



Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Salute della Donna e del Bambino

Corso di Laurea in

Terapia della Neuro e Psicomotricità dell'età evolutiva

Presidente: Prof.ssa Silvia Carraro

TESI DI LAUREA

**GUARDA CHE MAGIA. L'UTILIZZO DELLA PAM-AOT PER PROMUOVERE LA
BIMANUALITÀ NEI BAMBINI CON EMIPARESI: CASE REPORT**

(Discover the magic. The use of PAM-AOT to promote bimanuality in hemiplegic children:
case report)

RELATORE: Dott.ssa Chiara Gasparotto

CO-RELATORE: Dott.ssa Elena Boso

CANDIDATA: Elena Boschetto

Matricola: 2048928

Anno Accademico 2023/2024

INDICE

ABSTRACT.....	4
INTRODUZIONE.....	6
BACKGROUND TEORICO.....	7
CAPITOLO 1: L'emiparesi.....	7
1.1 Eziologia.....	8
1.2 Incidenza.....	9
1.3 Classificazione e segni clinici associati.....	9
1.4 L'arto superiore nell'emiparesi.....	13
CAPITOLO 2: Interventi riabilitativi ed ortesi per l'emiparesi: analisi della letteratura...	18
2.1 Gli approcci delle nuove Linee Guida sull'emiparesi.....	18
2.2 L'Action Observation Therapy.....	19
2.2.1 Il sistema dei neuroni specchio.....	20
2.2.2 L'imitazione.....	22
2.3 Analisi della letteratura di riferimento.....	27
MATERIALI E METODI.....	29
Popolazione dello studio.....	29
Il caso "modello": T. S.	29
Il caso clinico: G. E.	30
Descrizione del progetto.....	32
La struttura del progetto.....	32
Lo spettacolo di magia.....	33

Strumenti di valutazione	37
Valutazione iniziale.....	37
Questionario ai genitori.....	42
RISULTATI.....	44
Valutazione finale.....	44
Questionario ai genitori.....	49
DISCUSSIONE.....	51
CONCLUSIONI.....	53
BIBLIOGRAFIA.....	54
SITOGRAFIA.....	61

ABSTRACT

Background teorico

L'emiparesi è una forma di Paralisi Cerebrale Infantile, causata da un danno cerebrale avvenuto in epoca pre-, peri- o post- natale. La compromissione che ne deriva è di natura motoria e sensoriale e si manifesta nell'emilato controlaterale rispetto all'emisfero cerebrale danneggiato.

Secondo le Linee Guida per le PCI, un metodo di trattamento per migliorare il funzionamento dell'arto superiore emiplegico è l'Action Observation Therapy (AOT), la quale prevede l'osservazione di azioni compiute da un modello e la successiva riproduzione. Il processo di imitazione è alla base dell'AOT e prevede l'attivazione del circuito dei neuroni specchio durante l'osservazione dell'azione. Studi recenti evidenziano che l'attivazione di questo meccanismo è maggiore se il soggetto che compie il movimento da imitare è affetto dalla stessa patologia della popolazione dello studio. Da qui nasce l'Action Observation Therapy based on a Pathological Ameliorative Model (PAM-AOT), in cui il modello presenta la stessa patologia, ma con un grado funzionale maggiore.

Scopo

Lo scopo di questo studio è il miglioramento funzionale dell'arto superiore plegico in bambini affetti da emiparesi, tramite la PAM-AOT.

Materiali e metodi

Seguendo i criteri di inclusione e di esclusioni delineati nel lavoro di Beani e colleghi (2023), sono stati reclutati due soggetti con diagnosi di emiparesi: una bambina coinvolta nel trattamento mediante PAM-AOT, ed un bambino, con funzionalità dell'arto superiore maggiormente conservata, che fa da modello tramite dei video registrati mentre compie le azioni. Queste registrazioni sono visionate dalla bambina per 5 volte la settimana (2 durante le sedute di fisioterapia e 3 a casa) per un totale di 3 settimane. Le azioni da osservare e successivamente da eseguire corrispondono a 6 trucchi di magia, che prevedono l'utilizzo degli arti superiori coinvolti in movimenti di bi-manualità.

La valutazione dell'arto superiore paretico è qualitativa e analizza parametri quali velocità esecutiva, destrezza manuale, coordinazione bimanuale, fluidità del gesto, escursione articolare ed infine le modalità di prensione e la forza. Per ogni trucco di magia eseguito dalla bambina, vengono fatti dei video a T0 (inizio del trattamento) e T1 (trattamento concluso) e successivamente confrontati per rilevare i cambiamenti.

Viene inoltre consegnato ai genitori un questionario di gradimento del progetto, per indagare le difficoltà, i punti di forza e i vantaggi del progetto emersi durante le 3 settimane di trattamento domiciliare.

Risultati

Si riscontra un miglioramento nella velocità esecutiva, nella destrezza manuale e nella modalità di prensione e forza. La coordinazione bimanuale è rimasta pressoché invariata.

Il questionario riporta una difficoltà avuta dalla famiglia nell'eseguire gli esercizi a casa, data la poca collaborazione della bambina e la continua necessità di sollecitazioni. Si registra una problematicità nel materiale fornito per compiere i trucchi di magia. Le informazioni date alla famiglia, l'utilizzo della cartella Drive contenente i video del modello e la durata complessiva del progetto sono stati ritenuti adeguati. La madre nota un miglioramento nella coordinazione bimanuale della figlia.

Discussione

Lo studio propone gli esercizi, cioè trucchi, all'interno di una cornice di gioco condivisa come lo spettacolo di magia.

Per portare a termine il progetto è necessaria la collaborazione e una forte motivazione sia da parte della bambina che da parte della famiglia. Si deve tener conto delle molteplici variabili che possono subentrare nel corso del trattamento. Il materiale utilizzato è facilmente reperibile ed economico. Non sono stati necessari fondi da parte del Servizio per realizzare il progetto, poiché il trattamento mediante PAM-AOT è stato messo in atto in parte durante le sedute settimanali di fisioterapia, in parte con trattamento domiciliare effettuate con la collaborazione dei genitori.

Conclusioni

Questo lavoro ha portato al miglioramento della funzionalità dell'arto superiore plegico di una bambina con emiparesi.

I limiti riscontrati sono la numerosità della popolazione di studio e le modalità valutative.

Per gli studi futuri è consigliata una popolazione più ampia e la valutazione nel lungo termine per monitorare il mantenimento dei miglioramenti ottenuti.

INTRODUZIONE

L'elaborato presenta come contenuto principale l'Action Observation Therapy based on a Pathological Ameliorative Model (PAM-AOT), una metodologia di trattamento della bimanualità proposta a bambini con emiparesi, che si basa sull'imitazione di azioni funzionali eseguite da un modello con la stessa patologia dell'osservatore, al fine di migliorare la qualità e l'esecuzione del movimento stesso.

La scelta di trattare l'argomento dell'Action Observation Therapy nasce principalmente dall'esperienza formativa prevista durante il tirocinio del secondo e del terzo del corso di laurea, che ho svolto presso il servizio di neuroriabilitazione dell'Ulss 5 e 6 sede di Rovigo e Padova. In questa occasione ho avuto la possibilità di incontrare bambini di età e patologie differenti ed in particolare con emiparesi.

Per approfondire meglio il quadro relativo a questa patologia e le rispettive modalità di trattamento, sono stati consultati articoli scientifici e le nuove Linee Guida per il trattamento delle Paralisi Cerebrali Infantili del 2023. In quest'ultime vengono riportate l'Action Observation Therapy, una tecnica che ha avuto risultati positivi nel miglioramento della coordinazione bimanuale durante il trattamento, soprattutto in bambini con emiparesi.

La prima parte della tesi si concentra sulle nozioni teoriche che sono alla base del progetto che verrà poi analizzato e spiegato nella seconda parte.

Inizialmente viene affrontato il tema dell'emiparesi, definendo la patologia, le cause e l'espressione clinica. Si riporta quindi la descrizione dell'arto superiore paretico, delineandone le caratteristiche e la classificazione dal punto di vista della funzionalità manipolativa.

Successivamente verranno analizzati i diversi approcci di trattamento dell'Emiparesi. Seguirà, quindi, la descrizione dell'Action Observation Therapy, con un approfondimento sull'imitazione, principio base di questa tecnica.

La seconda parte dell'elaborato avrà lo scopo di analizzare il progetto messo in atto.

Verrà dapprima descritta la popolazione che ha partecipato, mettendo in luce i criteri di inclusione e di esclusione. Si proseguirà con la descrizione del progetto nei particolari, sottolineando le motivazioni alla base delle scelte fatte durante la sua strutturazione. Si presenteranno e discuteranno, infine, i risultati ottenuti mediante una valutazione iniziale e una finale, a terapia ultimata.

La tesi, quindi, si pone come obiettivo la valutazione del miglioramento della funzionalità dell'arto superiore plegico in bambini affetti da Emiparesi, dopo un periodo di 3 settimane di trattamento intensivo attraverso la PAM-AOT.

BACKGROUND TEORICO

CAPITOLO 1

L'emiparesi

La Paralisi Cerebrale Infantile (PCI) viene descritta dalla Linee Guida per il trattamento delle Paralisi Cerebrali Infantili (Bai, Rocchitelli, 2023) come un gruppo eterogeneo di disturbi del movimento e della postura, con espressività sintomatologica varia e complessa. La PCI si caratterizza non solo da disturbi motori e posturali, ma comprende anche disturbi sensoriali (Rosenbaum et al., 2006).

Si tratta di un disturbo neurologico permanente, dovuto a danni a livello cerebrale avvenuti durante lo sviluppo, in epoca pre-, peri- o post-natale (Rozaire et al., 2024), nonostante ciò nel corso dello sviluppo, si possono comunque riscontrare dei cambiamenti a livello funzionale e strutturale, determinati sia dalla normale evoluzione del bambino, sia da percorsi di trattamento intrapresi (Sabbadini et al., 1978).

Esistono diversi modi per classificare le Paralisi Cerebrali Infantili, ma la metodologia più utilizzata segue principalmente due criteri: il primo riguarda la topografia del disturbo motorio, cioè la localizzazione dell'espressione del danno, che suddivide le PCI in uni-laterale e bilaterale. Il secondo criterio riguarda la tipologia del difetto, in correlazione alla collocazione della lesione cerebrale (Valente, 2015).

Le forme unilaterali sono la monoplegia, il cui danno determina la compromissione di un solo arto, e l'emiplegia, dove il coinvolgimento motorio riguarda l'arto superiore e l'arto inferiore dello stesso emi-lato.

Le forme bilaterali sono: la diplegia, dove vi è un interessamento di tutti e quattro gli arti, con maggiore compromissione di quelli inferiori; la triplegia, provocata da un danno cerebrale che si esprime con l'alterazione motoria di tre arti, solitamente un arto superiore ed entrambi quelli inferiori (spesso in modo asimmetrico: maggiormente compromesso l'arto inferiore dello stesso emi-lato dell'arto superiore deficitario); la tetraplegia, caratterizzata dal coinvolgimento di tutti gli arti e del tronco (Surveillance of Cerebral Palsy Europe (SCPE), 2000).

Il secondo criterio vede una correlazione tra tipologia del deficit e sede del danno cerebrale. Si avrà un quadro di spasticità se la lesione ha provocato leucomalacia periventricolare, cisti porencefaliche e atrofia della corteccia motoria e/o delle aree sensomotorie. Si presenta invece una forma discinetica se la lesione interessa i gangli della base ed infine atassica, se il danno ha coinvolto il cervelletto.

Sono presenti anche i quadri misti qualora si presentino contemporaneamente caratteristiche delle diverse forme (Valente, 2015).

La spasticità viene definita come una risposta dei muscoli allo stiramento veloce e provoca irrigidimento del tono (Graham et al., 2022), la discinesia è caratterizzata da movimenti involontari mentre l'atassia è un disturbo dell'equilibrio e della coordinazione (Valente, 2015).

Solitamente nel definire la tipologia di Paralisi Cerebrale, vengono utilizzati entrambi i criteri in associazione.

L'emiparesi, quindi, è una forma di Paralisi Cerebrale Infantile, che ha avuto origine da una lesione cerebrale avvenuta in epoca pre-, peri- o post-natale e che ha comportato una compromissione motoria e sensoriale all'emilato controlaterale rispetto all'emisfero dove risiede il deficit cerebrale.

1.1 Eziologia

Le cause più frequenti di danno cerebrale che portano ad un quadro di Paralisi Cerebrale Infantile sono: prematurità, insufficienza perfusionale cerebrale, emorragia arteriosa con associato idrocefalo, infarto venoso, ipossia, infezioni e intossicazioni materne, malformazioni e traumi (Valente, 2015). Nel 1999 Cioni e colleghi hanno presentato un metodo di classificazione dell'emiparesi, descrivendo le diverse forme sulla base del momento di insorgenza del danno cerebrale e la conseguente correlazione con le espressioni cliniche dei deficit motori.

Sono stati individuati quattro gruppi di quadri clinici: i primi tre sono definiti come emiplegia congenita, caratterizzati da un esordio del danno cerebrale avvenuto nel periodo che comprende la gestazione, il momento del parto e le prime 4 settimane di vita del bambino; l'ultima tipologia è definita come emiplegia acquisita, in cui la lesione cerebrale si è verificata nel periodo che va dal primo mese di vita fino ai 3 anni (Valente, 2015).

Qui di seguito verranno descritte le diverse forme emiplegiche (Valente, 2015; Cioni et al., 1999).

- Forma malformativa precoce: il danno cerebrale avviene nel 1°-2° trimestre gestazionale. Le cause possono essere infettive, vascolari e genetiche. Le malformazioni sono associate alla mancata migrazione e maturazione dei neuroni e la lesione può coinvolgere anche l'emisfero controlaterale.
- Forma prenatale: la lesione cerebrale avviene nel 3° trimestre gestazionale ed è situata nella sostanza bianca periventricolare, dovuta da ipossia o ischemia. I quadri che possono presentarsi sono leucomalacia, infarti venosi, emorragie parenchimali ed altri. La compromissione si può estendere in entrambi gli emisferi.

- Forma perinatale: il danno avviene al termine della gravidanza o nel periodo perinatale (4 settimane dalla nascita), a causa di anossia-ischemia (solitamente trombosi o emorragia dell'arteria cerebrale media o di un suo ramo) con conseguente interessamento della zona corticale-sottocorticale. Il deficit può coinvolgere anche le strutture diencefaliche quando interessano rami arteriosi più profondi.
- Forma infantile: il deficit cerebrale avviene dopo il primo mese ed entro i primi 3 anni di vita del bambino. L'origine del danno può essere vascolare, tumorale, traumatico, infettivo o altre condizioni acquisite.

Questa classificazione permette di correlare la causa del danno cerebrale e la tempistica della sua insorgenza, mettendo in evidenza, come descritto nei paragrafi successivi, i diversi quadri clinici associati.

1.2 Incidenza

La Paralisi Cerebrale Infantile è la prima causa di disabilità nei bambini, con una prevalenza di 1,6 su 1000 nati vivi nelle regioni ad alto reddito; la prevalenza aumenta nei paesi a basso e medio reddito, arrivando fino a 3,4 su 1000 nati vivi. Nel considerare i neonati pretermine, la prevalenza di PCI oscilla tra i 40 e i 100 su 1000 nati vivi (McIntyre et al., 2022).

L'emiparesi risulta essere la forma di Paralisi Cerebrale Infantile più comune (39%); la diplegia (38%) è molto più diffusa dell'emiparesi nei nati pretermine (Cioni et al., 2010). La tetraparesi infine rappresenta il 23% dei casi di PCI (ACPR Group, 2013).

1.3 Classificazione e segni clinici associati

L'emiparesi presenta quadri clinici diversi, sia per gravità dell'espressione clinica motoria, sia per comorbidità associate.

Come già descritto sopra, le diverse tipologie di emiparesi sono state classificate da Cioni e colleghi (Cioni et al., 1999) sulla base del timing di insorgenza del danno cerebrale, andando poi ad analizzare e descrivere le diverse caratteristiche che differenziano i quadri.

Di seguito viene riportata la classificazione (Valente, 2015; Cioni et al., 1999).

- Forma malformativa precoce: può presentarsi eterometria all'arto inferiore paretico e differenza di trofismo muscolare agli arti. Generalmente sono presenti buone capacità di

equilibrio, ma si possono manifestare delle difficoltà a livello sensoriale e nella percezione tattile, procurando agnosia tattile e astereognosia. Il linguaggio è solitamente preservato. Talvolta è associata a comparsa di epilessia.

- Forma prenatale: la lesione comporta disturbi solitamente lievi o moderati. Possono essere presenti delle componenti disprassiche e spasticità agli arti. È meno frequente la disabilità intellettiva rispetto alle altre forme; l'epilessia, se compare, è di minor gravità rispetto agli altri quadri.
- Forma perinatale: si può presentare spasticità associata a deficit nei movimenti fini della mano paretica. Si possono riscontrare deficit gravi a livello motorio, disprassia, deficit sensitivi e percettivi, disabilità intellettiva ed epilessia.
- Forma infantile: manifestazione di difficoltà nella motricità fine e nella coordinazione. In associazione possono essere presenti deficit senso-percettivi, disabilità intellettiva, difficoltà emozionali e relazionali. Spesso si osservano disturbi dell'apprendimento e di attenzione, talvolta è presente epilessia.

In generale, l'arto inferiore risulta essere più compromesso in bambini nati pretermine, mentre nei soggetti nati a termine il deficit risulta essere maggiore nell'arto superiore (Giannoni & Zerbino, 2000).

Possono essere riconosciute delle caratteristiche comuni presenti nei diversi quadri dell'emiparesi, che verranno di seguito analizzate.

Esiste una correlazione tra ritardo cognitivo ed epilessia (Cioni et al., 1999). Quest'ultima infatti influenza, in maniera negativa, lo sviluppo delle facoltà cognitive in misura maggiore rispetto all'epoca di insorgenza del danno cerebrale o alla gravità del danno stesso (Vargha-Khandem et al., 1992).

Dal punto di vista motorio (Giannoni, Zerbino, 2000), al momento della nascita del bambino è da subito evidente un'asimmetria di lato, poiché vi è un maggior investimento motorio in un emilato, mentre l'altro risulta ipocinetico. I movimenti dell'emilato paretico sono comunque limitati nell'escursione articolare. Inoltre, la mano paretica spesso assume una posizione chiusa a pugno o semichiusa. Queste due caratteristiche condizionano l'uso dell'arto superiore compromesso con conseguente difficoltà nell'integrazione bimanuale. Si osserva inoltre come il capo risulti orientato verso il lato sano.

Il bambino emiplegico, rispetto ad un quadro di sviluppo tipico, durante la sua evoluzione motoria, andrà incontro a difficoltà più a livello qualitativo che quantitativo.

Nella posizione supina, lo sgambetto viene raggiunto, ma qualitativamente si presenta poco fluido e aritmico; sono inoltre presenti limitazioni del range articolare e aumento del tono muscolare.

Nella posizione prona, solitamente non gradita, vengono messe in atto delle strategie antigravitarie con lo scopo di specializzare l'arto sano, con un disimpegno di quello paretico.

Nello spostamento con lo striscio, il bambino impiega maggiormente l'emilato sano, preferendo la velocità nell'esecuzione del movimento alla variabilità di strategie.

Il rotolo viene eseguito preferibilmente verso il lato paretico, sfruttando la spinta di quello controlaterale.

A causa delle difficoltà di equilibrio nel mantenere la posizione seduta, vengono adottate strategie come la flessione dell'arto inferiore paretico e l'estensione di quello sano, al fine di garantire una maggiore stabilità.

Nel passaggio dalla posizione seduta alla stazione eretta, il bambino si aggrappa frequentemente ad una superficie con l'arto superiore più competente, trascinando quello inferiore paretico per raggiungere la verticalizzazione. Nella stazione eretta invece è visibile un'asimmetria di carico, con atteggiamento flessorio dell'anca plegica.

Il cammino solitamente viene raggiunto, ma presenta delle caratteristiche peculiari, in quanto il carico tra i due arti è differente; si osserva infatti una maggiore compromissione del balance dal lato plegico.

Le diverse tipologie di cammino sono state classificate da Winters, Gage e Hicks (1987), in base alla tipologia di marcia dovuta a contratture e retrazioni dei muscoli degli arti inferiori. Vengono qui descritte le 4 classi:

- Classe 1: è presente un equinismo del piede nella fase di swing per iperattività del tricipite e/o deficit dei dorsiflessori (soprattutto tibiale anteriore). Il contatto iniziale avviene con il piede piatto o con la punta (invertendo lo schema del passo). I compensi adottati sono: aumentata flessione del ginocchio in fase di swing con conseguente accentuazione del carico, iperflessione dell'anca nello swing, aumento antiversione del bacino e lordosi lombare.
- Classe 2: equinismo del piede sia durante la fase dello swing che nell'appoggio per contrattura o retrazione del tricipite surale, tibiale posteriore e/o flessore lungo delle dita. Si osserva iperattività degli estensori del ginocchio e plantiflessori del piede e cammino con velocità ridotta.
- Classe 3: avviene un co-contrazione del retto femorale e degli ischio-crurali, il cammino è caratterizzato da ginocchio rigido. È presente flessione del ginocchio nello swing e il piede rimane in plantiflessione, inoltre si presenta una contrattura in flessione e adduzione d'anca, con antiversione del bacino e accentuata lordosi. I compensi possono essere: inclinazione del

tronco controlaterale, circonduzione della coscia omolaterale, iperflessione d'anca omolaterale.

- Classe 4: il piede è in equinismo durante tutto il passo, il ginocchio risulta in flessione rigida e ha poche possibilità di movimento, il bacino è in antiversione e lateropulsione. Presente una contrattura in flessione-adduzione-intrarotazione della coscia, mentre il compenso adottato è l'iperlordosi a fine appoggio.

Le difficoltà sensoriali sono presenti nel 90% dei bambini affetti da emiparesi (Bleyenheuft, Gordon, 2013). I deficit riguardano principalmente la percezione e la discriminazione tattile, la stereognosia e la propiocezione (Krimlind-Sundholm & Eliasson, 2002). Questi possono presentarsi, oltre che nell'emilato compromesso, anche in quello sano, seppur in maniera molto meno marcata. La disfunzione sensoriale comporta una difficoltà nella prensione e nell'integrazione bimanuale ed influenza le abilità prassiche del bambino, il quale utilizza strategie non sempre efficaci per arrivare all'obiettivo.

Anche la prensione risulta essere compromessa, come conseguenza di deficit motori associati a quelli sensoriali (Bleyenheuft, Gordon, 2013). Questi aspetti verranno poi analizzati nel paragrafo successivo.

In uno studio di Ickx e colleghi (2018), sono state riscontrate difficoltà visuo-spaziali in bambini affetti da emiparesi, che correlano con la funzione motoria.

L'attenzione visuo-spaziale viene definita come la capacità di un individuo di prestare attenzione agli stimoli che lo circondano presenti nello spazio (Posner & Petersen, 1990). Si possono distinguere due differenti tipologie di attenzione: allocentrica (si prende come punto di riferimento l'oggetto e viene ignorato l'emispazio controlaterale alla lesione cerebrale) ed egocentrica (si prende come punto di riferimento la persona e viene ignorato tutto lo spazio controlaterale alla lesione). La rappresentazione visuo-spaziale egocentrica è importante per il controllo motorio e per la pianificazione dell'azione durante l'interazione con gli oggetti, mentre la rappresentazione visuo-spaziale allocentrica è importante per avere punti di riferimento nello spazio circostante (Burgess, 2006).

Nello studio (Ickx et al., 2018) viene rilevato che il 60% dei partecipanti con emiparesi ha un deficit nell'attenzione visuo-spaziale e che la zona della lesione ha avuto una ripercussione sulla tipologia di deficit. In particolare, è stato evidenziato come i bambini con emiparesi destra avessero un deficit allocentrico, mentre i bambini con emiparesi sinistra un disturbo di tipo egocentrico. Si è notata anche una correlazione tra il deficit nell'attenzione visuo-spaziale ed il momento in cui è avvenuta la lesione, riscontrando una prevalenza maggiore del deficit in bambini con lesione cortico-sottocorticale rispetto alla lesione periventricolare.

Nel quadro dell'emiparesi, si sono riscontrate anche difficoltà dal punto di vista prassico, riconducibili ad un deficit nella pianificazione motoria dell'azione (Steenbergen & Gordon, 2006). Si osserva infatti che i soggetti interessati non riescono a programmare dall'inizio la completa sequenza di movimenti da effettuare, di conseguenza vengono programmate mentre l'azione si sta svolgendo.

Alla base del deficit sembra ci sia una difficoltà nell'immaginazione motoria, cioè la capacità di rappresentarsi mentalmente la sequenza di azioni ancor prima di eseguirle e di prevederne la riuscita o meno (Jeannerod & Frak, 1999). L'immagine mentale dell'azione si costruisce sia con le informazioni sensoriali che l'ambiente fornisce, sia dalle esperienze passate.

Le difficoltà di pianificazione delle azioni, sommate alle limitazioni articolari nell'esecuzione motoria del movimento, comportano una compromissione nell'esecuzione del movimento stesso (Crajè, Kamp & Steenbergen, 2009). Questo impatta in maniera considerevole sulle azioni della vita quotidiana e sull'autonomia (Steenbergen, Verrel & Gordon, 2007).

All'emiparesi si associano anche difficoltà di tipo comportamentale ed emotivo. Nello studio di Goodman e Graham (1996), i disturbi psichiatrici maggiormente presenti nel campione esaminato sono i disordini emotivi, quali ansia e paure ed i disordini della condotta e iperattività, mentre la depressione è meno frequente.

Questi disturbi psichiatrici sono associati alla gravità della lesione cerebrale, alla disabilità intellettiva e a situazioni familiari avverse (Buono, 2003).

Tutte le difficoltà appena descritte possono presentarsi nel quadro in esame, in forme e livelli di gravità diversi, influenzando la varietà delle espressioni cliniche e dei disturbi associati.

1.4 L'arto superiore nell'emiparesi

Gli arti superiori ricoprono un ruolo fondamentale nei movimenti globali del corpo sia nel mantenere l'equilibrio e la stabilizzazione, sia in azioni rivolte all'interazione con oggetti presenti nell'ambiente. I movimenti bimanuali infatti sono la base di tutte quelle attività che fanno parte della vita quotidiana relative alle autonomie come vestirsi, mangiare, prendersi cura dell'igiene personale e nelle funzioni motorie coinvolte negli apprendimenti (Rozaire et al., 2024).

Come già affermato in precedenza, i bambini che hanno subito un danno cerebrale esitato in una Paralisi Cerebrale di tipo emiplegico, presentano un deficit all'arto superiore dell'emilato controlaterale alla lesione. Questo deficit comporta impedimenti e limitazioni in attività della vita

quotidiana (Klingels, et al., 2012), con difficoltà di manipolazione (Gordon & Duff, 1999) e debolezza nella prensione (Duque, Thonnard, Vandermmmerem, Sébire, Cosnard & Olivier, 2003).

In associazione sono presenti deficit sensoriali, i quali possono influenzare la prensione dell'oggetto (Gutterman & Gordon, 2023). Un feedback sensoriale compromesso può alterare la capacità del bambino di modificare il movimento e la prensione nell'afferrare l'oggetto, sulla base delle caratteristiche dell'oggetto stesso. Anche la fase di rilascio può essere influenzata dal deficit sensoriale, in quanto avviene in modo prolungato e non coordinato, e questo può trovare spiegazione nell'insufficienza dell'input tattile (Eliasson & Gordon, 2000).

Nello studio di Gutterman e Gordon (2023), vengono evidenziate le difficoltà anticipatorie del movimento di presa, in particolare si è visto che i bambini con emiparesi faticano ad adattare la forza nella prensione in base alle caratteristiche dell'oggetto, quali peso e consistenza. Si è notato, anche, che il controllo anticipatorio migliora parzialmente dopo ripetute repliche del movimento (Gordon & Duff, 1999) e che con oggetti familiari l'anticipazione risulta più efficace, in base alla caratteristica peso dell'oggetto (Duff, Gordon, 2003). Questo deficit è causato da un'alterazione dell'integrazione sensomotoria, cioè l'unione di informazioni sensoriali e di informazioni motorie (Gutterman, Gordon, 2023).

Studi recenti evidenziano che il controllo motorio della mano più colpita può essere adibito alla corteccia motoria controlesionale, portando a conseguenze negative sulla funzionalità motoria. Questo spostamento può provocare l'attivazione simultanea di entrambe le mani in risposta ad una singola stimolazione, provocando i movimenti a specchio persistenti (Staudt, 2010). I movimenti a specchio sono dei movimenti che vengono riprodotti involontariamente dall'arto controlaterale nel momento in cui vengono eseguiti movimenti volontari con un arto. Nel caso dell'Emiparesi, i movimenti a specchio interessano prevalentemente l'arto meno colpito (Beani et al., 2024).

Ferrari e Cioni (2005) propongono una classificazione dell'arto superiore plegico, sulla base della sua funzionalità e della posizione assunta dall'arto in maniera spontanea.

In questa vengono descritte cinque tipologie di classi diverse, nelle quali vengono analizzati i vari segmenti dell'arto e come questi si presentano, la funzionalità della mano con i vari tipi di afferramento e la bimanualità.

Le diverse classi della manipolazione vengono descritte qui sotto (Valente, 2015; Ferrari & Cioni, 2005).

- Mano integrata: la mano si presenta semiaperta con le dita quasi completamente stese; il pollice è allineato o leggermente abdotto, ed è possibile l'opposizione termino-laterale con l'indice e il medio. Sono conservati e possibili i movimenti selettivi delle dita, con una buona

variabilità. Il polso si presenta esteso e con buona mobilità. L'avambraccio è semipronato ed è possibile la supinazione, anche se limitata. Il gomito è flesso e mobile, come mobile è la spalla; il braccio risulta allineato.

La presa a pinza utilizzata è distale bi o tripodale. L'afferramento è possibile se coinvolge oggetti di medie-piccole dimensioni, e vi è un buon orientamento e pre-adattamento nell'azione di afferramento. La mano plegica può raggiungere l'oggetto per prima nell'emispazio laterale, risulta possibile passare l'oggetto da una mano all'altra e rilasciarlo anche senza controllo visivo. Si dimostra una buona bimanualità nelle attività più complesse. È presente la capacità manipolatoria in fase di esplorazione.

- Mano semifunzionale: la mano è semiaperta con le dita semiestese e leggermente abdotte, il pollice è allineato e quasi abdotto ed è possibile un'opposizione pollice-indice e/o medio sub-termino-laterale. Sono possibili i movimenti isolati delle dita, ma con variabilità limitata. Il polso si presenta leggermente flesso, con mobilità limitata. L'avambraccio è semipronato con range di supinazione ridotto, il gomito è semiflesso ma con possibilità di movimento. Il braccio è leggermente intraruotato, con spalla leggermente abbassata e antepulsa, ma comunque mobile.

La pinza generalmente è distale sub-termino-laterale bi o tripodale. È possibile la presa di oggetti di medie dimensioni ed è ancora presente un orientamento e un pre-adattamento del movimento, anche se più incerti. Esiste una parte estrema dell'emispazio laterale in cui la mano agisce per prima in maniera spontanea. L'oggetto può essere trasportato da un arto all'altro, ma con supervisione visiva ed il rilasciamento avviene senza difficoltà, anche se in maniera meno precisa. Risulta esserci una scarsa motilità intrinseca, la mano si adatta all'oggetto ma difficilmente compie sinergie complesse. Nell'attività bimanuale, si verifica una buona coordinazione e con avvicinamento della mano al tronco quando sono richieste attività più complesse.

- Mano sinergica: la mano è aperta, con le dita semiflesse e leggermente abdotte, il pollice è addotto o sottoposto alle altre dita, ma non è imprigionato. I movimenti delle dita sono quelli combinati, possono essere presenti movimenti selettivi dell'indice. Il polso è semiflesso in deviazione ulnare e la motilità è limitata. L'avambraccio è semipronato con ridotta possibilità di supinazione, il gomito è semiflesso ma è ancora effettuabile il movimento. Il braccio è leggermente abdotto e intraruotato e la spalla depressa e antepulsa con attuabilità di movimento.

La presa che viene utilizzata è tripodale ed è presente una scarsa adattabilità del pollice. La sinergia di afferramento è evocata tramite i movimenti controllabili del gomito e della spalla

ed è necessario il controllo visivo. Nella fase di afferramento, non è presente l'adattabilità della mano rispetto all'oggetto, per cui la presa risulta possibile solamente con oggetti con determinate caratteristiche; la prensione è possibile solo con la partecipazione della mano sana. L'afferramento è stereotipato ed il passaggio dell'oggetto da una mano all'altra è difficoltoso, migliora se avviene dalla mano sana a quella paretica. Il rilascio dell'oggetto avviene con molta difficoltà e in maniera poco precisa. Nelle attività bimanuali risulta discreta la collaborazione dei due arti, anche se la mano plegica funge da sostegno a quella sana.

- Mano prigioniera: la mano si dimostra chiusa a pugno con il pollice imprigionato nel palmo tra indice e medio o tra medio e anulare. I movimenti selettivi delle dita non sono più attuabili, ma occasionalmente si può liberare l'indice. Il gomito è flesso in deviazione ulnare, con resistenza alla mobilizzazione passiva. L'avambraccio è pronato con ridotta mobilità nella supinazione, anche passiva. Il gomito è flesso e anche in questo caso la mobilizzazione è difficoltosa. Il braccio è abdotto e intraruotato, mentre la spalla è abbassata e antepulsa.

La presa è possibile solamente in modo indiretto, cioè solo se la mano sana pone l'oggetto nella mano plegica. Si può verificare l'appoggio della mano chiusa a pugno sul piano, la fissazione tra polso e torace e la presa bimanuale con opposizione del polso paretico verso la mano sana. A volte è presente neglect. Il trasporto dell'oggetto è difficoltoso per la fissazione del polso e del gomito. La bimanualità è riscontrabile in compiti in cui è strettamente necessaria la collaborazione della mano plegica, e, in ogni caso, l'oggetto viene caricato dall'arto sano. La fase di rilasciamento avviene grazie alla mano conservata, la quale toglie l'oggetto dalla presa dell'arto plegico.

- Mano esclusa: il problema principale in questa tipologia di mano è di tipo percettivo, piuttosto che motorio; infatti questa può presentarsi in forme molto diverse, semiaperta con dita semiflesse, o chiusa a pugno o semichiusa. Il pollice è allineato o modestamente abdotto con motilità scarsa che non permette l'opposizione con le altre dita. I movimenti isolati delle dita sono molto difficili, se non impossibili, può essere mantenuta l'adduzione complessiva. Il polso si presenta flesso e mobilizzabile passivamente. L'avambraccio è semipronato o con posizione indifferente, con ridotta possibilità di supinazione, anche passiva. Il gomito è semiflesso, anch'esso mobilizzabile. Il braccio si trova affiancato al tronco e la spalla si presenta generalmente abbassata e antepulsa.

La presa laterale pollice-indice è impossibile o inefficace. È generalmente presente neglect, con mano plegica generalmente fuori dal campo visivo. L'oggetto può essere fissato, su richiesta, tra la mano e il piano, sostenuto dal controllo visivo; in questo movimento non c'è alcun adattamento dell'arto all'oggetto. L'afferramento è realizzabile su richiesta, con il

costante controllo visivo e con concentrazione. Spesso l'azione viene abbandonata rapidamente, anche con sollecitazione esterna. L'oggetto imprigionato nell'arto plegico può essere dimenticato o lasciato inavvertitamente, quindi i soggetti coinvolti preferiscono prendere l'oggetto con la mano conservata. La bimanualità è assente e l'arto sano è iperspecializzato.

In uno studio di Beani e colleghi (2024), è stata evidenziata la correlazione tra gravità del deficit motorio a carico dell'arto superiore nell'emiparesi e la lesione cerebrale. La destrezza manuale grossolana e l'abilità manuale sono tanto più compromesse, tanto più è coinvolto il corpo calloso nella regione cerebrale colpita. Il tempo di insorgenza del deficit cerebrale non influenza la tipologia di compromissione motoria dell'arto superiore, ma responsabile di ciò è la localizzazione della lesione, in termini di strutture coinvolte e delle connessioni della sostanza bianca (Errante et al., 2024). Le regioni coinvolte sono la sostanza bianca periventricolare, il corpo calloso posteriore, arto posteriore della capsula interna, talamo, gangli della base e tronco cerebrale.

CAPITOLO 2

Interventi riabilitativi ed ortesi per l'emiparesi: analisi della letteratura

Le Linee Guida per la riabilitazione dei bambini affetti da Paralisi Cerebrale Infantile riportano le modalità di trattamento per l'emiparesi.

Esse vengono definite come delle “raccomandazioni di comportamento clinico, elaborate mediante un processo di revisione sistematica della letteratura e delle opinioni degli esperti, con lo scopo di aiutare i professionisti della salute e i pazienti a decidere le modalità assistenziali più appropriate in specifiche situazioni cliniche” (Institute of Medicine, 1992).

Le raccomandazioni descritte sono evidence-based, cioè con evidenza scientifica riscontrata nei diversi studi, con lo scopo di garantire l'affidabilità degli interventi. Le informazioni contenute in questo documento, sono utili sia per il clinico, il quale ritrova le diverse metodologie di intervento, ma anche per i pazienti e per le loro famiglie.

2.1 Gli approcci delle nuove Linee Guida sull'emiparesi

Le Linee Guida per la riabilitazione dei bambini affetti da Paralisi Cerebrale Infantile del 2023 presentano quelli che sono i trattamenti riabilitativi con evidenza scientifica, nelle diverse aree di intervento, al fine di poter far analizzare al clinico la metodologia più adatta alle caratteristiche del soggetto. Si sottolinea che la presa in carico deve essere individualizzata e globale e non deve riguardare solamente il bambino, ma anche la sua famiglia.

Il programma riabilitativo neuromotorio si basa su obiettivi personalizzati che tengano conto dell'età e dello sviluppo del bambino e che mirino all'ampliamento delle sue competenze e di integrazione nelle attività della vita quotidiana (Linee Guida NICE, 2012-2016).

Le proposte riabilitative devono essere in linea con le caratteristiche del paziente (child-focused) e devono tenere in considerazione gli aspetti motivazionali che questo presenta. Le attività devono considerare la possibilità di successo del soggetto nel raggiungimento dell'obiettivo, al fine di semplificare il processo di interiorizzazione dell'azione. Per questa ragione è necessario selezionare gli oggetti e i giochi da proporre e prestare attenzione alle variabili presenti nel contesto. L'azione deve poi essere ripetuta applicando delle variazioni, per consentirne l'acquisizione e l'utilizzo nelle diverse situazioni.

Le Linee Guida per la riabilitazione dei bambini affetti da Paralisi Cerebrale Infantile contengono anche i metodi riabilitativi con evidenza scientifica nell'area della riabilitazione neuromotoria.

Di seguito vengono riportati i programmi di trattamento:

- Bimanual therapy and Hand-Arm Bimanual Intensive Therapy (HABIT);
- Hand and Arm Bimanual Intensive Training- Including Lower Extremity (HABIT-ILE);
- Constraint-Induced Movement Therapy (CIMT);
- Home Programmes;
- Action Observation Therapy (AOT);
- Rieducazione neuromotoria/ attività fisica;
- Cammino meccanicamente assistito o Mechanically Assisted Walking;
- Realtà virtuale;
- Idrochinesiterapia;
- Stimolazione cerebrale non invasiva o Noninvasive Brain Stimulation;
- Stimolazione elettrica neuromuscolare;
- Ippoterapia;
- Neurodevelopmental therapy;
- Taping;
- Suit Therapy;
- Casting;
- Ortesi.

2.2 L'Action Observation Therapy

L'Action Observation Therapy (AOT) è un protocollo di trattamento che mira a potenziare la funzionalità dell'arto superiore plegico e la bimanualità in bambini affetti da emiparesi (Bai, Rocchitelli, 2023). La base neurofisiologica su cui è fondata l'AOT è il sistema dei neuroni specchio.

L'AOT prevede una prima fase in cui il paziente osserva le azioni goal-directed, cioè azioni funzionali dirette ad uno scopo, e una fase successiva in cui vi è l'esecuzione di quanto appena osservato (Bai, Rocchitelli, 2023). Il soggetto può visionare ciò che deve riprodurre in diretta tramite un operatore o, più frequentemente, tramite video (Alamer, Melese & Adugna, 2020), con durata media di 3 minuti, nel corso di una sessione di trattamento che varia dai 45 ai 60 minuti (Buccino et al., 2012). La durata totale del training riabilitativo va dalle 3 alle 4 settimane, per 5 giorni la settimana (Buccino, 2014).

Le azioni che vengono proposte tendenzialmente riguardano la vita quotidiana e prevedono l'uso o di un solo arto superiore (quello dell'emilato plegico), o di entrambi (Sgandurra et al., 2018). Se vengono utilizzati degli oggetti nell'esecuzione del movimento, questi vengono forniti anche al paziente, al fine di replicare fedelmente ciò che è stato appena osservato.

L'AOT ha come vantaggio il fatto di poter essere applicata non solo per trattare gli arti superiori, ma anche di poter allenare gli arti inferiori, il tronco e la bocca. Questo comporta una vasta gamma di interventi riabilitativi possibili. Un altro aspetto importante da sottolineare è che l'intervento riabilitativo può essere individualizzato e strutturato sulla base delle specifiche competenze e caratteristiche dell'individuo a cui è destinato (Buccino, 2014).

Recenti studi hanno rilevato benefici nel trattamento attraverso AOT degli arti superiori di adulti colpiti da ictus cerebrale cronico (Franceschini, Agosti, Cantagallo, Sale, Mancuso, & Buccino, 2010); l'efficacia è stata riscontrata anche nella riabilitazione di pazienti dopo un intervento ortopedico (Bellelli, Buccino, Bernardini, Padovani, & Trabucchi, 2010) e in soggetti con il morbo di Parkinson, in particolare nel congelamento dell'andatura del cammino (Pelosi, Avanzino, Bove, Stramesi, Nieuwboer & Abbruzzese, 2010). Questo metodo di intervento riabilitativo è stato proposto anche a bambini con Paralisi Cerebrale di tipo emiplegico ed è emerso che migliora la funzionalità dell'arto superiore compromesso (Buccino et al., 2018), soprattutto in azioni che richiedono l'utilizzo di entrambe le mani. Per questo motivo si può parlare di Upper limb Children Action observation Training (UPCAT).

Negli ultimi anni, è stato creato un software dall'Istituto di Biorobotica della Scuola Universitaria Superiore Sant'Anna di Pisa, in collaborazione con IRCCS Fondazione Stella Maris, il quale ha lo scopo di portare l'AOT anche a casa. Tele-UPCAT è una piattaforma programmata affinché venga svolta la terapia tramite l'osservazione di video con la successiva riproduzione a domicilio, garantendo dunque un trattamento intensivo in un ambiente conosciuto e stimolante (Beani, Menici, Ferrari, Cioni & Sgandurra, 2020). Nel recente lavoro di Beani e colleghi (2020), è stata valutata la fattibilità del trattamento in ambiente familiare tramite Tele-UPCAT: i risultati dimostrano che questa piattaforma è stata accettata.

2.2.1 Il sistema dei neuroni specchio

La base neurofisiologica su cui si basa l'Action Observation Therapy è il sistema dei neuroni specchio.

La scoperta di questi neuroni avvenne nel 1992, quando il gruppo di lavoro di Rizzolatti notò, per caso, che nel macaco si attivavano le stesse aree cerebrali sia quando l'azione veniva eseguita sia quando veniva osservata.

Il successivo studio di Rizzolatti, Fagida, Gallese e Fogassi (1996) mirava ad indagare la corteccia premotoria dei macachi. Durante la sperimentazione, è stato osservato che l'area F5 si eccitava nel macaco sia quando il movimento veniva compiuto dallo stesso, sia quando veniva compiuto o da un altro animale o da uno sperimentatore. Da qui nasce il termine "specchio".

Solo recentemente i neuroni specchio sono stati definiti come neuroni visuo-motori che si attivano sia quando un'azione viene eseguita, sia quando l'azione viene osservata passivamente (Rizzolatti & Craighero, 2004).

Di questi, ne sono state individuate tre tipologie, classificate sulla base delle condizioni sensoriali e motorie in cui si attivano. La prima tipologia è il neurone specchio strettamente congruente, il quale scarica sia quando il gesto viene osservato sia quando viene prodotto in maniera uguale; i neuroni ampiamente congruenti, invece, quando vi è l'esecuzione di un movimento e l'osservazione di uno simile, ma non uguale; infine i neuroni specchio logicamente correlati, sono eccitabili durante azioni diverse, ma dirette ad uno stesso scopo (Heyes & Catmur, 2022).

Da questo primo studio di Rizzolatti del 1996, sono state condotte molte ricerche per approfondire questa tematica.

Recenti pubblicazioni hanno individuato le aree coinvolte nel sistema dei neuroni specchio, le quali risultano essere il giro frontale inferiore, la corteccia premotoria dorsale e ventrale e il lobulo parietale inferiore e superiore (Molenberghs, Cunnington & Mattingley, 2012). I neuroni del lobo parietale inferiore sono responsabili della rappresentazione dell'azione con un oggetto e riescono a rilevare le proprietà motorie (Proverbio & Zaini, 2023).

È stato dimostrato successivamente che i neuroni specchio sono presenti nei bambini con sviluppo tipico così come in bambini con Paralisi Cerebrale Infantile di tipo emiplegico (Sgandurra et al., 2018).

Le funzioni che vengono riconosciute a questa rete neuronale sono molteplici, ma in letteratura non è presente un accordo unanime per alcune di queste.

Nel lavoro di Heyes & Catmur (2022), vengono attribuite al sistema le seguenti funzioni: comprensione dell'azione, percezione del parlato, imitazione.

La capacità di comprendere l'azione dell'altro non riguarda la competenza di cogliere le intenzioni altrui, ma consiste nel comprendere l'identificazione dell'azione, cioè il riconoscimento dei rapporti delle diverse parti del corpo al fine di raggiungere l'obiettivo (Thompson, Bird & Catmur, 2019).

Il sistema motorio, con le aree cerebrali dei neuroni specchio premotori e la corteccia motoria, sembra essere coinvolto in maniera considerevole nella discriminazione del parlato in situazioni in cui vi è rumore. Nonostante questa forte associazione, non sono stati prodotti ancora studi per testare questa affermazione su pazienti (Nuttall, Kennedy-Higgins, Devlin & Adank, 2018). Grazie alla risonanza magnetica funzionale, si rileva la correlazione tra l'imitazione e l'attivazione dei neuroni specchio (Mengotti, Corradi-Dell'acqua & Rumiati, 2012). Questo tema verrà meglio approfondito nel paragrafo successivo.

Lo studio di Jeon e Lee (2018) sostiene il ruolo fondamentale del sistema dei neuroni specchio nell'empatia e nel riconoscimento delle emozioni.

Nello specifico, si evidenzia il collegamento dei neuroni con l'insula: l'area anteriore si attiva sia quando la persona prova disgusto per un odore sgradevole, sia quando viene osservato su altre persone (Wicker, Keysers, Plailly, Royet, Gallese & Rizzolatti, 2003); allo stesso modo, l'area posteriore e la corteccia cingolata scaricano sia quando si prova dolore, sia quando è osservato.

Sembra che questa rete neuronale sia coinvolta quindi nell'elaborazione delle espressioni facciali: le azioni dell'altro vengono rappresentate e comprese, e da lì viene previsto lo stato mentale associato (Oberman, Pineda & Ramachandran, 2007).

2.2.2 L'imitazione

L'imitazione è alla base del processo dell'Action Observation Therapy, in quanto il paziente imita azioni derivate dall'osservazione di atti motori svolti da un modello.

Esistono molteplici definizioni di imitazione: Heyes (2021) descrive tale funzione come la riproduzione intenzionale o automatica di un'azione osservata, in cui viene utilizzata la stessa modalità o simile per arrivare al medesimo obiettivo; secondo Rizzolatti e Fabbri-Destro (2010), l'imitazione è la capacità di attuare un movimento osservato e di apprendere, e successivamente replicarlo; per Nadel (2016), invece, è la realizzazione di azioni nuove o già conosciute, in contemporanea o in differita, messe in atto da un altro individuo.

Tra le definizioni, quella riportata da Glenberg (2011) permette di evidenziare in modo diretto il collegamento con il sistema dei neuroni specchio: l'imitazione è la riproduzione topografica dell'azione osservata.

Esiste inoltre un network cerebrale, denominato circuito di imitazione centrale, che comprende le aree cerebrali quali la parte posteriore del solco temporale superiore, la parte rostrale del lobulo parietale inferiore e la parte posteriore del giro frontale inferiore oltre all'adiacente corteccia premotoria ventrale. Questa rete gioca un ruolo importante nell'imitazione: la parte posteriore del solco temporale superiore è responsabile dell'elaborazione visiva di ordine superiore, da lì le informazioni sono inviate agli altri due sistemi, che insieme formano il sistema parieto-frontale dei neuroni specchio; il piano motorio imitativo qui elaborato, viene rimandato successivamente alla parte posteriore del solco temporale superiore, luogo in cui si svolge un processo che mette a confronto l'azione osservata e il piano motorio, per riprodurla. Se c'è una corrispondenza, questo viene messo in atto, mentre se necessita di correzioni, le informazioni sono riviste e riformulate (Iacoboni, 2009).

L'imitazione ricopre un ruolo fondamentale fin dalla nascita del bambino, perché è il mezzo con cui avvengono le prime interazioni caregiver-bambino. Questa forma di reciprocità è definita come intersoggettività primaria, caratterizzata da scambi sociali di natura prettamente emotiva. Durante questa connessione, l'imitazione consente alle due parti di entrare in relazione e di adattarsi reciprocamente l'uno all'altro, andando a creare un linguaggio comunicativo condiviso (Cavanna, 2008). Si costruiscono dei dialoghi tra bambino e caregiver, fatto di suoni e di azioni imitate reciprocamente.

L'imitazione viene utilizzata anche dai bambini piccoli per interagire con i coetanei e stabilire con loro legami sociali e comunicativi (Eckrman, Davis & Didow, 1989). La relazione comunicativa avviene attraverso il gioco, in cui i soggetti imitano vicendevolmente le azioni dell'altro, creando una sorta di conversazione non verbale (Eckrman & Stein, 1982).

Le imitazioni prodotte da bambini sono principalmente vocali, affettive e grosso-motorie, piuttosto che azioni con oggetti, maggiormente presenti nell'imitazione di adulti (Hanna & Meltzoff, 1993).

Entro il primo anno di vita, i lattanti sono in grado di alternarsi nell'interazione con i pari e di giocare vicini con gli stessi materiali (Malcom, 2022). All'inizio del secondo anno iniziano a realizzare giochi coordinati (Howes, 1988), e alla fine di questo periodo cominciano ad imitarsi a vicenda nelle attività ludiche (Malcom, 2022). I bambini interagiscono tra di loro per mezzo di schemi imitativi, i quali si presentano in tre varianti: la prima è l'imitazione reciproca, in cui si alternano nel compiere azioni simili imitando l'altro su un tema comune riconoscibile dall'esterno; la seconda è follow-the-leader,

in cui i soggetti imitano una stessa persona, chiamata per questo leader; la terza viene denominata lead-follow, e consiste nell'imitare il leader ma con la differenza che il gioco si sviluppa nello spazio (Malcom, 2022).

È stato dimostrato che i bambini piccoli sono più socievoli con i pari non familiari che con adulti non familiari e che le percentuali di interazioni sono maggiori con i coetanei rispetto ai fratelli maggiori (Vandell & Wilson, 1987).

Recenti studi hanno stabilito che l'attivazione del sistema dei neuroni specchio risulta essere maggiore quando il modello ha delle caratteristiche riconoscibili dall'osservatore. A questo proposito, nel lavoro di Errante e colleghi (2019), è stato provato che, tramite la risonanza magnetica funzionale, l'eccitazione della rete neurale nelle aree parietali e premotorie era maggiore quando il modello presentava una compromissione alla mano dato da una paresi, piuttosto che un modello sano, avendo una popolazione di osservatori affetti da Paralisi Cerebrale Infantile di tipo emiplegico. Questo avviene perché il repertorio motorio del modello patologico si avvicina maggiormente a quello attuato dall'osservatore con la stessa patologia, piuttosto che al modello sano.

L'imitazione ricopre un ruolo importante anche nell'apprendimento, in quanto permette di conoscere azioni nuove.

In uno lavoro di Wiggett e colleghi (2012), è stato sottolineato come l'apprendimento intensifichi le rappresentazioni nelle zone frontali e parietali dell'emisfero sinistro, se, accompagnato all'osservazione dell'azione, vi è anche l'atto motorio, rispetto a realizzare solamente uno di questi due ultimi atti. Ciò testimonia che l'apprendimento sensomotorio attiva maggiormente le aree cerebrali rispetto all'apprendimento solamente sensoriale (visivo) o solo motorio (esecuzione dell'azione).

In una pubblicazione di Buccino e colleghi (2004), viene dimostrato il coinvolgimento del sistema dei neuroni specchio all'interno dell'apprendimento per imitazione, evidenziando anche la presenza di altre aree non facenti parti di questa rete. In particolare, la corteccia prefrontale (area 46 di Brodmann) ha il ruolo di riorganizzare e selezionare gli elementi motori dopo l'osservazione, al fine di creare una sequenza motoria congruente a ciò che è stato eseguito dal modello.

Per quanto riguarda l'origine dell'imitazione, si possono distinguere due correnti di pensiero tra loro opposte: la prima corrente ritiene che l'imitazione sia un processo innato, mentre la seconda afferma che essa sia derivante dall'apprendimento e quindi sia acquisita.

Il primo teorico della corrente acquisita è Piaget, il quale sosteneva che l'imitazione fosse il risultato di un apprendimento che si verifica nel passaggio dallo stadio sensomotorio a quello rappresentativo, verso i 2 anni di età.

Il processo ha inizio dalla nascita, in cui sono presenti i primitivi riflessi imitativi, cioè evocati da stimoli esterni. Verso i 4 mesi avviene l'auto-imitazione: il bambino ripropone movimenti avvenuti inizialmente in maniera casuale, per riprodurre l'effetto. Agli 8 mesi l'imitazione viene consolidata maggiormente, fino ai 12 mesi, in cui il piccolo replica schemi già assimilati in situazioni nuove. L'imitazione, quindi, si sviluppa fino ai 18 mesi, in cui diventa sistematica e il bambino procede per tentativi ed errori. Ai 24 mesi si ha la comparsa delle rappresentazioni mentali interne, così si è in grado di riprodurre in differita il modello, anche se non percettivamente presente (Gattico, 2001).

Nel corso degli anni, studi hanno supportato questa linea di pensiero, affermando che l'imitazione si acquisisca verso i 2 anni d'età e che poi si sviluppi per tutta l'infanzia. Sembra, dunque, che emerga da diverse tipologie di conoscenze e abilità motorie, cognitive e sociali (Jones, 2009).

In contrapposizione a questa ultima, ci fu l'emergere di una nuova corrente che riteneva che il comportamento imitativo fosse già presente alla nascita del bambino, e quindi che fosse innato.

Nel 1977 Meltzoff e Moore, furono i primi a sostenere ciò con degli studi. Nel loro primo lavoro (Meltzoff & Moore, 1977), emerse che i neonati di età compresa tra i 12 e i 21 giorni di vita, erano in grado di imitare gesti facciali e manuali, avendo come modello l'adulto.

Successivamente furono condotti ulteriori ricerche su un campione di bambini ancora più piccoli a sostegno di quest'ultima ipotesi (Meltzoff & Moore, 1983).

Meltzoff e Moore crearono un modello, in cui si afferma che l'imitazione è possibile perché i bambini già nell'utero compiono gesti e movimenti con il corpo, importanti per la creazione di programmi motori che verranno utilizzati poi nel comportamento imitativo (Jones, 2012). Il modello è chiamato Active Intermodal Matching (AIM), e consiste nella connessione di percezioni visive dell'azione osservata con gli atti motori del bambino, con il successivo confronto dei feedback propriocettivi per valutare la corrispondenza dei movimenti imitati (Meltzoff & Moore, 1983).

Sono stati condotti degli studi per indagare le abilità imitative in differita e si è notato che questa capacità è già presente in lattanti di 9 mesi d'età. Nel lavoro di Meltzoff (1988) sono state proposte a bambini di 9 mesi azioni semplici ed è risultato che questi erano in grado di riprodurre l'azione a distanza di 24 ore dall'esecuzione della stessa da parte dell'adulto.

Questa teoria è stata sostenuta con la scoperta dei neuroni specchio, adibiti, oltre che ad altre funzioni, all'imitazione di azioni.

In riferimento alla corrente innatista, vengono riportate di seguito due proposte di tappe evolutive dell'imitazione nel bambino con sviluppo tipico.

Gison, Bonifacio e Minghelli (2012), descrivono l'evoluzione dell'imitazione in un bambino con sviluppo tipico, dalla nascita fino ai 5 anni.

All'inizio sono presenti gli schemi imitativi precoci, cioè il bambino è in grado di fissare le espressioni facciali dell'altro e imitarle. Le prime imitazioni vocaliche appaiono verso i 2-3 mesi d'età, momento in cui il lattante inizia a riprodurre espressioni facciali della madre di rabbia e di felicità in modo spontaneo.

Ai 8-9 mesi, si acquisisce l'imitazione di gesti codificati, mentre a 10 mesi imita azioni semplici con oggetti. La consapevolezza nell'imitazione delle espressioni facciali si sviluppa verso i 12 mesi, età in cui il bambino riproduce effetti dell'azione sull'oggetto, come far cadere o sbattere per produrre il rumore.

A 15 mesi vi è la possibilità di riprodurre una torre costruita con due cubi, mentre a 18 mesi è presente una tappa molto importante, in quanto vi è il passaggio alla funzione simbolica.

Il gioco di calciare la palla è imitato verso i 21 mesi; a 24 inizia la sperimentazione grafica, in con l'imitazione del tratto grafico, che andrà via via a complicarsi (30 mesi tratti orizzontali e verticali, 36 mesi riproduzione di un cerchio e a 4 anni di un quadrato) fino alla figura complessa (5 anni).

Nadel (2016) definisce le tappe dello sviluppo dell'imitazione dalla nascita fino ai 30 mesi, basandosi sull'analisi di molteplici studi condotti in questo ambito.

Al momento della nascita, il neonato è in grado di imitare movimenti ed espressioni facciali. Durante il primo mese, attua delle auto-imitazioni, cioè riproduzione di atti prodotti da se stesso, al fine di sperimentare e rafforzare il legame tra percezione e movimento. A 2 mesi è in grado di imitare azioni con la testa, il tronco, le braccia e le mani.

Verso i 6 mesi iniziano le imitazioni di azioni familiari semplici con oggetti conosciuti e l'imitazione in differita. La riproduzione di azioni familiari con oggetti non conosciuti avviene a 9 mesi, periodo in cui emergono i primi apprendimenti. È presente anche la riproduzione della sola azione, non dello scopo, il quale comparirà verso i 10 mesi.

Verso i 12 mesi, il bambino imita sia le azioni che lo scopo per cui è compiuta; in questo momento può copiare una sequenza di due azioni semplici e gesti bimanuali. La costruzione di una sequenza di imitazione complessa, formata da almeno tre azioni semplici e familiari avviene verso i 18 mesi.

Ai 24 mesi il piccolo è in grado di riprodurre in differita (24 ore) una sequenza di due azioni con un oggetto nuovo, mentre verso i 30 può imitare gesti non convenzionali e privi di significato.

2.3 Analisi della letteratura di riferimento per l'applicazione dell'AOT

Il progetto prende ispirazione dallo studio condotto dal Prof. Ferrari e dai suoi colleghi (2019), il quale indagava l'efficacia dell'Action Observation Therapy su bambini affetti da emiparesi, prendendo come modello un bambino patologico. In particolare, vengono selezionate due popolazioni di studio, la prima con sviluppo normotipico, la seconda con diagnosi di emiparesi. Ad entrambi i gruppi è chiesto di visionare dei video in cui venivano messe in pratica azioni che coinvolgessero gli arti superiori. Come modelli sono stati scelti un bambino con sviluppo normotipico e uno con emiparesi con funzionalità dell'arto superiore migliore rispetto al campione reclutato. Tramite la risonanza magnetica funzionale, il gruppo di lavoro ha constatato che l'attivazione delle aree cerebrali coinvolte nel circuito dei neuroni specchio scaricano maggiormente nei bambini affetti da emiparesi quando il modello che si sta osservando è anch'esso affetto dalla medesima patologia.

In un successivo lavoro di Errante e colleghi (2024), si esamina l'efficacia del trattamento di bambini con emiparesi con l'AOT mediante modello affetto dalla stessa patologia. Il progetto prevedeva un gruppo sperimentale che osservava video fatti da un modello patologico, e un gruppo di controllo in cui il modello aveva uno sviluppo normotipico. È emerso che il gruppo sperimentale che aveva avuto il trattamento mediante l'AOT basata su modello patologico (PAM-AOT) ha ottenuto un beneficio maggiore sul miglioramento della funzionalità dell'arto superiore paretico in attività bimanuali immediatamente dopo l'attuazione del trattamento.

Sulla base di questi ultimi studi, il progetto di tesi vuole utilizzare la PAM-AOT come modalità di trattamento per il miglioramento della bimanualità in bambini con diagnosi di emiparesi; vengono dunque utilizzati video in cui il modello ha un livello funzionale migliore rispetto alla popolazione dello studio.

Per la sua strutturazione, è stata condotta una ricerca bibliografica, con l'obiettivo di raccogliere le informazioni utili alla realizzazione dello studio, come modalità di valutazione, durata del progetto e dei video, tipologia di azioni da proporre. I lavori presi in esame presentano trattamenti mediante AOT, poiché in letteratura non sono ancora presenti abbastanza studi sulla PAM-AOT.

Come modalità valutative, negli studi considerati (Kirkpatrick, Pearse, James & Basu, 2016; Beani et al., 2023; Beani, Menici, Ferrari, Cioni & Sgandurra, 2020), sono stati utilizzati test validati e standardizzati quali: l'Assisting Hand Assessment (AHA), strumento che permette la misurazione dell'integrazione dell'arto superiore paretico in attività bimanuali; il Melbourne Assessment-2 (MA2), valuta la qualità del movimento degli arti superiori; il Box and Block Test (BBT), indaga la destrezza manuale unilaterale; ABILHAND-Kids, studia la capacità manuale.

Per le tempistiche, Beani e colleghi (Beani, Menici, Ferrari, Cioni & Sgandurra, 2020), sviluppano il loro studio in un programma di 3 settimane in cui l'AOT viene eseguita una volta al giorno, per 5 giorni la settimana, con un allenamento che dura fra i 45 e i 60 minuti. In un'altra pubblicazione di Beani e colleghi (Beani et al., 2023), il periodo è di 3 settimane con un'ora al giorno di training. Kirkpatrick (Kirkpatrick, Pearse, James & Basu, 2016), propone una durata complessiva di 3 mesi, con la ripetizione delle azioni per 5 giorni la settimana, per 15 minuti al giorno.

La lunghezza dei video proposti è variabile: Beani (Beani, Menici, Ferrari, Cioni & Sgandurra, 2020) utilizza video di lunghezza di 3 minuti ciascuno; in un altro studio di Beani e colleghi (Beani et al., 2023), questi hanno una durata di 4 minuti.

Per indagare la tipologia di azioni da attuare, sono stati presi in considerazione lavori che presentavano azioni che richiedevano l'utilizzo sia di un solo arto superiore, sia di entrambi. Gli esercizi riguardavano movimenti fini delle mani e delle dita, compiti di forza delle mani, di coordinazione bimanuale e di coinvolgimento di tutto l'arto superiore, come estensione attiva del polso e del gomito, supinazione dell'avambraccio (Simon-Martinez et al., 2020).

Nel protocollo di studio di Sgandurra e colleghi (2018), si descrivono tutte le attività proposte, alcune delle quali necessitano di oggetti di diversa consistenza e dimensione, per allenare abilità differenti. Errante e colleghi (2024) presentano ai pazienti azioni descritte nello studio di Buccino e colleghi (2012); i 15 esercizi richiedono bimanualità e non, l'utilizzo di oggetti di diversa dimensione e consistenza, coinvolgimento delle mani, delle dita e di tutto l'arto superiore. Alcuni esempi sono: spostare e afferrare oggetti sul piano orizzontale e verticale, utilizzare e temperare la matita, aprire e chiudere un barattolo, aprire una casa giocattolo con una chiave, suonare il pianoforte con entrambe le mani e giocare con le costruzioni.

Sulla base di questi studi è stato definito il protocollo del progetto di tesi, il quale verrà descritto nel dettaglio nel prossimo capitolo.

MATERIALI E METODI

Popolazione dello studio

Per la scelta della popolazione dello studio, si è deciso di rispettare i criteri di inclusione declinati nel lavoro di Beani e colleghi (2023) sull'AOT.

I criteri di inclusione quindi sono:

- diagnosi certa di Paralisi Cerebrale Infantile di tipo emiparesi;
- quoziente intellettivo maggiore o uguale a 70;
- compromissione maggiore dell'arto superiore rispetto all'arto inferiore dell'emilato affetto.

I criteri di esclusione sono:

- mancata soddisfazione di tutti i criteri di inclusione;
- mano esclusa (secondo la classificazione di Ferrari).

Il bambino, invece, che sarebbe diventato il protagonista dei video doveva rispettare, sempre secondo lo studio di Beani e colleghi (2023), i seguenti criteri: diagnosi di emiparesi ed il requisito di avere un livello funzionale dell'arto superiore alto, cioè, seguendo la classificazione dell'arto superiore di Ferrari, una mano integrata o semifunzionale.

È stato scritto un modulo dove veniva presentato il progetto, dando informazioni sulle basi scientifiche su cui è fondato e le modalità con cui si sarebbe svolto. La Responsabile del Servizio presso cui è stato effettuato il progetto di ricerca ha approvato il documento; questo è stato successivamente presentato a 2 famiglie che rientravano negli stretti criteri di inclusione ed esclusione. Una sola famiglia ha accettato di partecipare al progetto, in quanto la seconda non sarebbe riuscita a garantire la continuità.

Il bambino "modello": T. S.

T. S. è nato a maggio del 2019 a 39+4 settimane gestazionali da parto eutocico. Sia la gravidanza che la perinatalità sono decorse nella norma.

Dai 6 mesi, i genitori hanno iniziato a notare un uso preferenziale della mano sinistra nell'afferramento degli oggetti e un atteggiamento della mano destra chiusa a pugno, con difficile estensione, anche passiva, delle dita.

Il bambino è giunto al servizio di Neuropsichiatria Infantile a giugno del 2020 ed è stata fatta diagnosi di emisindrome destra prevalentemente distale, con compromissione dell'arto superiore maggiore dell'arto inferiore.

Secondo la classificazione funzionale di Ferrari, il bambino presenta una mano semifunzionale: la mano destra collabora nelle azioni che richiedono bimanualità ma è presente una diminuzione della forza e lentezza esecutiva. È presente la presa a pinza, anche se con alcune difficoltà.

A settembre 2023 è stata somministrata la Gross Motor Function Measure (GMFM) e sono stati ottenuti i seguenti risultati: voce A- posizione seduta, prona e rotolamento 51/51; voce B- postura seduta 57/60; voce C- a carponi e in ginocchio 39/39; voce D- in piedi 39/39; voce E- cammino, corsa e salto 61/72.

A giugno 2022 è stata somministrata la Griffiths-III che ha dato come quoziente di sviluppo il punteggio di 102.

Il caso clinico: G. E.

G. E. è nata da parto cesareo a 38 settimane gestazionali in primavera del 2018. La gravidanza è decorsa con diabete gestazionale e infezione HPV materna. Durante un'ecografia prenatale alla 29° settimana gestazionale, è stata riscontrata ventricolomegalia cerebrale bilaterale. Dopo una RM fetale alla 33° settimana gestazionale e la successiva RM alla nascita, è stata confermata la presenza di cavità poroencefalica a livello dell'emisfero sinistro, esito probabilmente di un evento ischemico-emorragico.

La diagnosi che ne deriva è di Paralisi Cerebrale Infantile tipo emiparesi destra, sintomatica in cavità poroencefalica a livello dell'emisfero sinistro coinvolgente il centro semiovale, probabilmente da esito di evento ischemico-emorragico. È stata poi diagnosticata epilessia focale strutturale, con la successiva prescrizione di Lamotrigina, Depakin e Tavor al bisogno.

La valutazione fisioterapica è stata effettuata a maggio 2019; successivamente è stata presa in carico con trattamento fisioterapico, che attualmente prevede 2 sedute settimanali.

Dal 2020 sono stati prescritti dei plantari con calzatura di rivestimento a causa del valgismo del retropiede e extrarotazione del piede destro. Attualmente la bambina utilizza il tutore gamba-piede all'arto inferiore destro.

A novembre 2021 è stata somministrata la Gross Motor Function Measure (GMFM) e le difficoltà maggiori che la bambina ha incontrato sono state nella flessione delle anche da supina, soprattutto la destra (item 4 e 5), nel passaggio dalla posizione supina alla posizione seduta passando sul fianco destro, ed il mantenimento della posizione sul fianco destro (item 19 e 28). Sono stati riscontrati problemi anche nel mantenimento della posizione a cavalier servente (item 49 e 50), come anche nel passaggio da cavalier servente alla stazione eretta senza supporto delle braccia (item 61 e 62). Per la bambina è risultato difficile il mantenimento della posizione eretta monopodalica, maggiormente a destra (item 58 e 57). Sono state evidenziate delle criticità nel salto, sia con entrambi i piedi sia con uno soltanto (item 80, 81, 82 e 83), come anche nella salita e nella discesa delle scale alternando i piedi senza supporto (item 86 e 87), mentre è più facilitata se è presente un supporto come il corrimano (item 83 e 85).

Ad ottobre 2023 è stata eseguita la Scala Besta ed è emerso che nella valutazione della presa della mano paretica è stata utilizzata una presa pluridigitale; nella valutazione qualitativa dell'attività manipolatoria bimanuale spontanea la mano paretica si presenta con un repertorio motorio limitato e con funzione di aiuto all'altra mano, come nella valutazione qualitativa dell'attività manipolatoria bimanuale spontanea.

Attualmente, dal punto di vista qualitativo si osservano dei tremori intenzionali ad entrambi gli arti superiori, i quali hanno avuto inizio con l'assunzione dei farmaci antiepilettici.

Seguendo la classificazione funzionale di Ferrari, la bambina presenta una mano sinergica: l'arto superiore paretico a riposo si presenta con il gomito semiflesso, la mano con dita semiflesse o flesse, mentre il pollice non risulta addotto o imprigionato. Durante la manipolazione di oggetti, c'è collaborazione quando è necessario il passaggio dell'oggetto da una mano all'altra, meglio se avviene da quella sana a quella paretica. Non è presente il pre-adattamento della mano all'oggetto poiché si verificano movimenti molto ampi nell'afferrare anche materiali di piccole dimensioni. Nei momenti di gioco, l'arto maggiormente utilizzato è quello sinistro; in varie occasioni si è notata la tendenza della piccola al non utilizzo dell'arto paretico: seduta a tavolino, il sinistro manipola il materiale mentre l'altro rimane nella posizione di riposo lasciato lungo il fianco. È presente uno spazio estremo sul lato destro in cui la bambina afferra l'oggetto di facile presa prima con la mano destra; nelle altre situazioni, interviene primariamente la sinistra.

A febbraio 2024 è stata somministrata la WPPSI-III che ha portato ai seguenti risultati: scala verbale 42° %ile, scala performance 45° %ile e velocità di processamento 4° %ile, con una scala totale 24°

%ile. Il cognitivo è nella norma, con cadute nella velocità di processamento e nell'integrazione visuo-motoria; l'attenzione è risultata adeguata.

Dal punto di vista comportamentale ed emotivo, la E. si dimostra essere molto restia nelle situazioni per lei nuove o quando le viene richiesto di eseguire dei compiti che si dimostrano essere difficili. È presente una grande consapevolezza delle difficoltà e dei limiti nel compiere movimenti e azioni con l'arto superiore paretico, e talvolta questa capacità limita la collaborazione. Nonostante questo primo approccio di evitamento del compito, è possibile in altri momenti riproporre l'esercizio, tranquillizzandola sulla difficoltà che potrà incontrare durante l'esecuzione e rassicurandola sulla riuscita dell'esercizio. Sono presenti dei tratti oppositivi alla richiesta diretta, soprattutto questa si dimostra essere difficile da attuare. Viene riferito dalla famiglia che sono presenti dei momenti in cui E. esprime la propria frustrazione con opposività e crisi di pianto.

La situazione familiare in cui la piccola vive è molto delicata, i genitori si sono lasciati e la bambina vive con la madre e vede un pomeriggio a settimana il padre. Si sono verificati molti litigi fra i genitori, per l'affidamento della figlia e per altre cause, motivo per cui è stato attivato il Servizio Sociale.

Descrizione del progetto

Il progetto ha come obiettivo il miglioramento dell'utilizzo dell'arto superiore paretico in soggetti con diagnosi di Paralisi Cerebrale Infantile di tipo emiplegico, tramite l'utilizzo della metodologia di intervento PAM-AOT.

La struttura del progetto

Per la strutturazione del progetto è stata eseguita una ricerca nella letteratura scientifica, prendendo in considerazione lavori condotti su bambini affetti da emiparesi in cui veniva utilizzata l'AOT come modalità di trattamento. Questo ha permesso di avere informazioni sui metodi di valutazione, la tempistica del trattamento, la durata dei video e la tipologia di azioni da proporre.

Si è deciso che la durata del programma è di 3 settimane, in cui si propone il training 5 giorni la settimana per un tempo compreso fra i 40 e i 50 minuti. Questa decisione è stata presa tenendo in

considerazione le esigenze delle famiglie coinvolte, in quanto la durata del progetto di 3 mesi sarebbe potuta risultare troppo impegnativa per loro, non potendo garantire la continuità.

La lunghezza dei video varia a seconda della complessità dell'azione che viene proposta, in quanto sono presenti filmati che vanno dai 30 secondi ai 2 minuti circa. La strutturazione è la seguente: la prima parte prevede l'esecuzione da parte del bambino-modello delle azioni da compiere, una seconda parte in cui vi è la spiegazione di quanto appena eseguito, e infine una terza parte in cui si esegue nuovamente l'esercizio. La durata complessiva, che comprende sia la visione dei video che l'esecuzione successiva, è di circa 40/50 minuti.

Le azioni che i pazienti devono compiere riprendono esercizi presenti nei lavori considerati, oppure movimenti che hanno la stessa finalità ma si presentano in maniera diversa e utilizzano materiale differente. Queste saranno meglio descritte nel prossimo paragrafo.

Lo spettacolo di magia

Si è deciso di proporre il progetto alle famiglie sotto forma di spettacolo di magia, per incentivare e motivare il più possibile i bambini reclutati, al fine di rendere gli esercizi da riprodurre interessanti e finalizzati ad uno scopo. Un aspetto importante è suscitare il divertimento, infatti sono stati scelti giochi che potessero essere stimolanti in un contesto di gioco condiviso con l'adulto, ma che allo stesso tempo andassero a potenziare le abilità bimanuali.

Sono stati visionati video su piattaforme come "Youtube" e "Pinterest" per cercare trucchi di magia semplici, affinché potessero essere replicati dai bambini, ma che riprendessero le caratteristiche delle azioni dei precedenti studi citati, come bimanualità, prensione e forza, utilizzo selettivo delle dita e coinvolgimento degli arti superiori.

I giochi di prestigio scelti sono stati 6 e ognuno è composto da movimenti che richiedono l'utilizzo di entrambe le mani. La decisione di proporre tal numero di esercizi è stata presa perché le sequenze di azioni presenti sono complesse e prevedono comunque l'allenamento della coordinazione bimanuale e l'utilizzo di tutto l'arto superiore paretico.

Sono stati creati, successivamente, i video dei trucchi eseguiti dal modello patologico. In questo caso l'adulto ha fatto da modello per insegnarne la realizzazione. Prima di registrare il video, il bambino ha avuto l'opportunità di allenarsi per ogni esercizio.

Segue la presentazione dei trucchi di magia, descrivendone la realizzazione e la correlazione con le azioni presenti negli studi citati.

Bicchiere volante

Viene praticato un foro su un bicchiere bianco non trasparente, in modo che possa essere inserito il pollice non compromesso. Il bicchiere viene poi afferrato con entrambe le mani, così da posizionare l'altro pollice posteriormente. A questo punto, si staccano le dita dal bicchiere e si inizia a compiere movimenti singoli di flessione ed estensione.

Questo trucco di magia prevede movimenti selettivi delle dita di entrambe le mani. Si utilizza la sincronia nei movimenti delle mani e delle dita.

I gesti presenti sono riconducibili all'azione di suonare il pianoforte, presente nello studio di Buccino e colleghi (2012).

Pallina cambia colore

Si prende un palloncino colorato e lo si taglia all'incirca a metà, nel punto in cui il diametro è maggiore. Si prende una pallina di un altro colore, di medie dimensioni per facilitarne la presa. Quest'ultima viene infilata nella metà del palloncino che non presenta buchi e la si afferra con la mano destra. Si mostra allo spettatore solamente la porzione ricoperta dal palloncino. A questo punto l'altra mano toglie velocemente il palloncino dalla pallina così chi osserva ha l'impressione che la pallina abbia realmente cambiato colore.

In questo trucco di magia gli arti superiori compiono movimenti diversi tra loro, ma collaborano entrambi nell'esecuzione. È presente quindi la coordinazione bimanuale. L'arto che sorregge la pallina (tendenzialmente quello parietico) per poterla tenere deve imprimere una certa forza, in flessione e leggera pronazione dell'avambraccio, in modo che lo spettatore riesca a guardare solamente la porzione di pallina coperta dal palloncino, e una leggera flessione della spalla. L'altro arto, invece, ha il compito di togliere il palloncino in velocità per la riuscita del trucco.

Vengono proposte azioni di presa con forza e compiti motori fini presenti nello studio di Simon-Martinez e colleghi (2020).

Pausa del mago

Questo non è un vero e proprio trucco di magia, ma è stato inserito per proporre l'azione di avvitare e svitare il tappo delle bottiglie. In particolare sono presenti tre bottigliette di diverso colore: la prima è vuota, la seconda "puzza" e la terza contiene acqua "magica" che il mago può bere durante la pausa.

L'esercizio prevede di svitare il tappo, versare il contenuto nel bicchiere o annusare se puzza, e poi richiudere la bottiglia e lanciarla via.

Viene coinvolta la bimanualità e la motricità fine delle dita. Una mano afferra la bottiglia con il gomito flesso, mentre l'altra stringe il tappo con una leggera flessione della spalla e del gomito e lo svita con movimenti fini. Una volta aperta, il contenuto viene versato nel bicchiere, mantenuto dall'altro arto, con movimenti di flessione della spalla e pronazione dell'avambraccio. Nel caso della bottiglia "puzzolente", si compie una flessione del gomito per avvicinarla al naso per annusare. Tutte le bottiglie vengono poi chiuse e lanciate all'indietro, con un movimento di supinazione dell'avambraccio e flessione del gomito.

L'esercizio si riconduce alle azioni di aprire e chiudere il barattolo nello studio di Buccino e colleghi (2012) e di riempire il bicchiere con l'acqua nello studio di Sgandurra e colleghi (2018).

Monetina che sparisce

Per realizzare il trucco serve un cartoncino colorato utilizzato come base, un bicchiere trasparente, una monetina da 5 centesimi e un piccolo telo. Si incolla al bicchiere un coperchio, creato disegnando la sagoma sul cartoncino dello stesso colore di quello che viene utilizzato come base. Il trucco consiste nel far sparire la monetina, coprendola con il bicchiere. Questo passaggio deve essere effettuato con una mano (quella meno compromessa), poiché l'altra è impegnata nel sorreggere un piccolo telo, così da evitare che si possa vedere il trucco. Allo spettatore, quindi, verrà mostrato tutto il materiale posto sopra al cartoncino; verrà poi messo davanti il telo e nel frattempo verrà spostato il bicchiere sopra la monetina con l'altra mano. A movimento concluso, si toglierà il telo, facendo vedere che è sparita. In un secondo momento, poi, questa ricomparirà, riportando tutto alla posizione iniziale.

I movimenti dei due arti superiori sono differenti ma collaborano in modo sincrono e coordinato alla riuscita dell'esercizio. In particolare, l'arto superiore che sorregge il telo compie una flessione della spalla ed estensione gomito, con pronazione dell'avambraccio; la mano afferra con flessione delle dita e presa pluri-digitale. L'altro arto compie lo spostamento del bicchiere sulla monetina, utilizzando l'adduzione e l'abduzione dell'arto superiore a gomito flesso; la mano afferra il bicchiere con una presa pluri-digitale.

Questo trucco riprende le azioni di afferrare e spostare gli oggetti sul piano orizzontale dello studio di Buccino e colleghi (2012).

Pallina che sparisce

Si sistemano sul tavolo due palline dello stesso colore, coperte da due bicchierini da caffè marroni capovolti. Stringendo e sollevando il bicchiere e quindi anche la pallina che è al suo interno, questa sparirà perché non più visibile sul tavolo. Il trucco consiste nel sollevare entrambi i recipienti, stringendone uno solo per sollevarne anche il contenuto in modo alternato, così che si abbia l'effetto che si sposti da una posizione all'altra. In particolare, la sequenza va ripetuta due volte. In ultima, si sollevano entrambi i bicchieri con le palline, facendo notare allo spettatore che la questa è scomparsa, per poi farla comparire.

I movimenti che vengono compiuti dagli arti superiori sono uguali, ma avvengono in maniera alternata, è importante quindi sincronizzare i movimenti delle mani. Ogni arto compie una flessione della spalla a gomito flesso e prensione del bicchiere. La presa è pluri-digitale e si imprime una certa forza per poter sollevare, nel mentre, anche la pallina al suo interno.

Le azioni di presa con diversi gradi di forza sono riportate nello studio di Simon-Martinez e colleghi (2020).

Monetine che si moltiplicano

Si prendono due piatti di plastica, dietro ciascuna base viene incollato un foglio di carta aperto su un lato, in modo da formare una tasca; si inserisce in entrambe una monetina e si posizionano sul tavolo i piatti capovolti, ruotati in modo che le aperture siano speculari. Si mette poi una terza monetina sul piatto e versandola su quello a fianco, si farà cadere anche quella che era stata posizionata nella taschina. Così lo spettatore vedrà che le monetine diventano improvvisamente due. Si compie infine lo stesso movimento, ma con l'altro piatto, di modo che i soldini siano tre.

In questo trucco, vengono analizzati anche i movimenti preparatori al trucco, quali l'inserimento delle monetine nella tasca. Viene utilizzata la presa a pinza, la coordinazione oculo-manuale e la bimanualità, poiché la mano paretica sorregge il piatto in posizione perpendicolare al piano. Nel momento in cui si versano le monetine, si effettuano movimenti di flessione della spalla e di pronazione dell'avambraccio.

Sono presenti esercizi come la raccolta di monetine e il loro inserimento nel salvadanaio dello studio di Sgandurra e colleghi (2018), nonché movimenti motori fini dello studio di Simon-Martinez e colleghi (2020).

I video del modello sono stati successivamente caricati in una cartella Drive, denominati e riordinati sulla base delle difficoltà riscontrate dal bambino modello, alternando un esercizio semplice ad uno più complesso.

Il materiale necessario allo svolgimento dei trucchi è stato raccolto nel “Kit del mago”. Sono stati creati due esemplari identici, di modo che uno potesse rimanere all’interno del Servizio, e l’altro tenuto dalla famiglia in casa per riprodurre i giochi.

Per incentivare la bambina nel compiere per 3 settimane gli stessi esercizi, è stato utile proporre uno spettacolo di magia finale, in cui E. potesse mostrare, in questo caso al padre, i trucchi, e mantenere così alta la motivazione.

Strumenti di valutazione

La valutazione a T0 e T1, cioè a inizio e a fine trattamento, è stata fatta in maniera qualitativa, poiché nel servizio dove si è svolto il progetto non erano presenti test validati che fossero rilevare in maniera sensibile i cambiamenti dell’arto superiore paretico (come AHA, MA2, BBT e ABILHAND-Kids). La bambina pertanto viene filmata mentre riproduce i trucchi di magia a T0 e a T1, indagando i seguenti parametri: l’escursione articolare dell’arto emiplegico, la fluidità del gesto, la coordinazione bimanuale, la velocità di esecuzione, le modalità di afferramento, la forza e la destrezza manuale.

Sono state indagate, tramite un questionario di gradimento rivolto ai genitori, le difficoltà riscontrate durante il progetto e i benefici che questo ha portato.

Valutazione iniziale

Durante la prima seduta di fisioterapia, la bambina non era collaborante nella realizzazione dei trucchi di magia, ritenuti dalla stessa difficili. Per questa ragione l’inizio del progetto è stato rimandato alla settimana successiva. Affinché la piccola collaborasse, le è stato concesso di decidere la sequenza con cui visionare e riprodurre i filmati, partendo da quelli che prevedevano materiale più interessante. Durante l’esecuzione, è stato utile far finta di non conoscere il trucco, per permettere ad E. di avere un “pubblico” che, mostrando interesse e stupore durante lo svolgimento, le desse soddisfazione; in particolare, la ricercatrice ha aiutato la piccola nella preparazione del materiale e nell’osservazione dei filmati, mentre la fisioterapista aveva il ruolo di spettatrice. È stato altrettanto importante sostenerla con complimenti e rassicurazioni nei momenti di difficoltà.

Di seguito viene descritta la funzionalità degli arti superiori a T0, con particolare attenzione all'arto paretico.

Bicchiere volante

E. impiega 20 secondi per eseguire il gioco.

Si notano movimenti delle dita perlopiù stereotipati, quindi la destrezza manuale risulta essere insufficiente.

Le due mani agiscono in maniera non coordinata, in quanto spesso la bambina si concentra nel muovere le dita della mano sinistra mentre la destra rimane ferma; solamente per rari e brevi momenti i due arti si muovono contemporaneamente.

Si riscontra scattosità e poca fluidità nella flessione-estensione delle dita.

La flessione ed estensione riguardano solamente le falangi prossimali e medie, mentre le falangi distali sono semi-flesse. I movimenti eseguiti con il dito medio della mano destra sono di ampiezza maggiore rispetto alle altre.

La modalità di prensione non è funzionale, dato che l'arto destro non afferra il bicchiere ma viene appoggiato solamente il palmo mentre le dita rimangono semi-estese.

Criteri di valutazione	Valutazione iniziale T0
Velocità esecutiva	20 secondi
Destrezza manuale	Insufficiente, movimenti poco variati
Coordinazione bimanuale	Mancata sincronia dei movimenti delle due mani
Fluidità del gesto	Movimenti scattosi
Escursione articolare	Ridotta flessione-estensione delle dita, maggiore nel dito medio
Modalità di prensione	Non adeguata, mano destra non afferra il bicchiere
Forza	Non rilevabile

Tabella 1: valutazione a T0 del trucco "Bicchiere volante".

Pallina cambia colore

Il gioco viene realizzato in 12 secondi.

La destrezza manuale è inadeguata, i movimenti eseguiti non presentano variabilità.

Gli arti superiori collaborano in maniera discreta alla riuscita del trucco: la mano destra afferra la pallina mentre la sinistra toglie il palloncino. Tuttavia i movimenti sono poco fluidi.

È presente un'estensione delle dita eccessiva per le reali dimensioni dell'oggetto nel momento dell'afferramento.

La prensione avviene con la mano destra e la presa è pluri-digitale; E. utilizza principalmente le dita, mentre il palmo collabora parzialmente nel mantenere l'oggetto in posizione.

La forza esercitata non sempre è efficace, tanto che la pallina tende a cadere.

Criteri di valutazione	Valutazione iniziale T0
Velocità esecutiva	12 secondi
Destrezza manuale	Non adeguata
Coordinazione bimanuale	Discreta coordinazione
Fluidità del gesto	Poco fluido
Escursione articolare	Movimenti di estensione delle dita troppo ampi per le dimensioni dell'oggetto
Modalità di prensione	Pluri-digitale con collaborazione del palmo
Forza	Inadeguata, poca forza applicata

Tabella 2: valutazione a T0 del trucco "Pallina cambia colore".

Pausa del mago

Lo svitamento del tappo dura 4 secondi.

I gesti compiuti con la mano destra sono poco variati ma comunque funzionali all'obiettivo; per questo motivo la destrezza manuale è inadeguata.

Gli arti superiori collaborano in maniera appropriata nell'aprire e nel chiudere la bottiglia. I movimenti tuttavia sono scattosi e poco fluidi.

La prensione con la mano destra avviene mediante movimenti veloci ma con ampiezza maggiore rispetto alla circonferenza del materiale; vengono utilizzate le dita mentre il palmo partecipa parzialmente.

La forza impiegata è sufficiente affinché l'oggetto rimanga fermo durante lo svitamento e l'avvitamento del tappo. Si notano dei tremori intenzionali.

Il movimento di buttare la bottiglia a terra è compiuto sempre dall'arto sinistro, come anche l'azione di versare l'acqua nel bicchiere per poi berla. In questo caso la mano destra non collabora.

Criteri di valutazione	Valutazione iniziale T0
Velocità esecutiva	4 secondi per svitare il tappo

Destrezza manuale	Movimenti poco variati ma funzionali all'obiettivo
Coordinazione bimanuale	Adeguate
Fluidità del gesto	Scattosità
Escursione articolare	Movimenti delle dita più ampi rispetto alle dimensioni della bottiglia
Modalità di prensione	Pollice in opposizione alle altre dita, palmo collabora
Forza	Adeguate

Tabella 3: valutazione a T0 del trucco "Pausa del mago".

Monetina che sparisce

Il tempo di realizzazione del gioco è di 8 secondi.

Anche in questo caso la destrezza manuale è inadeguata mentre la coordinazione bimanuale è funzionale alla realizzazione delle azioni che compongono l'esercizio.

Sono presenti movimenti scattosi dell'arto superiore destro.

Durante questo gioco di magia, E. mantiene il telo con la mano destra, mentre la sinistra compie lo spostamento del bicchiere sopra la monetina.

Si presentano movimenti ampi di estensione delle dita nell'afferramento.

La prensione del telo avviene con tutte le dita, le quali si flettono verso il palmo così da riuscire a mantenerlo. La piccola non compie aggiustamenti nella presa, nonostante questa non sia funzionale per coprire correttamente il trucco.

Criteri di valutazione	Valutazione iniziale T0
Velocità esecutiva	8 secondi
Destrezza manuale	Insufficiente
Coordinazione bimanuale	Adeguate
Fluidità del gesto	Movimenti scattosi
Escursione articolare	Movimenti troppo ampi di estensione delle dita della mano destra
Modalità di prensione	Opposizione delle dita verso il palmo
Forza	Non rilevabile

Tabella 4: valutazione a T0 del trucco "Monetina che sparisce".

Pallina che sparisce

L'esercizio viene eseguito in 2 minuti e 30 secondi.

La destrezza manuale è sufficiente poiché si notano, anche se in poche occasioni, variazioni nel movimento.

Si evidenzia una difficoltà nel coordinare i movimenti alternati delle mani; presente scattosità e poca fluidità. L'escursione articolare è adeguata.

La bambina prende il bicchiere con la sinistra per mantenerlo in posizione, finché la destra lo afferra in maniera funzionale. La presa avviene mediante l'utilizzo delle dita, escluso il mignolo, senza l'utilizzo del palmo.

La forza applicata non è sempre funzionale all'azione da eseguire, in quanto spesso non basta affinché la pallina rimanga all'interno del bicchiere mentre viene sollevato; altre volte la forza è maggiore del dovuto tanto che il bicchiere si piega e viene rotto.

È stata necessaria la guida verbale da parte dell'adulto per condurre E. nell'esecuzione del trucco.

Criteri di valutazione	Valutazione iniziale T0
Velocità esecutiva	2 minuti e 30 secondi
Destrezza manuale	Sufficiente
Coordinazione bimanuale	Poco adeguata
Fluidità del gesto	Movimenti scattosi
Escursione articolare	Adeguata
Modalità di prensione	Opposizione delle dita (no mignolo) al pollice, senza includere il palmo; mano sinistra aiuta la destra nella prensione
Forza	Spesso non adeguata

Tabella 5: valutazione a T0 del trucco "Pallina che sparisce".

Monetine che si moltiplicano

E. completa il gioco in 1 minuto.

I movimenti sono stereotipati e quindi la destrezza manuale è insufficiente.

I due arti superiori collaborano efficacemente alla riuscita dell'esercizio; i gesti si caratterizzano per discreta fluidità.

Per la preparazione del materiale, la bambina afferra il piatto con la mano destra e la sinistra partecipa alla sistemazione dello stesso.

Si riscontrano movimenti ampi delle dita per afferrare l'oggetto ed è assente la supinazione dell'avambraccio per mantenere il piatto in posizione affinché la moneta non scenda.

La prensione avviene utilizzando principalmente il pollice e il medio. La forza nella presa non è adeguata per sorreggere la monetina inserita nella tasca.

Criteri di valutazione	Valutazione iniziale T0
Velocità esecutiva	1 minuto
Destrezza manuale	Insufficiente
Coordinazione bimanuale	Discreta coordinazione
Fluidità del gesto	Movimenti abbastanza fluidi
Escursione articolare	Non presente supinazione avambraccio
Modalità di prensione	Opposizione dito medio al palmo; mano sinistra interviene aiutando la mano destra nell'afferrare
Forza	Insufficiente

Tabella 6: valutazione a T0 del trucco "Monetine che si moltiplicano".

Questionario ai genitori

È stato creato un questionario rivolto ai genitori per indagare le difficoltà riscontrate durante tutta la durata del progetto e la fattibilità (Allegato 1).

Le domande a risposta multipla sono state formulate seguendo la scala Likert a 4 opzioni. Queste indagano la chiarezza delle informazioni fornite dall'operatore, su eventuali problemi nella visione dei video raccolti nella cartella Drive e sull'utilizzo del materiale fornito. Si chiede anche se la famiglia ha trovato impedimenti nel ritagliare uno spazio durante la giornata per i trucchi, e sulle difficoltà riscontrate nel far vedere alla bambina i filmati più volte la settimana. Si esplora anche la durata del progetto, e in particolare se i genitori ritengono che 3 settimane siano adeguate.

Si pongono delle domande aperte, per sondare se sono stati trovati altri problemi non citati precedentemente, su come la figlia ha reagito alla riproposizione a casa degli stessi filmati visionati durante le sedute di trattamento, e infine sulla soddisfazione generale del progetto.

Come ultimo quesito, viene chiesto se la famiglia ha colto dei miglioramenti nell'utilizzo degli arti superiori durante i trucchi di magia, dando come opzioni la destrezza manuale, la velocità esecutiva, la coordinazione bimanuale, la fluidità del gesto oppure nessun miglioramento.

RISULTATI

Valutazione finale

La valutazione effettuata è stata perlopiù qualitativa, osservando e confrontando i video realizzati a inizio (T0) e fine trattamento (T1), e quindi i miglioramenti ottenuti sono stati analizzati solamente durante le azioni che componevano il trucco di magia.

Nelle prime due settimane del progetto, la bambina si è dimostrata molto entusiasta e propositiva, tanto da richiedere lei stessa di eseguire gli esercizi e di riprovarli più e più volte durante le sedute di trattamento; è stata notata fin da subito una maggiore velocità di esecuzione e un'attenzione alla riproduzione di quanto avveniva nei video, sia con le azioni che con le parole. Nelle sedute di fisioterapia dell'ultima settimana di sperimentazione, invece, E. ha manifestato stanchezza nell'esecuzione dei trucchi, tanto che questi venivano eseguiti una sola volta; sono state anche apportate delle variazioni di azioni.

Vengono di seguito analizzati i trucchi di magia eseguiti dalla piccola a trattamento concluso. I dati ottenuti dalla valutazione a T0 e T1 vengono riassunti e confrontati, per ogni esercizio, in una tabella, organizzata per colore: in verde sono evidenziate le aree in cui sono stati registrati dei miglioramenti, in giallo quelle rimaste invariate, in rosso gli aspetti non mutati e non adeguati al corretto svolgimento del gioco.

Bicchiere volante

La velocità di esecuzione dell'esercizio è aumentata.

La destrezza manuale è rimasta pressoché invariata perché i movimenti eseguiti hanno poche variazioni; la coordinazione bimanuale risulta essere funzionale e adeguata.

In generale, i gesti si presentano ancora scattosi e poco fluidi. I movimenti selettivi riguardano il dito medio e il mignolo della mano destra: il primo effettua movimenti con ampiezza maggiore rispetto al secondo. La flessione-estensione rimane comunque di ampiezza ridotta.

La presa iniziale del bicchiere avviene con entrambi gli arti, in particolare la mano destra lo afferra opponendo principalmente il medio al palmo.

Criteri di valutazione	Valutazione iniziale T0	Valutazione finale T1
Velocità esecutiva	20 secondi	12 secondi
Destrezza manuale	Insufficiente, movimenti poco variati	Insufficiente, movimenti poco variati

Coordinazione bimanuale	Mancata sincronia dei movimenti delle due mani	Movimenti alternati e coordinati delle mani
Fluidità del gesto	Movimenti scattosi	Movimenti scattosi
Escursione articolare	Ridotta flessione-estensione delle dita, maggiore nel dito medio	Ridotta flessione-estensione, maggiore nel dito medio e nel mignolo
Modalità di prensione	Non adeguata, mano destra non afferra il bicchiere	Mano destra afferra col palmo in opposizione al dito medio
Forza	Non rilevabile	Non rilevabile

Tabella 7: confronto tra valutazione a T0 e T1 nel trucco “Bicchieri volanti”.

Pallina cambia colore

La velocità esecutiva è aumentata come anche la destrezza manuale, in quanto è presente una maggiore variabilità.

La coordinazione bimanuale è rimasta invariata ed è adeguata all'esecuzione del trucco di magia. I movimenti sono più fluidi.

La prensione e la forza impiegata nel mantenere la pallina risultano essere funzionali allo scopo; questa è ancora posizionata nella mano destra dalla sinistra. L'afferramento avviene mediante l'opposizione del palmo e del pollice con le altre dita, l'indice partecipa in maniera meno attiva. Durante l'esecuzione di questo trucco, viene afferrata anche la parte della pallina coperta dal palloncino; nel momento di levarlo, la mano sinistra esercita una pressione verso il palmo dell'altra, affinché la pallina non cada mentre le dita della destra si aprono estendendosi. La piccola, ha quindi dimostrato di avere capacità di problem solving e di utilizzare strategie diverse per realizzare il trucco.

Criteri di valutazione	Valutazione iniziale T0	Valutazione finale T1
Velocità esecutiva	12 secondi	5 secondi
Destrezza manuale	Non adeguata	Aumento di variabilità nel movimento
Coordinazione bimanuale	Discreta coordinazione	Discreta coordinazione
Fluidità del gesto	Poco fluido	Fluido
Escursione articolare	Movimenti di estensione delle dita troppo ampi per le dimensioni dell'oggetto	Adeguata al gesto da eseguire
Modalità di prensione	Pluri-digitale con collaborazione del palmo	Opposizione delle dita (poca partecipazione del dito indice)

		al palmo e al pollice
Forza	Inadeguata, poca forza applicata	Adeguata

Tabella 8: confronto tra valutazione a T0 e T1 nel trucco “Pallina cambia colore”.

Pausa del mago

L'esecuzione del trucco è risultata essere più veloce rispetto alla valutazione iniziale.

Si nota una maggiore destrezza manuale, data dall'introduzione di variazioni all'interno dell'esercizio.

La coordinazione bimanuale è adeguata e risulta invariata. Il movimento, in generale, è ancora poco fluido, ma molto meno scattoso e rigido.

L'afferramento della bottiglia avviene mediante movimenti ampi di estensione, con l'opposizione del pollice alle altre dita mentre il palmo collabora parzialmente. La forza applicata è adeguata al completamento del compito.

Criteri di valutazione	Valutazione iniziale T0	Valutazione finale T1
Velocità esecutiva	4 secondi per svitare il tappo	3 secondi per svitare il tappo
Destrezza manuale	Movimenti poco variati ma funzionali all'obiettivo	Variazione di movimenti
Coordinazione bimanuale	Adeguata	Adeguata
Fluidità del gesto	Scattosità	Poco fluido ma meno scattoso
Escursione articolare	Movimenti delle dita più ampi rispetto alle dimensioni della bottiglia	Movimenti delle dita più ampi rispetto alle dimensioni della bottiglia
Modalità di prensione	Pollice in opposizione alle altre dita, palmo collabora	Pollice in opposizione alle altre dita, palmo collabora
Forza	Adeguata	Adeguata

Tabella 9: confronto tra valutazione iniziale e finale nel trucco “Pausa del mago”.

Monetina che sparisce

La velocità di esecuzione di questo gioco risulta aumentata, come anche la destrezza manuale con l'introduzione di movimenti differenziati che coinvolgono i diversi distretti degli arti superiori.

La coordinazione bimanuale è adeguata all'esecuzione dell'esercizio; si riscontra una maggiore fluidità nei gesti e non è più rilevabile scattosità.

Vengono osservati, anche in questo caso, movimenti di afferramento ampi rispetto alle dimensioni dell'oggetto. Nel momento in cui il telo viene tolto per mostrare che la monetina è sparita, avviene un movimento molto ampio che porta all'abduzione e all'estensione della spalla con avambraccio flesso.

La prensione è realizzata opponendo il pollice alle altre dita, mentre il mignolo collabora parzialmente. È presente tremore intenzionale ad entrambi gli arti.

Criteri di valutazione	Valutazione iniziale T0	Valutazione finale T1
Velocità esecutiva	8 secondi	5 secondi
Destrezza manuale	Insufficiente	Aumento variazione di gesti
Coordinazione bimanuale	Adeguate	Adeguate
Fluidità del gesto	Movimenti scattosi	Presente fluidità
Escursione articolare	Movimenti troppo ampi di estensione delle dita della mano destra	Movimenti troppo ampi di estensione delle dita della mano destra; movimento ampio di estensione della spalla
Modalità di prensione	Opposizione delle dita verso il palmo	Opposizione pollice alle altre dita, escluso il mignolo
Forza	Non rilevabile	Non rilevabile

Tabella 10: confronto tra valutazione a T0 e T1 nel trucco "Monetina che sparisce".

Pallina che sparisce

Si rileva un miglioramento considerevole nella velocità di esecuzione del trucco rispetto alla valutazione iniziale.

La destrezza manuale è rimasta insufficiente mentre si osserva una maggiore coordinazione bimanuale, data dall'alternanza della prensione del bicchiere e della pallina.

I gesti sono molto più fluidi e nella realizzazione non sono più necessarie guide verbali da parte dell'adulto.

La prensione con la mano destra è autonoma e avviene mediante l'opposizione delle dita con il pollice, mentre il palmo collabora in maniera parziale. La forza impressa per sollevare anche la pallina risulta essere adeguata, anche se sono presenti rari momenti in cui rimane sul tavolo.

Criteri di valutazione	Valutazione iniziale T0	Valutazione finale T1
Velocità esecutiva	2 minuti e 30 secondi	20 secondi
Destrezza manuale	Sufficiente	Sufficiente
Coordinazione bimanuale	Poco adeguata	Adegua
Fluidità del gesto	Movimenti scattosi	Presente fluidità di esecuzione
Escursione articolare	Adegua	Adegua
Modalità di prensione	Opposizione delle dita (no mignolo) al pollice, senza includere il palmo; mano sinistra aiuta la destra nella prensione	Opposizione delle dita al pollice con parziale collaborazione del palmo; mano destra autonoma
Forza	Spesso non adeguata	Adegua

Tabella 11: confronto tra valutazione a T0 e T1 nel trucco “Pallina che sparisce”.

Monetine che si moltiplicano

Il tempo di esecuzione dell’esercizio è diminuito rispetto alla prima valutazione.

La destrezza manuale è migliorata poiché presenti modalità di esecuzione differenti e variate.

La coordinazione bimanuale è rimasta invariata: le due mani collaborano in maniera adeguata alla realizzazione del trucco. Migliorata anche la fluidità dei movimenti.

Si è notata l’introduzione di un movimento non emerso precedentemente: la supinazione dell’avambraccio nel mantenere il piatto nella posizione.

La prensione della mano destra è autonoma e funzionale allo scopo, opponendo il pollice alle altre dita con l’aiuto del palmo. La forza impressa nella presa dell’oggetto è funzionale all’azione da eseguire.

Criteri di valutazione	Valutazione iniziale T0	Valutazione finale T1
Velocità esecutiva	1 minuto	25 secondi
Destrezza manuale	Insufficiente	Variazione di movimenti
Coordinazione bimanuale	Discreta coordinazione	Discreta coordinazione
Fluidità del gesto	Movimenti abbastanza fluidi	Maggiormente presente fluidità
Escursione articolare	Non presente supinazione avambraccio	Presente supinazione avambraccio

Modalità di prensione	Opposizione dito medio al palmo; mano sinistra interviene aiutando la mano destra nell'afferrare	Opposizione delle dita al pollice e al palmo; mano destra afferra da sola
Forza	Insufficiente	Adeguate

Tabella 12: confronto tra valutazione a T0 e T1 nel trucco “Monetine che si moltiplicano”.

In generale, dopo il confronto dei video della prima valutazione con quelli della valutazione conclusiva, si riscontra un miglioramento considerevole nella velocità esecutiva in tutti gli esercizi proposti. È aumentata anche la destrezza manuale; la coordinazione e la collaborazione, anche in modo alternato, degli arti superiori non ha ottenuto grandi miglioramenti, tuttavia è adeguata in 4 trucchi su 6. Si evidenzia una maggiore capacità da parte della bambina di utilizzare la forza e modalità di prensione più funzionali.

È stato registrato un maggiore senso di autoefficacia di E., in quanto ha affermato di sentirsi migliorata nell'esecuzione dei trucchi di magia. La piccola ha verbalizzato in maniera spontanea il fatto che ha notato dei progressi, percepisce di essere diventata brava. Ha aggiunto anche che era felice di mostrare al papà i trucchi su cui si è allenata in occasione dello spettacolo di magia finale, e che si è divertita molto.

Questionario ai genitori

Viene di seguito riportato quanto emerso dal questionario di gradimento rivolto ai genitori, compilato dalla madre, poiché i trucchi a casa sono stati eseguiti con la sua supervisione. Per le domande a risposta multipla (le prime 6), le possibilità di risposta erano 4 (per indagare la frequenza: mai, raramente, spesso, sempre; per indagare la quantità/qualità: per niente, poco, abbastanza, molto).

La madre ha affermato che le informazioni fornite prima dell'inizio del progetto e le indicazioni per la continuazione del trattamento anche a casa sono risultate essere molto chiare; non sono state riscontrate difficoltà nell'utilizzo della cartella Drive dove sono stati caricati e condivisi i video del bambino-modello.

Per quanto riguarda il materiale consegnato alla famiglia per eseguire i trucchi a casa, si è osservata una difficoltà nell'utilizzo. Il motivo di ciò è che sono stati adoperati oggetti di carta e di plastica, e dunque facilmente danneggiabili. Sono stati consegnati alla madre materiali di ricambio e le è stato comunicato che avrebbe trovato, presso il Servizio, altri oggetti sostitutivi qualora ne avesse avuto la necessità.

Si trovano complicazioni nel riproporre i filmati più volte durante la settimana, mentre non è stato trovato alcun impedimento nel ritagliare del tempo durante la giornata per far esercitare la piccola.

La durata complessiva del progetto, cioè di tre settimane, è stata ritenuta adeguata.

La madre riferisce una problematica nella messa in atto del progetto a casa, con motivazione attribuibile al momento di grande cambiamento che la bambina sta affrontando. Il programma è iniziato a settembre, periodo in cui ha iniziato l'inserimento alla scuola elementare. I cambiamenti vengono affrontati da E. con difficoltà, in quanto ha bisogno di tempo per riadattarsi alle situazioni nuove. Durante i pomeriggi a casa, ha dovuto allenarsi con i giochi per lo spettacolo di magia, ma anche completare i compiti per casa. La madre, dunque, riferisce che la piccola ha avuto momenti di frustrazione di non collaborazione per il sovraccarico di impegni. Questo ha portato alla sospensione del progetto durante quella che sarebbe dovuta essere l'ultima settimana di trattamento. In quella stessa settimana non sono state effettuate nemmeno le sedute di fisioterapia causa malattia. La settimana seguente, è stata dunque chiesta alla bambina la collaborazione per ultimare il programma, tramite l'esecuzione dei trucchi. Così E. ha acconsentito ed è stato portato a termine il progetto.

Nella visione dei video proposti durante la terapia anche a casa, viene manifestato il bisogno di sollecitazione da parte dell'adulto.

Per quanto riguarda la soddisfazione all'adesione al progetto, la madre dichiara che è stata un'esperienza positiva e proficua, ma dispiaciuta del fatto di non essere riuscita a soddisfarla pienamente, data l'interruzione di una settimana.

È stato, infine, colto un miglioramento nella coordinazione bimanuale.

DISCUSSIONE

Questo studio ha rilevato progressi nella funzionalità dell'arto superiore plegico in una bambina affetta da Paralisi Cerebrale Infantile di tipo emiparesi, attraverso il trattamento intensivo di 3 settimane con la PAM-AOT. I miglioramenti osservati hanno riguardato soprattutto la destrezza manuale e la velocità di esecuzione delle azioni, nonché una modalità di afferramento e una modulazione della forza di presa più funzionali allo scopo. Rispetto alle attese, i parametri quali escursione articolare e coordinazione bimanuale si sono modificati in maniera minore. Va sottolineato, però, che la coordinazione bimanuale è risultata invariata, ma adeguata in 4 esercizi su 6.

Di seguito viene riportata una tabella che riassume in quali aree e in quali trucchi sono avvenuti dei miglioramenti.

	Bicchiere volante	Pallina cambia colore	Pausa del mago	Monetina che sparisce	Pallina che sparisce	Monetine che si moltiplicano
Velocità esecutiva	x	x	x	x	x	x
Destrezza manuale		x	x	x		x
Coordinazione bimanuale	x				x	
Fluidità del gesto		x		x	x	
Escursione articolare		x				x
Modalità di prensione	x	x		x	x	x
Forza		x			x	x

Tabella 13: sintesi dei miglioramenti ottenuti.

I risultati ottenuti non sono perfettamente in linea con quanto riportato nella letteratura. Nello studio del Prof. Ferrari e dei suoi colleghi (2024), infatti, viene riscontrato un potenziamento della coordinazione bimanuale in bambini con emiparesi mediante il trattamento con PAM-AOT.

Il progetto, rispetto agli studi sulla AOT e sulla PAM-AOT presenti in letteratura, ha proposto esercizi all'interno di una cornice di gioco condivisa con l'adulto, quale la magia e i giochi di prestigio. Le prove da eseguire per potenziare le abilità bimanuali sono state presentate sotto forma di trucchi di magia. Così facendo questi erano percepiti dalla bambina come attività stimolanti e divertenti. Attraverso il gioco, infatti, si aumenta la motivazione, e quindi anche l'apprendimento e la capacità di modificarsi (Ferrari, 1994), al fine di rendere la terapia più efficace. Come evidenziato da Abrunzo (2021), l'apprendimento passa attraverso un'esperienza positiva di piacere del risultato ottenuto. La proposta dello spettacolo finale di magia è stato un ulteriore incentivo per la bambina all'interno di questa cornice ludica.

Per la fattibilità dello studio, risultano prerequisiti essenziali la collaborazione del bambino e della famiglia, la quale deve perdurare per l'intero progetto. Per far proseguire il trattamento anche a casa, è altrettanto necessaria una forte motivazione da parte del soggetto e dei caregiver, riconducibile per il primo allo spettacolo di magia, per i secondi ai miglioramenti ottenibili. Lavorando con i bambini, si devono considerare molteplici variabili che possono subentrare durante lo svolgimento del progetto, come demotivazione del paziente e la sua non collaborazione, momenti di malattia o stanchezza che potrebbero ostacolare la continuazione.

Per quanto riguarda il materiale utilizzato, sono stati reperiti oggetti di comune utilizzo ed economici quali bicchieri, piatti e bottiglie di plastica, palline e monetine. L'allestimento del setting ha richiesto poco tempo, solo l'adattamento delle bottigliette ha impegnato un tempo maggiore in quanto sono state colorate incollando pezzetti di carta crespata di colore diverso. Per il Servizio, non sono stati necessari fondi per compiere questo progetto, poiché si è cercato di sfruttare le sedute di riabilitazione per monitorare e mettere in pratica i trucchi di magia. Questo rende il progetto fattibile anche per un servizio territoriale.

CONCLUSIONI

Questo studio ha evidenziato che il trattamento con PAM-AOT ha apportato dei miglioramenti, nel caso esaminato, nella destrezza manuale e nella velocità di esecuzione. Si nota anche una maggiore forza e una modalità di prensione più funzionali alle caratteristiche dell'oggetto. A fine trattamento, è stato riscontrato un maggiore senso di autoefficacia da parte della bambina.

Sono, tuttavia, stati rilevati dei limiti nella sua struttura, per quanto riguarda la popolazione dello studio e le modalità di valutazione dei cambiamenti avvenuti durante il trattamento.

Si è preso in considerazione un campione di bambini molto limitato poiché solamente due pazienti rispondevano a tutti i requisiti di inclusione ed esclusione di partecipazione. Una delle due famiglie, però, non ha aderito quindi il progetto è stato realizzato con una sola bambina.

La metodologia di valutazione applicata è di tipo qualitativo ed è stata realizzata attraverso il confronto tra due video all'inizio e alla fine del trattamento. Questo ha permesso di rilevare i miglioramenti del soggetto coinvolto durante l'esecuzione delle stesse azioni (trucchi di magia), nonostante nella letteratura scientifica fossero stati utilizzati test di valutazione validati e standardizzati. Il Servizio presso il quale è stato realizzato il progetto, tuttavia, non disponeva di questi test e quindi è stato deciso di monitorare il miglioramento attraverso un'osservazione.

Per gli studi futuri, si potrebbe proporre lo spettacolo di magia anche nella scuola che il bambino frequenta, in modo da rinforzare la motivazione nell'esecuzione dei trucchi durante le settimane di trattamento unitamente al senso di autoefficacia.

Sarebbe utile inoltre considerare una popolazione di studio più ampia per verificare l'efficacia di questo progetto su larga scala.

Potrebbe risultare interessante monitorare nel tempo il mantenimento e l'evoluzione dei miglioramenti ottenuti, per valutare se il trattamento attraverso PAM-AOT può essere riproposto nel tempo e a quale distanza, per ottenere il risultato ottimale. Come modalità valutativa si consiglia di utilizzare scale e test validati e standardizzati.

BIBLIOGRAFIA

- Abrunzo, R. (2021). Il gioco nell'intervento neuro e psicomotorio in età evolutiva. *Il TNPEE*, Vol. 3, n. 1.
- ACPR Group (2013). Australian Cerebral Palsy Register Report. Sydney: Cerebral Palsy Alliance.
- Alamer, A., Melese, H., & Aduagna, B. (2020). Effectiveness of Action Observation Training on Upper Limb Motor Function in Children with Hemiplegic Cerebral Palsy: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Pediatric Health, Medicine and Therapeutics*.
- Bai, A. V., & Rocchitelli, L. (2023). La riabilitazione dei bambini affetti da paralisi cerebrale. *Care pathways*.
- Beani, E., Barzacchi, V., Scaffei, E., Ceragioli, B., Festante, F., Filogna, S., Cioni, G., Fiori, S., Sgandurra, G. (2024). Neuroanatomical correlates of gross manual dexterity in children with unilateral spastic cerebral palsy. *Frontiers in Human Neuroscience*.
- Beani, E., Menici, V., Ferrari, A., Cioni, G., & Sgandurra, G. (2020). Feasibility of a Home-Based Action Observation Training for Children With Unilateral Cerebral Palsy: An Explorative Study. *Front Neurol*. 11:16. doi: 10.3389/fneur.2020.00016. PMID: 32180754; PMCID: PMC7059420.
- Beani, E., Menici, V., Sicola, E., Ferrari, A., Feys, H., Klingels, K., Mailleux, L., Boyd, R., Cioni, G., & Sgandurra, G. (2023). Effectiveness of the home-based training program Tele-UPCAT (Tele-monitored UPper Limb Children Action Observation Training) in unilateral cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*.
- Bellelli, G., Buccino, G., Bernardini, B., Padovani, A., & Trabucchi, M. (2010). Action observation treatment improves recovery of postsurgical orthopaedic patients: evidence for a top-down effect? *Arch Phys Med Rehabil*; 91: 1489–94.
- Bleyenheuft, Y., & Gordon, A. M. (2013). Precision grip control, sensory impairments and their interaction in children with hemiplegic cerebral palsy: A systematic review. *Research in Developmental Disabilities*.
- Buccino, G. (2014). Action observation treatment: a novel tool in neurorehabilitation. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*.
- Buccino, G., Arisi, D., Gough, P., Aprile, D., Ferri, C., Serotti, L., Tiberti, A., & Fazzi, E. (2012). Improving upper limb motor functions through action observation treatment: a pilot study in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*.

- Buccino, G., Molinaro, A., Ambrosi, C., Arisi, D., Mascaro, L., Pinardi, C., Rossi, A., Gasparotti, R., Fazzi, E., & Galli, J. (2018). Action Observation Treatment Improves Upper Limb Motor Functions in Children with Cerebral Palsy: A Combined Clinical and Brain Imaging Study. *Neural Plasticity*.
- Buccino, G., Vogt, S., Ritzl, A., Fink, G. R., Zilles, K., Freund, H. J., & Rizzolatti, G. (2004). Neural Circuits Underlying Imitation Learning of Hand Actions: An Event-Related fMRI Study. *Neuron*, Vol. 42, 323–334.
- Buono, R. (2003). La stabilità longitudinale dei problemi psichiatrici nei bambini con emiplegia, *the Journal of Child Psychology and Psychiatry*.
- Burgess, N. (2006). *Spatial memory: how egocentric and allocentric combine*. *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 10, no. 12, pp. 551–557.
- Cavanna, D. (2008). Attachment theory, intersubjectivity and emotion regulation. *Gior Neuropsich Età Evol*
- Cioni, G., Sales, B., Paolicelli, P.B., Petacchi, E., Scusa, M.F., & Canapicchi, R., (1999). MRI and clinical characteristics of children with hemiplegic cerebral palsy. *Neuropediatrics* 30 (5), 249–255.
- Cioni, G., Sgandurra, G., Muzzini, S., Paolicelli, P. B., & Ferrari, A (2010). Forms of Hemiplegia. In: Ferrari A, Cioni G, editors. *The Spastic Forms of Cerebral Palsy: A Guide to the Assessment of Adaptive Functions*. Milan: Springer.
- Crajè, C., Kamp, J. van der, & Steenbergen, B. (2009). Visual information for action planning in left and right congenital hemiparesis. *Brain Research*.
- Duff, S.V., & Gordon, A.M. (2003). Learning of grasp control in children with hemiplegic cerebral palsy. *Dev. Med. Child Neurol.*, 45, 746–757.
- Duque, J., Thonnard, J.-L., Vandermeeren, Y., Sébire, G., Cosnard, G., & Olivier, E. (2003). Correlation between impaired dexterity and corticospinal tract dysgenesis in congenital hemiplegia. *Brain*, 126, 732–747.
- Eckerman, C.O., & Stein, M.R. (1982). Le abilità interattive emergenti dei bambini. In: Rubin, K.H., Ross, H.S., curatori. *Relazioni tra pari e abilità sociali nell'infanzia*. Springer-Verlag; New York.
- Eckerman, C.O., Davis, C.C., & Didow, S.M. (1989). Toddlers' emerging ways of achieving social coordinations with a peer. *Child Dev*.
- Eliasson, A.-C., & Gordon, A.M. (2000). Impaired force coordination during object release in children with hemiplegic cerebral palsy. *Dev. Med. Child Neurol.*, 42, 228–234.

- Errante, A., Beccani, L., Verzelloni, J., Maggi, I., Filippi, M., Bressi, B., Ziccarelli, S., Bozzetti, F., Costi, S., Ferrari, A., & Fogassi, L. (2024). Effectiveness of action observation treatment based on pathological model in hemiplegic children: a randomized-controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med.* 60(4):643-655. doi: 10.23736/S1973-9087.24.08413-2. Epub 2024 May 30. PMID: 38814197.
- Errante, A., Bozzetti, F., Piras, A., Beccani, L., Filippi, M., Costi, S., Ferrari, A., & Fogassi, F. (2024). Lesion mapping and functional characterization of hemiplegic children with different patterns of hand manipulation. Published by Elsevier Inc.
- Errante, A., Di Cesare, G., Pinardi, C., Fasano, F., Sghedoni, S., Costi, S., Ferrari, A., & Fogassi, L. (2019). Mirror Neuron System Activation in Children With Unilateral Cerebral Palsy During Observation of Actions Performed by a Pathological Model. *Neurorehabil Neural Repair.* 33(6):419-431. Doi: 10.1177/1545968319847964.
- Ferrari A. (1994), *A proposito del setting in riabilitazione*, Relazione al convegno «Il contesto in riabilitazione: giochi, giocattoli e dintorni», Rimini.
- Ferrari, A., & Cioni, G. (2005). *Le forme spastiche della paralisi cerebrale infantile. Guida all'esplorazione delle funzioni adattive.* Springer Verlag.
- Franceschini, M., Agosti, M., Cantagallo, A., Sale, P., Mancuso, M., & Buccino, G. (2010). Mirror neurons: action observation treatment as a tool in stroke rehabilitation. *Eur J Phys Rehabil Med.*
- Gattico, E. (2001). *Jean Piaget.* Pearson Italia S.p.A.
- Giannoni, P., & Zerbino, L. (2000). *Fuori schema. Manuale per il trattamento delle paralisi cerebrali infantili.* Italia: Springer.
- Gison, G., Bonifacio, A., Minghelli, E. (2012). *Autismo e psicomotricità. Strumenti e prove di efficacia nell'intervento neuro e psicomotorio.* Trento: Centro Studi Erickson S.p.A.
- Glenberg, A.M. (2011). Positions in the Mirror Are Closer Than They Appear. *Perspect Psychol Sci.*
- Goldstein, E. B. (2010). *Sensation and Perception.* Eighth Edition.
- Goodman, R., & Graham, P. (1996). Psychiatric problems in children with hemiplegia: cross sectional epidemiological survey. *BMJ.*
- Gordon, A. M., Schneider, J.A, Chinnan, A., & Charles JR. (2007). Efficacy of a hand-arm bimanual intensive therapy (HABIT) in children with hemiplegic cerebral palsy: a randomized control trial. *Dev Med Child Neurol.*

- Gordon, A.M., & Duff, S.V. (1999). Fingertip forces during object manipulation in children with hemiplegic cerebral palsy. I: Anticipatory scaling. *Dev. Med. Child Neurol.* 41, 166–175.
- Graham, H. K., Rosenbaum, P., Paneth, N., Dan, B., Lin, J. P., Damiano, D. L., Jules G. Becher, J. G., Gaebler-Spira, D., Colver, A., Reddihough, D. S., Crompton, K. E., & Lieber, R. L. (2022). Cerebral palsy. *Nat Rev Dis Primers*.
- Gutterman, J., Gordon, A. M. (2023). Neural Correlates of Impaired Grasp Function in Children with Unilateral Spastic Cerebral Palsy. *Brain Science*.
- Hanna, E., & Meltzoff, A.N. (1993). Peer Imitation by Toddlers in Laboratory, Home, and Day-Care Contexts: Implications for Social Learning and Memory. *Dev Psychol*.
- Heyes, C. (2021). Imitation. *Current Biology*, 31(5), R228–R232
- Heyes, C., & Catmur, C. (2022). What Happened to Mirror Neurons? *Perspect Psychol Sci*.
- Howes, C. (1988). *Interazione tra pari dei bambini piccoli*. Monografie della Società per la ricerca sullo sviluppo infantile.
- Iacoboni, M. (2009). Neurobiology of imitation. *Current Opinion in Neurobiology*.
- Ickx, G., Hatem, S. M., Riquelme, I., Friel, K. M., Henne, C., Araneda, R., Gordon, A. M., & Bleyenheuft, Y. (2018). Impairments of Visuospatial Attention in Children with Unilateral Spastic Cerebral Palsy. *Neural Plasticity*.
- Institute of Medicine (US) Committee on Clinical Practice Guidelines (1992). *Guidelines for Clinical Practice: From Development to Use*. Field MJ, Lohr KN, editors. Washington (DC): National Academies Press (US).
- Jeannerod, M., & Frak, V. (1999). *Mental imaging of motor activity in humans*. Elsevier.
- Jeon, H., & Lee, S.H. (2018). From Neurons to Social Beings: Short Review of the Mirror Neuron System Research and Its Socio-Psychological and Psychiatric Implications. *Clin Psychopharmacol Neurosci*.
- Jones, S.S. (2009). The development of imitation in infancy. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*.
- Jones, S.S. (2012). Human toddlers' attempts to match two simple behaviors provide no evidence for an inherited, dedicated imitation mechanism. *PLoS One*.
- Kirkpatrick, E., Pearse, J., James, P., & Basu, A. (2016). Effect of parent-delivered action observation therapy on upper limb function in unilateral cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol.* 58(10):1049-56. doi: 10.1111/dmcn.13109. Epub 2016 Mar 31. PMID: 27038153.

- Klingels, K., Demeyere, I., Jaspers, E., de Cock, P., Molenaers, G., Boyd, R.N., & Feys, H. (2012). Upper limb impairments and their impact on activity measures in children with unilateral cerebral palsy. *Eur. J. Paediatr. Neurol.* 16, 475–484.
- Krumlinde-Sundholm, L., & Eliasson, A. C. (2002). Comparing tests of tactile sensibility: aspects relevant to testing children with spastic hemiplegia. *Developmental Medicine & Child Neurology.*
- McIntyre, S., Goldsmith, S., Webb, A., Ehlinger, V., Hollung, S. J., McConnell, K., & Global CPPrevalence Group (2022). Global prevalence of cerebral palsy: Asystematic analysis. *Dev Med Child Neurol.*
- Meltzoff, A.N. (1988). Infant imitation and memory: nine-month-olds in immediate and deferred tests. *Child Dev.*
- Meltzoff, A.N., & Moore M.K. (1983). Newborn infants imitate adult facial gestures. *Child Dev.*
- Meltzoff, A.N., & Moore, M.K. (1977). Imitation of facial and manual gestures by human neonates. *Science.*
- Mengotti, P., Corradi-Dell'acqua, C., & Rumiati, R. I. (2012). Imitation components in the human brain: an fMRI study. *Neuroimage.*
- Molenberghs, P., Cunnington, R., & Mattingley, J.B. (2012). Brain regions with mirror properties: a meta-analysis of 125 human fMRI studies. *Neurosci Biobehav Rev.*
- Nadel, J. (2016). *Imitare per crescere. Nello sviluppo infantile e nel bambino con autismo.* Giovanni Fioriti Editore.
- NICE guidelines: Spasticity in under 19s: management (2012-2016).
- Nuttall, H.E., Kennedy-Higgins, D., Devlin, J.T., & Adank, P. (2018). Modulation of intra- and inter-hemispheric connectivity between primary and premotor cortex during speech perception. *Brain Lang.*
- Oberman, L.M., Pineda, J.A., & Ramachandran, V.S. (2007). The human mirror neuron system: a link between action observation and social skills. *Soc Cogn Affect Neurosci.*
- Pelosin, E., Avanzino, A., Bove, M., Stramesi, P., Nieuwboer, A., & Abbruzzese, G. (2010). Action observation improves freezing of gait in patients with Parkinson's disease. *Neurorehabil Neural Repair*; 24: 746–52.
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, vol. 13, no. 1, pp. 25–42.
- Proverbio, A.M., & Zani, A. (2022). Mirror Neurons in Action: ERPs and Neuroimaging Evidence. In: Boggio, P.S., Wingenbach, T.S.H., da Silveira Coêlho, M.L., Comfort, W.E.,

Murrins Marques, L., Alves, M.V.C., editors. *Social and Affective Neuroscience of Everyday Human Interaction: From Theory to Methodology* [Internet]. Cham (CH): Springer. Chapter 5.

- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*.
- Rizzolatti, G., & Fabbri-Destro, M. (2010). Mirror neurons: from discovery to autism. *Exp Brain Res*.
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Brain Res Cogn Brain Res*.
- Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., Bax, M., & Damiano D. (2006). A report: the definition and classification of cerebral palsy April. *Dev Med Child Neurol Suppl*.
- Rozaire, J., Paquin, C., Henry, L., Agopyan, H., Bard-Pondarré, R., Naaim, A., Duprey, S., & Chaleat-Valayer, E. (2024). A systematic review of instrumented assessments for upper limb function in cerebral palsy: current limitations and future directions. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*.
- Sabbadini, G., Bonini, P., Pezzarossa, B., & Pierro, M.M. (1978). *Paralisi cerebrale e condizioni affini*. Il Pensiero Scientifico editore, Roma.
- Sgandurra, G., Biagi, L., Fogassi, L., Sicola, E., Ferrari, A., Guzzetta, A., Tosetti, M., & Cioni, G. (2018). Reorganization of the Action Observation Network and Sensory-Motor System in Children with Unilateral Cerebral Palsy: An fMRI Study. *Neural Plast*. 2018
- Sgandurra, G., Cecchi, F., Beani, E., Mannari, I., Maselli, M., Falotico, F.P., Inguaggiato, E., Perazza, S., Sicola, E., Feys, H., Klingels, K., Ferrari, A., Dario, P., Boyd, R.N., & Cioni, G. (2018). Tele-UPCAT: study protocol of a randomised controlled trial of a home-based Tele-monitored UPper limb Children Action observation Training for participants with unilateral cerebral palsy. *BMJ Open*. 8(5): e017819. doi: 10.1136/bmjopen-2017-017819. PMID: 29764869; PMCID: PMC5961615.
- Simon-Martinez, C., Mailleux, L., Hoskens, J., Ortibus, E., Jaspers, E., Wenderoth, N., Sgandurra, G., Cioni, G., Molenaers, G., Klingels, K., & Feys, H. (2020). Randomized controlled trial combining constraint-induced movement therapy and action-observation training in unilateral cerebral palsy: clinical effects and influencing factors of treatment response. *Ther Adv Neurol Disord*. 13:1756286419898065. doi: 10.1177/1756286419898065. PMID: 32031542; PMCID: PMC6977217.

- Sobinov, A.R., & Bensmaia, S.J. (2021). The neural mechanisms of manual dexterity. *Nat Rev Neurosci.* 22(12):741-757. doi: 10.1038/s41583-021-00528-7. Epub 2021 Oct 28. PMID: 34711956; PMCID: PMC9169115.
- Staudt, M. (2010). Reorganization after pre- and perinata brain lesions. *Journal of Anatomy.*
- Steenbergen, B., & Gordon, A. M. (2006). Activity limitation in hemiplegic cerebral palsy: evidence for disorders in motor planning. *Developmental Medicine & Child Neurology.*
- Steenbergen, B., Verrel J., & Gordon, A. M. (2007). Motor planning in congenital hemiplegia. *Disability and rehabilitation.*
- Surveillance of Cerebral Palsy in Europe. A collaboration of cerebral palsy surveys and registers (2000). *Dev. Med. Child Neurol* 42, 816–824.
- Thompson, E.L., Bird, G., & Catmur, C. (2019). Conceptualizing and testing action understanding. *Neurosci Biobehav Rev.*
- Valente, D. (2015). Fondamenti di riabilitazione in età evolutiva. Carocci Faber editore, Roma (81-86, 101-107).
- Vandell, D.L., & Wilson, K.S. (1987). Infants' interactions with mother, sibling, and peer: contrasts and relations between interaction systems. *Child Dev.*
- Vargha-Khandem, F., Isaacs, E., & Van Der Werf S (1992). Development of intelligence and memory in children with hemiplegic cerebral palsy. The deleterious consequences of early seizures". *Brain*
- Wicker, B., Keysers, C., Plailly, J., Royet, J.P., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2003). Both of us disgusted in My insula: the common neural basis of seeing and feeling disgust. *Neuron.*
- Wiggett, A.J., Hudson, M., Clifford, A., Tipper, S.P., & Downing, P.E. (2012). Doing, seeing, or both: effects of learning condition on subsequent action perception. *Soc Neurosci.*
- Winters, T.F. Jr., Gage, J.R., & Hicks, R. (1987). Gait patterns in spastic hemiplegia in children and young adults. *J Bone Joint Surg Am.* Mar;69(3):437-41. PMID: 3818706.

SITOGRAFIA

- <https://pin.it/2XhIU0cy>
- https://raffaellocortina.mediabiblos.it/rassegna_stampa/allegati/rizzolatti-ok-salute-e-benessere-01-2023.pdf
- <https://strokengine.ca/en/assessments/box-and-block-test-bbt/>
- <https://today.duke.edu/2000/06/toddler630.html> scritto da Kelly Malcom (2022).
- <https://www.aito.it/aito/formazione/assisting-hand-assessment-aha>
- <https://www.neuropsicomotricista.it/argomenti/tesi-di-laurea-in-tnpee/la-pianificazione-esecuzione-del-movimento-e-funzione-esecutiva-nell-emiparesi-spastica/paralisi-cerebrali-infantili-ed-emiparesi-spastica-la-pianificazione-funzione-esecutiva-ed-esecuzione-del-movimento.html#emiparesispastica>
- <https://www.rch.org.au/melbourneassessment/>
- <https://www.rehab-scales.org/scale/abilhand-kids>
- <https://youtu.be/SmM1Fcq0IdE?si=5GtdjLHCvsbcWfON>
- <https://youtu.be/Z9IIaG8YXHo?si=fEW0YyLsA49bOgqi>

Allegato 1

QUESTIONARIO DI GRADIMENTO AI GENITORI SUL PROGETTO DI TESI GUARDA CHE MAGIA. L'UTILIZZO DELLA PAM-AOT PER PROMUOVERE LA BIMANUALITÀ NEI BAMBINI CON EMIPARESI: CASE REPORT

- Le indicazioni fornite sul progetto sono state sufficientemente chiare?
 Per niente chiare Poco chiare Abbastanza chiare Molto chiare
- Ha riscontrato difficoltà nella visione dei video condivisi con una cartella Drive?
 Mai Raramente Spesso Sempre
- Ha trovato difficoltà nell'utilizzo del materiale fornito?
 Mai Raramente Spesso Sempre
- Ha avuto difficoltà nel trovare il tempo durante la giornata e la settimana per far vedere i video?
 Mai Raramente Spesso Sempre
- Ritieni che la durata complessiva del progetto (3 settimane) sia adeguato?
 Molto adeguata Adeguata Inadeguata Molto inadeguata
- Ha avuto difficoltà a riproporre i video più volte la settimana alla bambina?
 Mai Raramente Spesso Sempre
- Ha trovato altre difficoltà? Quali?

.....
.....

- Come ha reagito la bambina alla visione degli stessi video proposti durante la terapia anche a casa?

.....

.....

- Si ritiene complessivamente soddisfatta del progetto?

.....

.....

- In quali aree ha notato dei miglioramenti nell'utilizzo dell'arto superiore durante i trucchi di magia?

Destrezza manuale

Velocità esecutiva

Coordinazione bimanuale

Fluidità del gesto

Nessuna