alle caratteristiche di un soggetto ad alto e uno a basso funzionamento.

Successivamente è stato creato un protocollo di valutazione a partire dal modello proposto da Sivan [37], ma adattato in base alle caratteristiche dei due pazienti e seguendo il modello ICF. Esso si compone di cinque diverse sezioni: fattori personali, fattori ambientali, funzioni corporee, attività, partecipazione e qualità di vita percepita. Ciascun ambito è stato valutato attraverso l'impiego di test e scale di valutazione specifiche e multidimensionali.

È stato, in seguito, definito e applicato un trattamento riabilitativo utilizzando tre differenti dispositivi elettromedicali: il macchinario isocinetico Humac Norm per il rinforzo muscolare e la mobilizzazione passiva, il dispositivo Bimeo per il recupero della destrezza e della funzionalità dell'arto superiore e il biofeedback per il miglioramento del movimento di opposizione del pollice della mano paretica.

Al termine del trattamento sperimentale è stato applicato nuovamente il protocollo per ciascun paziente, al fine di evidenziare eventuali miglioramenti o modifiche, legate al trattamento riabilitativo.

# CAPITOLO 1: MALATTIE CEREBROVASCOLARI: DEFINIZIONE E CONSEGUENZE CLINICHE

## 1.1 Definizione ed epidemiologia

Il termine *cerebrovascolare* è composto da due parole: “cerebro” che indica le strutture cerebrali e “vascolare” che definisce il sistema circolatorio e quindi le arterie, le vene e tutti i piccoli vasi che percorrono i tessuti. Tutte le patologie di questo tipo si riferiscono a quelle situazioni in cui si presenta una riduzione, temporanea o permanente, del flusso sanguigno nel sistema nervoso centrale [1].

Le malattie cerebrovascolari sono numerose (stenosi, aneurismi, etc.), ma la più frequente è lo *Stroke*. Definito in italiano come *Ictus* o come *Colpo* per indicare l'imprevedibilità di tale evento, è stato introdotto in ambito medico per la prima volta nel 1689 dal dottor William Cole, sostituendo il termine *Apoplessia* di cui già parlava Ippocrate nel 400 a.C. per definire gli eventi cerebrali acuti e non traumatici [2].

Nel 1970, il WHO (World Health Organization) ha definito in modo ufficiale il termine *Stroke* come “*una improvvisa comparsa di segni e/o sintomi riferibili a deficit delle funzioni cerebrali, localizzati o globali di durata superiore alle 24 ore o ad esito infausto non attribuibile ad altra causa apparente se non di origine vascolare*” [2]. In seguito ai progressi in ambito medico e scientifico, però, tale definizione non è sembrata essere più sufficiente per distinguere in modo efficace tutti gli eventi ictali. Per cui l'American Stroke Association (ASA) e l'American Heart Association (AHA) hanno nuovamente descritto tale patologia evidenziando come sia fondamentale innanzitutto una valutazione oggettiva con una diagnosi clinica del danno attraverso una radiografia, una tomografia computerizzata o una risonanza magnetica, utili a mostrare la gravità e le aree maggiormente colpite dalla lesione. La definizione di ictus è stata, inoltre, ampliata prendendo in considerazione anche quegli eventi che non determinano segni e/o sintomi clinici evidenti, inglobando così anche le emorragie e le ischemie silenti che fino ad allora non erano state prese in considerazione come cause scatenanti [2].

L'ictus viene suddiviso in due sottocategorie: ischemico o emorragico. Il primo, che costituisce circa l'87% di tutti i casi a livello globale [3], è causato da un'occlusione di un vaso sanguigno che irrorava l'encefalo e nella maggior parte dei casi è dovuto a un'aterosclerosi o a un coagulo di sangue. Secondo la nuova definizione [2], l'ischemia alla base dovrebbe essere focale e non globale, come invece stabilito dal WHO, e questo perché la presentazione clinica, e di conseguenza la gestione, il trattamento e la prognosi sono completamente

differenti. La seconda categoria è, invece, caratterizzata dalla presenza nel soggetto di patologie come la fibrillazione atriale o malformazioni venose, che possono determinare una rottura di uno o più vasi sanguigni generando un'emorragia che può svilupparsi o nello spazio subaracnoideo (3%) o a livello intracranico (10%) [3].

L'ictus risulta essere più frequente dopo i 55 anni: circa il 75% dei casi si presenta dai 65 anni in su, mentre il 10% tra i 18 e i 50 anni [4][5]. Nel 2010 si sono registrati circa 16,9 milioni di casi al mondo, ma questo dato è in costante crescita [5]. Secondo una recente review, infatti, dal 1990 al 2019 c'è stato un considerevole aumento del numero dei casi e questo può essere principalmente legato all'innalzamento sia dell'età media che della numerosità della popolazione mondiale totale, soprattutto nei paesi meno sviluppati dove alcuni fattori di rischio e la mancanza di campagne di prevenzione concorrono all'incremento di tale patologia [6]. Per quanto riguarda il rischio della comparsa dell'ictus sembra che il 91% delle cause sia modificabile (ipertensione, obesità, iperglicemia, iperlipidemia e disfunzioni renali); il 74% può essere riconducibile a fattori comportamentali come una dieta poco sana, scarsa attività fisica, fumo di sigaretta e alcool. Il 29% del rischio di comparsa dello stroke è, invece, attribuibile all'inquinamento atmosferico [3]. Si è dimostrato, inoltre, come negli Stati Uniti ogni anno siano circa 55 mila in più i casi di donne colpite da ictus rispetto ai maschi [3] e questo, secondo lo studio di Katan [7], viene parzialmente spiegato dalla loro più alta aspettativa di vita rispetto agli uomini, ma anche dalla maggiore incidenza di patologie come l'ipertensione e la fibrillazione atriale.

Lo stroke, inoltre, è la seconda causa mondiale di disabilità [5]: negli USA, dei 795 mila casi annuali, il 26% ha difficoltà a svolgere le principali attività di vita quotidiana, mentre il 50% subisce una riduzione della mobilità a causa dell'emiparesi [7]. Esso risulta essere anche la seconda causa di morte al mondo, anche se il tasso di mortalità entro 30 giorni dall'evento è molto variabile: si attesta tra il 10% di alcune aree francesi, al 42% nella città di Calcutta in India [5]. In Italia il dato della mortalità a un mese dall'evento si attesta intorno al 20%, mentre i decessi entro l'anno salgono al 40-50% [4].

## **1.2 Conseguenze cliniche**

Dopo l'ictus il Sistema Nervoso Centrale (SNC) va incontro a una serie di modifiche e alterazioni. Nel caso di un attacco ischemico la mancanza di sangue determina una sofferenza dei tessuti colpiti che rimangono privi di sostanze e nutrienti da esso trasportati; per quanto riguarda l'emorragia, invece, l'accumulo di sangue e di liquidi può provocare una

compressione del tessuto sottostante. Intorno all'area dell'infarto si può, inoltre, formare la cosiddetta *Penombra*, area in cui i neuroni ancora vivi sono metabolicamente compromessi e non in grado di trasmettere il segnale elettrico [8].

I principali effetti dovuti all'ictus sono fisici e la loro gravità dipende da diversi fattori: l'area e il tempo per cui il tessuto rimane in sofferenza, la causa dell'evento e il livello di salute precedente all'evento ictale. I sintomi che ne derivano possono essere molteplici e vari: spesso si presenta debolezza muscolare con comparsa di paresi e plegia del lato del corpo controlaterale all'emisfero colpito dalla lesione, a causa della decussazione della maggior parte delle fibre nervose. Si può manifestare anche spasticità, quindi un aumento della tensione muscolare che può limitare movimenti e funzionalità degli arti colpiti e che, se non correttamente gestita, può sfociare in contratture. Vi possono essere problemi visivi, con difficoltà a leggere o distinguere figure; alterazioni della sensibilità tattile, pressoria, termica e cinestesica; problemi di linguaggio, con difficoltà a esprimersi e a comprendere ciò che si ascolta o si legge; alterazioni del controllo sfinterico e affaticamento precoce [9].

Come detto, l'ictus comporta una serie di modifiche all'interno delle strutture cerebrali che, in parte, possono andare incontro a un recupero grazie a una serie di meccanismi di rigenerazione che proseguono anche dopo mesi dall'evento. Alla base della riorganizzazione cerebrale iniziale vi sta la riduzione dell'edema associato all'assorbimento dei prodotti tossici e il ripristino della circolazione sanguigna. L'edema può interrompere quelle che sono le funzioni neuronali nelle sue vicinanze, per cui il suo progressivo riassorbimento, generalmente entro le otto settimane dall'evento, permette ai neuroni la ripresa della trasmissione elettrica del segnale. Se è associato alla perfusione della penombra ischemica, può migliorare il processo di recupero in quanto permette la riattivazione dei neuroni silenziosi. Questo comportamento, quindi, costituisce la prima tappa per il recupero delle funzioni lesionate [10].

### **1.3 Neuroplasticità e ruolo della riabilitazione**

Il fenomeno della plasticità neuronale, che caratterizza fin da subito il recupero post lesionale e che sottende la riorganizzazione cerebrale, è un processo che comporta cambiamenti funzionali e strutturali al cervello ed è la capacità del SNC di rispondere a degli stimoli intrinseci ed estrinseci per riorganizzare strutture, funzioni e connessioni neurali. La neuroplasticità è quindi caratterizzata dalla capacità del SNC di avere una buona flessibilità sia nel rinforzare le connessioni interneurali che ha mantenuto, sia nel creare nuove

connessioni permettendo così di estendere i circuiti all'interno del cervello e di raggiungere nuovi task motori [11][12].

Tale processo consiste in tre diverse fasi:

1. Nelle prime quarantotto ore, dipendentemente dalla tipologia di danno ictale che ha subito il soggetto, si ha un accumulo di cellule morte e una perdita di neuroni e percorsi corticali, per cui il cervello inizia a creare nuove connessioni cerebrali utili per mantenere le principali funzioni [11].
2. Nelle settimane successive, il reclutamento e l'attività delle nuove cellule permettono i fenomeni della plasticità sinaptica, cioè l'abilità del SNC di creare nuove connessioni cerebrali e di mantenerle il più a lungo possibile tramite le esperienze cui va incontro il paziente. Questi possono essere influenzati da diversi fattori, sia positivamente, rafforzandoli e rendendoli sempre più efficaci (l'esercizio terapeutico, l'ambiente adatto, la motivazione, i neuromodulatori come la dopamina) ma anche negativamente (l'età avanzata e la presenza di patologie neurodegenerative) [11].
3. Nei mesi seguenti, le strutture cerebrali continuano a rimodellarsi tramite lo sprouting assonale. Quest'ultimo avviene sia fra i neuroni adiacenti alla lesione e le aree motorie, premotorie e somatosensoriali dell'emisfero ipsilaterale, sia nell'emisfero controlaterale con l'area frontale e il tronco encefalico o il midollo spinale, zone in cui si sono state perse le connessioni con il sito cerebrale lesionato dallo stroke [11][13].

Il fenomeno della neuroplasticità viene suddiviso in due meccanismi: la rigenerazione neuronale insieme allo sprouting collaterale, e la riorganizzazione neuronale che comprende i fenomeni dell'equipotenzialità, della vicariazione e della diaschisi.

L'equipotenzialità e la vicariazione sono due eventi molto simili tra loro: il primo prevede la capacità delle aree dell'emisfero controlaterale alla sede della lesione di gestire le funzioni perse dal soggetto; la seconda invece, definisce la capacità del SNC di riorganizzare le aree controlaterali all'infarto in modo tale da gestire le funzioni che non sono più disponibili [11]. Successivamente alla lesione si ha il cosiddetto fenomeno della diaschisi, cioè la diminuzione della reattività o depressione di una determinata funzione neurologica gestita da un'area anche lontana rispetto alla zona colpita dalla lesione, ma strettamente connessa da legami sinaptici: questo spiega come alcuni pazienti perdano determinate funzioni senza avere lesioni nelle aree che le gestiscono. Questo fenomeno riveste una sorta di ruolo di difesa e di riorganizzazione del cervello che va via via riducendosi dopo le prime settimane, permettendo poi il ripristino delle funzioni inibite grazie alla risoluzione delle funzioni neuronali [10][11].

Sono eventi, quindi, che giocano un ruolo molto importante nel massimo recupero funzionale del paziente, soprattutto nella prima fase del post-ictus, quando la situazione clinica è ancora poco stabile e definita [11].

La plasticità può avere diversi effetti sui pazienti: in alcuni può comportare benefici, in altri non sembrano esserci degli effetti sostanziali, in altri ancora può comportare dei cambiamenti maladattativi nella performance e nelle capacità fisiche. Inoltre, la maggior parte del recupero motorio spontaneo si ha entro tre mesi, mentre entro i sei mesi si può raggiungere il massimo risultato attraverso la riabilitazione. Oltre i sei mesi si osservano dei miglioramenti, ma ridotti. Il recupero sembra però dipendere da diversi fattori: non solo dalla gravità della lesione, ma anche dalle capacità di apprendimento, dalla motivazione, dal supporto familiare e dalla qualità e intensità della riabilitazione. Comprendere, quindi, come i diversi stimoli con cui il paziente viene a contatto e capire come egli reagisca ad essi risulta essere fondamentale per l'intervento riabilitativo [10].

## CAPITOLO 2: L'ARTO SUPERIORE NEI PAZIENTI AFFETTI DA ICTUS

### 2.1 Caratteristiche cliniche e conseguenze funzionali nell'arto superiore dei soggetti colpiti da ictus

L'80% dei pazienti mostrano segni al volto e agli arti superiori e/o inferiori come conseguenza dell'ictus [14]. Secondo l'ICF (*International Classification of Functioning, Disability and Health*), l'impairment, o menomazione in italiano, colpisce il sistema nervoso e muscoloscheletrico con ripercussioni principalmente sulle funzioni e strutture del corpo [15].

I danni dell'ictus all'arto superiore risultano essere molto più persistenti e disabilitanti rispetto a quelli che colpiscono l'arto inferiore: circa il 50% dei soggetti emiplegici ha dei sintomi a sei mesi di distanza, i quali possono persistere fino a quattro anni nel 25% dei casi [14]. Inoltre, il 40% dei pazienti non riesce a recuperare la completa funzionalità dell'arto colpito [16]. Il danno alla corteccia motoria sensoriale, alle aree sottocorticali e al cervelletto può portare a:

- perdita del controllo e della coordinazione motoria di dita, mani e braccia;
- deficit sensoriali e della propriocezione del proprio corpo o dell'arto [14].

Spesso il ridotto movimento che ne deriva genera delle conseguenze a cascata che si ripercuotono soprattutto sui tessuti connettivi e neurali e sui muscoli comportando, ad esempio, contratture, spasticità, dolori e sublussazione della spalla (dovuta alla debolezza della cuffia dei rotatori del lato più colpito). Tutto questo contribuisce a ridotta partecipazione e a difficoltà nelle attività quotidiane, soprattutto in quelle dove vi si richiede una coordinazione tra braccio, mano e dita. Tuttavia, risulta essere difficile capire come e quali deficit trattare inizialmente, in quanto spesso possono presentarsi in contemporanea e mutare nel corso della convalescenza [14][15].

Il 65% di tutti i pazienti manifestano emiparesi, definita come “*una ridotta capacità di generare un normale livello di forza muscolare*” [17] in un lato del corpo; differisce, invece, dall'emiplegia, dove vi è la completa incapacità di attivazione dell'apparato locomotore. Spesso capita che, qualora il paziente non raggiunga un buon livello motorio dell'arto paretico, con il passare del tempo la tendenza sia quella di “dimenticarsi” di questo e utilizzare sempre più l'arto predominante non affetto con conseguente sviluppo del fenomeno del “*learned non use*” [14]. Questo sembra essere legato alla ridotta forza o paralisi del braccio, spesso connesso alla perdita di sensibilità [15]. Il fenomeno del “non uso” è strettamente legato alla riorganizzazione della mappa somatotopica all'interno delle aree somatomotorie primarie dell'emisfero ipsilaterale alla lesione [18], per cui non è dovuto al danno di per sé e

la sua manifestazione sarà la soppressione del movimento [19]. Con il proseguire del tempo questo può diventare un'abitudine e l'arto potrebbe non essere più integrato nelle attività quotidiane [15].

Alla base della ridotta capacità dell'arto superiore di produrre forza muscolare, vi è il fenomeno della sarcopenia, cioè la “*perdita di volume e forza muscolare*” [20] che determina un declino della funzionalità del muscolo. Cambiamenti strutturali maladattativi cominciano già quattro ore dopo l'evento ictale e sono legati alla perdita di motoneuroni: vi è infatti una diminuzione degli stimoli inibitori discendenti del sistema nervoso cerebrale in aggiunta al ridotto apporto di nutrienti da parte del midollo spinale. Questo si tramuta nell'interruzione della connessione sinaptica della muscolatura innervata con conseguente riduzione delle unità motorie disponibili. La conseguente inattività o immobilità dell'arto porta a molteplici effetti nell'organismo soprattutto a livello muscolare: ad esempio, l'immobilizzazione per dieci giorni causa un 30% in meno di sintesi proteica con conseguente riduzione del 39% della forza muscolare rispetto al lato opposto [20][21]. A lungo termine si può creare un circolo vizioso dove l'alterazione dei tessuti, l'aumento del grasso intramuscolare, il potenziamento dei riflessi e della spasticità contribuiscono alla progressiva fibrosi muscolare, al dolore e alla perdita della funzionalità dell'arto superiore. Questo dimostra come l'esercizio risulti essere fondamentale per recuperare la mobilità e la capacità funzionale dell'arto compromesso [15][20][22].

Vi è una stretta correlazione tra la forza prossimale e distale nel braccio: si è visto infatti come una ridotta stabilità del cingolo scapolare, data principalmente dalla cuffia dei rotatori e dai retrattori e protrattori della scapola [23], possa portare a un impoverimento della destrezza della mano e delle capacità di reaching e di coordinazione dell'arto superiore [24]. La destrezza viene definita come “*un comportamento preciso (...) e flessibile che coinvolge articolazioni di più segmenti e il cui repertorio viene migliorato attraverso l'apprendimento*” [25]. Quanto detto in precedenza viene sostenuto da diversi ricercatori, tra cui Nijland [26]. Nel suo studio sembra che il 98% dei pazienti colpiti da ictus, che a tre giorni dall'evento hanno la capacità di abduire la spalla ed estendere le dita dell'arto plegico attivamente, abbiano una probabilità più alta di avere una buona destrezza della mano. Infatti, il fattore clinico che sembra avere una maggiore ripercussione su tale funzione è la gravità della paresi nelle prime settimane dall'evento: di fatto il recupero di un buon range di movimento attivo e dell'estensione delle dita, l'abduzione e l'elevazione della spalla sono fattori prognostici positivi per il recupero della funzione dell'arto superiore a sei mesi dall'evento ictale [27].

Per cui risulta fondamentale promuovere un percorso riabilitativo incentrato anche sul recupero della forza, vista oggi la convinzione che tale intervento non vada a influire sul fenomeno della spasticità, altra conseguenza importante dell'ictus.

La spasticità è classificata come un'alterazione del tono muscolare. Secondo la definizione di Pandyan, essa è *“un controllo sensomotorio disordinato derivante da una lesione del motoneurone superiore e che si manifesta attraverso un'attivazione involontaria e intermittente o prolungata dei muscoli”* [28]. Secondo uno studio di Lance, inoltre, è legata a un aumento dell'eccitabilità dei riflessi tonici da stiramento che determinano una tensione velocità dipendente all'allungamento muscolare [28]. Questo fenomeno con il passare del tempo risulta essere sempre più invalidante e porta a una serie di alterazioni ai tessuti neurali e muscolari, come ad esempio le contratture muscolari. Una continua attivazione muscolare dovuta alla lesione determina un accorciamento delle fibre muscolari, una riduzione del numero di sarcomeri e, quindi, una diminuzione anche della mobilità del distretto colpito [29].

Secondo quest'ultimo studio però, la debolezza muscolare, unita alla spasticità e alle contratture, costituisce il 50% dei fattori limitanti l'attività dell'arto superiore [29]. Come già detto in precedenza, anche la perdita o l'alterata sensibilità, propiocezione e coordinazione dell'arto superiore sono dei fattori da prendere in considerazione. Si è visto infatti, che circa il 36-50% dei pazienti affetti da ictus hanno difficoltà a riconoscere la posizione del proprio arto nello spazio e questo è spesso associato ad alcuni aspetti, come ad esempio ad una alterazione della postura fisiologica assunta dal proprio arto per la presenza di sinergie muscolari flessorie ed estensorie, oppure alla cosiddetta *“sindrome spalla-mano”* [30][31]. Questa rientra tra le *“sindromi dolorose regionali complesse”* ed è caratterizzata dalla manifestazione di dolore di tipo neuropatico, da disturbi motori come tremore e debolezza e dall'alterazione della sensibilità [32].

L'incapacità del paziente nell'avere una buona propiocezione del proprio arto ha delle ripercussioni anche sul recupero motorio del distretto corporeo. Tale disordine porta a difficoltà nella coordinazione motoria polidistrettuale e multiplanare, spesso con una presa e attività di reaching poco precisi e difficoltà a correggere i movimenti volontari errati. Questo deficit può essere ulteriormente aggravato dalla coesistenza della perdita della sensibilità.

La perdita delle funzioni sensoriali tattili, cinestesiche, stereognosiche o discriminative è comune nello stroke. Questa compromette la capacità di acquisire e processare tutte le informazioni di feedback motorio, con conseguenti rappresentazioni interne inaccurate [15].

La coordinazione motoria, gestita principalmente dal cervelletto, sembra essere influenzata soprattutto dalla debolezza, dalla spasticità e dal fenomeno del “*learned non use*” [33]. Nonostante non vi sia una specifica definizione del termine coordinazione, secondo Tomita [34] essa è legata all’organizzazione dei diversi distretti corporei sia in termini di spazio che di tempo, in funzione del loro range motorio e dell’obiettivo di movimento. Dopo lo stroke, compaiono due fenomeni che limitano ulteriormente la coordinazione motoria e in primis i movimenti di reaching:

- viene alterato il corretto timing di attivazione della muscolatura dell’arto superiore, con conseguente alterazione della coordinazione intermuscolare tra la muscolatura sinergica e non sinergica [35];
- viene meno il “principio della ridondanza”. In condizioni ottimali ognuno può completare un determinato gesto attraverso modalità differenti grazie al completo range di movimento delle articolazioni coinvolte. Qualora però nel paziente vi siano una serie di fenomeni come debolezza, contratture, perdita di sensibilità, si utilizzano strategie compensatorie stereotipate e poco funzionali [34].

## **2.2 Valutazione funzionale dell’arto superiore nel paziente emiplegico**

Il processo di valutazione è una delle parti fondamentali dell’intervento fisioterapico e punto focale per la pratica Evidence Based. Esso avviene principalmente in due momenti: al primo accesso del paziente, per valutarne le capacità e le funzioni in modo da definire il profilo clinico, individuare i principali obiettivi di lavoro e, quindi, il trattamento più adeguato; alla fine del percorso riabilitativo, così da poter stabilire i reali e significativi cambiamenti clinici, cioè quanto il risultato finale sia sostanzialmente legato al trattamento. Il processo di valutazione è, comunque, presente a ogni seduta riabilitativa al fine di ridefinire costantemente il programma riabilitativo in relazione alle modificazioni del paziente.

Viene svolta con strumenti di misura oggettivi, come ad esempio i goniometri articolari, e con scale di valutazione composte da una serie di domande o di prove focalizzate sul problema principale del paziente e il cui obiettivo è quello di valutarne la gravità. Infatti, la misura di outcome in ambito medico viene definita come “*un test o una scala amministrata e interpretata dal terapeuta che è stata dimostrata essere utile per misurare accuratamente un particolare attributo di interesse nel paziente e nel terapeuta e che ci si aspetta essere influenzata dal trattamento*” [36].

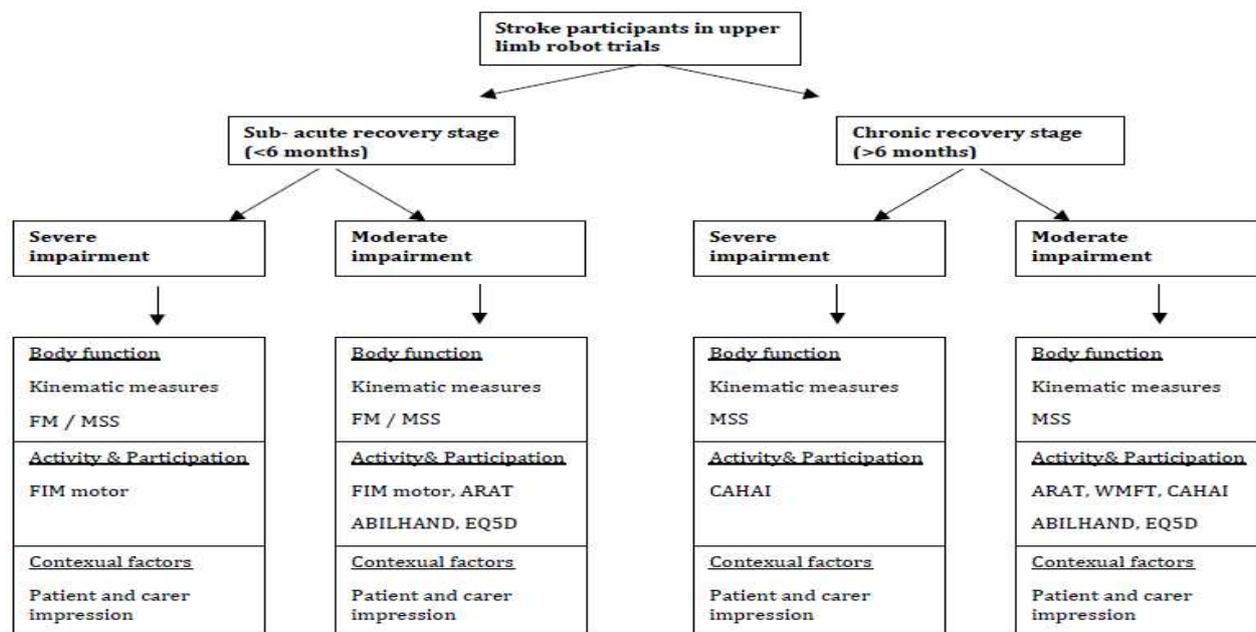
Le scale cliniche e i mezzi utilizzati per definire lo status e le abilità del paziente, vengono realizzate in accordo con le categorie dell'ICF:

- strutture e funzioni corporee: le prime riguardano le componenti anatomiche come organi e arti; le seconde definiscono le funzioni psicologiche e fisiologiche;
- attività: capacità dell'individuo di eseguire un compito o un'azione;
- partecipazione: coinvolgimento nella vita sociale;
- fattori contestuali: comprendono fattori ambientali e personali [37].

Secondo quanto scrive Sivan nel suo articolo [37], sembra esserci una mancanza di accordo sulle misure di outcome da utilizzare nella valutazione dell'arto superiore, soprattutto per quanto riguarda la riabilitazione con dispositivi robotici. Su questo ambito, alcune review [38][39] mostrano come vi siano scale ricorrenti quali la FMA-UL, la FIM oppure la MSS, ma non sono presenti in tutti gli articoli considerati.

Sivan ha cercato di individuare un protocollo standardizzato per la valutazione del paziente attraverso le apparecchiature robotiche basandosi sulle caratteristiche della persona e sui domini dell'ICF, in modo tale che si possano mostrare i cambiamenti in tutti gli aspetti che riguardano la condizione di salute del soggetto con ictus. Secondo le considerazioni dell'autore riportate nell'articolo, il tempo dall'evento ischemico e la gravità della condizione clinica (misurata attraverso la Fugl-Meyer), sono due parametri fondamentali da considerare nella scelta delle misure di outcome più adeguate, in quanto la responsività e la capacità delle scale di valutazione di misurare dei cambiamenti risultano essere diverse nei vari stadi della patologia. Egli ritiene, inoltre, indispensabili almeno quattro misure di outcome che rientrino nei diversi domini dell'ICF in modo tale da capire ed evidenziare gli effetti dell'intervento fisioterapico [37].

A completamento della valutazione delle funzioni corporee, oltre alle scale di valutazione, secondo Sivan è importante considerare anche quei parametri cinematici che vengono registrati dalle macchine, come velocità, tempo, accuratezza del movimento, etc. Sono valori che permettono di valutare la performance motoria in un ambiente standardizzato e possono essere facilmente consultabili e analizzati in ogni sessione di training, arricchendo la valutazione del paziente [37][40].



**Severe impairment** – Fugl-Meyer < 25 / Unable to actively move robot arm without assistance

**Moderate impairment** – Fugl-Meyer > 25 / Able to actively move robot arm without assistance

Figura 1: protocollo per la valutazione neuromotoria dell'arto superiore proposto da Sivan.

La valutazione dei pazienti in questo progetto di tesi si è basata sul protocollo soprastante, che è stato integrato da altre scale di valutazione. Sivan stesso propone l'utilizzo di test come la Box and Block o la Nine-Hole Peg Test per i trattamenti che coinvolgono il polso e la mano [37]. Sono stati presi in considerazione altri articoli focalizzati sulla valutazione dell'arto superiore tramite l'utilizzo di apparecchiature elettromedicali, come lo studio di Ekstrand [41] che ha evidenziato come la misura della forza della presa della mano sia rappresentativa della forza dell'arto plegico e che quindi l'utilizzo di un dinamometro manuale sia uno strumento importante nella riabilitazione. Per la valutazione del tono muscolare e del livello di partecipazione del paziente sono state scelte la scala Ashworth Modificata e l'SF-36. Secondo due articoli scritti da Salter [42][43], infatti, questi due strumenti di valutazione sono molto validi e utilizzati in ambito clinico. Per la definizione dei parametri cinematici non sembra esserci un consenso sui quali considerare, vista la grande variabilità degli strumenti utilizzati in clinica. Per tali motivi in questo progetto di tesi sono stati analizzati la coppia, il lavoro e la potenza, valori che nel dispositivo utilizzato definiscono la forza che il muscolo testato è capace di sviluppare.

## CAPITOLO 3: LE APPARECCHIATURE ELETTROMEDICALI E IL LORO UTILIZZO NELLA RIABILITAZIONE DELL'ARTO SUPERIORE

### 3.1 La robotica nella riabilitazione dell'arto superiore

Con l'avvento del progresso tecnologico e la progressiva riduzione dei costi dei dispositivi robotici, si è sempre più puntato sul loro uso in riabilitazione. In ambito medico essi rientrano nella categoria degli apparecchi elettromedicali, cioè dispositivi medici che attraverso la corrente elettrica sono capaci di rilevare e trasferire l'energia verso o dal paziente per la valutazione e il trattamento [44].

Attraverso la terapia robotica possono essere raggiunti alcuni obiettivi, come ad esempio: il miglioramento del reclutamento muscolare, della coordinazione, dell'armonia del movimento o delle capacità di presa e rilascio di un oggetto [45]. La progressione del trattamento viene promossa attraverso la variazione di alcuni parametri, quali la resistenza e l'assistenza offerta dal dispositivo, aumentando la forza e i movimenti possibili da parte del paziente [46]. Sembra inoltre che l'aggiunta di un feedback estrinseco, come un suono o un'immagine proiettata dal dispositivo o dal computer a esso connesso, permetta di far conoscere al paziente i risultati e l'andamento del training, rendendo il trattamento più stimolante e facilitando il raggiungimento degli obiettivi [47].

Negli ultimi anni, diversi autori [38][39][45][48] hanno realizzato delle review sistematiche per individuare quali fossero più utilizzati in ambito fisioterapico. Sembra che alcuni dispositivi (MIT-Manus, MIME, NeReBot, BiManu-Track) siano molto più diffusi nella pratica clinica. Questi vengono classificati come "*End Effectors*": sostengono la mano o l'avambraccio del paziente per aiutarlo a compiere determinati task motori, attraverso traiettorie impostate e simili a quelle fisiologiche. Vengono usati principalmente sui soggetti che presentano una capacità motoria sufficiente a controllare il movimento della mano o dell'arto superiore in quanto non va ad agire direttamente sul controllo interarticolare. Tali dispositivi differiscono dagli esoscheletri, come il T-WREX, che invece presentano una struttura simile a quella dell'arto superiore umano, offrendo un sostegno e un range di movimento più ampio (può avere infatti sette gradi di libertà di movimento) [48].

Gli stessi autori hanno anche cercato di giungere a una conclusione sul dibattito riguardante l'efficacia del trattamento riabilitativo caratterizzato dall'uso dei robot, rispetto al trattamento convenzionale. Secondo Peter [39], la cui conclusione è sostenuta anche dagli articoli di Zhang [49] e Mehrholz [46], la riabilitazione attraverso i dispositivi robotici sembra essere efficace nel recupero della funzione e della forza generata dall'arto, con ripercussioni

anche nelle attività quotidiane [46]. Bertani [48] e Norouzi [38] sostengono, invece, la non significatività del trattamento robotico rispetto a quello convenzionale.

### 3.2 Le apparecchiature elettromedicali utilizzate in questo progetto

Per il trattamento riabilitativo dei pazienti in questo progetto di tesi, sono stati utilizzati tre dispositivi elettromedicali: il dinamometro isocinetico, il Bimeo e il Biofeedback.

#### 3.2.1 Dinamometro Isocinetico

Il dispositivo elettromedicale utilizzato in questo progetto è lo Humac Norm, macchinario che consente di testare e allenare singolarmente ventidue articolazioni attraverso quattro modalità di contrazione muscolare: isocinetica, isotonica, isometrica e passiva. L'esercizio che viene svolto attraverso tale strumento è utile al fine di migliorare la mobilità, la forza, il controllo e



Figura 2: dispositivo Humac Norm.

la stabilità dell'articolazione coinvolta nel movimento, fornendo costanti feedback visivi e uditivi [50]. Il dispositivo è costituito da una serie di elementi, tra cui il sistema informatico che permette di: definire le modalità di inserimento dei dati del paziente, realizzare il protocollo di lavoro e fornire indicazioni circa la posizione del paziente per ciascuna attività che deve effettuare. Questo strumento memorizza una serie di dati che vengono acquisiti durante la sessione di training, tra cui il picco di coppia, la modalità di

contrazione muscolare, il lavoro e la potenza prodotti dalla muscolatura, stimando il deficit di forza di un gruppo muscolare rispetto al controlaterale. Inoltre, consente di standardizzare e riprodurre più facilmente gli esercizi e, grazie alla presenza di feedback uditivi e visivi, rende il paziente più motivato a partecipare attivamente al trattamento [51][52].

Le modalità con cui è stato utilizzato tale dispositivo sono due: contrazione isocinetica (in modalità concentrica) e passiva (CPM, Continuous Passive Motion).

L'isocinetica è una modalità di contrazione muscolare nella quale la velocità angolare con cui viene mosso l'arto è predeterminata e costante lungo tutto il range di movimento. Poiché, secondo la relazione lunghezza-tensione muscolare, la forza (o tensione) che i sarcomeri sono in grado di sviluppare varia in base alla loro lunghezza e quindi all'angolo articolare [53], la resistenza meccanica si adatta in base al movimento. In questo modo

all'estremità del range motorio, dove la struttura contrattile è in massimo allungamento o accorciamento e genera minor forza, la resistenza è minore e aumenta in modo proporzionale al vantaggio della leva muscolare. L'esercizio svolto con questo dispositivo viene descritto anche come un'attività "con carico accomodante", in quanto aggiusta la resistenza meccanica in base alla forza generata dal paziente e al dolore presente in alcuni punti del movimento [54].

Tale macchinario ha visto un suo largo utilizzo in ambito sportivo, soprattutto nelle fasi finali del training fisioterapico. Oggi però ci sono sempre più studi che valutano la sua efficacia anche nel trattamento delle patologie neuromuscolari e neurologiche. Uno studio che ha revisionato la letteratura in merito all'utilizzo dell'isocinetica in ambito neurologico [51], ha messo in evidenza come gli articoli sull'arto superiore siano in numero inferiore rispetto all'arto inferiore. Secondo l'autore, questo è dovuto ad alcuni fattori:

- molto spesso, e come già detto in precedenza, l'impairment che colpisce il braccio è mediamente più grave rispetto all'arto inferiore. E questo renderebbe più complesso l'uso del macchinario;
- la presenza della sindrome della spalla dolorosa;
- la ridotta correlazione tra rinforzo muscolare e recupero della funzionalità dell'arto superiore [51].

La maggior parte delle macchine isocinetiche sono costituite da dinamometri che permettono di creare un lavoro incentrato su tre modalità: concentrico-concentrico, concentrico-eccentrico ed eccentrico-eccentrico. La modalità concentrica è quella più utilizzata in ambito clinico perché più intuitiva e ben tollerata dal paziente richiedendo un minor dispendio di energia, mentre la contrazione eccentrica spesso è più complessa e può essere causa di microlesioni muscolo-tendinee (DOMS). Inoltre, sembra che rapidi movimenti concentrici permettano l'allungamento della muscolatura antagonista e secondo alcuni autori questo permetterebbe di migliorare la spasticità [51].

Nella modalità CPM, il distretto corporeo è portato a velocità costante dalla macchina. L'aggiunta di una sessione di allenamento passivo permette al movimento di essere eseguito lungo tutto il ROM disponibile, anche quando il paziente mostra fatica, debolezza muscolare e deficit cognitivi [51]. Inoltre, la modalità passiva può rientrare nel training sensoriale, in quanto permette di stimolare i propriocettori e i recettori cutanei, attivando le afferenze sensoriali che permettono di migliorare la sensibilità cinestesica e il riapprendimento motorio post lesionale [52]. Oltre a ciò, se si richiede al paziente di porre attenzione al movimento, di

immaginarlo e provare ad eseguire tale gesto attivamente (Action Observation Therapy), si attivano una serie di aree cerebrali come la premotoria e il lobo parietale superiore, che si sono dimostrati essere utili al recupero della funzionalità dell'arto [55].

I pochi studi che hanno cercato di valutare gli effetti del trattamento isocinetico sull'arto superiore plegico hanno mostrato miglioramenti considerevoli, soprattutto per quanto riguarda la forza muscolare dei distretti allenati [16][52][56], la funzionalità [16][52][56] e il livello di disabilità percepito dai pazienti [16]. Negli studi di Kerimov [16] e Chang [56] si è registrato anche un aumento della forza della presa della mano, avvalorando la tesi di Ekstrand [41] ed evidenziando la correlazione tra la forza della mano e quella dell'arto superiore plegico. Anche la manualità e la destrezza, valutate con la Box and Block, hanno avuto un netto miglioramento al termine del trattamento [52]. Per di più, gli articoli che hanno valutato la spasticità non hanno rilevato alcun peggioramento, anzi lo studio di Coroian ha mostrato un miglioramento medio di 1,1 punti [52], sostenendo la tesi secondo cui il rinforzo muscolare non sia associato a un conseguente aumento dell'ipertono muscolare [57].

### **3.2.2 Bimeo**

La comunità scientifica sta avendo sempre maggiore interesse nell'impiego della realtà virtuale in ambito clinico, soprattutto nei trattamenti cognitivo-motori [58]. È una nuova tecnologia *“basata sul principio dell'interazione tra un utente e un computer che può trasmettere stimoli in tempo reale come l'illusione di trovarsi in un altro luogo (...) e di rispondere in modo realistico agli stimoli virtuali, compresa la reattività sia fisiologica che neurale (...), e anche di simulare l'esecuzione di azioni altrimenti impossibili o non comuni, vivendo esperienze insolite e accedendo a ogni possibile situazione in modo sicuro e controllato”* [58]. L'utilizzo di tali dispositivi nella riabilitazione del paziente con ictus sembra infatti stimolare la riacquisizione delle abilità motorie e favorire lo sviluppo di nuove capacità che possono essere utili al miglioramento delle attività di vita quotidiana [59]. Per di più, l'utilizzo di feedback generalmente visivi e uditivi e indirettamente propriocettivi e vestibolari come fattori di rinforzo in ambienti virtuali, sembrano essere più efficaci per il recupero della funzione dell'arto superiore rispetto alla sola fisioterapia convenzionale [58][59].

Tale tecnologia si classifica in base al livello di interazione tra uomo e realtà virtuale. Il Bimeo, strumento utilizzato in questo progetto, rientra tra i device non immersivi dove l'ambiente esterno non viene completamente eliminato [58]. È costituito da uno schermo, PC o televisore, che permette di rappresentare visivamente i giochi o le attività che vengono svolte dall'arto superiore del paziente, i cui movimenti vengono acquisiti da sensori wireless.



Figura 3: dispositivo Bimeo.

L'unità principale del Bimeo è il “*Bimeo Master*”, impugnatura ergonomica che ospita un sensore di forza e di unità di misura inerziale “tridimensionale” costituito da accelerometro, giroscopio e magnetometro per identificare la posizione della mano. Gli altri due sensori vengono posizionati nel braccio e nell'avambraccio dell'arto colpito dalla lesione in modo tale da acquisire con estrema precisione la posizione nello spazio [60]. Insieme, quindi, forniscono una valutazione oggettiva della traiettoria e dell'ampiezza del movimento nonché della forza prodotta dalla muscolatura dell'arto lesionato.

Il Bimeo sfrutta le funzioni residue dell'arto sano e/o lesionato del paziente attraverso attività sia unimanuali che bimanuali, dove in quest'ultime l'arto sano può supportare direttamente il movimento. Le funzioni proposte da questo sistema sono molteplici e riguardano: giochi, attività cognitive e di vita quotidiana.

Entrambe le tipologie di trattamento possono essere eseguite in tre modalità: attraverso una superficie di supporto (il “*Bimeo PAD*” che identifica la posizione del “*Bimeo Master*” riducendo la forza necessaria a controllare l'arto), un piano orizzontale oppure verticale. Una quarta modalità, la “*sfera di supporto*”, viene utilizzata come parte della terapia unimanuale e permette di lavorare soprattutto sull'articolazione del polso [60].

Sembrano essere diversi i benefici di questo strumento nella terapia riabilitativa. Permette una valutazione oggettiva del paziente, un'ampia varietà di attività, è di facile utilizzo, non comporta alcun rischio di infortunio e infonde una maggiore motivazione a partecipare al trattamento riabilitativo [61].

### 3.2.3 Biofeedback

Il Biofeedback è uno strumento utilizzato in riabilitazione, il cui principio generale è quello di permettere di rendere consci quei processi corporei e biologici che, per un paziente con

lesione cerebrale, non sono più percepibili o controllabili. Vengono, quindi, trasformati in output visivi o uditivi in modo tale che ne riacquisisca la consapevolezza [62][63].

Vi sono molteplici modalità con cui viene utilizzato il biofeedback, ma quello su cui si concentra di più la riabilitazione e la ricerca è l'EMG-BFB (Electromyographic Biofeedback). Viene applicato un sensore direttamente sulla pelle in corrispondenza del ventre muscolare target e, grazie alla presenza degli elettrodi posizionati parallelamente alle fibre e a un terzo polo posto in un sito relativamente neutro, viene registrata l'attività contrattile del muscolo fornendo al paziente dei feedback esterocettivi [62][64]. Questo strumento permette al soggetto di acquisire maggiore consapevolezza sullo stato di attivazione del proprio muscolo, fornendogli un aiuto nella contrazione e nel rilassamento dello stesso, col fine ultimo di acquisirne il controllo volontario e migliorare il movimento o la funzione dell'arto [14].

Nella ricerca medica, questa modalità di trattamento viene spesso utilizzata in ambito neurologico, e talvolta associata ad altre forme di riabilitazione, come ad esempio l'elettrostimolazione.

In questo progetto è stato utilizzato il ProComp Infiniti™, device che, associato al



Figura 4: dispositivo ProComp Infiniti.

sistema BioGraph Infiniti, permette di acquisire e analizzare i dati raccolti dal paziente e restituire informazioni visive e uditive tramite giochi e attività proposti sul display a essi collegato. Nonostante in letteratura non vi sia un consenso sui benefici di tale strumento nei pazienti con ictus [62], tali

apparecchiature sono state utilizzate nell'arto superiore in due studi [63][65], i quali hanno mostrato l'efficacia di tale dispositivo nella riduzione della spasticità ai flessori di polso, con conseguente miglioramento del ROM del gomito, polso e dita e in generale nel funzionamento dell'arto e della mano paretici.

Tale strumento è stato da noi utilizzato per migliorare la presa di coscienza, il reclutamento e la forza muscolare dell'opponente del pollice, attraverso esercizi che prevedano sia feedback visivi che uditivi, con l'obiettivo di perfezionare la manualità fine della mano colpita dalla lesione.

## **CAPITOLO 4: MATERIALI E METODI**

### **4.1 Disegno sperimentale**

#### **4.1.1 Definizione del problema e ipotesi**

In seguito all'evento ictale numerosi pazienti subiscono danni cerebrali che si manifestano soprattutto sul lato controlesionale, alterando strutture e funzioni corporee con conseguenze nell'attività, nella partecipazione e nella percezione della salute della persona affetta.

L'arto superiore spesso risulta essere colpito con deficit più disabilitanti rispetto a quelli che riguardano l'arto inferiore e i quadri clinici che si presentano, anche a mesi dall'evento ictale, sono molto eterogenei fra loro.

L'intervento fisioterapico, mirato e specifico per quei pazienti cronici in cui forza, movimento e manualità risultano deficitari ed impattano sulla qualità di vita, risulta essere fondamentale.

Sulla base di questo si ipotizza che un trattamento fisioterapico innovativo per l'arto superiore, basato sull'impiego combinato di apparecchiature elettromedicali (dispositivo isocinetico, realtà virtuale e biofeedback) sia efficace nel miglioramento delle funzioni corporee, delle attività e della partecipazione dei pazienti affetti da emiplegia, in fase cronica, con conseguenze che si ripercuotono sulla loro qualità di vita.

#### **4.1.2 Obiettivo**

L'obiettivo primario di questo progetto di tesi è quello di valutare e di verificare l'efficacia di alcuni dispositivi elettromedicali (dinamometro isocinetico, Bimeo e Biofeedback), nel trattamento riabilitativo fisioterapico di due pazienti emiplegici cronici, sul recupero della forza muscolare, della destrezza, della manualità dell'arto superiore plegico, con conseguenze sulla qualità di vita percepita dai soggetti in esame.

L'obiettivo secondario è quello di verificare la validità clinica di un protocollo di valutazione creato ad hoc per i due pazienti selezionati in questo progetto di tesi.

#### **4.1.3 Fasi del progetto**

La prima fase del progetto ha previsto una ricerca bibliografica nei principali motori di ricerca medico-scientifici (PubMed, PEDro, Cochrane, ScienceDirect, ResearchGate) finalizzata alla definizione dell'ictus e delle sue conseguenze sull'arto superiore, con focus sulle problematiche inerenti alla forza muscolare, alla destrezza, alla prensione e, in generale, alla funzionalità dell'arto superiore.

In una seconda fase è stata effettuata un'altra ricerca bibliografica finalizzata all'individuazione di protocolli di valutazione e di trattamento dell'arto superiore mediante l'impiego di apparecchiature elettromedicali (dinamometro isocinetico, Bimeo e biofeedback).

In seguito, sono stati selezionati i due pazienti da inserire nel progetto e, successivamente, è stato definito un programma di valutazione e di trattamento dei due soggetti, impostato su un totale di 14 sedute dalla durata di 120 minuti ciascuna: 2 sedute di valutazione iniziale (T0), 10 sedute di trattamento riabilitativo e 2 sedute di rivalutazione finale (T1).

Infine, sono stati analizzati ed elaborati i dati raccolti a T0 e T1 così da dare risposta al quesito iniziale.

#### **4.2 Definizione di un protocollo di valutazione per arto superiore**

Sulla base del modello proposto da Sivan [37] è stato creato un protocollo di valutazione (Tabella 1) specifico per i due pazienti con ictus cronico presenti in questo progetto di tesi. In accordo con l'autore, i criteri con cui sono state definite le scale in questo protocollo sono:

1. affidabilità: capacità della scala di dare uno stesso valore qualora venga riproposta più volte dallo stesso o da diversi operatori.
2. validità: capacità della scala di valutare ciò che si intende misurare.
3. responsività: capacità della scala di evidenziare cambiamenti clinici accorsi nel tempo.
4. accettabilità: capacità della scala di essere accettata dal paziente, completata in tempi ristretti (non oltre i 15 minuti) e di facile interpretazione [37].

Sulla base delle caratteristiche e dei pazienti in relazione ai domini dell'ICF, il protocollo di valutazione è stato suddiviso in cinque sezioni: fattori personali, fattori ambientali, funzioni corporee, attività, partecipazione e qualità di vita. Nei fattori personali vengono considerati gli elementi anamnestici come la diagnosi, l'età, il BMI e il punteggio raggiunto nella sezione motoria della scala Fugl & Meyer, sulla base della quale viene definito il programma di valutazione del paziente. Nei fattori ambientali vengono indagati gli eventuali ausili e ortesi in dotazione al paziente, l'eventuale assunzione di farmaci ed elementi riguardanti l'ambiente domestico, familiare e sociale, rilevanti per il progetto riabilitativo. Relativamente alle funzioni corporee è stato scelto di focalizzare l'attenzione su dolore e sensibilità e sulle seguenti funzioni neuro-muscoloscheletriche: tono muscolare, movimento attivo, forza muscolare e di prensione. Per quanto riguarda l'attività e la partecipazione del



## **4.2.1 Valutazione del livello di compromissione senso motoria globale**

### **Fugl-Meyer Assessment for Upper Extremity (FMA-UE)**

La FMA-UE è una tra le scale più usate per la valutazione dell'impairment a livello dell'arto superiore nei pazienti colpiti da ictus. Consiste in quattro parti distinte. La prima presenta 33 item dei quali:

- 18 valutano, nell'arto superiore, l'attività riflessa e il movimento volontario con o senza sinergie;
- 5 valutano alcuni gesti del polso;
- 7 valutano il movimento di flessione-estensione e l'efficacia della presa della mano;
- 3 valutano la coordinazione e la velocità di un gesto motorio.

Ciascuno viene valutato con una scala a tre punti: 0 = non capace di eseguire il compito, 1 = esegue il compito parzialmente, 2 = capace di eseguire totalmente il compito. Per cui il punteggio totale massimo che ne risulta è di 66 [66]. Il Cut Off per questa scala è di 25 punti.

## **4.2.2 Valutazione delle funzioni corporee**

### **Sensibilità: FMA-UE sezione sensibilità**

La valutazione della sensibilità tattile e propriocettiva è stata effettuata attraverso la scala Fugl & Meyer. La prima è stata esaminata attraverso un tocco leggero in braccio, avambraccio e nella superficie della mano. Viene attribuito un punteggio da 0 a 2: 0 quando vi è anestesia, 1 per ipostesia o disestesia, 2 per una sensibilità normale. La sensibilità propriocettiva è stata valutata per i distretti di spalla, gomito e polso, mentre per il pollice è stata analizzata l'articolazione interfalangea. Anche in questo caso il punteggio va da 0 a 2: 0 sensibilità assente o corretta per meno di  $\frac{3}{4}$ , 1 se la differenza considerevole, 2 se corretta o lieve differenza rispetto al controlaterale. Il totale massimo di queste due valutazioni è di 12 punti.

### **Dolore: FMA-UE sezione dolore articolare**

Per la valutazione del dolore è stata utilizzata la sezione del dolore articolare della scala Fugl & Meyer. È stato analizzato il dolore presente durante il movimento passivo nei diversi piani che caratterizzano le cinque principali articolazioni dell'arto superiore: spalla, gomito, avambraccio, polso e dita (articolazione metacarpo-falangea). Si può attribuire un punteggio tra 0, dolore pronunciato durante il movimento o molto marcato alla fine del range, e 2, assenza di sintomi algici. Il punteggio totale corrisponde a 24 punti.

## Forza muscolare globale: dispositivo isocinetico Humac Norm

Tale strumento è stato utilizzato sia nella valutazione che nel trattamento di entrambi i pazienti. Una volta individuata l'articolazione target è importante definire: la velocità e il numero di ripetizioni dell'esercizio, il range di movimento entro cui deve essere svolto e la modalità di contrazione su cui si vuole lavorare.

Al termine del test e di ogni sessione di allenamento, l'isocinetica fornisce un grafico e una serie di dati come coppia, lavoro e potenza utili a definire la forza che viene generata dal gruppo muscolare testato.

- La coppia, espressa in Nm, viene definita come la massima forza che tale gruppo muscolare ha generato nella sua massima ripetizione per creare una rotazione a un corpo esterno rigido.
- Il lavoro, in Nm, è descritto come la forza necessaria a imprimere uno spostamento a un corpo esterno.
- La potenza, definita in Watt, si riferisce alla capacità di generare una forza esplosiva nell'unità di tempo.

Sono state usate due modalità di lavoro: il primo paziente ha eseguito attività solo passivamente per il forte deficit di forza muscolare e il lavoro si è focalizzato su gomito e spalla; il secondo paziente oltre alla modalità passiva, che ha aiutato a familiarizzare con il movimento, è stata eseguita una modalità concentrica a velocità diverse su tutti e tre i distretti dell'arto superiore.

Nella seguente tabella sono inserite le velocità con cui è stato valutato il paziente 2 per ogni distretto. Per un errore della strumentazione a T1, non sono disponibili i dati di pronosupinatori e flessor-estensori di polso alla velocità di 30°/s. Prima di eseguire i test iniziali, al paziente è stato permesso di effettuare alcune ripetizioni di prova per familiarizzare con lo strumento. Le valutazioni a T0 e T1 sono state effettuate dallo stesso operatore.

DISTRETTO	VELOCITÀ (°/s)	RIPETIZIONI (n°)	RIPOSO (s)
Spalla (flessori-estensori, rotatori interni-esterni, abduttori-adduttori)	60-60	5	10
	180-180	15	10
Gomito (flesso-estensori)	60-60	5	10
	180-180	15	10
Gomito (prono-supinatori)	120-120	15	10
Polso (flesso-estensori)	120-120	15	10

Tabella 2: programma di valutazione dispositivo isocinetico.

### **Forza di prensione: dinamometro manuale**

Per la valutazione della forza della presa della mano è stato utilizzato un dinamometro manuale digitale che valuta la forza generata dalla contrazione sinergica dei flessori intrinseci ed estrinseci della mano. Per entrambe le mani, sono state eseguite tre prove a intervalli di venti secondi l'una dall'altra: ciascuna è stata effettuata a paziente seduto con arto superiore addotto, con gomito flessione e avambraccio in posizione neutra ed è stato richiesto di mantenere la presa per cinque secondi. Il minimo cambiamento che risulta essere significativo nel paziente (MCID) è di 5,0 kg per il lato affetto e di 6,2 kg per il lato non affetto [67].

### **Tono muscolare: Modified Ashworth Scale (MAS)**

La valutazione del tono muscolare è stata valutata mediante la Modified Ashworth Scale. Originariamente sviluppata per quantificare l'efficacia dell'inoculazione dei farmaci anti-spasticità nei soggetti con sclerosi multipla, oggi viene usata per valutare l'alterazione del tono muscolare dopo una lesione nervosa [43]. Permette di quantificare la gravità della spasticità, cioè la resistenza percepita dall'esaminatore mentre muove passivamente l'arto lungo l'intero arco di movimento. Deriva dalla scala Ashworth (AS), ma l'aspetto che la differenzia riguarda il punteggio: entrambe presentano una scala di valutazione che attribuisce 0 punti in assenza di tono e 4 in caso di rigidità del segmento, ma la MAS aggiunge il valore di 1+ che identifica la presenza di ipertono per meno della metà del range di movimento [43]. Il minimo cambiamento rilevabile (MDC) è di 1 punto [68].

### **ROM attivo: Motor Status Scale (MSS)**

Per la valutazione dell'AROM è stata applicata la scala MSS, realizzata a partire dalla Fugl-Meyer [68]. Si concentra sulla valutazione di movimenti isolati e fini dell'arto superiore valutando la funzione motoria lungo l'arco di movimento. Per la parte riguardante spalla e gomito, viene utilizzata una scala a 6 punti (0,1-, 1, 1+, 2-, 2) che vanno dall'assenza della contrazione muscolare (0) all'esecuzione del gesto in modo completo (2). A questo va aggiunto un ulteriore punteggio riguardante la capacità di mantenere una determinata posizione: se il paziente ne è capace si assegna 1 punto, altrimenti 0. Per cui il totale risulta di 40 punti. Per la seconda parte, riguardante polso e mano, viene utilizzata una scala a 3 punti (0, 1, 2) per un totale di 42 punti [69].

### **4.2.3 Valutazione dell'attività e della partecipazione**

#### **Uso fine della mano: Action Research Arm Test (ARAT)**

La scala ARAT è uno strumento che valuta specifici cambiamenti che caratterizzano l'arto superiore nel processo di recupero dopo una lesione cerebrale. Valuta la capacità del paziente di manipolare e trasferire oggetti di differente forma, peso e misura in diversi piani dello spazio, con l'obiettivo di quantificare la limitazione del braccio. È costituita da 19 item racchiusi in 4 sottogruppi: "grasp", "grip", "pinch" e "gross movements". A ciascun item vengono attribuiti fino a 3 punti: 0 quando non c'è alcun movimento volontario, 3 quando il movimento dell'arto plegico può essere considerato normale se confrontato con quello sano. Ogni sottogruppo presenta delle attività in ordine di difficoltà, per cui il primo risulta essere quello più complesso, mentre il secondo quello più semplice. Questo permette di velocizzare il processo di somministrazione: se il primo item viene completato con il punteggio massimo, anche nei successivi l'esaminatore può attribuire tre punti; mentre, se sia il primo che il secondo non vengono completati dal soggetto (0 punti), anche nei successivi verrà registrato lo stesso punteggio. Il minimo cambiamento rilevabile (MDC) è di 3,5 punti [66].

#### **Uso della mano e del braccio (A): Bimeo**

Il Bimeo è stato utilizzato per la valutazione dell'arto superiore in attività che richiedono movimenti su tre piani diversi dello spazio: piano di appoggio, piano verticale e orizzontale. Prima di iniziare la valutazione, è necessario individuare il range massimo di movimento, il tempo di esecuzione dell'attività e il tempo di attesa tra una prova e l'altra. Per la valutazione sono stati utilizzati tre test differenti:

- **Raggiungimento:** il paziente inizia da una posizione di partenza al centro di un cerchio che corrisponde ad una posizione del braccio nello spazio. Il compito del paziente è quello di raggiungere gli smile che compaiono a uno a uno nella circonferenza in ordine casuale. Vengono attribuiti 10 punti ogni volta che il paziente esegue il movimento con successo.
- **Inseguimento:** lo scenario prevede un movimento circolare e viene richiesto di inseguire lo smile che si sposta lungo la circonferenza. Il punteggio viene attribuito in base alla precisione del movimento in relazione al centro dello smile.
- **Labirinto:** l'obiettivo è completare il percorso proposto il più velocemente possibile evitando di colpire i margini del percorso. Il paziente ottiene 10 punti per ogni labirinto completato, 20 se non è stato colpito alcun bordo del labirinto.

Per il paziente n°1 sono stati eseguiti tutti i test sopra descritti nei tre piani, ma nel piano verticale non è stato effettuato l'”*inseguimento*”. Il tempo di esecuzione è stato di quattro minuti ciascuno. Per il paziente n°2 sono stati effettuati i tre test sulla “*superficie di supporto*” e sul “*piano orizzontale*”, mentre nel verticale è stato effettuato solamente il “*labirinto*”. Per la superficie di supporto il tempo di esecuzione è stato di tre minuti, un minuto negli altri due piani di lavoro [60].

### **Uso della mano e del braccio (B): Wolf Motor Function Test (WMFT)**

La WMFT è una misura di valutazione della funzione motoria dell'arto superiore. La versione utilizzata è costituita da 17 item totali: 15 motori e 2 legati alla forza muscolare. Ciascuna attività viene valutata con due diverse modalità: attraverso il tempo con cui viene eseguita (WFMT time) e con un punteggio da 0 (non compie il movimento con l'arto lesionato) a 5 (l'arto partecipa all'attività e il movimento appare normale) per indicare l'abilità nel compiere determinati movimenti (WFMT FAS). Il tempo massimo per eseguire ciascun item è di 120 secondi. Il Minimal Detectable Change (MDC) è diverso per le due componenti della scala: per la WMFT FAS è di 0,37, per la WMFT è di 4,36 secondi [70].

### **Sollevarre e trasportare oggetti di piccole dimensioni: Box and Block (B&B)**

Il Box and Block è un test che valuta la destrezza della mano. È composto da 150 blocchetti di legno colorati di forma quadrata (2,5cm per lato) posizionati in un box. Accanto a questo vi è posizionato un altro box separato da un piccolo rialzo. Al paziente viene richiesto di spostare, a uno a uno, i blocchetti da un box all'altro il più velocemente possibile per un minuto. La prova, inoltre, viene eseguita con entrambe le mani per valutare eventuali differenze. Il Minimal Detectable Change (MDC) per il lato sano risulta di 7,8 blocchetti al minuto, 5,5 per il lato plegico [71].

### **Attività di vita quotidiana: Chedoke Arm and Hand Activity Inventory (CAHAI)**

La scala CAHAI è uno strumento per la valutazione funzionale del recupero dell'arto superiore e della mano dopo l'ictus. Prevede di effettuare 13 attività della vita quotidiana. Queste riflettono domini che vengono considerati importanti dai soggetti colpiti da stroke, come attività e prese bimanuali e con un movimento che richiede un intero range di movimento. A ciascuno viene attribuito un punteggio da 1 (il paziente necessita di totale assistenza e l'arto plegico esegue meno del 25% del compito) a 7 (totale indipendenza nel

compiere il task motorio). Per cui il punteggio varia da un minimo di 13 a un massimo di 91. Per considerare un miglioramento clinico tra due valutazioni, il minimo punteggio di differenza (MDC) si attesta intorno ai 6,3 punti [72].

#### **4.2.4 Valutazione della qualità di vita**

##### **ABILHAND**

È un questionario realizzato per misurare la percezione che il paziente ha delle sue abilità manuali. Viene amministrato attraverso una sorta di intervista, dove il paziente non realizza le attività, ma cerca di definire la difficoltà con cui svolgerebbe 23 azioni. Viene presentata una scala a 3 punti: “*Impossibile*”, “*Difficile*”, “*Facile*”, a cui viene aggiunto “?” quando il paziente non è capace di stimare la difficoltà. Il punteggio totale viene poi analizzato da un programma (RUMM Laboratory) specifico per i pazienti con ictus cronico e convertito in un punteggio in Logits. L’errore standard di misura viene definito dal punteggio raggiunto dal paziente in base alle sue risposte, da questo è possibile ricavare il minimo cambiamento rilevabile (MDC).

##### **EuroQol-5 Dimension (EQ-5D)**

L’EQ-5D è un questionario standardizzato che misura l’“*Health-related quality of life*” (HRQL), cioè la qualità di vita correlata alla salute. Consiste in cinque domande corrispondenti a cinque differenti domini: capacità di movimento, cura della persona, attività abituali, dolore o fastidio, ansia o depressione. A ciascuna si può rispondere con cinque diverse scelte. In questo progetto di tesi, per attribuire un punteggio a ciascuna risposta è stato utilizzato il modello proposto da Finch [73]. Più grave è la percezione della salute in ciascun item, maggiore è il punteggio attribuibile. Al termine del questionario vi è, inoltre, una scala grafica VAS nella quale il paziente definisce con una X il valore con cui percepisce la sua salute quello stesso giorno. La scala va da 0, peggiore salute che può immaginare, a 100, migliore stato di salute possibile

##### **Short Form Health Survey 36 (SF-36)**

L’SF-36 è un questionario autosomministrabile al paziente e ha l’obiettivo di quantificare e misurare lo stato di salute. È costituito da otto diversi ambiti: funzionamento fisico, limitazioni dovute alla salute fisica e a problemi emotivi, energia e fatica, benessere emotivo, attività sociale, dolore e salute generale. A ciascun item il paziente risponde riferendosi, nella

maggior parte dei casi, alle ultime quattro settimane e in base alle risposte si attribuisce un punteggio. I punteggi totali di ciascun dominio vanno da 0 a 100, maggiore è il punteggio migliore è lo stato di salute.

## 4.3 Casi clinici

### 4.3.1 Scelta dei pazienti

Per questo progetto è stato scelto di selezionare due pazienti che avevano precedentemente svolto un percorso riabilitativo presso la struttura IRCSS E. Medea de “La Nostra Famiglia” di Pieve di Soligo e che rientrassero nei criteri di inclusione e di esclusione definiti nella tabella sottostante (Tabella 3). La scelta di due pazienti è legata alla volontà di trattare un paziente ad alto funzionamento (FMA-UE > 25) e uno a basso funzionamento (FMA-UE < 25).

Criteri di inclusione	Criteri di esclusione
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diagnosi medica di emiplegia</li> <li>- Distanza dall'ictus di almeno sei mesi</li> <li>- Et� compresa tra i 18 e 85 anni</li> <li>- Buon livello cognitivo (MMSE &gt; 25 punti)</li> <li>- Precedente ricovero presso IRCSS E. Medea</li> <li>- Nessuna controindicazione al trattamento proposto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problematiche muscolo-scheletriche, comportamentali e cognitive tali da influire sull'aderenza al trattamento</li> <li>- Trattamenti chirurgici nei precedenti sei mesi</li> <li>- Svolgimento di altri e/o analoghi trattamenti riabilitativi</li> </ul>

Tabella 3: criteri di inclusione ed esclusione.

Ad ogni paziente sono state fornite spiegazioni dettagliate riguardo le modalit  e le finalit  del trattamento, l'informativa sul trattamento dei dati personali e il relativo consenso informato.

### 4.3.2 La cartella clinica

#### PAZIENTE 1

*Fattori personali:* A.D.R., 42 anni, uomo, lavoratore agricolo nell'azienda di famiglia, destrimane.

*Diagnosi:* emiparesi sinistra conseguente a dissecazione dell'arteria carotide interna di destra.

*Fattori ambientali:* per il cammino utilizza un bastone e un tutore gamba-piede (modello Dictus). Vive insieme al padre. Assume la seguente terapia farmacologica: Lansoprazolo, Levetiracetam, Sertralina, ASA.

*Cenni Anamnesi:* in data 3 novembre 2020 il paziente ha avuto tale evento ictale, ma   stato portato in Pronto Soccorso dell'ospedale di Belluno il giorno successivo. Ha avuto precedenti

attacchi epilettici a luglio 2020. Successivamente all'ictus sono comparse tre crisi durante il 2021, due nel 2022. Ad oggi vengono gestite farmacologicamente.

*Diagnosi funzionale attuale:* il paziente cammina in autonomia con bastone e ortesi per l'arto inferiore con andatura falciante ed è assente il controllo e il movimento attivo dell'arto superiore sinistro. I trasferimenti e i passaggi posturali sono effettuati in autonomia, con lentezza, come anche per le ADL primarie, ad eccezione di quelle che prevedono attività bimanuali per le quali è necessaria assistenza.

## PAZIENTE 2

*Fattori personali:* P.S., 74 anni, uomo, pensionato, ex dirigente d'azienda, mancino.

*Fattori ambientali:* utilizza bastone e tutore gamba-piede (Dictus) per l'arto inferiore destro. Vive insieme alla moglie. Terapia farmacologica: Plaunac, Cardicor, Amlodipina, Vytorin, Vesomni, Clopidogrel, Lansoprazolo, Finasteride, Collirio Latay, Lendormin.

*Diagnosi:* il paziente presenta esiti di emiparesi destra per ictus ischemico sottocorticale sinistra in data 28 novembre 2017.

*Cenni anamnestici:* Caduto a luglio 2022 con conseguente frattura di polso destro (trattata con apparecchio gessato), distorsione di caviglia destra (trattata con immobilizzazione) e contusione di ginocchio destro. Presenta ipertensione arteriosa polmonare, cardiopatia ipertensiva e iperplasia prostatica benigna gestite farmacologicamente.

*Diagnosi funzionale attuale:* emiparesi destra, deambulazione autonoma con bastone e ortesi. Trasferimenti e passaggi posturali autonomi. Discreto il reclutamento muscolare dell'arto superiore sinistro. Autonomo nelle ADL primarie. Impaccio motorio fine alla mano destra.

## 4.4 Proposta terapeutica

I pazienti sono stati trattati per circa due mesi ciascuno presso la sede IRCSS "E. Medea" di Pieve di Soligo (TV). Per entrambi sono state effettuate un totale di quattordici sedute, due volte alla settimana, di cui dieci di trattamento. Ogni seduta ha previsto inizialmente l'applicazione del dispositivo isocinetico e successivamente l'utilizzo del Bimeo. Il Biofeedback è stato utilizzato solo per il paziente n°2.

### PAZIENTE 1

Ogni seduta ha avuto una durata di circa 120 minuti suddivisi come segue:

- Training di mobilizzazione passiva alla spalla plegica con dispositivo isocinetico (45 minuti).

- Training di mobilizzazione passiva al gomito plegico con dispositivo isocinetico (15 minuti).
- Training di mobilizzazione attiva e auto-assistita dell'arto superiore plegico con dispositivo Bimeo (60 minuti).

Il tempo effettivo di lavoro è stato di circa 90 minuti, il restante tempo è stato impiegato per lo spostamento e il posizionamento del paziente sul dispositivo Humac Norm e sul Bimeo. A mano a mano che si acquisiva familiarità con questi dispositivi si è ridotto il tempo impiegato per posizionare il paziente, a vantaggio del lavoro effettivo.

Nelle tabelle seguenti (Tabella 4 e 5) vengono definiti gli esercizi, la velocità e il tempo di esecuzione del movimento con il dispositivo Humac Norm per ciascun distretto:

#### SPALLA:

Gruppo muscolare	Modalità	Velocità	Tempo
Flessori-Estensori	CPM Con-Con	15-15°/s	5 minuti
Abduttori-Adduttori	CPM Con-Con	15-15°/s	5 minuti
Rotatori Interni-Esterni	CPM Con-Con	15-15°/s	5 minuti

Tabella 4: programma isocinetico spalla.

#### GOMITO:

Gruppo muscolare	Modalità	Velocità	Tempo
Flessori-Estensori	CPM Con-Con	15-15°/s	5 minuti

Tabella 5: programma isocinetico gomito.

Il dispositivo Bimeo è stato proposto e utilizzato nei tre piani principali: superficie di supporto, piano verticale e orizzontale. Dalla sesta seduta è stata introdotta la sfera di supporto con movimenti possibili a 360°. Sono state effettuate la maggior parte delle attività disponibili in modo da variare la terapia proposta. Nelle sedute iniziali è stato utilizzato maggiormente la superficie di supporto in quanto modalità più semplice. A mano a mano che il paziente ha acquisito dimestichezza con lo strumento si è lavorato sempre più con attività sul piano orizzontale, verticale e a 360°, con la sfera di supporto.

GIORNATE		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A T T I V I T À	CPM spalla	Flessori-Estensori	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Rot Interni-Rot Esterni	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Abduttori-Adduttori	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	CPM Gomito	Flessori-Estensori	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	BIMEO	Superficie di Supporto	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Piano Orizzontale				✓	✓			✓	✓
		Piano Verticale		✓		✓	✓	✓			✓
		Sfera di Supporto						✓	✓	✓	✓

Tabella 6: descrizione delle attività nelle diverse sedute di trattamento.

## PAZIENTE 2

Ogni seduta ha avuto una durata di circa 120 minuti suddivisi come segue:

- Training di mobilizzazione passiva e rinforzo muscolare della spalla plegica (40 minuti).
- Training di mobilizzazione passiva e rinforzo muscolare del gomito-avambraccio plegico (25 minuti).
- Training di mobilizzazione passiva e rinforzo muscolare polso plegico (20 minuti).
- Training di movimento attivo unimanuale e bimanuale dell'arto superiore plegico con dispositivo Bimeo (25 minuti).
- Training per il recupero dell'opposizione del pollice destra con biofeedback (10 minuti).

Il tempo effettivo di lavoro è stato di circa 90 minuti, il restante tempo va considerato per lo spostamento e il posizionamento del paziente sul dispositivo Humac Norm, Bimeo e ProComp Infinity. A mano a mano che si acquisiva familiarità con questi dispositivi si è ridotto il tempo impiegato per posizionare il paziente a vantaggio del lavoro effettivo.

Nelle seguenti tabelle (Tabelle 7-9) vengono definiti gli esercizi, la velocità, il numero di ripetizioni e il tempo di riposo per ogni serie nel dispositivo isocinetico.

### SPALLA:

Gruppi muscolari	Modalità	Velocità	Tempo	Riposo
- Flessori - Estensori - Abduuttori - Adduttori - Rot Interni - Rot Esterni	CPM Con-Con	15-15°/s	5 minuti	10 secondi
	Isocinetica Con-Con	210-210°/s	10 Ripetizioni	10 secondi
	Isocinetica Con-Con	180-180°/s	10 Ripetizioni	10 secondi
	Isocinetica Con-Con	120-120°/s	10 Ripetizioni	10 secondi

Tabella 7: programma isocinetico spalla.

### GOMITO

Gruppi muscolari	Modalità	Velocità	Tempo	Riposo
- Flessori - Estensori - Pronatori - Supinatori	CPM Con-Con	15-15°/s	5 minuti	10 secondi
	Isocinetica Con-Con	180-180°/s	10 Ripetizioni	10 secondi
	Isocinetica Con-Con	150-150°/s	10 Ripetizioni	10 secondi
	Isocinetica Con-Con	120-120°/s	10 Ripetizioni	10 secondi

Tabella 8: programma isocinetico gomito.

### POLSO

Gruppi muscolari	Modalità	Velocità	Tempo	Riposo
- Flessori - Estensori	CPM Con-Con	15-15°/s	5 minuti	10 secondi
	Isocinetica Con-Con	240-240°/s	10 Ripetizioni	10 secondi
	Isocinetica Con-Con	210-210°/s	10 Ripetizioni	10 secondi
	Isocinetica Con-Con	180-180°/s	10 Ripetizioni	10 secondi

Tabella 9: programma isocinetico polso.

Dopo i primi cinque minuti di CPM sono stati assegnati, per ogni distretto, due protocolli di lavoro incrementale, a velocità angolare decrescente. Per questioni di tempo, non è sempre stato possibile allenare in ogni sessione tutti i gruppi muscolari scelti, ma sono stati allenati a ogni seduta almeno dieci gruppi muscolari. La posizione mantenuta dal paziente durante i test e il trattamento è rimasta invariata. Durante gli esercizi sono stati dati dei feedback d'incitamento per ottenere la miglior performance possibile. Al dispositivo Bimeo sono state proposte varie attività sui tre piani, con un focus maggiore su quello verticale e orizzontale. È stato successivamente introdotto il lavoro con la sfera di supporto. Al Biofeedback sono state proposte attività con feedback visivi e uditivi che richiedevano sia contrazioni massimali che isometriche dei muscoli dell'eminenza Tenar di destra.

GIORNATE		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A T T I V I T À	ISOC Spalla	Flessori-Estensori				✓			✓	✓	✓	
		Rot interni-Rot Esterni			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Abduttori-Adduttori	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓
	ISOC Gomito	Flessori-Estensori					✓		✓		✓	
		Pronatori-Supinatori	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
	ISOC Polso	Flessori-Estensori	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	BIMEO	Superficie di supporto	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		
		Piano Orizzontale		✓	✓	✓		✓				
		Piano Verticale	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓
		Sfera di Supporto					✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Biofeedback		✓	✓	✓	✓			✓			

Tabella 10: descrizione delle attività nelle diverse sedute di trattamento.

## CAPITOLO 5: RISULTATI

I dati raccolti dalla valutazione dei due pazienti sono stati suddivisi per outcome e inseriti in relative tabelle, con un confronto tra T0 (data di inizio del trattamento) e T1 (data della fine del trattamento). L'uso di colori (bianco ad indicare una situazione invariata, rosso per un peggioramento, verde per un miglioramento) e di grafici permette di visualizzare in maniera più rapida ed evidente eventuali modifiche.

### 5.1 PAZIENTE 1

#### 5.1.1 Funzioni corporee

##### Sensibilità

Né a T0 né a T1 sono state registrate alterazioni della sensibilità tattile e propriocettiva.

##### Dolore

Né a T0 né a T1 sono stati registrati dolori degni di nota.

##### Tono muscolare: Modified Ashworth Scale

A T0 nel paziente si sono registrate lievi alterazioni del tono a livello dei flessori superficiali delle dita (Ash. 2), dei pronatori e supinatori dell'avambraccio (Ash. 2), nei rotatori interni della spalla (Ash. 2) e molto lievi negli estensori del gomito (Ash. 1).

A T1 il tono è rimasto pressoché invariato per la maggior parte dei muscoli testati, a eccezione dei pronatori (Ash. 1) e supinatori (Ash. 0) dell'avambraccio che hanno riportato una diminuzione del tono muscolare.

##### AROM (Active Range of Motion): Motor Status Scale

	T0	T1	Miglioramento %
Spalla	9,4	10,0	+6,38%
Gomito	5,4	5,8	+7,41%
Polso	0	0	+0%
Dita	0	0	+0%

Tabella 11: punteggi per ciascun distretto nella scala MSS a T0 e T1.

Alla rivalutazione si osserva di fatto una situazione invariata: le variazioni positive registrate a T1 a spalla e gomito sono attribuibili alla variabilità nella valutazione intra-operatore e non a veri e propri miglioramenti clinici (Tabella 11).

#### 5.1.2 Attività e partecipazione

##### Bimeo

	T0	T1	Miglioramento %
Superficie di supporto	1962	2516	+28,24%
Piano verticale	880	930	+5,68%
Piano orizzontale	1980	1440	-27,27%

Tabella 12: valori a T0 e T1 e relative percentuali di miglioramento per ciascun piano di lavoro del Bimeo.

A T1 si osserva che il paziente ha avuto un miglioramento sia nella superficie di supporto che nel piano verticale, con un aumento più marcato nella prima modalità di lavoro (+28,24%). Nel piano orizzontale, invece, si è registrato un peggioramento del 27,27%.

### Cahai

	TO	T1	Miglioramento %
TOTALE	27	27	0%

Tabella 13: valori a T0 e T1 e relative percentuali di miglioramento della scala Cahai.

Non sono stati rilevati cambiamenti significativi nella performance delle attività a T1.

### 5.1.3 Qualità di vita

#### SF-36

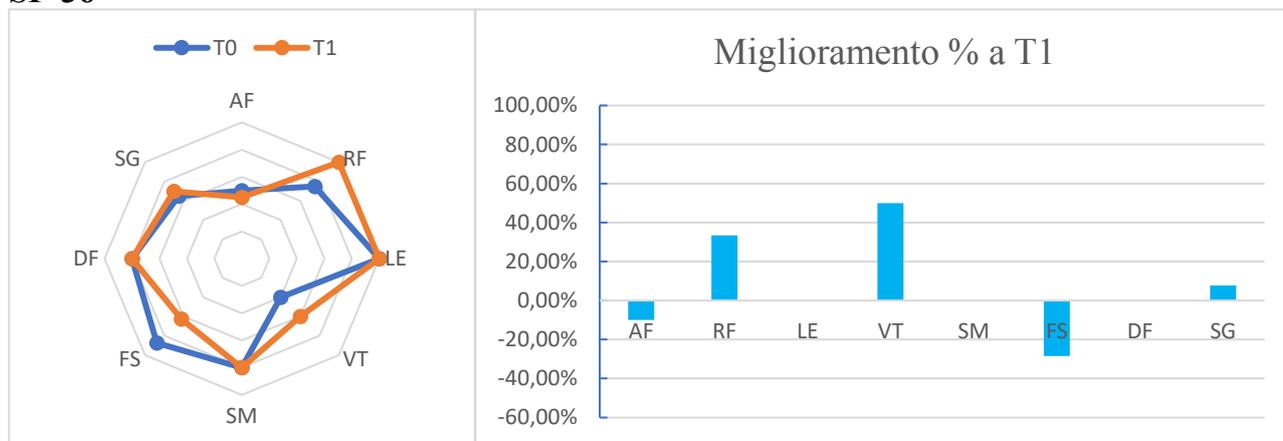


Figura 5: valori a T0 e T1 e relative variazioni percentuali di ciascun item del questionario SF-36.

Legenda: AF funzionamento fisico, RF limitazioni di ruolo dovute alla salute fisica, LE limitazioni di ruolo dovute a problemi emotivi, VT fatica, SM benessere emotivo, FS funzionamento sociale, DF dolore, SG salute generale.

Si nota una migliore percezione del paziente nello stato di salute generale, nella fatica e nel ruolo che le limitazioni fisiche hanno su di sé. Per il paziente, nessuna limitazione fisica è dovuta a problemi emotivi né a T0 né a T1, nessuna variazione anche nel dolore fisico e nel benessere emotivo. Si è registrato, invece, un peggioramento nel funzionamento fisico (AF) e nel funzionamento sociale (FS).

	FUNZIONI CORPOREE				ATT. E PARTECIPAZIONE		VAL SOGG
	SENSIBILITÀ	DOLORE	MAS	MSS	CAHAI	BIMEO	SF-36
Migliorato						✓	✓
Invariato	✓	✓	✓	✓	✓		
Peggiorato							

Tabella 14: sintesi risultati paziente 1.

## 5.2 PAZIENTE 2

### 5.2.1 Funzioni corporee

#### Funzioni Sensoriali

Né a T0 né a T1 sono state registrate alterazioni della sensibilità tattile e propriocettiva.

#### Dolore

Né a T0 né a T1 sono stati registrati dolori degni di nota.

#### Forza Muscolare: dispositivo Humac Norm

##### SPALLA

Velocità 60°/s																		
	Coppia (Nm)						Lavoro (Nm)						Potenza (W)					
	T0		T1				T0		T1				T0		T1			
	NP	P	NP	P	Deficit % P/NP	Miglioramento %P	NP	P	NP	P	Deficit % P/NP	Miglioramento % P	NP	P	NP	P	Deficit % P/NP	Miglioramento % P
FL	33	7	35	9	-4,50%	+28,57%	34	1	45	4	-5,95%	+300,00%	20	1	30	3	-5,00%	+200,00%
ES	76	38	64	38	-9,37%	+0%	96	27	81	42	-23,73%	+55,56%	59	23	50	29	-19,02%	+26,09%
RI	26	9	27	14	-17,24%	+55,56%	22	5	26	7	-4,19%	+40,00%	19	5	20	6	-3,68%	+20,00%
RE	12	4	18	4	+11,11%	+0%	9	1	16	1	+4,86%	+0%	9	1	15	1	+4,44%	+0%
AB	23	12	28	19	-15,68%	+58,33%	16	4	23	8	-9,78%	+100,00%	13	4	19	8	-11,34%	+100,00%
AD	46	27	61	45	-15,07%	+66,67%	34	15	49	28	-13,02%	+86,67%	31	16	46	34	-22,30%	+112,50%

Tabella 15: valori del lato plegico e non plegico a T0 e T1, e relative variazioni a T1 di coppia, lavoro, potenza e del deficit del lato plegico a velocità di 60°/s.

Velocità 180°/s																		
	Coppia (Nm)						Lavoro (Nm)						Potenza (W)					
	T0		T1				T0		T1				T0		T1			
	NP	P	NP	P	Deficit % P/NP	Miglioramento % P	NP	P	NP	P	Deficit % P/NP	Miglioramento % P	NP	P	NP	P	Deficit % P/NP	Miglioramento % P
FL	46	12	14	23	-138,20%	+91,67%	62	19	155	19	+18,31%	+0%	19	1	21	5	-18,55%	+400,00%
ES	37	16	41	19	-3,10%	+18,75%	195	31	527	127	-8,20%	+309,68%	34	6	58	18	-13,39%	+200,00%
RI	12	8	18	9	+16,67%	+12,50%	88	27	188	35	+12,06%	+29,63%	14	4	26	5	-9,34%	+25,00%
RE	9	5	11	8	-17,17%	+60,00%	47	7	91	7	+7,20%	+0%	6	1	13	4	-14,10%	+300,00%
AB	12	9	41	31	-0,61%	+244,44%	118	35	79	52	-36,16%	+48,57%	8	3	14	11	-41,07%	+266,67%
AD	18	14	33	19	+20,20%	+35,71%	179	69	172	94	-16,10%	+36,23%	14	9	30	15	+14,29%	+66,67%

Tabella 16: valori del lato plegico e non plegico a T0 e T1 e relative variazioni a T1 di coppia, lavoro, potenza e del deficit del lato plegico a velocità di 180°/s

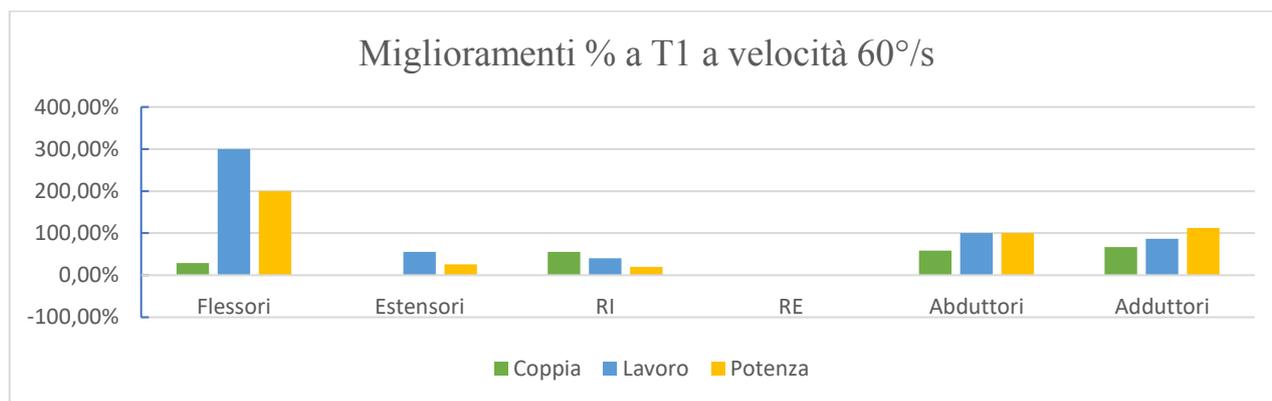


Figura 6: variazioni di coppia, lavoro e potenza in percentuale per ogni gruppo muscolare della spalla a velocità di 60°/s a T1.

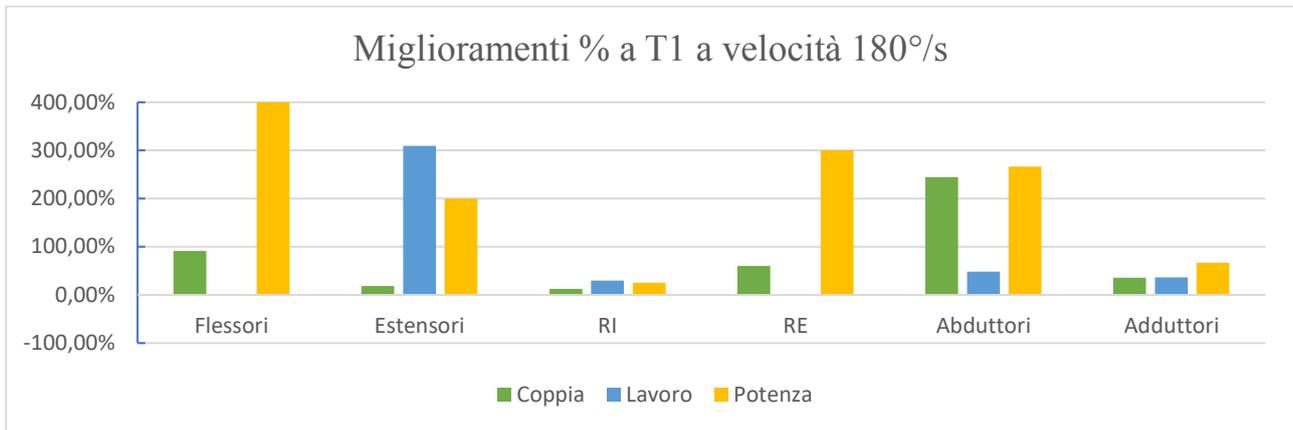


Figura 7: variazioni di coppia, lavoro e potenza in percentuale per ogni gruppo muscolare della spalla a velocità di 120°/s a T1.

La Tabella 15 mostra come a bassa velocità (60°/s) vi sia a T1 un lieve aumento del deficit muscolare dei rotatori esterni dell'arto plegico rispetto a quello non plegico nella coppia, lavoro e potenza muscolare. Alla velocità di 180°/s la distribuzione del deficit risulta essere più eterogenea (Tabella 16): gli adduttori e i rotatori interni mostrano un aumento dell'asimmetria in due parametri su tre; invece, i flessori e i rotatori esterni subiscono un peggioramento nel lavoro muscolare prodotto.

In generale, coppia, lavoro e potenza sviluppati dalla muscolatura della spalla plegica presentano un miglioramento tra T0 e T1. Nella velocità di 60°/s, a T1 i tre parametri dei rotatori esterni sono rimasti invariati. Gli estensori, invece, non presentano alcuna variazione significativa in entrambe le velocità nella coppia muscolare.

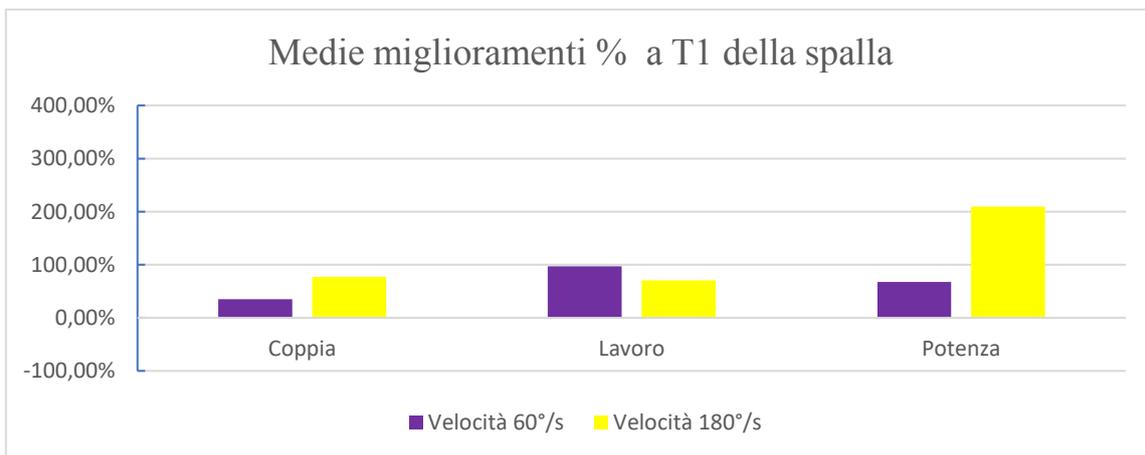


Figura 8: medie miglioramenti in % di coppia, lavoro e potenza nella spalla alle due velocità.

Nella figura precedente (figura 8), i valori medi di coppia, lavoro e potenza sono positivi sia a velocità di 60°/s che di 180°/s, il che mostra un miglioramento a T1 della prestazione e della forza dei muscoli della spalla. Nel caso di potenza e di coppia, alla velocità più alta i miglioramenti sono maggiori rispetto a quelli a velocità più bassa.

## GOMITO

Velocità 60°/s																		
	Coppia (Nm)						Lavoro (Nm)						Potenza (W)					
	T0		T1				T0		T1				T0		T1			
	NP	P	NP	P	Deficit % P/NP	Miglioramento % P	NP	P	NP	P	Deficit % P/NP	Miglioramento % P	NP	P	NP	P	Deficit % P/NP	Miglioramento % P
FL	30	23	37	24	+11,80%	+4,35%	37	27	43	28	+7,86%	+3,70%	21	16	26	15	+18,50%	-6,25%
ES	26	16	27	26	-34,76%	+62,50%	35	19	34	35	-48,66%	+84,21%	20	12	20	19	-35,00%	+58,33%

Tabella 17: valori del lato plegico e non plegico a T0 e T1 e relative variazioni a T1 di coppia, lavoro, potenza e del deficit del lato plegico a velocità 60°/s.

Velocità 180°/s																		
	Coppia (Nm)						Lavoro (Nm)						Potenza (W)					
	T0		T1				T0		T1				T0		T1			
	NP	P	NP	P	Deficit % P/NP	Miglioramento % P	NP	P	NP	P	Deficit % P/NP	Miglioramento % P	NP	P	NP	P	Deficit % P/NP	Miglioramento % P
FL	16	11	26	22	-15,87%	+100,00%	213	99	355	33	+37,18%	-66,67%	21	13	37	7	+42,99%	-46,15%
ES	23	16	20	16	-10,43%	+0%	179	103	205	176	-28,31%	+70,87%	22	10	22	22	-54,55%	+120,00%

Tabella 18: valori del lato plegico e non plegico a T0 e T1 e relative variazioni a T1 di coppia, lavoro, potenza e del deficit del lato plegico a velocità 180°/s.

Velocità 120°/s																		
	Coppia (Nm)						Lavoro (Nm)						Potenza (W)					
	T0		T1				T0		T1				T0		T1			
	NP	P	NP	P	Deficit % P/NP	Miglioramento % P	NP	P	NP	P	Deficit % P/NP	Miglioramento % P	NP	P	NP	P	Deficit % P/NP	Miglioramento % P
PR	4	4	8	8	+0%	+100,00%	73	45	43	24	+5,83%	-46,67%	5	3	5	5	-40,00%	+66,67%
SU	5	3	11	4	+23,64%	+33,33%	76	15	87	8	+10,54%	-46,67%	5	1	10	1	+10,00%	+0%

Tabella 19: valori del lato plegico e non plegico a T0 e T1 e relative variazioni a T1 di coppia, lavoro, potenza e del deficit del lato plegico a velocità 120°/s.

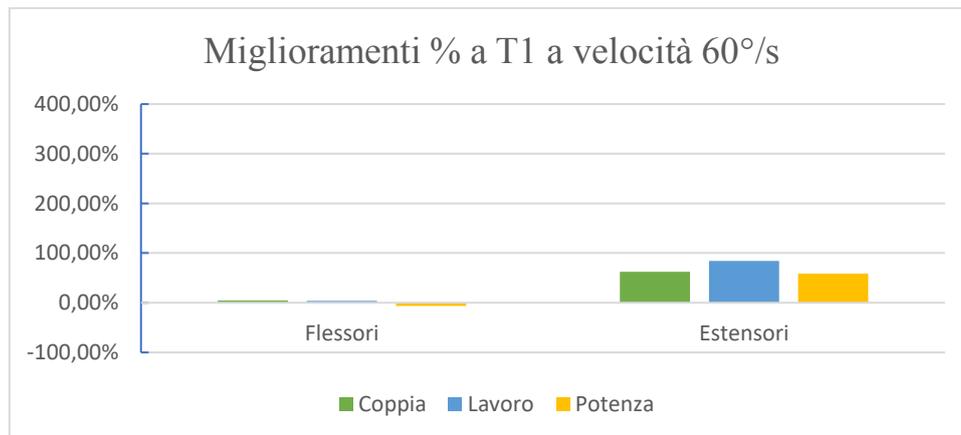


Figura 9: Variazioni di coppia, lavoro e potenza in percentuale per flessori ed estensori di gomito a velocità di 60°/s a T1.

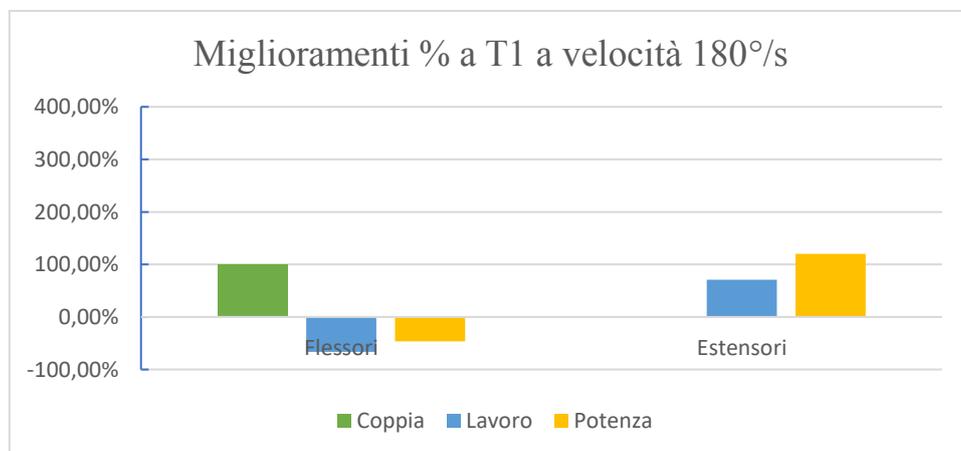


Figura 10: Variazioni di coppia, lavoro e potenza in percentuale per ogni gruppo muscolare del gomito a velocità di 180°/s a T1.

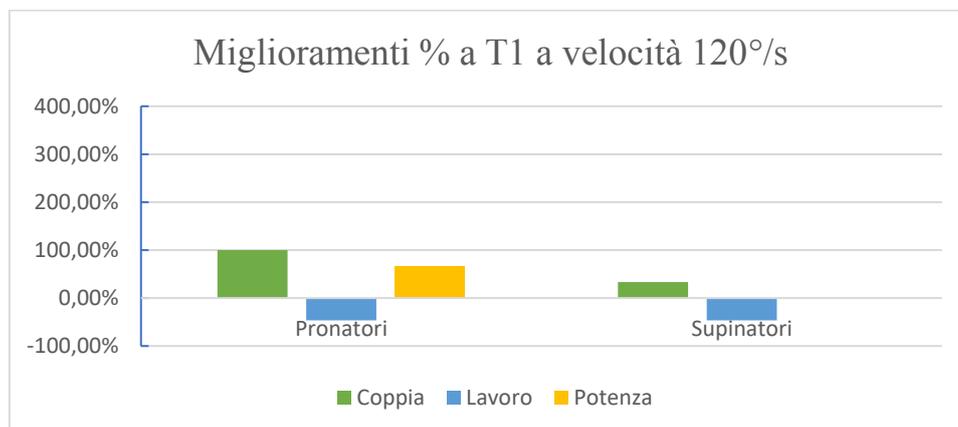


Figura 11: Variazioni di coppia, lavoro e potenza in percentuale per ogni gruppo muscolare del gomito a velocità di 120°/s a T1.

I risultati raggiunti a T1 sono molto eterogenei. Per quanto riguarda il deficit muscolare tra lato plegico e non plegico, nei flessori del gomito c'è stato un peggioramento in tutti i parametri considerati, sia alla velocità di 60°/s sia di 180°/s, ad eccezione della coppia alla velocità più alta. Negli estensori, invece, il deficit si è notevolmente ridotto. Nei supinatori si può notare un lieve peggioramento.

Le figure 9-11 mostrano una variabilità tra i risultati per quanto riguarda il lato plegico. Alla velocità più bassa, si sono registrati miglioramenti statisticamente significativi solo negli estensori di gomito in coppia, lavoro e potenza. Alla velocità più alta: nella coppia tutti i gruppi muscolari, tranne gli estensori, hanno avuto aumento; nel lavoro muscolare, invece, solo gli estensori hanno avuto un miglioramento che però non sopperisce la perdita degli altri gruppi muscolari; nella potenza muscolare, estensori e pronatori sono migliorati rispetto a T0, i supinatori non hanno avuto alcuna variazione, mentre i flessori sono peggiorati del 46,15%.

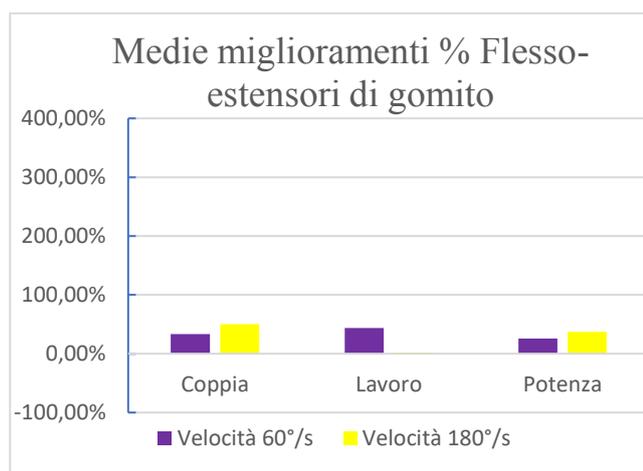


Figura 12: medie miglioramenti in percentuale nei flessori ed estensori di gomito.

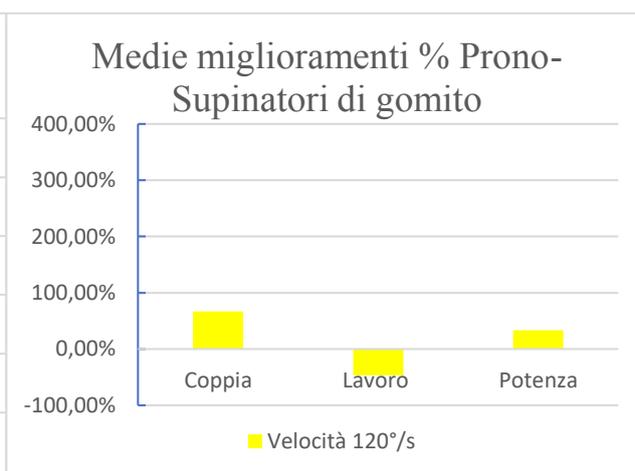


Figura 13: medie miglioramenti in percentuale nei pronatori e supinatori di gomito

Nelle figure 12 e 13 si può notare che si è raggiunto un miglioramento medio positivo nei quattro gruppi muscolari testati, ad eccezione del lavoro dei prono-supinatori.

## POLSO

Velocità 120°/s																		
	Coppia (Nm)						Lavoro (Nm)						Potenza (W)					
	T0		T1				T0		T1				T0		T1			
	NP	P	NP	P	Deficit % P/NP	Miglioramento % P	NP	P	NP	P	Deficit % P/NP	Miglioramento % P	NP	P	NP	P	Deficit % P/NP	Miglioramento % P
FL	15	4	19	4	+5,61%	+0%	167	35	231	26	+9,70%	-25,71%	18	4	23	2	+13,53%	-50,00%
ES	15	8	9	7	-24,44%	-12,50%	159	77	83	46	-6,99%	-40,26%	18	7	8	5	-23,61%	-28,57%

Tabella 20: valori del lato plegico e non plegico a T0 e T1 e relative variazioni a T1 di coppia, lavoro, potenza e del deficit del lato plegico a velocità 120°/s.

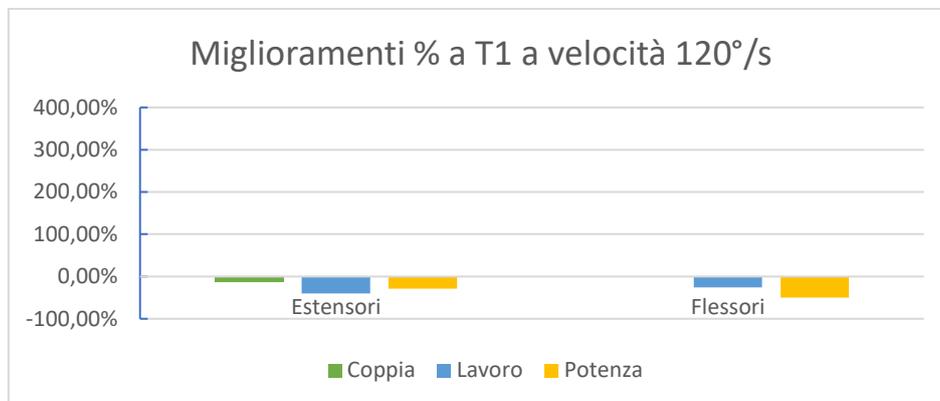


Figura 14: variazioni di coppia, lavoro e potenza in percentuale per ogni gruppo muscolare del polso a velocità 120°/s a T1.

Tra T0 e T1, i flessori di polso hanno avuto un lieve peggioramento in coppia, lavoro e potenza tra arto plegico e non plegico, mentre gli estensori hanno raggiunto una maggiore simmetrizzazione.

La figura 14 mostra un peggioramento per i parametri di lavoro e potenza sia negli estensori che nei flessori, mentre le variazioni nella coppia muscolare in entrambi i gruppi muscolari non risultano essere statisticamente significative.



Figura 15: medie miglioramenti percentuali nei flessore-estensori di polso a T1.

### Forza di prensione: dinamometro manuale

	T0	T1	Miglioramento %
PLEGICO	24,67	30,67	+24,32%
NON PLEGICO	27	35,67	+32,11%

Tabella 21: valori e relative percentuali di miglioramento a T1.

A T1 si nota un miglioramento statisticamente significativo nella forza della presa della mano sia nel lato plegico che sano: in quest'ultimo il valore è aumentato di 8,67 kg con un incremento del 32,11%, maggiore rispetto all'incremento del lato plegico (+24,32%).

## Tono Muscolare: Modified Ashworth Scale

Né a T0 né a T1 si sono registrati alterazioni del tono muscolare.

## AROM (Active Range of Motion): Motor Status Scale

	T0	T1	Miglioramento %
Spalla	28,2	27,2	-3,55%
Gomito	10,8	10,4	-3,70%
Polso	4	4	+0%
Dita	34	36	+5,88%

Tabella 22: punteggi per ciascun distretto nella scala MSS a T0 e T1

Alla rivalutazione si osserva di fatto una situazione invariata: le variazioni positive e negative registrate a T1 a spalla, gomito e dita sono attribuibili alla variabilità nella valutazione intra-operatore e non a veri peggioramenti o miglioramenti clinici.

## 5.2.2 Attività e partecipazione

### ARAT

	Grasp	Grip	Pinch	Gross Motor	Punteggio Totale
T0	18	8	12	8	46/57
T1	18	12	13	9	52/57
Miglioramento %	+0%	+50,00%	+8,33%	+12,50%	+13,04%

Tabella 23: valori e relative percentuali di miglioramento di ciascun sottogruppo della scala ARAT.

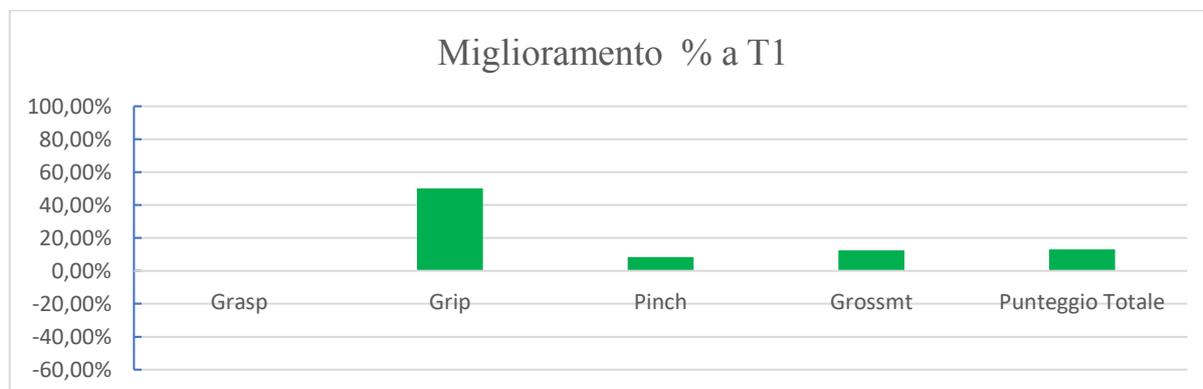


Figura 16: variazioni in percentuale della scala ARAT a T1.

La figura 16 mostra un miglioramento nei sottogruppi di “Grip”, “Pinch” e “Gross Motor”. Queste variazioni hanno permesso di raggiungere un punteggio totale maggiore che a T0 (+13,04%), che va oltre l’errore di misurazione e quindi statisticamente significativo.

### Bimeo

PAZIENTE 2	T0	T1	Miglioramento %
Superficie di supporto	1300	1444	+11,08%
Piano verticale	20	80	+300,00%
Piano orizzontale	232	386	+66,34%

Tabella 24: valori a T0 e T1 e relative percentuali di miglioramento per ciascun piano di lavoro del dispositivo Bimeo.

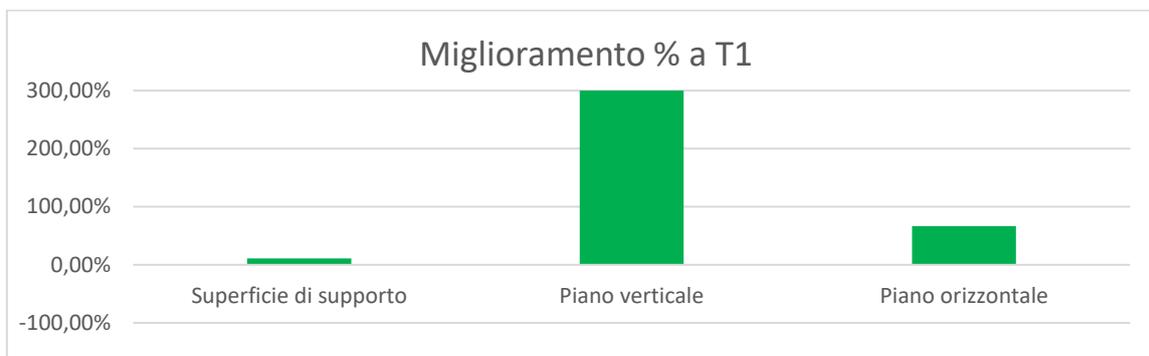


Figura 17: variazione in percentuale dei punteggi a T1 nel dispositivo Bimeo.

La figura 17 mostra come alla rivalutazione, complessivamente il paziente abbia raggiunto dei punteggi maggiori rispetto a T0. Nel paziente il miglioramento è stato registrato in tutti e tre i piani di lavoro con un aumento nel piano verticale (+300%) e orizzontale (+66,34%), più contenuto nella superficie di supporto.

### Wolf Motor Function Test

	T0		T1		Miglioramento	
	WMFT FAS	WMFT time	WMFT FAS	WMFT time	WMFT FAS	WMFT time
Forearm to table	5	2,23	5	2,04	+0%	-0,19
Forearm to box	5	2,57	5	2,30	+0%	-0,27
Extend elbow (side)	5	1,53	5	1,60	+0%	+0,07
Extend elbow (weight)	5	2,40	5	2,05	+0%	-0,35
Hand to table	5	1,82	5	1,84	+0%	+0,02
Hand to box	5	2,01	4	2,55	-20,00%	+0,54
Reach and retrieve	4	2,52	5	2,09	+25,00%	-0,43
Lift can	4	3,01	4	2,78	+0%	-0,23
Lift pencil	4	2,89	5	2,65	+25,00%	-0,24
Lift paper clip	4	3,80	4	4,26	+0%	+0,46
Stack checkers	4	5,15	4	4,80	+0%	-0,35
Flip cards	4	7,26	4	6,59	+0%	-0,67
Turn key in lock	4	3,35	4	3,71	+0%	+0,36
Fold towel	4	4,67	5	3,80	+25,00%	-0,87
Lift basket	4	3,75	5	2,82	+25,00%	-0,93
Punteggio totale	66/75 m: 4,4	m: 3,26	69/75 m: 4,6	m: 3,06	+4,54%	m: -0,20

Tabella 25: valori e relativi miglioramenti percentuali per ciascun item della WMFT.

	T0	T1	Miglioramento
Weight to box	2,5kg	3,0kg	+25,00%
Grip strenght*	24,67kg *	30,67kg *	+24,32%*

Tabella 26: valori e miglioramento percentuale dell'item "Weight to Box" e "Grip strenght" della scala WMFT.

\* I valori e la rappresentazione grafica sono riportati nel paragrafo precedente alla sezione "Dinamometro".

Alla rivalutazione, il paziente ha acquisito un punteggio quattro punti più alto rispetto a T0, migliorando soprattutto nella fluidità del movimento. L'item "Weight to Box", invece, ha visto un miglioramento di 0,5 kg a T1.

## Box and Block.

	TO	T1	Miglioramento %
PLEGICO	34	37	+8,82%
NON PLEGICO	39	54	+38,46%

Tabella 27: valori e relative percentuali di miglioramento della Box and Block.

I valori riportati a T1 e confrontati con quelli raggiunti a T0 mostrano un miglioramento sia nel lato colpito dalla lesione che in quello non plegico, in quest'ultimo però maggiore (+38,46%).

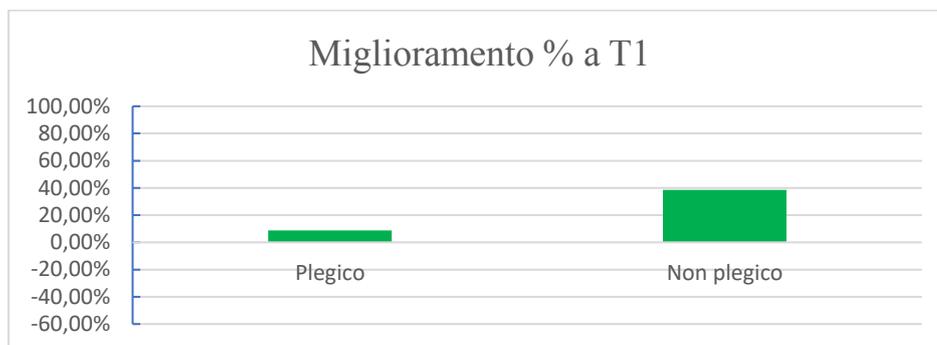


Figura 18: variazioni in percentuale a T1 del lato plegico e non plegico nella B&B test.

## Cahai

ATTIVITÀ	TO	T1	MIGLIORAMENTO %
Aprire un barattolo di caffè	6	6	
Chiamare il 118	7	7	
Tracciare una linea con un righello	6	6	
Versare un bicchiere d'acqua	6	6	
Strizzare un asciugamano	6	6	
Abbottonare cinque bottoni	6	6	
Asciugare la schiena con un asciugamano	6	6	
Mettere il dentifricio sullo spazzolino	6	6	
Tagliare la plastilina di media resistenza	6	6	
Chiudere una cerniera	6	6	
Pulire un paio di occhiali	6	7	
Posizionare un contenitore sul tavolo	6	6	
Portare una borsa su per le scale	1	1	
TOTALE	74	75	+1,35%

Tabella 28: punteggi e percentuali di miglioramento del punteggio totale della scala Cahai a T1.

A T1 non si sono registrati miglioramenti significativi: nel paziente 2 il miglioramento si è notato solo nell'item "pulire un paio di occhiali", ma la variazione non è sufficiente a riportare un punteggio totale significativamente maggiore rispetto a T0.

## 5.2.3 Qualità di vita

### Abilhand

ATTIVITÀ	T0	T1	MIGLIORAMENTO	
Chiudere la cerniera lampo dei pantaloni	FACILE	FACILE		
Pelare le cipolle	?	?		
Temperare una matita	DIFFICILE	FACILE		
Togliere il tappo ad una bottiglia	FACILE	FACILE		
Limarsi le unghie	DIFFICILE	FACILE		
Pelare le patate con un coltello	?	?		
Abbottonarsi i pantaloni	FACILE	FACILE		
Aprire un vasetto	FACILE	FACILE		
Tagliarsi le unghie	DIFFICILE	DIFFICILE		
Aprire un sacchetto di patatine	FACILE	FACILE		
Scartare una tavoletta di cioccolato	FACILE	FACILE		
Piantare un chiodo	DIFFICILE	?		
Spalmare del burro su una fetta di pane	FACILE	FACILE		
Lavarsi le mani	FACILE	FACILE		
Abbottonare una camicia	DIFFICILE	FACILE		
Passare il filo in un ago	DIFFICILE	?		
Tagliare la carne	FACILE	FACILE		
Impacchettare dei regali	DIFFICILE	?		
Chiudere la cerniera-lampo di un giubbotto	FACILE	FACILE		
Chiudere un bottone automatico (borsa, camicia)	DIFFICILE	FACILE		
Aprire una nocciola	FACILE	FACILE		
Aprire la posta	FACILE	FACILE		
Spremere il dentifricio	FACILE	FACILE		
PUNTEGGIO TOTALE (Logits)	1.914	3.706		+93,63%

Tabella 29: risposte per ciascuna attività e variazione percentuale del punteggio totale del questionario Abilhand a T1

Come si evince dalla Tabella 29, c'è stato una migliore percezione di sé e delle proprie abilità al termine del trattamento. Il paziente non ha definito come *“Impossibile”* nessuna attività descritta dalla scala. A T1 c'è stato un notevole miglioramento di quelle che ha definito *“facili”* (+4), a discapito di quelle che aveva precedentemente definito *“difficili”* (-7). C'è stato un miglioramento complessivo del punteggio totale espresso in Logits del 93,63%.

### EQ-5D

ITEM	T0	T1	Miglioramento %
Capacità di movimento	Ho moderate difficoltà nel camminare	Ho moderate difficoltà nel camminare	
Cura della persona	Non ho difficoltà nel lavarmi o vestirmi	Non ho difficoltà nel lavarmi e vestirmi	
Attività abituali	Ho lievi difficoltà nello svolgimento delle attività abituali	Ho lievi difficoltà nello svolgimento delle attività abituali	
Dolore o fastidio	Provo dolore lieve o fastidio	Provo dolore lieve o fastidio	
Ansia o depressione	Non sono ansioso o depresso	Non sono ansioso o depresso	
Punteggio Totale	0,84	0,84	
Scala VAS	70	70	0%

Tabella 30: valori e percentuali di miglioramento del questionario EQ-5D a T1.

Non si sono registrate modifiche nelle risposte date dal paziente a T1.

## SF-36

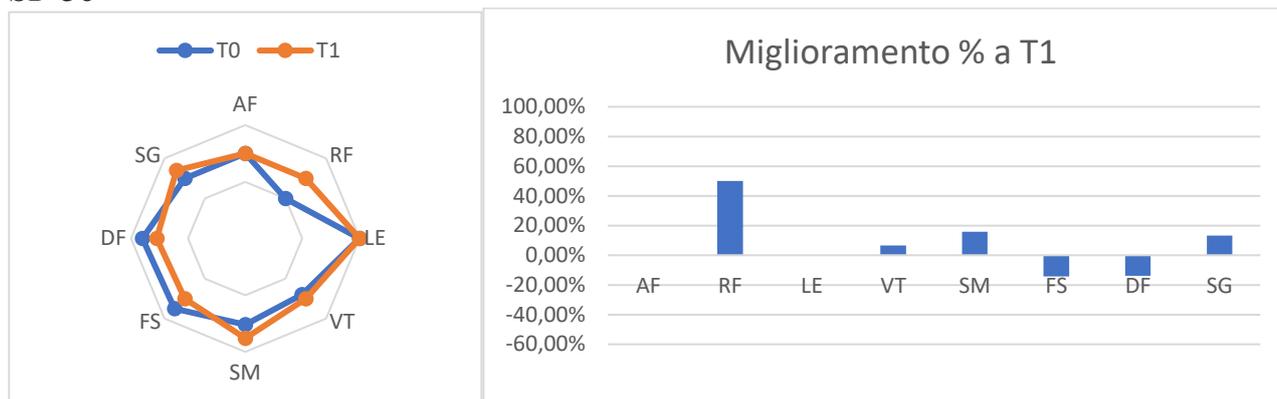


Figura 19: valori a T0 e T1 e variazioni in percentuale di ciascun item del questionario SF-36.

I risultati del questionario SF-36 mostrano delle variazioni tra i diversi sottogruppi. Si nota una migliore percezione nello stato di salute generale (SG), nella vitalità (VT) e nel ruolo delle limitazioni fisiche (RF). Nessuna variazione nel ruolo delle limitazioni dovute a problemi emotivi. La percezione nel funzionamento sociale (FS) e nel dolore (DF) è lievemente peggiorata, mentre rimane stazionario il funzionamento fisico.

	FUNZIONI CORPOREE								ATTIVITÀ E PARTECIPAZIONE					VAL. SOGGETTIVA		
	SENS	DOL	MAS	MSS	F SP	F GO	F PO	DIN MAN	CAHAI	BIMEO	ARAT	BB	WMFT	ABILH	EQ-5D	SF-36
Migliorato					✓	✓		✓		✓	✓			✓		✓
Invariato	✓	✓	✓	✓					✓			✓	✓		✓	
Peggiorato							✓									

Tabella 31: sintesi risultati nel paziente 2.

Legenda: SENS Sensibilità, DOL Dolore, F SP Forza spalla, F GO Forza gomito, F PO Forza polso, DIN MAN Dinamometro manuale, BB Box and Block, ABILH ABILHAND.

## CAPITOLO 6: DISCUSSIONE

In questo progetto di tesi si sono indagati gli effetti dell'utilizzo di apparecchiature elettromedicali nell'arto superiore in due pazienti affetti da ictus cronico. In letteratura non sembrano esserci studi che indaghino l'efficacia di un trattamento che preveda l'impiego combinato del dispositivo isocinetico, della realtà virtuale e del Biofeedback e che valutino gli effetti su soggetti con un livello di funzionamento diverso tra loro. Questo progetto può essere, quindi, un punto di partenza per ulteriori studi, vista anche la ridotta numerosità dei pazienti osservati che non permette di generalizzare i risultati ottenuti.

I dati a nostra disposizione fanno emergere due situazioni differenti tra i due pazienti: nel soggetto a basso funzionamento (paziente 1) funzioni corporee, attività e partecipazione sono rimaste pressoché invariate, mentre la percezione della qualità di vita è risultata nel complesso migliorata. Il paziente ad alto funzionamento (paziente 2), invece, ha mostrato dei miglioramenti importanti nelle funzioni corporee (soprattutto per quanto riguarda la forza muscolare di spalla e gomito e la presa manuale), nell'attività e partecipazione (soprattutto per l'uso della mano e del braccio) e nella percezione della qualità di vita percepita.

Per quanto concerne le funzioni corporee, il paziente n°1 e n°2 non hanno avuto cambiamenti significativi per l'AROM, per il tono muscolare, per la sensibilità e il dolore. Solo i prono-supinatori dell'avambraccio plegico del primo soggetto hanno subito un lieve miglioramento nell'ipertono. Questo risultato sembra avvalorare l'idea ormai diffusa che attività di rinforzo muscolare non siano correlate all'aumento della spasticità post ictus [57]. Nel paziente 2 si è potuto valutare anche la forza dell'arto plegico. Si è osservato come il miglioramento sia avvenuto soprattutto a livello prossimale: la muscolatura della spalla ha avuto un aumento netto dei parametri di coppia, lavoro e potenza a entrambe le velocità, a eccezione dei rotatori esterni nei quali non si è notata alcuna variazione alla velocità inferiore. Questi risultati, se associati all'incremento della forza della presa della mano valutata con il dinamometro manuale, sembrano supportare l'ipotesi avanzata da Nascimento [23] che evidenzia una stretta correlazione tra la muscolatura prossimale e quella distale dell'arto paretico. L'autore ha messo in luce la connessione tra la forza isometrica della presa della mano e la forza isocinetica sviluppata da flessori ed estensori di spalla. Sembrerebbe, infatti, che l'azione delle articolazioni distali dell'arto sia tanto più efficiente quanto più le articolazioni prossimali siano stabili grazie alla muscolatura periarticolare [23]. Per cui i miglioramenti registrati nei test al dispositivo isocinetico dei flessori ed estensori di gleno-omero sembrano riflettersi anche nella forza degli estensori di polso e dei flessori lunghi

delle dita, attivi nella presa della mano. Al gomito i risultati sono stati eterogenei: gli estensori e i pronatori hanno avuto un buon incremento della forza, mentre i flessori e i supinatori sono sostanzialmente rimasti in linea con i valori di T0. Distalmente, invece, la forza che i flessori ed estensori di polso hanno sprigionato a T1 è stata inferiore rispetto a T0. Le ipotesi che sono state avanzate per spiegare questo peggioramento sono due. La prima riguarda il differente posizionamento dell'avambraccio di T1 rispetto a T0. Essendo i muscoli del polso biarticolari, una diversa angolazione dell'avambraccio potrebbe averne determinato un allungamento o accorciamento con conseguente maggiore difficoltà ad esprimere la massima forza concentrica. L'altra considerazione riguarda, invece, l'arco di movimento selezionato a T1. Il range a T0 e T1 è stato il medesimo, ma l'eventuale differente posizionamento a T1 dello zero anatomico nel macchinario potrebbe aver modificato il braccio di leva.

Per quanto riguarda le scale che valutano l'attività e la partecipazione, nel paziente 1 i risultati a T1 non hanno di fatto mostrato alcun cambiamento significativo. Nella Cahai non si è verificata alcuna variazione, mentre al Bimeo si è registrato un aumento del punteggio nella superficie di supporto (+28,24 %) e nel piano verticale (+5,68%). Nel piano orizzontale, però, il peggioramento è stato piuttosto significativo (-27,27 %). Nel paziente 2 invece, si sono registrati miglioramenti in due dei cinque test effettuati. Nella Cahai, nella Wolf Motor Function Test e nella Box and Block i punteggi sono rimasti pressoché invariati. Questi risultati possono essere in parte dovuti alla scarsa sensibilità delle scale Cahai e WMFT, che non permettono di registrare eventuali minimi cambiamenti nella performance del paziente. Per la B&B Test invece, c'è stato un miglioramento di tre blocchetti a T1 che non è, però, sufficiente a definire un reale cambiamento clinico. Questo risultato parziale può essere attribuito a un incremento non sostanziale della velocità del movimento con l'arto superiore, considerando che la presa registrata con la ARAT ("*Grasp*") era già buona. Quest'ultima, infatti, ha mostrato già alla valutazione iniziale un discreto livello nella manualità fine della mano plegica e a T1 si è evidenziato un miglioramento nelle attività di "Grip" e "Pinch". Per quanto riguarda le attività di precisione e di coordinazione dell'arto superiore, valutate con il dispositivo Bimeo, i risultati a T1 sono stati molto positivi tanto che nel piano verticale il paziente ha raggiunto un miglioramento del 300%. C'è da dire, però, che i miglioramenti acquisiti al Bimeo potrebbero essere influenzati dal suo utilizzo nelle diverse sedute, che potrebbe aver permesso a entrambi i pazienti di avere maggiore confidenza con questo strumento.

Nell'analisi delle scale multidimensionali, i pazienti hanno mostrato un miglioramento nella qualità di vita percepita in relazione alla propria salute. Il questionario EQ-5D non ha messo in luce alcuna variazione tra T0 e T1, ma l'SF-36, somministrato a entrambi, ha evidenziato una migliore percezione delle limitazioni dovute a problemi fisici (RF), della salute generale (SG) e della vitalità (VT) risultando quindi più completo, efficace e valido nel rilevare eventuali cambiamenti clinici. Questo risultato sembrerebbe mostrare che, anche in situazioni di scarso miglioramento nel funzionamento dell'arto superiore, questo trattamento possa portare il soggetto a percepire una migliore qualità della sua vita, ma anche delle proprie abilità e potenzialità, come emerso dal questionario Abilhand somministrato al secondo paziente.

Dati alla mano, possono essere fatte alcune considerazioni per quanto riguarda il protocollo di valutazione utilizzato in questo progetto di tesi. In letteratura, articoli che trattino dispositivi elettromedicali come quelli utilizzati non sono molti: il dispositivo isocinetico vede un più largo utilizzo per l'arto inferiore rispetto all'arto superiore; il dispositivo Bimeo è di recente fabbricazione e non sono ancora presenti studi che ne valutino l'efficacia nei pazienti emiplegici; il biofeedback viene poco utilizzato per il trattamento della mano plegica soprattutto a causa del grave impairment che spesso si riscontra nei pazienti. Grazie alla ricerca bibliografica, è emersa la proposta di protocollo descritta da Sivan, che ha permesso di differenziare e guidare la valutazione dei due pazienti. Considerando i quattro criteri che sono stati definiti in questo progetto di tesi, per la creazione del protocollo di valutazione, è possibile affermare:

- Affidabilità: è affidabile per lo stesso operatore, in quanto i test effettuati a T0 sono stati poi svolti a T1 dallo stesso terapeuta e i risultati ottenuti sono comparabili. Non è, però, possibile definire se sia altrettanto affidabile nel caso in cui venga applicato da operatori differenti.
- Validità: risulta essere valido perché ha permesso di individuare e valutare le principali problematiche neuromotorie dell'arto superiore presenti in entrambi i pazienti.
- Responsività: è in parte responsivo poiché ha permesso di evidenziare il cambiamento clinico nel paziente ad alto funzionamento, ma non nel paziente a basso funzionamento.
- Accettabilità: è accettabile per il paziente 1, non per il paziente 2 in quanto eccessivamente lungo da utilizzare nella pratica clinica vista la numerosità delle scale e dei test proposti.

## CONCLUSIONE

I risultati emersi da questo progetto consentono di affermare che il dispositivo isocinetico Humac Norm, il Bimeo e il Biofeedback sono degli strumenti validi nella valutazione e nel trattamento di pazienti con ictus cronico, risultando efficaci specialmente per il soggetto ad alto funzionamento. Si è registrato, infatti, un miglioramento della forza muscolare, della manualità e in parte della destrezza dell'arto superiore, con un impatto molto positivo nella partecipazione e nella percezione della qualità di vita. Il trattamento proposto risulta essere, quindi, una valida alternativa per la riabilitazione dell'arto superiore nel paziente emiplegico cronico, anche perché non si sono registrati eventi avversi.

Il protocollo di valutazione utilizzato, ripreso dall'articolo di Sivan, ma rivisto e proposto in questo progetto di tesi, è risultato essere parzialmente affidabile, responsivo e accettabile. Però, il lungo tempo necessario alla sua applicazione non lo rende di facile somministrazione. È però molto valido, perché ha permesso di delineare un quadro clinico e motorio completo di entrambi i pazienti e, quindi, potenzialmente efficace nella pratica clinica.

I limiti maggiori di questo studio riguardano principalmente: campione ristretto (solo due ed entrambi di sesso maschile); operatori differenti durante la valutazione e il trattamento; non definizione dettagliata a monte del programma riabilitativo per entrambi i pazienti; scarsità di letteratura scientifica di supporto; assenza di protocolli di trattamento con i dispositivi utilizzati in questo progetto di tesi. Si evidenziano, inoltre, lunghi tempi ed elevati costi per l'addestramento e per la formazione dei terapisti addetti all'uso delle apparecchiature elettromedicali. Il programma riabilitativo impostato in questo studio può, tuttavia, essere riproducibile e, quindi, riproposto in ulteriori studi per valutarne l'efficacia.

Possibili sviluppi e ulteriori prospettive future potrebbero riguardare altri studi che: aumentino la numerosità del campione, includendo pazienti in fase acuta o subacuta, con altre patologie neuromotorie, di sesso femminile e con una più ampia variabilità dell'età; considerino altri outcome (ad esempio, altri parametri forniti dal dispositivo isocinetico e Bimeo) includano un gruppo di controllo per valutare la reale efficacia del trattamento; valutino l'utilizzo di ogni singolo dispositivo nei pazienti con ictus e la relativa efficacia se applicati da soli o insieme ad altri trattamenti convenzionali (tossina botulinica, elettrostimolatori, trattamento manuale).

## BIBLIOGRAFIA

1. American Association of Neurological Surgeons, “*Cerebrovascular Disease*”. Disponibile on-line all’indirizzo: <https://www.aans.org>.
2. Sacco R.L., Kasner S.E., Broderick J.P., Caplan L.R., Connors J.J., Culebras A., Elkind M.S.V., George M.G., Hamdan A.D., Higashida R.T., Hoh B.L., Janis L. S., Kase C.S., Kleindorfer D.O., Lee J.M., Moseley M. E., Peterson E.D., Turan T.N., Valderrama A.L., Vinters H.V. (2013), “*An updated definition of stroke for the 21st century: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association*”, *Stroke*, Vol.44, n°7, pag 2064-2089.
3. Virani S.S., Alonso A., Benjamin E.J., Bittencourt M.S., Callaway C.W., Carson A.P., Chamberlain A.M., Chang A.R., Cheng S., Delling F.N., Djousse L., Elkind M.S.V., Ferguson J.F., Fornage M., Khan S.S., Kissela B.M., Knutson K.L., Kwan T.W., Lackland D.T., Lewis T.T., Lichtman J.H., Longenecker C.T., Loop M.S., Lutsey P.L., Martin S.S., Matsushita K., Moran A.E., Mussolino M.E., Perak A.M., Rosamond W.D., Roth G.A., Sampson U.K.A., Satou G.M., Schroeder E.B., Shah S.H., Shay C.M., Spartano N.L., Stokes A., Tirschwell D.L., VanWagner L.B., Tsao C.W., American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee (2020), “*Heart Disease and Stroke Statistics — 2020 Update: A Report From the American Heart Association*”, *Circulation*, Vol 141, n°9, pag e139–e596.
4. Ministero della Salute (2022), “*Ictus e Malattie Cerebrovascolari*”. Disponibile on-line all’indirizzo: <https://www.salute.gov.it>.
5. Saini V., Guada L., Yavagal D.R. (2021), “*Global Epidemiology of Stroke and Access to Acute Ischemic Stroke Interventions*”, *Neurology*, Vol 97, n°20 Supplemento 2, pag S6-S16.
6. GBD 2019 Stroke Collaborators (2021), “*Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019*”, *The Lancet. Neurology*, Vol 20, n°10, pag 795–820.
7. Katan M., Luft A. (2018), “*Global Burden of Stroke*”, *Seminars in Neurology*, Vol 38, n°2, pag 208–211.
8. Waxman S.G. (2012), “*Neuroanatomia clinica*”, Piccin, Padova.
9. Stroke foundation, “*Effects of Stroke*”. Disponibile on-line all’indirizzo: <https://strokefoundation.org.au>

10. Teasell R., Bayona N.A., Bitensky J. (2005), "*Plasticity and reorganization of the brain post stroke*", Topics in Stroke Rehabilitation, Vol 12, n°3, pag 11–26.
11. Puderbaugh M., Emmady P.D. (2023), "*Neuroplasticity*", StatPearls [Internet], StatPearls Publishing, Treasure Island.
12. Sharma N., Classen J., Cohen L.G. (2013), "*Neural plasticity and its contribution to functional recovery*", Handbook of Clinical Neurology, Vol 110, pag 3-12.
13. Carmichael S.T., Kathirvelu B., Schweppe C.A., Nie E.H. (2017), "*Molecular, cellular and functional events in axonal sprouting after stroke*", Experimental Neurology, Vol 287, pag 384–394.
14. Pollock A., Farmer S.E., Brady M.C., Langhorne P., Mead G.E., Mehrholz J., van Wijck F. (2014), "*Interventions for improving upper limb function after stroke*", The Cochrane Database of Systematic Reviews, n°11.
15. Raghavan P. (2015), "*Upper Limb Motor Impairment Post Stroke*", Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America, Vol 26, n 4, pag 599–610.
16. Kerimov K., Coskun Benlidayi I., Ozdemir C., Gunasti O. (2021), "*The Effects of Upper Extremity Isokinetic Strengthening in Post-Stroke Hemiplegia: A Randomized Controlled Trial*", Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases, Vol 30, n° 6.
17. Wist S., Clivaz J., Sattelmayer M. (2016), "*Muscle strengthening for hemiparesis after stroke: A meta-analysis*", Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, Vol 59, n°2, pag 114–124.
18. Oujamaa L., Relave I., Froger J., Mottet D., Pelissier J.Y. (2009), "*Rehabilitation of arm function after stroke. Literature review*", Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, Vol 52, n°3, pag 269–293.
19. Taub E., Uswatte G., Mark V.W., Morris D.M. (2006), "*The learned nonuse phenomenon: implications for rehabilitation*", Europa Medicophysica, Vol 42, n°3, pag 241-256.
20. Scherbakov N., von Haehling S., Anker S.D., Dirnagl U., Doehner W. (2013), "*Stroke induced Sarcopenia: muscle wasting and disability after stroke*", International Journal of Cardiology, Vol 170, n°2, pag 89-94.
21. Starosta M., Kostka J., Redlicka J., Miller E. (2017), "*Analysis of upper limb muscle strenght in the early phase of brain stroke*", Acta of Bioengineering and Biomechanics, Vol 19, n°3, pag 85-91.

22. Li W., Yue T., Liu Y. (2020), “*New understanding of the pathogenesis and treatment of stroke-related sarcopenia*”, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, Vol 131.
23. Nascimento L.R., Polese J.C, Faria C.D.C.M., Teixeira-Salmela L.F. (2012), “*Isometric hand grip strength correlated with isokinetic data of the shoulder stabilizers in individuals with chronic stroke*”, *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, Vol 16, n°3, pag 275-280.
24. Harris J.E., Eng J.J. (2007), “*Paretic upper-limb strength best explains arm activity in people with stroke*”, *Physical Therapy*, Vol 87, n°1, pag 88-97.
25. Sobinov A.R., Bensmaia S.J. (2021), “*The neural mechanisms of manual dexterity*”, *Nature Reviews Neuroscience*, Vol 22, n° 12, pag 741-757.
26. Nijland R.H.M., van Wegen E.E.H., Harmeling-van der Wel B.C., Kwakkel G., EPOS Investigators (2010), “*Presence of finger extension and shoulder abduction within 72 hours after stroke predicts functional recovery: early prediction of functional outcome after stroke: the EPOS cohort study*”, *Stroke*, Vol 41, n° 4, pag 745–750.
27. Kong K.H., Chua K.S.G, Lee J. (2011), “*Recovery of upper limb dexterity in patients more than 1 year after stroke: frequency, clinical correlates and predictors*”, *NeuroRehabilitation*, Vol 28, n°2, pag 105-111.
28. Monaghan K., Horgan F., Blake C., Cornall C., Hickey P.P.M., Lyons B.E., Langhorne P. (2017), “*Physical treatment interventions for managing spasticity after stroke*”, *The Cochrane Database of Systematic Review*, n°2.
29. Ada L., O’Dwyer N., O’Neill E. (2006), “*Relation between spasticity, weakness and contracture of the elbow flexors and upper limb activity after stroke: an observational study*”, *Disability and Rehabilitation*, Vol 28, n°13-14, pag 891-897.
30. Park J.H., Shin J.H., Lee H., Roh J., Park H.S. (2021), “*Alterations in intermuscular coordination underlying isokinetic exercise after a stroke and their implications on neurorehabilitation*”, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, Vol 18, n°110.
31. Carey L.M., Oke L.E., Matyas T.A. (1996), “*Impaired limb position sense after stroke: a quantitative test for clinical use*”, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol 77, n°12, pag 1271-1278.
32. Pertoldi S., Di Benedetto P. (2005), “*Shoulder-hand syndrome after stroke. A complex regional pain syndrome*”, *Europa medicophysica*, Vol 41, n°4, pag 283-292.

33. Schwarz A., Veerbeek J.M, Held J.P.O., Buurke J.H., Luft A.R. (2021), "*Measures of Interjoint Coordination Post-stroke Across Different Upper Limb Movement Tasks*", *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, Vol 8.
34. Tomita Y., Rodrigues M.R.M., Levin M.F. (2017), "*Upper Limb Coordination in Individuals With Stroke: Poorly Defined and Poorly Quantified*", *Neurorehabilitation and Neural Repair*, Vol. 31, n°10-11, pag 885-897.
35. Liu H., Gao Y., Huang W., Li R., Houston M., Benoit J.S., Roh J., Zhang Y. (2022), "*Inter-muscular coherence and functional coordination in the human upper extremity after stroke*", *Mathematical Biosciences and Engineering*, Vol 19, n°5, pag 4506-4525.
36. Hammond R. (2000), "*Evaluation of physiotherapy by measuring the outcome*", *Physiotherapy*, Vol 86, n°4, pag 170-172.
37. Sivan M., O'Connor R.J., Makover S., Levesley M., Bhakta B. (2011), "*Systematic review of outcome measures used in the evaluation of robot-assisted upper limb exercise in stroke*", *Journal of Rehabilitation Medicine*, Vol 43, n°3, pag 181-189.
38. Norouzi-Gheidari N., Archambault P.S., Fung J. (2012), "*Effects of robot-assisted therapy on stroke rehabilitation in upper limbs: systematic review and meta-analysis of the literature*", *Journal of Rehabilitation Research and Development*, Vol 49, n°4, pag 479-496.
39. Péter O., Fazekas G., Zsiga K., Dénes Z. (2011), "*Robot-mediated upper limb physiotherapy: review and recommendations for future clinical trials*", *International Journal of Rehabilitation Research*, Vol 34, n°3, pag 196-202.
40. Duret C., Courtial O., Grosmaire A.G. (2016), "*Kinematic measures for upper limb motor assessment during robot-mediated training in patients with severe sub-acute stroke*", *Restorative Neurology and Neuroscience*, Vol 34, n°2, pag 237-245.
41. Ekstrand E., Lexell J., Brogårdh C. (2016), "*Grip strength is a representative measure of muscle weakness in the upper extremity after stroke*", *Topics in Stroke Rehabilitation*, Vol 23, n°6, pag 400-405.
42. Salter K., Jutai J.W., Teasell R., Foley N.C., Bitensky J., Bayley M. (2005), "*Issues for selection of outcome measures in stroke rehabilitation: ICF Participation*", *Disability and Rehabilitation*, Vol 27, n°9, pag 507-528.
43. Salter K., Jutai J.W., Teasell R., Foley N.C., Bitensky J. (2005), "*Issues for selection of outcome measures in stroke rehabilitation: ICF Body Functions*", *Disability and Rehabilitation*, Vol 27, n°4, pag 191-207.

44. Ministero della salute (2009), “*Raccomandazione per la prevenzione degli eventi avversi conseguenti al malfunzionamento dei dispositivi medici/apparecchi elettromedicali*”. Disponibile on-line all’indirizzo: <https://www.salute.gov.it>.
45. Morone G., Cocchi I., Paolucci S., Iosa M. (2020), “*Robot-assisted therapy for arm recovery for stroke patients: state of the art and clinical implications*”, Expert Review of Medical Devices, Vol 17, n°3, pag 223-233.
46. Mehrholz J, Hädrich A, Platz T, Kugler J, Pohl M. (2012), “*Electromechanical and robot-assisted arm training for improving generic activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke*”, The Cochrane Database of Systematic Reviews, n°6.
47. Poli P., Morone G., Rosati G., Masiero S. (2013), “*Robotic technologies and rehabilitation: new tools for stroke patients’ therapy*”, BioMed Research International, Vol 2013.
48. Bertani R., Melegari C., De Cola M.C., Bramanti A., Bramanti P., Calabrò R.S. (2017), “*Effects of robot-assisted upper limb rehabilitation in stroke patients: a systematic review with meta-analysis*”, Neurological Sciences, Vol 38, n°9, pag 1561-1569.
49. Zhang C., Li-Tsang C.W.P., Au R.K.C. (2017), “*Robotic approaches for the rehabilitation of upper limb recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis*”, International Journal of Rehabilitation Research, Vol 40, n°1, pag 19-28.
50. HUMAC NORM Product Brochure. Disponibile online all’indirizzo: [www.humacnorm.com](http://www.humacnorm.com).
51. Hammami N., Coroian F.O., Julia M., Amri M., Mottet D., Hérrison C., Laffont I. (2012), “*Isokinetic muscle strengthening after acquired cerebral damage: a literature review*”, Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, Vol 55, n°4, pag 279-291.
52. Coroian F., Jourdan C., Bakhti K., Palayer C., Jaussest A., Picot M.C., Mottet D., Julia M., Bonnin H.Y., Laffont I., “*Upper limb isokinetic strengthening versus passive mobilization in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial*”, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, Vol 99, n°2, pag 321-328.
53. Neumann D.A. (2019), “*Chinesiologia del sistema muscoloscheletrico. Fondamenti per la riabilitazione*”, Piccin, Padova.
54. Kisner C., Colby L.A., Borstad J. (2019), “*Esercizio terapeutico. Fondamenti e tecniche*”, Piccin, Padova.

55. Wright D.J., McCormick S.A., Williams J., Holmes P.S. (2016), “*Viewing Instructions Accompanying Action Observation Modulate Corticospinal Excitability*”, *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol 10, n°17.
56. Chang J.J., Tung W.L., Wu W.L., Huang M.H., Su F C. (2007), “*Effects of robot-aided bilateral force-induced isokinetic arm training combined with conventional rehabilitation on arm motor function in patients with chronic stroke*” *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol 88, n°10, pag 1332-1338.
57. Ada L., Dorsch S., Canning C.G. (2006), “*Strengthening interventions increase strength and improve activity after stroke: a systematic review*”, *The Australian Journal of Physiotherapy*, Vol 52, n°4, pag 241-248.
58. Pournajaf S., Morone G., Goffredo M., Bonaiuti D., Franceschini M. (2021), “*Realtà virtuale applicata alla riabilitazione: evidenze cliniche e prospettive future*” *Giornale Italiano di Medicina Riabilitativa*, Vol 36, n°3, pag 30-42.
59. Kiper P., Szczudlik A., Agostini M., Opara J., Nowobilski R., Ventura L., Tonin P., Turolla A. (2018), “*Virtual Reality for Upper Limb Rehabilitation in Subacute and Chronic Stroke: A Randomized Controlled Trial*”, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol 99, n°5, pag 834-842.
60. Kinestica™ (2017), “*Manuale d’uso Bimeo PRO*”. Disponibile online all’indirizzo: <https://www.chinesport.it/>.
61. Kinestica™, “*Bimeo*”. Disponibile online all’indirizzo: <https://kinestica.com/>.
62. Bonini-Rocha A.C., de Andrade A.L.S., dos Santos Pereira R., de Moraes A.M., Matheus L.B.G., da fonseca S. T., Ribeiro A.L.A., Martins W.R. (2023), “*Biofeedback interventions for short term upper limb function following stroke: A systematic review with meta-analysis*”, *Journal of Hand Therapy: Official Journal of the American Society of Hand Therapists*, Vol 36, n°3 pag 693-705.
63. Rayegani S.M., Raeissadat S.A., Sedighipour L., Rezazadeh I.M., Bahrami M.H., Eliaspour D., Khosrawi S. (2014), “*Effect of neurofeedback and electromyographic-biofeedback therapy on improving hand function in stroke patients*”, *Topics in Stroke Rehabilitation*, Vol 21, n°2, pag 137-151.
64. “*ProComp Infiniti Hardware Manual*”. Disponibile online al sito: <https://thoughttechnology.com/>.

65. Haji-Ahmad T., Haghgoo H.A., Pishyareh E., Biglarian A. (2015), "*The effect of biofeedback therapy on hand function and daily activities in stroke survivors*", *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences*, Vol 17, n°10.
66. Lin J.H., Hsu M.J., Sheu C.F., Wu T.S., Lin R.T., Chen C.H., Hsieh C.L. (2009), "*Psychometric comparisons of 4 measures for assessing upper-extremity function in people with stroke*", *Physical Therapy*, Vol 89, n°8, pag 840-850.
67. Lang C.E., Edwards D.F., Birkenmeier R.L., Dromerick A.W. (2008), "*Estimating minimal clinically important differences of upper-extremity measures early after stroke*", *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol 89, n°9, pag 1693-1700.
68. Shaw L., Rodgers H., Price C., van Wijck F., Shackley P., Steen N., Barnes M., Ford G., Graham L. & BoTULS investigators (2010), "*BoTULS: a multicentre randomised controlled trial to evaluate the clinical effectiveness and cost-effectiveness of treating upper limb spasticity due to stroke with botulinum toxin type A*", *Health Technology Assessment*, Vol 14, n°26.
69. Ferraro M., Demaio J.H., Krol J., Trudell C., Ranekleiv K., Edelstein L., Christos P., Aisen M., England J., Fasoli S., Krebs H.I., Hogan N., Volpe B.T. (2002), "*Assesing the motor status score: a scale for the eveluation of upper limb motor outcomes in patients after stroke*", *Neurorehabilitation and Neural Repair*, Vol 16, n°3, pag 283-289.
70. Lin K.C., Hsieh Y.W., Wu C.Y., Chen C.L., Jang Y., Liu J.S. (2009), "*Minimal detectable change and clinically important difference of the Wolf Motor Function Test in stroke patients*". *Neurorehabilitation and Neural Repair*, Vol 23, n°5, pag 429–434.
71. Chen H.M., Chen C.C., Hsueh I.P., Huang S.L., Hsieh C.L. (2009), "*Test-retest reproducibility and smallest real difference of 5 hand function tests in patients with stroke*", *Neurorehabilitation and Neural Repair*, Vol 23, n°5, pag 435-440.
72. Barreca S.R., Stratford P.W., Lambert C.L., Masters L.M., Streiner D.L. (2005), "*Test-retest reliability, validity, and sensitivity of the Chedoke arm and hand activity inventory: a new measure of upper-limb function for survivors of stroke*", *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol 86, n°8, pag 1616-1622.
73. Finch A.P., Meregaglia M., Ciani O., Roudijk B., Jommi C. (2022), "*An EQ-5D-5L value set for Italy using videoconferencing interviews and feasibility of a new mode of administration*", *Social Science & Medicine*, Vol 292.