



# Università degli Studi di Padova

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA  
PRESIDENTE: *Ch.mo Prof. Raffaele De Caro*

## TESI DI LAUREA

# La Vibrazione Focale in riabilitazione: osservazione clinica degli effetti funzionali in bambini affetti da PCI.

Focal Vibration in rehabilitation: clinical observation of the functional effects on  
children affected by cerebral palsy.

RELATORE: Dott.ssa Ft. Lunardelli Maria Grazia  
Correlatori: Dott. Ft. Vendramin Giorgio  
Dott. Ft. Zorzi Federico

LAUREANDO: Salvalaggio Matteo

Anno Accademico 2015-2016





# Università degli Studi di Padova

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA  
PRESIDENTE: *Ch.mo Prof. Raffaele De Caro*

**TESI DI LAUREA**

## La Vibrazione Focale in riabilitazione: osservazione clinica degli effetti funzionali in bambini affetti da PCI.

Focal Vibration in rehabilitation: clinical observation of the functional effects on children affected by cerebral palsy.

RELATORE: Dott.ssa Ft. Lunardelli Maria Grazia  
Correlatori: Dott. Ft. Vendramin Giorgio  
Dott. Ft. Zorzi Federico

LAUREANDO: Salvalaggio Matteo

Anno Accademico 2015-2016

*“Well it seems I've finally  
Thought of everything  
I want to love  
I want to feel  
Find peace  
Find the real”*

*Alter Bridge “Find the Real”*

## INDICE

<b>RIASSUNTO</b> .....	7
<b>ABSTRACT</b> .....	9
<b>INTRODUZIONE</b> .....	11
<b>1. LA VIBRAZIONE FOCALE</b> .....	13
1.1 Meccanismi d'azione della Vibrazione Focale .....	14
1.2 La repeated muscle vibration o rMV. ....	17
<b>2. ANALISI DELLA LETTERATURA</b> .....	19
2.1 Soggetti sani.....	19
2.2 Riabilitazione ortopedica .....	21
2.3 Riabilitazione geriatrica .....	22
2.4 Riabilitazione neurologica .....	24
2.5 Riabilitazione dell'età evolutiva .....	26
<b>3. MATERIALI E METODI</b> .....	30
3.1 Goal Attainment Scale – GAS .....	31
3.2 Scheda di rilevazione dati .....	33
3.3 Questionario e intervista .....	34
<b>4. ANALISI DEI RISULTATI</b> .....	36
4.1 Goal Attainment Scale – GAS .....	36
4.2 Valutazioni di tono e ROM.....	39
4.3 Questionario e Intervista .....	40
<b>5. DISCUSSIONE</b> .....	43
5.1 Limiti dello studio.....	46
5.2 Conclusioni .....	47

<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	49
<b>APPENDICE</b> .....	52

## **RIASSUNTO**

### **Background**

La Vibrazione Focale può essere usata in riabilitazione sia per problematiche di tipo ortopedico che di tipo neurologico con diversi obiettivi: ridurre la spasticità, facilitare la contrazione muscolare per migliorare le attività funzionali, migliorare il controllo motorio e favorire la riorganizzazione motoria nei disturbi del movimento.

Il protocollo repeated Muscle Vibration applicato attraverso lo strumento commerciale Crosystem® produce delle modificazioni plastiche della corteccia motoria primaria ed è in grado di modificare alcune attività funzionali come il cammino, anche in pazienti affetti da PCI in età evolutiva.

L'intento di questo elaborato è quello di osservare le modificazioni funzionali ottenibili con il protocollo rMV in un contesto clinico in pazienti in età evolutiva affetti da paralisi cerebrale infantile.

### **Materiali e metodi**

Il protocollo rMV consiste nell'applicazione di una vibrazione ad alta frequenza (100 Hz) e bassa ampiezza (300-500  $\mu$ m) per dieci minuti tre volte al giorno per tre giorni consecutivi sullo stesso punto muscoloscheletrico, mentre lo stesso muscolo trattato viene mantenuto in leggera contrazione isometrica attraverso uno specifico strumento commerciale, denominato Crosystem®. In questo studio sono stati presi in considerazione bambini tra uno e diciotto anni con diagnosi di PCI affluenti ad uno studio privato. È stata fatta una valutazione iniziale da parte del fisioterapista della struttura per scegliere il/i punto/i muscoloscheletrici da trattare. Alla valutazione del fisioterapista è seguita la somministrazione di una scheda di rilevazione dati (Appendice 1) da parte del sottoscritto e la videoregistrazione di alcune attività funzionali importanti per il distretto trattato. Successivamente è stato erogato il trattamento con il protocollo rMV. La videoregistrazione è stata ripetuta alla fine del terzo giorno di trattamento e dopo trenta giorni a casa dai genitori. Sulla base delle videoregistrazioni è stata compilata da parte di un fisioterapista esterno una Goal Attainment Scale per ciascun bambino per un

obiettivo motorio specifico. Sono poi assegnati i punteggi delle GAS sulla base delle videoregistrazioni.

È stato, inoltre, proposto ai genitori dei bambini, che hanno usufruito di tale trattamento affluenti al suddetto studio privato e non solo a quelli arruolati per la parte sperimentale, un questionario qualitativo/quantitativo (Appendice 3).

Infine è stata condotta un'intervista informale nei bambini – arruolati nella parte sperimentale dello studio - che potessero dare delle risposte attendibili riguardo al trattamento.

### **Risultati**

Sono stati arruolati otto pazienti corrispondenti ai criteri di inclusione ed esclusione. È stato calcolato l'Overall GAS score al t0, t1 e t2, rispettivamente prima, subito dopo e in media 32,3 giorni dopo il trattamento. Tale punteggio ha subito una variazione di + 18,17 al t1 e di + 14,91 al t2 rispetto a t0. In generale il trattamento ha prodotto degli effetti significativi per il 62,5% dei pazienti al t1 e per almeno il 50% al t2.

Sono stati raccolti 11 questionari e 3 interviste. Da tali dati emerge che il trattamento con il protocollo rMV è molto apprezzato in quanto non invasivo e senza controindicazioni. Inoltre i risultati funzionali, quando presenti, sono osservabili anche dai familiari e dai bambini stessi.

### **Conclusioni**

L'applicazione del protocollo rMV attraverso il Crosystem® produce degli effetti funzionali significativi in un contesto clinico in pazienti affetti da PCI in età evolutiva. Questi dati alimentano la possibilità di considerare la Vibrazione Focale come uno dei trattamenti complementari al percorso riabilitativo di ciascun bambino con questi disturbi di movimento.



## **ABSTRACT**

### **Background**

Focal Vibration can be used in orthopedic and neurological rehabilitation for different purposes: to reduce spasticity, to facilitate muscular contraction in order to improve functional activities, to improve motor control and to help motor reorganization in movement disorders.

The repeated Muscle Vibration (rMV) protocol applied through the commercial device Crosystem® produces plastic modifications of the primary motor cortex, and can modify some functional activities, such as walking, even in young patients affected by cerebral palsy.

The aim of this study is to observe the functional modifications gained through the application of the rMV protocol in a clinical context, in children affected by cerebral palsy.

### **Materials and Methods**

The rMV protocol consists in the application of a vibration at high frequency (100 Hz) and low amplitude (300-500  $\mu\text{m}$ ) to a specific muscular segment, while that muscle is maintained in a little isometric contraction through the aforementioned Crosystem®. The vibration is given three times a day for ten minutes, for three consecutive days on the same muscular segment. The Children between the age of one and eighteen with a diagnosis of cerebral palsy have been considered in this study. All the patients have been treated in the same private clinic. An initial evaluation was done by the physiotherapist of the structure to decide the muscular point/s to be treated. Then a data collection sheet (Appendice 1) was filled by the undersigned, and some important functional activities for the treated segment were video recorded. After that the patient was treated with the rMV protocol. The video was recorded again at the end of the third day of treatment and after thirty days at home by the parents. A Goal Attainment Scale (GAS) was then formulated by an external physiotherapist for one specific motor goal for each child. Later the GASs were graded on the base of the videos.

Furthermore a qualitative and quantitative survey was submitted to all the parents that used this treatment for their children in this clinic, without regarding to the inclusion/exclusion criteria of the experimental part.

Finally an informal interview was conducted in the children - enrolled in the experimental part of the study - that could give appropriate answers about the treatment.

## **Results**

Eight patients were enrolled according to the inclusion/exclusion criteria. The Overall GAS score was calculated at t0, t1 and t2, respectively before, after, and on average 32,3 days after the treatment. There was a change of +18,17 points at t1, and of +14,91 at t2 compared to t0. Overall the treatment had positive effects in the 62,5% of the patients at t1, and in at least 50% at t2.

Eleven surveys and three interviews were collected. From these data we can say that the treatment with the rMV protocol is appreciated because it is not invasive and without contraindications. Furthermore the functional results, when present, were seen even by the parents or by the same child.

## **Conclusions**

The application of the rMV protocol through the Crosystem® gives significant functional effects in a clinical contest in children affected by cerebral palsy. This data suggest that the Focal Vibration could be used as a supplementary treatment option in the rehabilitation of each child with this kind of movement disorders.

## INTRODUZIONE

L'idea per l'argomento di questo elaborato è nata l'anno scorso dall'interesse nel voler approfondire il tema della spasticità nelle paralisi cerebrali infantili. A questo interesse è seguita una ricerca bibliografica per comprendere meglio l'argomento in questione. Dal confronto con la relatrice di questo lavoro si è presentata la possibilità di approfondire l'utilizzo di uno strumento relativamente nuovo e ancora poco conosciuto nella riabilitazione dell'età evolutiva: il Crosystem®, presso il centro servizi *Il Puzzle della Vita* di Pederobba (TV).

Il Crosystem è una strumentazione meccanica in grado di erogare una Vibrazione Focale (FV) ad un muscolo target. Questo strumento fornisce una vibrazione a bassa ampiezza (300-500  $\mu\text{m}$ ) e alta frequenza (100 Hz), la quale è in grado di sollecitare i recettori che regolano la rigidità articolare, in particolare i fusi neuromuscolari, dai quali raggiunge come stimolo la corteccia senso-motoria alla quale dà delle modificazioni plastiche inibitorie e/o facilitatorie.

Per far sì che questo strumento produca degli effetti plastici duraturi è stato concepito il protocollo repeated Muscle Vibration (rMV), il quale prevede che la vibrazione sia applicata nello stesso punto per tre volte da dieci minuti, con intervallo di circa un minuto tra un'applicazione e l'altra per tre giorni consecutivi, mentre il paziente mantiene in leggera contrazione isometrica il distretto trattato.

Questo apparecchio è usato con successo nelle comuni problematiche ortopediche, per accelerarne e migliorarne la riabilitazione, e in condizioni legate all'invecchiamento. Si sta, inoltre, approfondendo l'utilizzo del Crosystem in patologie neurologiche, legate quindi a situazioni di iper- o ipo-tonia muscolare, sia nell'adulto che nel bambino.

Come sappiamo, ricerca e clinica non sempre corrono sullo stesso binario e, mentre in un laboratorio è possibile controllare ogni variabile, in un contesto "reale" questo non può succedere. Il quesito di ricerca iniziale, quindi, è stato quello di osservare le modificazioni funzionali a breve e medio termine prodotte da questo particolare protocollo applicato attraverso questo apparecchio strumentale, in un contesto clinico in bambini affetti da Paralisi Cerebrale Infantile, in modo tale da

verificare un possibile inserimento della vibrazione focale nel percorso riabilitativo convenzionale proposto ai bambini con questo tipo di patologia.

È stata data risposta a tale quesito attraverso misurazioni condotte da personale sanitario – fisioterapisti – attraverso un questionario quantitativo/qualitativo proposto ai genitori dei bambini in trattamento e con un'intervista informale al bambino stesso in caso fosse in grado di dare delle risposte attendibili.

Il primo capitolo dell'elaborato è atto a spiegare il background scientifico e il substrato neurofisiologico della vibrazione focale. Viene, inoltre, introdotto il protocollo della repeated Muscle Vibration.

Nel secondo capitolo è analizzata la letteratura a supporto dell'applicazione di questo particolare protocollo in diverse branche della riabilitazione, in particolare in quella neurologica e dell'età evolutiva.

I successivi due capitoli riportano l'esperienza sperimentale svoltasi nel corso di questo anno, tra gennaio e settembre 2016 presso il centro servizi *Il Puzzle della Vita* di Pederobba (TV), per rispondere al quesito di ricerca iniziale.

## 1. LA VIBRAZIONE FOCALE

La Vibrazione è un fenomeno fisico che si definisce come l'oscillazione di un corpo attorno ad un punto di equilibrio con ampiezza relativamente piccola e frequenza relativamente alta. (1) I descrittori fisici di una vibrazione sono: la sua frequenza, ovvero il numero di oscillazioni che compie in un determinato periodo di tempo, misurata in Hz, e la sua ampiezza, ovvero la distanza maggiore che il corpo raggiunge dal punto di equilibrio.

In riabilitazione sono stati studiati principalmente due tipi differenti di vibrazione per i loro effetti terapeutici: la Vibrazione Globale o Whole Body Vibration (WBV) e la Vibrazione Focale o Focal Vibration (FV).

La WBA è applicata a tutto il corpo attraverso apposite piattaforme, all'interno delle quali il paziente è solitamente posizionato fermo. Questo tipo di terapia usa frequenze da pochi a 50 Hz ad ampiezze non più grandi di alcuni millimetri. Gli effetti della WBA riportati dalla letteratura sono: l'aumento della forza e della massa muscolare, e il miglioramento dell'equilibrio. (3)

La Vibrazione Focale, invece, può essere applicata ad muscolo o ad un gruppo muscolare specifico attraverso un apposito strumento, utilizza frequenze più alte rispetto alla WBA (80-120 Hz), ampiezze da zero a pochi millimetri e produce l'effetto terapeutico solo per quel determinato distretto. (2)

La FV è attualmente usata in riabilitazione sia per problematiche di tipo ortopedico che di tipo neurologico con diversi obiettivi: ridurre la spasticità, facilitare la contrazione muscolare per migliorare le attività funzionali, stimolare il sistema propriocettivo al fine di ottenere un controllo motorio più efficiente e favorire la riorganizzazione motoria nei disturbi del movimento. Questo strumento si è inoltre dimostrato utile nel migliorare l'attenzione in pazienti con emi-negletct. (4) Si ottengono questi effetti grazie al fatto che la stimolazione data dallo strumento terapeutico induce dei cambiamenti plastici a livello di sistema nervoso centrale (5) (6), soprattutto per quanto riguarda il ri-processamento delle informazioni propriocettive. (7)

Storicamente la vibrazione è stata usata in modo empirico dagli anni 60 in riabilitazione, ma solo negli ultimi 15 anni si è sviluppato un filone di ricerca con l'obiettivo di capire le potenzialità di questo strumento terapeutico e i precisi meccanismi con i quali questo agisce.

### **1.1 Meccanismi d'azione della Vibrazione Focale**

La Vibrazione Focale, applicata ad un muscolo o al suo tendine a determinate frequenze, è in grado di attivare alcuni recettori muscolari, in particolare le terminazioni primarie dei fusi neuromuscolari, alle quali arrivano le fibre afferenti di tipo 1a.

Questo tipo di fibre viene attivato in modo ottimale ad una frequenza di 75 - 80 Hz, ma si è visto che anche stimoli fino a 120 Hz riescono ad ottenere un'attivazione significativa, mentre impulsi più alti o più bassi rispetto a questo range (75-120 Hz) sono meno efficaci. (8) Una volta stimulate, le fibre restituiscono in rapporto uno a uno lo stimolo ricevuto alle vie sensitive e di conseguenza al sistema nervoso centrale. Il fenomeno è anche chiamato *driving*. (2)

Altri studi hanno, invece, suggerito che vengano attivate non solo le terminazioni primarie dei fusi neuromuscolari, ma anche gli organi tendinei del Golgi, soprattutto se il muscolo è mantenuto in contrazione. Inoltre verrebbero coinvolte le terminazioni secondarie dei fusi neuromuscolari, sebbene in maniera meno significativa. (9)

Nonostante la letteratura abbia opinioni diverse su quali organuli vengano attivati dalla vibrazione, sono molto più importanti a livello riabilitativo e funzionale gli effetti che questa dimostra di avere a livello del SNC. Nel 2004 K. Rosenkranz e J. C. Rothwell, infatti, hanno dimostrato che una FV di quindici minuti ad una frequenza di 80 Hz modifica la rappresentazione corticale delle aree dei muscoli che ricevono la vibrazione per almeno 30 minuti. (12)

Una review del 2014 (4) riguardante gli effetti della FV in neuroriabilitazione ha raccolto gli studi disponibili in letteratura su questo argomento, confrontando gli

effetti ottenuti dai diversi autori, ognuno dei quali utilizza ampiezze, frequenze e durate diverse dello stimolo terapeutico.

In questo articolo viene riportato che questa stimolazione può agire attraverso meccanismi spinali o di tipo centrale. Nel primo caso lo stimolo produce il così detto TVR (Tonic Vibration Reflex), ovvero un riflesso da stiramento provocato da una vibrazione che causa di conseguenza la contrazione del muscolo vibrato e in alcuni casi una sensazione di movimento del segmento interessato. Questo riflesso, come il suo omologo meccanico, è mediato dalle terminazioni primarie dei fusi neuromuscolari.

A livello centrale, invece, si è visto tramite studi con Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) che l'aumento degli input propriocettivi derivati dalla zona target riesce a produrre una modificazione della corteccia cerebrale sia sensitiva che motoria. In particolare si verificano un aumento dell'eccitabilità, dimostrato da una facilitazione dei Motor Evoked Potentials (MEPs), una riduzione dell'inibizione intracorticale e un aumento della facilitazione intracorticale relative e specifiche per il muscolo vibrato. Si verifica, inoltre, una diminuzione dell'eccitabilità delle aree relative al muscolo antagonista a quello vibrato.

Studi condotti attraverso imaging funzionale hanno dimostrato un'attivazione non solo delle aree sensitive, ma anche delle aree motorie, premotorie e motorie supplementari durante la vibrazione. Questi meccanismi potrebbero essere alla base degli effetti funzionali ottenuti con questo tipo di terapia.

La maggior parte degli studi utilizza la vibrazione focale sotto soglia per il TVR, ovvero ad alta frequenza ed alta ampiezza, controllando che questo non si verifichi attraverso l'elettromiografia di superficie, poiché si è visto che in questo modo viene normalizzata la soglia di attivazione dei riflessi spinali, diminuiscono le co-contrazioni e migliora il controllo motorio. Per cui si può affermare che gli effetti osservati dipendano, quanto meno in modo prevalente, dai meccanismi di tipo centrale.

Nonostante questa review affermi che la FV riesca ad ottenere risultati positivi sia per quanto riguarda la diminuzione del tono in caso di spasticità, che di miglioramento del controllo motorio in casi che potremmo definire di ipotonia, la maggior parte degli studi citati o non riporta un follow-up o lo riporta ma solo a breve distanza (2 giorni).

Gli studi analizzati dalla review che riportano un follow-up a medio lungo termine sono sei. Shindler et al. (10) nel 2002 riportano, con un follow-up fino a 2 mesi, una significativa diminuzione della sintomatologia dovuta al neglect successivamente all'applicazione della FV ai muscoli posteriori del collo. Johannsen et al. (11) nel 2003 con un protocollo simile, sempre su pazienti con neglect, hanno avuto una diminuzione dell'emeleggenza con un follow-up fino a più di 400 giorni dall'intervento. Paoloni et al. (14) riportano un miglioramento nella velocità del cammino in pazienti con ictus cronici, ritrovato anche al follow-up ad un mese dal trattamento in un primo studio, e una diminuzione del tono e dell'affaticabilità, combinando vibrazione focale e tossina botulinica in pazienti con sclerosi multipla in un secondo studio. In quest'ultimo i risultati si sono mantenuti nei follow-up a 1 e 3 mesi (15). Caliandro et al. (17) hanno avuto un risultato significativo fino ad un mese dopo il trattamento nel miglioramento delle attività funzionali dell'arto superiore in pazienti con ictus in fase cronica, ma non hanno trovato significative variazioni nel tono e nel dolore. Infine Traversene et al. (16) nel 2013 hanno ottenuto un miglioramento del controllo motorio selettivo nella funzione di reaching dell'arto superiore in pazienti con ictus cronicizzato fino a due settimane dall'applicazione della vibrazione.

Da tutti gli studi che hanno ottenuto un risultato significativo a medio-lungo termine si evince che la vibrazione focale deve avere una durata di almeno dieci minuti e dev'essere applicata più volte per ottenere un effetto migliore e più duraturo.



## **1.2 La repeated muscle vibration o rMV.**

Questa intuizione, ovvero il fatto che il trattamento con FV dovesse durare almeno 10 minuti e dovesse essere ripetuto più volte, è stata fatta propria da un gruppo di ricerca italiano ancora prima dell'uscita della review precedentemente citata.

Combinando queste acquisizioni è stato impostato un protocollo in modo da ottenere risultati che potessero essere il più possibile duraturi, coniando quindi la denominazione repeated Muscle Vibration (rMV). Questo protocollo consiste nell'applicazione di una vibrazione ad una frequenza di 100 Hz, compresa nel range ottimale 75 -120 Hz, ed a bassa ampiezza (300-500  $\mu\text{m}$ ), quindi sotto soglia per il TVR, ma sufficiente ad attivare le afferenze fusali e insufficiente a danneggiare le fibre muscolari. La FV viene applicata nello stesso punto tre volte al giorno per dieci minuti, alternate da circa un minuto di pausa, per tre giorni consecutivi, attraverso uno specifico strumento dal nome commerciale Cro®System. (5) Questo strumento è costituito da: una centralina elettrica, un trasduttore elettromeccanico e uno specifico supporto meccanico che impedisce la propagazione e la distorsione della frequenza di vibrazione. L'altra caratteristica peculiare di questo protocollo è che il paziente deve mantenere una leggera contrazione isometrica del gruppo muscolare trattato per tutta la durata della vibrazione. Questa scelta è stata effettuata inizialmente per rendere il muscolo più rigido, per garantire una miglior propagazione della vibrazione nel tessuto stesso, e per indirizzare l'attenzione del soggetto nella zona trattata. Successivamente è stato verificato anche che in questo modo si ottengono effetti migliori e più duraturi. (7)

Dal punto di vista neurofisiologico si è visto, attraverso studi con TMS (Transcranial Magnetic Stimulation), che questa determinata metodica di trattamento ottiene degli effetti corticali diametralmente opposti a quelli riportati dalla review di N. Murillo et al. del 2014. Si verificano, infatti, fenomeni inibitori nel muscolo che riceve la vibrazione, facilitatori nel muscolo antagonista. (5) Clinicamente questo si traduce in un miglioramento della rigidità articolare del distretto trattato, dovuto ad una normalizzazione del tono muscolare, che produce quindi una migliore performance funzionale di tale segmento.

Queste modificazioni si mantengono dopo il trattamento a medio-lungo termine e verranno descritte in maniera più specifica ed approfondita nel prossimo capitolo(7) (13).

## **2. ANALISI DELLA LETTERATURA**

È stata condotta una ricerca su Pub Med con le parole chiave: *muscle vibration*, *focal vibration*, *repeated muscle vibration*, *muscle tendon vibration*. Da queste ricerche sono stati selezionati 29 articoli per fornire il background scientifico relativo all'utilizzo della vibrazione focale in riabilitazione.

Tra i risultati sono stati selezionati 12 articoli specifici per il protocollo repeated Muscle Vibration. Questi sono stati poi raggruppati nelle seguenti categorie:

- Soggetti sani – 2 articoli;
- Riabilitazione ortopedica – 2 articoli;
- Riabilitazione geriatrica – 2 articoli;
- Riabilitazione neurologica – 3 articoli;
- Riabilitazione dell'età evolutiva – 3 articoli.

Nei seguenti paragrafi saranno analizzati gli articoli più recenti ritrovati in letteratura riguardo a questo protocollo.

### **2.1 Soggetti sani**

La rMV è stata testata prima in soggetti sani, per poi espandere i suoi utilizzi in tutti i campi della riabilitazione. Per quanto riguarda questo campo sono stati ritrovati in letteratura due articoli.

Il primo condotto da L. Fattorini et al. nel 2006 (7) è rivolto a valutare gli effetti clinici della vibrazione focale sul quadricipite di soggetti sani. Gli autori hanno verificato che questo protocollo può indurre delle modificazioni persistenti nella performance di questo muscolo, verosimilmente dovute ad un miglioramento del controllo motorio.

In questo studio quasi sperimentale 21 soggetti sono stati divisi in tre gruppi di sette, ogni gruppo con cinque maschi e due femmine. Il primo gruppo ha ricevuto il protocollo rMV applicato contemporaneamente a due punti del quadricipite femorale sinistro, uno sul vasto mediale e uno sulla giunzione muscolo-tendinea distale del retto femorale, mentre manteneva una leggera contrazione isometrica dello stesso muscolo.

Il secondo gruppo ha ricevuto lo stesso protocollo senza mantenere il muscolo in contrazione, mentre il terzo gruppo non ha ricevuto alcun trattamento.

Tutti i partecipanti sono stati sottoposti a test isometrici e isotonici, mentre solo il gruppo sperimentale è stato sottoposto anche ad un test isocinetico. Le valutazioni sono state effettuate 7 giorni prima e 14 giorni dopo la fine del trattamento. Nessuno di questi soggetti partecipava ad allenamenti specifici che potessero alterare i risultati dello studio.

I risultati più rilevanti per quanto riguarda il quadricipite sinistro del gruppo sperimentale sono stati:

- Test isometrici - Aumento del Rate of Force Development, ovvero della forza sviluppata a prestabiliti intervalli di tempo durante il test isometrico, senza un aumento della massima contrazione volontaria;
- Test isocinetici – Diminuzione del tempo impiegato per raggiungere la massima forza, senza una modificazione del rapporto velocità/forza;
- Test isotonici – Aumento del numero di ripetizioni di leg extension.
- Non sono state registrate importanti variazioni significative negli altri gruppi.

Questi risultati non possono essere attribuiti ad un aumento della massa muscolare, dato il breve tempo trascorso tra trattamento e test. Inoltre è inverosimile che questi cambiamenti siano da attribuire ad un miglioramento del reclutamento di unità motorie, dato che la contrazione massimale e il rapporto velocità/forza sono rimasti invariati. Gli autori hanno perciò asserito che queste variazioni fossero dovute alle modificazioni plastiche del controllo motorio indotte dal protocollo rMV. Questa affermazione è supportata dal fatto che siano aumentate le ripetizioni di leg extension al test isotonico e quindi la resistenza alla fatica. Ciò potrebbe infatti derivare dal miglioramento della rigidità funzionale del ginocchio indotta dal cambiamento nel computamento delle informazioni propriocettive.

Il secondo articolo analizzato è già stato precedentemente citato. È stato scritto da B. Marconi et al. nel 2008 ed è volto ad investigare gli effetti corticali della rMV in 36 soggetti adulti sani attraverso Transcranial Magnetic Stimulation (TMS).

Gli autori concludono che questo tipo di trattamento può dare dei cambiamenti duraturi, pari ad almeno due settimane, nello stato di eccitazione/inibizione della corteccia motoria primaria.

In particolare hanno osservato una diminuzione del volume della mappa corticale del muscolo trattato e un aumento del volume del muscolo antagonista. Hanno, inoltre, visto un aumento dell'inibizione intracorticale nel muscolo trattato e una diminuzione della stessa nell'antagonista. Questi risultati sono risultati specifici per il muscolo trattato ed il suo antagonista, non riflettendosi nei segmenti adiacenti.

## **2.2 Riabilitazione ortopedica**

La riabilitazione ortopedica è stato il secondo step che ha portato poi ad applicare il protocollo repeated Muscle Vibration in svariati settori della riabilitazione. In questo campo in letteratura si ritrovano un articolo riguardante la riabilitazione post ricostruzione del legamento crociato anteriore e uno sulle performance motorie di una squadra di pallavoliste.

Il primo di questi, condotto da Brunetti et al. nel 2006 (18), è volto a testare se la vibrazione focale possa migliorare gli outcome riabilitativi relativi ad un operazione di ricostruzione del legamento crociato anteriore del ginocchio con un disegno a doppio cieco. Il protocollo rMV è stato applicato un mese dopo l'operazione al quadricipite di quindici soggetti, mentre un trattamento placebo è stato fornito ad altrettanti pazienti, con le stesse tempistiche.

Le rilevazioni, condotte dal giorno dopo fino a nove mesi dall'applicazione della vibrazione, hanno dimostrato un aumento dell'equilibrio ad occhi chiusi sul singolo arto operato e del momento torcente degli estensori di ginocchio nel gruppo sperimentale rispetto ai gruppi di controllo. Queste modificazioni verificatesi subito dopo il trattamento e mantenutesi nel corso della riabilitazione standard, secondo gli autori sono da imputare ad un miglioramento del processamento degli input propriocettivi. Il trattamento può quindi essere considerato utile nel recuperare più velocemente equilibrio e forza dopo la ricostruzione del LCA.

Il secondo articolo analizzato in questa sezione, condotto sempre da Brunetti et al. nel 2012 (19), verifica gli effetti del protocollo rMV su un gruppo di pallavoliste. Il campione di diciotto donne è stato diviso in tre gruppi da sei ciascuno in modo randomizzato. Il gruppo sperimentale ha ricevuto la vibrazione focale con associata contrazione del muscolo quadricipite, il secondo gruppo solo la vibrazione, mentre al terzo gruppo è stato posizionato il trasduttore in maniera inefficace, affinché la vibrazione non venisse propagata al muscolo. Le giocatrici hanno ricevuto il trattamento ad inizio stagione e hanno seguito gli stessi allenamenti per l'intero anno sportivo.

Lo studio riporta che nel gruppo sperimentale si è verificato un aumento della potenza e della forza esplosiva, e una riduzione della lassità del ginocchio significativi rispetto ai due gruppi di controllo, nei quali non sono state registrate modificazioni significative. Questi risultati si sono mantenuti nei follow-up seguenti a 30 e 240 giorni dall'intervento. Tali miglioramenti potrebbero essere spiegati da modificazioni plastiche e selettive del controllo motorio indotte centralmente dal suddetto protocollo.

Gli autori concludono, quindi, che questo strumento potrebbe essere utilizzato per ottimizzare alcuni programmi di allenamento.

### **2.3 Riabilitazione geriatrica**

Filippi et. al. nel 2009 (20) hanno esteso il campo di applicazione della vibrazione focale alla riabilitazione di soggetti anziani. Gli autori hanno voluto testare l'efficacia del protocollo rMV applicandolo ad entrambi i quadricipiti in donne con età superiore a sessant'anni.

Nello studio sono state analizzate le seguenti variabili: stabilità mono-podalica, altezza del salto e potenza del quadricipite. Il campione di 60 donne è stato diviso in tre gruppi da venti. Similmente agli studi precedentemente citati, il primo ha ricevuto la vibrazione focale associata a contrazione del quadricipite, il secondo vibrazione a muscolo rilassato e il terzo ha ricevuto una vibrazione placebo associata alla contrazione del quadricipite.

Nel gruppo sperimentale tutte e tre le variabili analizzate si sono modificate significativamente in positivo, continuando a migliorare leggermente nei successivi follow-up a 30 e 90 giorni, mentre non sono stati registrati effetti significativi negli altri due gruppi. Gli autori attribuiscono il successo di questa stimolazione sia al miglioramento del controllo motorio, dovuto ad una stimolazione plastica di tipo centrale, ma anche ad una diminuzione delle co-contrazioni necessarie ad effettuare un movimento, migliorando quindi la regolazione della rigidità articolare.

Lo stesso intervento è stato ripetuto da C. Celletti et al. nel 2015 (21) in un campione di 350 di donne sopra i 65 anni, per valutare l'efficacia del trattamento con repeated Muscle Vibration nella prevenzione delle cadute in donne anziane.

Il campione è stato diviso in due gruppi, uno ricevente la vibrazione su entrambi i quadricipiti con associata contrazione degli stessi muscoli, l'altro ricevente una vibrazione placebo. I risultati sono stati valutati tramite la Performance-Oriented Mobility Assessment (POMA), più conosciuta come scala Tinetti.

Gli outcome sono stati molto positivi, in quanto hanno segnalato una significativa diminuzione del rischio di cadute nel gruppo sperimentale dopo un giorno del trattamento. Il dato è migliorato ulteriormente nei follow-up a 30 e 90 giorni.

Questi due studi dimostrano come questo protocollo possa essere efficace nel miglioramento delle performance motorie in giovani anziani e nella diminuzione del rischio cadute negli anziani, aprendo nuove possibilità cliniche per l'utilizzo di questo strumento.

## **2.4 Riabilitazione neurologica**

Dati i risultati positivi emergenti dai primi studi fatti sulla rMV, considerando i suoi effetti di inibizione/eccitazione centrali, si è pensato che questo strumento potesse essere usato anche per guidare il recupero e migliorare le performance motorie di pazienti affetti da lesioni neurologiche.

B. Marconi et al. nel 2010 (13) hanno testato questo particolare protocollo in pazienti con ictus cronicizzato, ovvero avvenuto almeno un anno prima dello studio, analizzandone gli effetti sia da un punto di vista neurofisiologico, mediante TMS, sia clinicamente, valutando funzionalità motoria e tono muscolare dell'arto superiore.

Nello studio sono stati arruolati trenta pazienti emiplegici in grado di eseguire una minima contrazione volontaria in flessione di gomito e polso. Il campione è stato diviso in due gruppi: quello sperimentale ha ricevuto il protocollo rMV sul bicipite brachiale e simultaneamente sui flessori di polso associato a della fisioterapia, mentre il gruppo di controllo ha ricevuto solo la fisioterapia. Entrambi i gruppi hanno effettuato 3 sedute di fisioterapia di un'ora ciascuna in 3 giorni consecutivi, corrispondenti ai 3 giorni di trattamento con la vibrazione focale.

Tutti i pazienti sono stati valutati prima dell'intervento, un'ora dopo la fine dei tre giorni di trattamento, una settimana e due settimane dopo. Le valutazioni hanno rilevato i seguenti risultati significativi nel gruppo sperimentale, che si sono mantenuti almeno fino a due settimane dopo il trattamento:

- Una riduzione della soglia di attivazione a riposo (Resting Motor Threshold – RMT), un aumento dell'area corticale dei muscoli trattati e del volume corticale sia dei muscoli trattati che degli antagonisti.
- Un aumento dell'inibizione intra-corticale dei muscoli trattati e una diminuzione della stessa nei muscoli antagonisti.
- Una significativa diminuzione del tono muscolare (scala MAS) e un miglioramento della funzionalità dell'arto superiore (Motricity Index for the upper limbs, Wolf Motor Function Test – Functional Ability)



- Una correlazione significativa tra grado di spasticità e inibizione intracorticale.

Gli autori hanno concluso che la rMV può essere usata in aggiunta alla fisioterapia per favorire il recupero delle funzioni motorie in pazienti affetti da ictus.

Successivamente nello studio di P. Caliandro et al. nel 2012 (17) la repeated Muscle Vibration è stata applicata ai muscoli piccolo pettorale e bicipite brachiale, sempre in pazienti con ictus cronicizzato. I 49 pazienti arruolati sono stati divisi in due gruppi: quello sperimentale (28 pazienti) e quello di controllo (21 pazienti), che ha ricevuto un trattamento con uno stimolo vibratorio placebo nel corso dei tre giorni di terapia.

Le valutazioni sono state ripetute prima dell'intervento, ad una settimana e ad un mese di distanza dal trattamento, riportando un significativo miglioramento funzionale nel gruppo sperimentale (Wolf Motor Function Test – Functional Ability) e nessuna variazione nei punteggi di MAS e di VAS (outcome secondari). Il gruppo di ricerca ha considerato che questi risultati possano essere stati condizionati dalle contratture e dalle limitazioni articolari strutturate che impediscono grandi miglioramenti funzionali in questo tipo di pazienti. La Vibrazione Focale, agendo sulle componenti attive del muscolo e non su quelle passive, potrebbe avere quindi dei risultati migliori su pazienti acuti e subacuti. C'è inoltre da considerare che il trattamento ha dato risultati positivi per sette pazienti su ventuno del gruppo sperimentale, e in due pazienti su quindici nel gruppo di controllo.

I risultati di questo studio sono comunque incoraggianti e suggeriscono che la rMV possa essere utilizzata per migliorare la funzionalità dell'arto superiore in pazienti con ictus cronicizzato, ma sono necessari studi più ampi, multi-centro e randomizzati.

C. Pazzaglia et al. nel 2016 (22) hanno applicato la rMV in pazienti affetti da Charcot-Marie-Tooth di tipo 1 A, per valutarne gli effetti su: equilibrio, forza, resistenza e qualità della vita di questi pazienti.

Sono stati arruolati quattordici pazienti a cui è stato proposto il trattamento con il protocollo repeated Muscle Vibration sul quadricipite e sul tricipite surale.

Le valutazioni effettuate prima del trattamento, ad una settimana e ad un mese dallo stesso comprendevano: la Berg Balance Score (outcome primario), Dynamic Gait Index, Six Minutes Walking Test, forza muscolare (MRC), qualità della vita (SF-36) e valori stabilometrici calcolati con l'ausilio di una piattaforma bipodalica (outcome secondari).

I risultati hanno dimostrato un miglioramento significativo nella Berg Scale e nel Dynamic Gait Index. Gli altri parametri di valutazione non hanno mostrato variazioni significative. Per quanto riguarda i valori stabilometrici ci sono stati risultati positivi solo per i test ad occhi chiusi, a confermare il fatto che la vibrazione focale agisca sui circuiti propriocettivi e di controllo motorio.

Questi risultati hanno fatto concludere agli autori che questo tipo di terapia può essere usato per migliorare l'equilibrio in pazienti affetti da Charcot-Marie-Tooth di tipo 1 A, ma sono necessari maggiori evidenze e più studi.

### **2.5 Riabilitazione dell'età evolutiva**

Considerati le emergenti evidenze, l'assenza di effetti nocivi e di eventi avversi dovuti all'applicazione della repeated Muscle Vibration nella riabilitazione di soggetti adulti, dati le solide basi neurofisiologiche su cui si basa questo tipo di trattamento e gli effetti clinici già dimostrati, si è giunti ad analizzare scientificamente questo strumento terapeutico anche in un campo della riabilitazione più delicato, ovvero quello dell'età infantile.

C. Celletti e F. Camerota nel 2011 (23) hanno riportato dei preliminari risultati positivi per quanto riguarda l'applicazione della repeated Muscle Vibration in bambini affetti da paralisi cerebrale infantile.

In particolare gli autori hanno applicato la rMV al tricipite surale di bambini affetti da un quadro di diplegia, valutando il tono del muscolo trattato con la scala MAS (Modified Ashworth Scale) e il ROM, in flessione dorsale della caviglia prima, ventiquattro ore, trenta giorni e dodici settimane dopo il trattamento.

Dai risultati sono emersi una diminuzione del tono del 40% e un incremento del ROM del 7,7% rispetto ai valori iniziali, che si sono mantenuti nelle tre misurazioni successive al trattamento.

Questi dati, nonostante siano stati ottenuti con misurazioni manuali su un campione ristretto di pazienti, confermano che il trattamento con la repeated Muscle Vibration possa essere utilizzato in maniera sicura – poiché non si sono riscontrati eventi avversi dopo il trattamento – nella riabilitazione dei bambini affetti da PCI, e che questo strumento merita studi scientifici più approfonditi che ne certifichino la validità.

Filippo Camerota et al. nel 2011 (24) hanno valutato quantitativamente gli effetti del protocollo rMV sul cammino di un bambino di cinque anni affetto da Paralisi Cerebrale Infantile con l'ausilio della Gait Analysis.

Il bambino era affetto da un quadro di tetraparesi spastica, con minimo coinvolgimento degli arti superiori, classificato al secondo livello della Gross Motor Function Classification System (GMFCS), e con uno sviluppo cognitivo adeguato all'età. Il cammino presentava il tipico pattern in punta dei piedi con un aumento della flessione di anca e ginocchio bilateralmente in tutte le fasi del passo. L'analisi del cammino è stata effettuata prima e dopo un mese dall'intervento. Sono stati trattati i tricipiti surali bilateralmente.

Gli autori hanno riportato un miglioramento sia dei parametri spaziotemporali sia cinematici ad un mese di distanza dal trattamento. Per quanto riguarda i primi sono migliorate la velocità di progressione, la durata della fase di appoggio e l'ampiezza del passo anteriore bilateralmente. Per i secondi si è assistito ad un miglioramento della cinematica di tutte le articolazioni dell'arto inferiore bilateralmente:

- Il bacino ha ridotto la sua tendenza verso l'antiversione;
- È diminuita la flessione d'anca sia in fase di swing che in fase d'appoggio; questi miglioramenti sono verosimilmente dovuti ad un aumento del controllo motorio a livello della caviglia;
- Il ginocchio, che inizialmente presentava un pattern molto asimmetrico – con iperestensione in fase di stance e limitata flessione in fase di volo

a sinistra, e una costante flessione sia in swing che in stance a destra – ha ottenuto maggiore simmetria nello schema del passo, diminuendo entrambi gli atteggiamenti presentati;

- La caviglia presentava un cammino in punta in tutte le fasi del passo, con un equino maggiore a sinistra. Dopo il trattamento è diminuita la flessione plantare a sinistra, mentre a destra è migliorato il modulo motorio di flessione dorsale durante la fase di volo.

Globalmente si è verificato un miglioramento significativo del Gillette Gait Index (GGI) bilateralmente, a conferma del fatto che è stato ottenuto un cammino più vicino al fisiologico benché lontano dal normale.

Nonostante le limitazioni quantitative dello studio – un solo caso analizzato – questa analisi evidenzia la possibilità di utilizzare la Vibrazione Focale per indurre dei cambiamenti plastici e duraturi nel pattern del cammino di bambini affetti da PCI, sfruttando gli effetti centrali che questa produce. Gli autori suggeriscono, inoltre, che questo strumento potrebbe essere utilizzato in aggiunta ai trattamenti riabilitativi, farmacologici e chirurgici nel management di tali disordini del movimento.

Sempre nel 2011 C. Celletti et al. (25) hanno condotto un case report, applicando il protocollo rMV su una ragazza di 15 anni affetta da Joint Hypermobility Syndrome. La vibrazione focale è stata applicata, come precedentemente descritto, al quadricipite bilateralmente. È stato valutato l'equilibrio attraverso una piattaforma apposita e la Berg Balance Scale prima dell'intervento, 10 giorni e 40 giorni dopo lo stesso.

I risultati hanno mostrato un persistente miglioramento nell'equilibrio a tutte le misurazioni, seppur con un leggera diminuzione dopo 40 giorni.

Questi risultati fanno pensare che questo strumento possa essere utile nella riabilitazione di soggetti affetti da Joint Hypermobility Syndrome, ma più studi sono necessari per verificare questa asserzione.

Date le emergenti evidenze scientifiche, questo protocollo ha cominciato ad essere utilizzato in clinica anche per distretti muscolari diversi da quelli direttamente testati negli studi scientifici. È compito del fisioterapista scegliere quale punto trattare in relazione alla proprie osservazione e valutazione, per ottenere gli effetti riportati dalla letteratura in quello specifico distretto e per quello specifico bisogno funzionale.

### 3. MATERIALI E METODI

Il quesito di ricerca iniziale è stato quello di osservare le modificazioni funzionali che si possono ottenere in un contesto clinico utilizzando la vibrazione focale in pazienti in età evolutiva con una diagnosi di paralisi cerebrale infantile, a breve – subito dopo la terapia – e medio termine, trenta giorni dopo.

La ricerca si è svolta presso il centro servizi *Il Puzzle della Vita* di Onigo di Pederobba (TV) tra i mesi di gennaio e settembre 2016.

I criteri di inclusione sono stati: diagnosi di paralisi cerebrale infantile e un'età compresa tra uno e diciotto anni, in modo da prendere un campione di pazienti più ampio possibile. I criteri di esclusione sono stati quindi: età superiore a diciotto o inferiore ad un anno e patologia neuromotoria diversa dalla PCI.

I genitori dei bambini sono stati informati e hanno firmato il consenso alla raccolta dati prima di ogni rilevazione.

Data la necessità di inserirsi in un contesto clinico in cui il bambino accedeva al servizio riabilitativo nel giorno stesso in cui riceveva il primo trattamento con il protocollo rMV, è stato scelto di basare le valutazioni su una videoregistrazione. La videoregistrazione è stata realizzata dopo la valutazione e la scelta del distretto muscolo scheletrico da trattare da parte del fisioterapista esperto che eseguiva il trattamento con la vibrazione focale. È stata poi ripetuta al termine dei tre giorni di trattamento dal sottoscritto e dopo circa trenta giorni da parte di uno dei familiari. Prima del trattamento, sotto supervisione del fisioterapista, è stata compilata una scheda di rilevazione dati (Appendice 1) e sono stati misurati dal sottoscritto tono (Modified Ashworth Scale) e ROM del distretto trattato - se rilevanti – non sono stati misurati quando il trattamento ha coinvolto il retto dell'addome o gli estensori lombari perché non inerenti. Le misurazioni di ROM e tono sono state poi ripetute alle fine dell'ultimo giorno di trattamento.

La videoregistrazione è servita in seguito per compilare una Goal Attainment Scale (GAS) su un obiettivo motorio specifico ed importante per quello stesso bambino da un fisioterapista esterno rispetto al trattamento.

I punteggi della GAS sono stati attribuiti dal sottoscritto assieme al fisioterapista che ha compilato la GAS sulla base dei video post trattamento e dopo trenta giorni.

A termine del trattamento sono stati proposti ai genitori un questionario quantitativo e qualitativo sulla loro esperienza con questo tipo di trattamento e al bambino un'intervista semi-strutturata in caso questo fosse in grado di rispondere in modo attendibile alle domande.

### **3.1 Goal Attainment Scale – GAS**

La Goal Attainment Scale è una scala di misurazione che permette di misurare gli “obiettivi soggettivi” che ci si pone ad inizio trattamento in modo quantitativo e specifico per quel determinato paziente, a seconda dei suoi bisogni ed esigenze. Consente quindi di analizzare anche cambiamenti piccoli ma funzionalmente significativi per un determinato individuo. (26)

Per compilare una GAS è necessario formalizzare prima del trattamento uno o più obiettivi che si desidera raggiungere, in modo che questo/i siano osservabili e ripetibili nelle condizioni specifiche in cui si è deciso di misurarli. È inoltre necessario stabilire i criteri di successo e insuccesso di questo/i e i tempi in cui si desidera raggiungerlo/i.

A ciascun obiettivo viene successivamente dato un punteggio che specifica il raggiungimento o il non raggiungimento di questo nel seguente modo:

- Punteggio -1 = obiettivo non raggiunto / situazione iniziale;
- Punteggio 0 = obiettivo raggiunto come atteso;
- Punteggio +1 = obiettivo raggiunto più dell'atteso.

A ciascun obiettivo vengono poi assegnate un'importanza e una difficoltà a seconda del caso specifico. Viene poi calcolato il peso dell'obiettivo facendo il prodotto fra importanza e difficoltà.

$$Peso (P) = Importanza (I) \times Difficoltà (D)$$

<b>Importanza (I)</b>	<b>Difficoltà (D)</b>
0 = per niente importante	0 = per niente difficile
1 = poco importante	1 = poco difficile
2 = moderatamente importante	2 = moderatamente difficile
3 = molto importante	3 = molto difficile

In questo studio la GAS è stata compilata da un fisioterapista esperto esterno al trattamento, che ha completato il corso di formazione relativo a tale scala di valutazione, e che ha posto un obiettivo motorio specifico per ogni bambino, considerandone la situazione iniziale osservata solo tramite la videoregistrazione, la scheda di valutazione e la comunicazione con il sottoscritto. L'obiettivo è stato posto osservando solo il video iniziale, conoscendo il distretto trattato con la vibrazione focale e basandosi sulla propria esperienza per formulare un obiettivo più vicino possibile alle esigenze funzionali di quel bambino. La videoregistrazione è stata effettuata riprendendo attività funzionali significative per il distretto trattato (es. cammino, trattamento dei flessori plantari in un bambino diplegico). Sono stati successivamente istruiti i genitori in modo tale che a 30 giorni di distanza registrassero un video delle stesse abilità motorie.

***Esempio:***

---

**Obiettivo:** migliorare la clearance del piede bilateralmente nel cammino (riduzione del drop foot)

---

Importanza: 3, Difficoltà: 3, Peso: 9

---

<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>
Cammina costantemente strisciando la punta a terra	Cammina 5 passi senza strisciare la punta a terra	Cammina più di 5 passi senza strisciare la punta a terra

---



Una volta compilate tutte le GAS e ricevute tutte le videoregistrazioni, sono stati assegnati i punteggi. È stato valutato il successo/insuccesso del trattamento per ciascun bambino ed è stato calcolato l'*Overall GAS Score* sia per le rilevazioni post trattamento sia per quelle di follow-up a trenta giorni, in modo da rispondere al quesito di ricerca iniziale.

### **3.2 Scheda di rilevazione dati**

La scheda di rilevazione dati (Appendice 1) è stata costruita appositamente per raccogliere le informazioni fondamentali e per classificare i bambini arruolati nello studio soprattutto in base alle proprie abilità motorie. È servita inoltre come strumento di comunicazione tra chi ha raccolto i dati - il sottoscritto - e chi poi ha compilato le GAS.

La scheda è stata così composta:

- Dati anagrafici: sesso, età in anni compiuti, età gestazionale;
- Diagnosi ed eventuali comorbidità;
- Punteggio Gross Motor Function Classification System (GMFCS);
- Punteggio Manual Ability Classification System (MACS);
- Precedenti trattamenti con Crosystem®;
- Precedenti interventi chirurgici o inoculazioni di tossina botulinica;
- Terapia farmacologica in atto;
- Numero di sedute fisioterapiche settimanali nel prossimo mese;
- Eventuali altre attività riabilitative nel prossimo mese;
- Rilevazione manuale di tono (MAS) e ROM se pertinente per il distretto trattato.

Le rilevazioni di tono e ROM sono state poi ripetute alla fine dell'ultimo giorno di trattamento con il protocollo rMV.

### **3.3 Questionario e intervista**

Alla fine del trattamento con la vibrazione focale è stato consegnato ai genitori dei bambini un questionario quantitativo e qualitativo per comprendere la loro esperienza con questo tipo di terapia. I genitori dei bambini al primo trattamento sono stati istruiti di compilare il suddetto questionario contemporaneamente alla videoregistrazione dopo trenta giorni dal trattamento stesso, in modo da poter osservare per un tempo sufficiente gli effetti ottenuti. A chi non era alla prima esperienza con questa terapia il questionario è stato, invece, fatto compilare sulla base dei trattamenti precedenti. L'obiettivo di questo strumento di valutazione non è infatti quello di quantificare le modificazioni ottenute, ma quello di capire l'esperienza soggettiva di ciascuna famiglia nei confronti di una terapia relativamente nuova e non usata convenzionalmente nell'iter riabilitativo.

Il questionario è stato successivamente aperto a tutti i genitori degli utenti tra uno e diciotto anni che hanno usufruito di questo strumento nel centro servizi in cui è stato condotto lo studio. Sono state accettate risposte tenendo conto del solo criterio di esclusione dell'età. Il questionario riporta, quindi, risposte basate anche su patologie diverse dalla PCI, come sindromi genetiche e spina bifida.

Le domande sono state poste in modo da cogliere sia aspetti quantitativi, per capire quindi quali fossero le modificazioni di movimento e di autonomia osservate dai genitori stessi, sia aspetti qualitativi, ovvero per cogliere aspettative, motivazioni e il vissuto soggettivo relativo a questo trattamento.

Al termine del terzo giorno di trattamento è stata, inoltre, posta un'intervista informale ai bambini in grado di dare delle risposte attendibili.

Sono state poste domande semplici come: come hai vissuto il trattamento? Noti delle differenze tra prima e dopo? Senti qualcosa di diverso nel distretto trattato? Ti sembra di muoverti in maniera diversa?

L'intervista è stata poi condotta liberamente dal sottoscritto per cogliere nel miglior modo possibile l'esperienza soggettiva del bambino.

È stato chiesto l'aiuto dei genitori per porre le domande ed interpretare le risposte dei propri figli, anche per bypassare la timidezza iniziale nelle risposte. Per comodità le interviste sono state audio registrate.

## 4. ANALISI DEI RISULTATI

### 4.1 Goal Attainment Scale – GAS

Sono stati reclutati in totale otto bambini rispondenti ai criteri di inclusione ed esclusione. Di questi, tre presentavano diagnosi di tetraparesi, quattro di diparesi, uno di emiparesi. L'età media dei partecipanti allo studio è stata di 4,6 anni con un range da 1 a 14.

	<b>Età (anni compiuti)</b>	<b>Diagnosi</b>	<b>GMFCS</b>	<b>MACS</b>
<b>1.</b>	2	Tetraparesi	5	X
<b>2.</b>	14	Diparesi	3	3
<b>3.</b>	2	Tetraparesi	5	X
<b>4.</b>	2	Tetraparesi	4	X
<b>5.</b>	5	Diparesi	1	1
<b>6.</b>	5	Diparesi	2	2
<b>7.</b>	6	Diparesi	2	2
<b>8.</b>	1	Emiparesi	2	X

X = punteggio non attribuibile, in quanto la MACS è validata sopra i 4 anni.

La videoregistrazione è stata ripetuta per tutti gli otto pazienti prima (t0) e dopo il trattamento (t1), mentre al follow-up (t2) a trenta giorni sono stati persi due pazienti, uno perché la videoregistrazione non è stata fatta dai genitori, un altro perché è stata effettuata dopo più di cinquanta giorni. Al follow-up sono stati valutati quindi sei pazienti su otto, corrispondenti al 75% del totale.

Il video follow-up è stato realizzato dai genitori dei bambini in media dopo 32,3 giorni.

È stato successivamente attribuito il punteggio relativo alla GAS a seconda del raggiungimento o non raggiungimento dell'obiettivo precedentemente fissato sulla base delle videoregistrazioni. (GAS complete, Appendice 2)

Subito dopo il trattamento tre bambini hanno ottenuto il punteggio di +1, obiettivo raggiunto più dell'atteso, due il punteggio di 0, obiettivo raggiunto come atteso, mentre in tre pazienti non si sono osservate modificazioni rispetto alla situazione iniziale, punteggio -1.

Dei sei bambini rimasti al follow-up, due hanno mantenuto il punteggio di +1, due sono stati valutati con il punteggio di 0, e altri due con il punteggio di -1, corrispondente alla situazione iniziale.

<b>Punto trattato</b>	<b>Goal</b>	<b>Peso</b>	<b>Punteggio GAS (t1)</b>	<b>Punteggio follow-up (t2)</b>
1. Retto dell'addome	Migliorare il raddrizzamento del tronco	6	0	nv
2. Adduttori bilateralmente	Riduzione della necessità di appoggi durante il cammino	3	-1	-1
3. Trapezio superiore bilateralmente	Miglioramento raddrizzamento del capo	9	1	0
4. Quadricipite bilateralmente	Miglioramento della reazione statica di sostegno	6	-1	nv
5. Tricipite surale ed ileopsoas bilateralmente	Migliorare clereance del piede bilateralmente (riduzione del drop foot)	9	1	1
6. Pianta del piede e ileopsoas bilateralmente	Ridurre l'atteggiamento in flessione di anca in stazione eretta	4	0	0
7. Pianta del piede e tricipite surale bilateralmente	Migliorare l'appoggio del piede in tutte le fasi del passo	6	-1	-1
8. Palmo della mano destra	Migliorare l'elevazione del braccio destro attiva sul piano sagittale	6	1	1

nv = non valutabile

Successivamente è stata applicata la formula in figura che permette di trasformare il punteggio grezzo della GAS in un punteggio standardizzato (T-score) con una media 50 e deviazione standard 10.

Nella seguente formula:

- $W_i$ : peso assegnato a ciascun obiettivo;
- $X_i$ : valore raggiunto tra -1 e +1;
- $\rho$ : correlazione attesa della scala degli obiettivi, secondo Kirusek e Sherman approssimata più comunemente a 0,3 a scopo pratico.

$$\text{Overall GAS} = 50 + \frac{10 \sum (W_i X_i)}{\sqrt{((1 - \rho) \sum W_i^2 + \rho (\sum W_i^2))}}$$

La formula è stata applicata sommando tutti gli obiettivi degli otto pazienti rispetto alla situazione iniziale (t0), alla misurazione post trattamento (t1) e al follow-up (t2).

Data l'alta percentuale di persi al follow-up (> del 20%), al t2 è stato calcolato un punteggio medio tra lo scenario peggiore, in cui è stato ipotizzato un punteggio di -1 per i due pazienti usciti dallo studio, e lo scenario migliore, in cui è stato ipotizzato che entrambi i pazienti abbiano mantenuto il punteggio di uscita.

$$\sqrt{[(0,7) \sum W_i^2] + [0,3 \sum (W_i)^2]} = \sqrt{952} = 30,85$$

- Baseline (t0):  $X_i = -1$

$$50 + \frac{10 \sum W_i X_i}{30,85} = 50 + \frac{(-490)}{30,85} = 50 - 15,88 = \mathbf{34,12}$$

- Uscita (t1):  $X_i$ : valori al t1

$$50 + \frac{10 \sum W_i X_i}{30,85} = 50 + \frac{90}{30,85} = 50 + 2,92 = \mathbf{52,29}$$

- Follow-up (t2):  $X_i$ : valori al t2 (scenario peggiore)

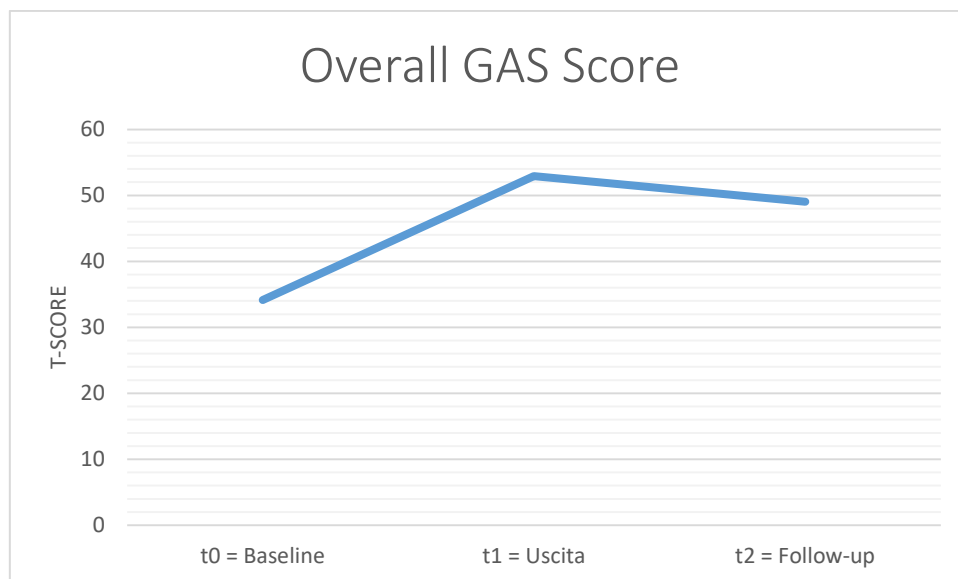
$$50 + \frac{10 \sum W_i X_i}{30,85} = 50 + \frac{(-60)}{30,85} = 50 - 1,94 = 48,06$$

$X_i$ : valori al t2 (scenario migliore)

$$50 + \frac{10 \sum W_i X_i}{30,85} = 50 + \frac{0}{30,85} = 50$$

$$\frac{50 + 48,06}{2} = \mathbf{49,03}$$

Considerando le modificazioni dalla situazione iniziale è emersa una differenza di 18,17 punti tra t1 e t0, e di 14,91 punti tra t2 e t0



#### 4.2 Valutazioni di tono e ROM

Considerata la varietà dei punti muscoloscheletrici trattati e dei dati raccolti, questi non sono stati analizzati statisticamente. Sono stati esclusivamente usati come strumento di comunicazione fra il sottoscritto e il compilatore delle GAS.

Tuttavia tendenzialmente si è verificato un aumento del ROM e una diminuzione del tono successivamente al trattamento con il protocollo rMV.

### **4.3 Questionario e Intervista**

Sono state raccolte in totale 11 risposte al questionario (Appendice 3), otto di queste provenienti dagli stessi genitori dei bambini arruolati per la parte sperimentale della tesi, le altre tre da pazienti che hanno usufruito del trattamento con la vibrazione focale, corrispondenti ai criteri di inclusione ed esclusione per il questionario, ma non arruolabili per la parte sperimentale.

Da queste è emerso che la maggior parte dei genitori si rivolgono a questo tipo di trattamento perché non è invasivo, non ha effetti collaterali e può rappresentare un'esperienza nuova e diversa per i propri figli. Un'altra motivazione apportata è stata quella di ricercare un'alternativa all'inoculazione con tossina botulinica.

I genitori si aspettano dal trattamento con vibrazione focale o un miglioramento della sfera motoria del proprio figlio o una diminuzione del tono muscolare. È molto significativo il fatto che il 27% affermi che le aspettative personali relative al trattamento siano state rispettate, il 55% che siano state rispettate ma non del tutto, il 18% che queste non siano state attese, mentre nessuno abbia risposto che i risultati siano andati al di là delle aspettative.

Il 64% afferma, inoltre, di aver notato un miglioramento nel movimento di proprio figlio.

Per quanto riguarda il vissuto del bambino, i genitori riportano che il proprio figlio abbia accettato bene e con serenità il trattamento, solo una risposta è stata negativa a questa domanda: i genitori hanno riportato che il proprio figlio/a ha vissuto con paura il trattamento, ma hanno specificato che questo è stato dovuto soprattutto alle caratteristiche comportamentali del/la bambino/a.

Sono state raccolte in totale tre interviste informali ai bambini. Due di queste verranno di seguito riportate il più fedelmente possibile rispetto all'audio originale. È stato scelto, invece, di non riportare l'intervista del terzo bambino in quanto il trattamento non ha avuto effetti positivi osservabili. Anche i genitori nel questionario non hanno riportato risultati significativi, aggiungendo inoltre che il bambino stesso è rimasto deluso dai risultati.



Le risposte positive date durante l'intervista sarebbero perciò influenzate dall'euforia del momento e non rifletterebero, quindi, la situazione reale.

## INTERVISTA 1

Studente: *Posso chiederti dopo che hai fatto il Crosystem come hai sentito i piedini? Cioè, cosa senti dopo?*

Bambino: *Niente.*

S: *Niente?!*

B: *Che andiamo via ... (a casa).*

S: *Ma ti sembra di camminare in modo diverso?*

B: *Si.*

S: *Come?*

B: *Come un pinguino.*

S: *Cosa vuol dire come un pinguino??*

B: *Che cammino come un pinguino.*

S: *Ma ti sembra di camminare meglio o peggio? ...*

B: *...*

Papà: *Posso intervenire? ... Come un pinguino lui intende che tiene i talloni giù.*

S: *Ah... in quel senso. Ma quindi come un pinguino vuol dire che tieni meglio i talloni a terra?*

B: *Si.*

S: *Quindi cammini meglio?*

B: *Si.*

S: *Ma è strano? Cosa ti è sembrato?*

B: *Di camminare come un pinguino.*

## INTERVISTA 2

Mamma: *Cosa senti quando fai il Crosystem?*

Bambino: *Niente.*

M: *Non senti nessuna sensazione?*

B: *No.*

M: *Non ti prude? Non ti dà fastidio?*

B: *A volte.*

M: *Ma ti fa male?*

B: *No.*

M: *Ti piace? ... Puoi dire quello che pensi, ti piace o no?*

B: *No.*

M: *Perché non ti piace?*

B: *Perché mi prude.*

M: *Ma, ascolta, dopo che hai fatto il Crosystem i piedini come vanno?*

B: *Bene.*

M: *Bene?! Ma bene come? Perché gli appoggi meglio? Perché vai più veloce?*

B: *Vado più veloce.*

M: *Vai più veloce. E poi? Cosa senti alle gambe quando hai finito?*

B: *Niente.*

M: *Niente. ... Fai più fatica a camminare dopo o è più facile?*

B: *E' più facile.*

## 5. DISCUSSIONE

Osservando i punteggi attribuiti alle GAS di ciascun bambino emerge come al t1 il trattamento abbia avuto successo in cinque soggetti su otto (punteggi 0 e +1), mentre al t2, non considerando i due pazienti usciti dallo studio, il trattamento ha avuto successo per 4 pazienti su 6. Aggiungendo i due bambini ipotizzando il miglior scenario possibile – mantenimento del punteggio di uscita – e quello peggiore – perdita degli effetti ottenuti - il rapporto di successi nel primo caso si mantiene a cinque su otto, nel secondo scende a quattro su otto.

Analizzando poi i punteggi statistici calcolati tramite il T-score, si può evincere come al t1 si sia verificato un cambiamento di 18,17 punti rispetto alla situazione iniziale, mentre al t2 questo dato sia sceso a 14,71 (media tra scenario peggiore e migliore).

Si può concludere quindi che in questo campione di pazienti il protocollo rMV, applicato tramite il Crosystem® ad uno o più punti muscoloscheletrici specifici, abbia indotto delle modificazioni funzionali nelle abilità motorie dei bambini. Queste modificazioni si sono mantenute per almeno 30 giorni in quasi tutti i soggetti in cui il trattamento ha avuto successo. Il trattamento ha avuto successo, secondo gli obiettivi posti nella GAS, per il 62,5% dei pazienti al t1 e per almeno il 50% al t2.

Per quanto riguarda le risposte al questionario è possibile fare diverse considerazioni a riguardo:

- I genitori nel 64% dei casi notano un miglioramento nei movimenti di proprio figlio. Questo dato è molto simile alla percentuale di successi al t1 e potrebbe significare che le modificazioni del movimento quando sono presenti sono evidenti, osservabili ed oggettive;
- Il trattamento con vibrazione focale viene vissuto con aspettative molto alte da parte delle famiglie, sia per il setting privato, sia per la novità della terapia in sé. Queste tipo di aspettative sono verosimilmente frutto della scarsa informazione presente relativamente alla vibrazione focale e agli effetti che questa produce.

- I genitori, in generale, apprezzano molto questo tipo di trattamento, perché rappresenta un'alternativa non invasiva rispetto ad altre procedure, e affermano che i propri figli abbiano vissuto il trattamento con serenità.

Analizzando le risposte delle interviste si può affermare che i bambini riportino degli effetti positivi dopo il trattamento, soprattutto per quanto riguarda la maggior facilità di movimento. La vibrazione sembra produrre una sensazione fastidiosa, ma non dolorosa, che è però sopportata bene dai bambini stessi.

Un altro dato significativo emerso da questo studio è il fatto che questo tipo di terapia può non avere gli effetti auspicati soprattutto da parte dei familiari. Tali insuccessi possono essere dovuti o ad un errore di valutazione del fisioterapista o ad una sovrastima degli effetti ottenibili. È quindi di fondamentale importanza comprendere i problemi di ciascun bambino attraverso il ragionamento clinico e analizzarne difetti e compensi, per condividere e quantificare con i familiari e col bambino stesso gli obiettivi ottenibili da questo tipo di terapia strumentale.

Analizzando i risultati con chi ha condotto questo studio, basandosi anche sull'esperienza di chi lavora da anni con questo particolare protocollo, si è cercato di dare delle plausibili spiegazioni agli insuccessi:

- Errore del fisioterapista nella scelta del punto muscoloscheletrico da trattare. Tale errore può avvenire più facilmente o al primo trattamento, poiché il terapeuta in questo contesto non conosce il bambino e ha poco tempo per fare delle adeguate valutazioni, o dopo molti trattamenti, se si vuole provare a trattare distretti diversi da quelli trattati abitualmente.
- Mancanza di collaborazione da parte del bambino, soprattutto se questo è piccolo e si adatta difficilmente a persone che non conosce.
- Possibili interferenze delle problematiche percettive con una stimolazione che iper-stimola le componenti sensoriali propriocettive.
- Caratteristiche patologiche individuali, come la presenza di importanti retrazioni.

- Quadri patologici meno responsivi e punti muscoloscheletrici meno sensibili a questo tipo di terapia.

Questi ultimi tre punti meriterebbero, però, di essere analizzati a parte con più dati a riguardo.

## **5.1 Limiti dello studio**

Successivamente si elencano i principali limiti di questo studio:

- Limitato numero di pazienti arruolati;
- Mancanza di un gruppo di controllo;
- Diversità dei quadri clinici di paralisi cerebrale infantile analizzati;
- Diversità delle età tra i bambini presi in carico;
- Diversità dei punti muscoloscheletrici trattati e delle abilità funzionali analizzate;
- Limitato tempo per le videoregistrazioni;
- Diverso setting e tempi di registrazione diversi nelle videoregistrazioni al follow-up;
- Mancata comunicazione con il fisioterapista di riferimento del bambino per monitorare i risultati ottenuti.

## **5.2 Conclusioni**

La letteratura ci dice che la Vibrazione Focale è una stimolazione con forti basi neurofisiologiche che può indurre delle modificazioni plastiche a livello di sistema nervoso centrale. Il protocollo rMV si è dimostrato efficace in diverse situazioni presentate dalla letteratura, ma è necessario approfondirne i diversi utilizzi in quanto gli studi, soprattutto per la riabilitazione dell'età evolutiva e neurologica, mancano di qualità e quantità.

Per quanto riguarda i risultati emersi da questo elaborato, si può affermare che l'utilizzo del protocollo rMV attraverso il Crosystem® è giustificato nella clinica dalle modificazioni della sfera di movimento ottenute in questo disegno osservazionale, in bambini affetti da paralisi cerebrale infantile. È necessario, però, aggiungere che il trattamento può non avere successo. Questo non perché la terapia non abbia delle solide basi scientifiche, ma per errori relativi o alla valutazione e al trattamento o alle caratteristiche comportamentali e patologiche del bambino stesso, come precedentemente sottolineato. Soprattutto il secondo punto meriterebbe un più approfondito studio per capire: punti muscoloscheletrici più sensibili e quadri patologici più responsivi a questo tipo di trattamento.

Non è stato possibile analizzare se gli obiettivi ottenuti siano stati mantenuti o migliorati dalla fisioterapia di routine, ma è ipotizzabile che i risultati avuti con la vibrazione focale potrebbero essere conservati o addirittura amplificati dalla fisioterapia.

Sono chiaramente necessari più studi con un maggior numero di pazienti e con dei criteri di inclusione ed esclusione più ristretti, in modo da analizzare e quantificare i risultati in termini di quantità e tempi, e di comprendere meglio i motivi degli insuccessi.

Nel caso in cui questa terapia venga utilizzata per controllare la spasticità sarebbe altresì interessante confrontare i risultati funzionali a breve, medio e lungo termine con l'inoculazione della tossina botulinica, per analizzarne pro e contro e utilizzare al meglio queste due possibilità terapeutiche nel percorso riabilitativo.

Considerando la non invasività, la ripetibilità e i risultati ottenuti dalla parte sperimentale di questo elaborato, la Vibrazione Focale può rappresentare sicuramente una nuova valida alternativa nella riabilitazione di quadri di PCI. Tale trattamento potrebbe essere tranquillamente integrato nel percorso riabilitativo per accelerare l'acquisizione di nuovi moduli motori o per mantenere quelli già acquisiti.

La Vibrazione Focale potrebbe essere inserita nell'iter riabilitativo delle patologie neuromotorie dell'età evolutiva come strumento complementare, come lo sono farmaci, botulino e chirurgia, ed essere utilizzata nei casi clinici opportuni con criteri valutativi adeguati a ciascun bambino per favorirne lo sviluppo motorio.



## BIBLIOGRAFIA

- (1) Treccani, Vocabolario Online, disponibile online all'indirizzo <http://www.treccani.it/vocabolario/vibrazione/>.
- (2) Guido Maria Fillippi e Filippo Camerota (2009), "*La vibrazione meccanica focale nella terapia del movimento*", disponibile online all'indirizzo <http://www.crosystem.it/per-approfondire/vibrazione-meccanica-in-riabilitazione/>.
- (3) Frank Rauch (2009) "*Vibration Therapy*", *Developmental Medicine & Child Neurology*, Vol. 51 (Suppl. 4), pag. 166-168.
- (4) N. Murillo et al. (2014), "*Focal vibration in neurorehabilitation*", *European Journal of physical and rehabilitation medicine*, Vol. 50, n° 2, pag. 231-242.
- (5) B. Marconi et al. (2008), "*Long-term effects on motor cortical excitability induced by repeated muscle vibration during contraction in healthy subjects*", *Journal of the Neurological Sciences*, Vol. 275, n° 1-2, pag. 51-59.
- (6) A. Fornero-Cornero et al. (2008), "*Changes in corticomotor excitability following prolonged muscle tendon vibration*", *Behavioural Brain Research*, n°190, pag. 41-49.
- (7) L. Fattorini et al. (2006), "*Motor performance changes induced by muscle vibration*", *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 98, n° 1, pag. 79-87.
- (8) M. Steyvers et al. (2003), "*Frequency-dependent effects of muscle tendon vibration on corticospinal excitability: a TMS study*", *Experimental Brain Research*, Vol. 151, n° 1, pag. 9-14
- (9) James B Fallon. et al. (2007), "*Vibration sensitivity of human muscle spindles and golgi tendon organs*", *Muscle and Nerve*, Vol. 36, pag. 21-29.
- (10) I. Schindler et al. (2002), "*Neck muscle vibration induces lasting recovery in spatial neglect*", *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*, Vol. 73, pag. 412-419.
- (11) L. Johannsen et al. (2003), "*Lasting amelioration of spatial neglect by treatment with neck muscle vibration even without concurrent training*", *Journal of Rehabilitation Medicine*, Vol. 35, pag. 249-253.
- (12) Karin Rosenkranz and John C. Rothwell (2004), "*The effect of sensory input and attention on the sensorimotor organization of the hand area of the human motor cortex*", *Journal of Physiology* Vol. 561 (1), pag. 307-320.
- (13) B. Marconi et al. (2010), "*Long-term effects on cortical excitability and motor recovery induced by repeated muscle vibration in chronic stroke patients*", *Neurorehabilitation and Neural Repair*, Vol. 25, pag. 48-60.

- (14) Paoloni M. et al. (2010), “*Segmental muscle vibration improves walking in chronic stroke patients with foot drop, a randomizer controlled trial*”, *Neurorehabilitation and Neural Repair*, Vol. 24, pag. 254-262.
- (15) Paoloni M. et al. (2013), “*Does giving segmental muscle vibration alter the response to botulinum toxin injections in the treatment of spasticity in people with multiple sclerosis? A single-blind randomized controlled trial*”, *Clinical Rehabilitation*, Vol. 27, pag. 803-812.
- (16) Tavernese E. et al. (2013), “*Segmental muscle vibration improves reaching movement in patients with chronic stroke. A randomized controlled trial*”, *Neurorehabilitation*, Vol. 32, pag. 591-599.
- (17) Calindro P. et al. (2012), “*Focal muscle vibration in the treatment of upper limb spasticity: a pilot randomized controlled trial in patients with chronic stroke*”, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol. 93, pag. 1656-1661.
- (18) Brunetti O. et al. (2006), “*Improvement of posture stability by vibratory stimulation following anterior cruciate ligament reconstruction*”, *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Vol. 14 (11), pag. 1180–1187.
- (19) Brunetti O. et al. (2012), “*Focal vibration of quadriceps muscle enhances leg power and decreases knee joint laxity in female volleyball players*”, *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, Vol. 52 (6), pag. 596-60.
- (20) Filippo G.M. et al. (2009), “*Improvement of stance control and muscle performance induced by focal muscle vibration in young-elderly women: a randomized controlled trial*”, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol. 90 (12), pag. 2019–2025.
- (21) Celletti C. et al. (2015), “*Focal muscle vibration as a possible intervention to prevent falls in elderly women: a pragmatic randomized controlled trial*”, *Aging Clinical and Experimental Research*, Vol. 27 (6), pag. 857–863.
- (22) C. Pazzaglia et al. (2016), “*Efficacy of focal mechanic vibration treatment on balance in Charcot-Marie-Tooth 1A disease: a pilot study*”, *Journal of Neurology*, Vol. 263 (7), pag. 1434–144.
- (23) C. Celletti e F. Camerota (2011), “*Preliminary evidence of Focal Muscle Vibration Effects on Spasticity due to Cerebral Palsy in a small sample of Italian children*”, *Clinical Therapeutics*, Vol.162 (5), pag. 125-128.
- (24) F. Camerota et al. (2011), “*Quantitative Effects of Repeated Muscle Vibrations on Gait Patternina 5-Year-Old Child with Cerebral Palsy*”, *Case Reports in Medicine*, Volume 2011, ArticleID 359126.

- (25) C. Celletti et al. (2011), “*Evaluation of Balance and Improvement of Proprioception by Repetitive Muscle Vibration in a 15-Year-Old Girl with Joint Hypermobility Syndrome*”, *Arthritis Care & Research*, Volume 63 (5), pag. 775–779.
- (26) Lynne Turner-Stokes (2009), “*Goal attainment scaling (GAS) in rehabilitation: a practical guide*”, *Clinical Rehabilitation*, Vol. 23 (4), pag. 362-370.
- (27) D. Steenbeek et al. (2007), “*Goal attainment scaling in paediatric rehabilitation: a critical review of the literature*”, *Developmental Medicine and Child Neurology*, Vol. 49 (7), pag. 550–556.
- (28) N. Smania et al. (2010), “*Rehabilitation procedures in the management of spasticity*”, *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, Vol. 46 (3), pag. 423-38.
- (29) J. C. Rothwell et al. (2009), “*Short latency intracortical inhibition: one of the most popular tools in human motor neurophysiology*”, *Journal of Physiology*, Vol. 587 1(1), pag. 11–12.
- (30) Karin Rosenkranz and John C. Rothwell (2003), “*Differential effect of muscle vibration on intracortical inhibitory circuits in humans*”, *Journal of Physiology*, Vol. 551 (2), pag.649–660.
- (31) Toshiyuki Fujiwaraa and John C. Rothwell (2004), “*The after effects of motor cortex rTMS depend on the state of contraction when rTMS is applied*”, *Clinical Neurophysiology*, Vol 115, pag. 1514–1518.

## **RINGRAZIAMENTI**

Sinceramente mi trovo molto in difficoltà a scrivere questa parte della tesi. Non sono abituato a ringraziare, essere ringraziato, fare/ ricevere complimenti... però forse è il caso di fare un piccolo sforzo al termine di questi tre anni così intensi.

Ringrazio per prima cosa i miei genitori che negli anni mi hanno sempre sostenuto, incoraggiato, stimolato e sopportato... bla, bla le solite cose... senza fare troppo il cocco di mamma dico solo che se sono la persona che sono, lo devo tanto a loro.

Ringrazio mia sorella per avermi corretto la tesi, e, per aver provato ad insegnarmi ad utilizzare le virgole... la ringrazio anche per il quotidiano affetto e per il bel legame che ci unisce.

Ringrazio tutta la mia famiglia: zii e zie, e in particolare mio nonno Tiziano per la pastasciutta al ragù. Colgo l'occasione per dedicare un pensiero speciale a mia nonna Carla. Lei sarebbe sicuramente stata la più contenta ed orgogliosa della mia laurea in "fisiatria".

Ringrazio i miei amici in particolare Marco, Umberto e Paolo.

Ringrazio tutti i miei compagni di corso. È stato stupendo far nascere e coltivare una passione tutti assieme.

Ringrazio la mia relatrice Maria Grazia per la passione nei confronti di questo lavoro, che spero sia riuscita a trasmettermi, per l'immensa pazienza e disponibilità.

Ringrazio i fisioterapisti del *Puzzle della Vita*: Giorgio, Federico ed Elisa per l'accoglienza e la disponibilità. In particolare Giorgio per la pazienza nel sopportare le mie perplessità iniziali.

Ringrazio Tommaso per aver contribuito a trasmettermi la passione nei confronti della riabilitazione nell'età evolutiva.

... sono arrivato alla fine di questi ringraziamenti, ce l'ho fatta a scriverli... ma non so come concludere... forse meglio così. Alla fine questo percorso è appena all'inizio, non vedo quindi la necessità di scrivere per forza qualcosa di conclusivo.

Matteo

## APPENDICE - 1- SCHEDA RACCOLTA DATI DI TRATTAMENTO

Compilato il : \_\_\_\_\_

Nome \_\_\_\_\_ età \_\_\_\_\_ (data di nascita)

Diagnosi \_\_\_\_\_ E.G. \_\_\_\_\_

GMFCS \_\_\_\_\_

MACS \_\_\_\_\_

Precedenti trattamenti con Crosystem      si              no

Punti di applicazione: \_\_\_\_\_

Terapia farmacologica per spasticità      si              no

Terapia focale con Botox      si              no

Punti di applicazione \_\_\_\_\_

Interventi chirurgici      si              no

Tipologia di intervento \_\_\_\_\_

Fisioterapia nel prossimo mese:      si      no      N° sedute settimanali: \_\_\_\_\_

**Punto/i trattato/i:** \_\_\_\_\_

### ROM

Distretto Trattato:	
ENTRATA:	USCITA:

### MAS

Distretto Trattato:	
ENTRATA:	USCITA:

Note: \_\_\_\_\_

## APPENDICE – 2 - GAS COMPLETE

### Paziente 1

<b>Obiettivo:</b> migliorare il raddrizzamento del tronco	
<b>Importanza:</b> 2 <b>Difficoltà:</b> 3 <b>Peso:</b> 6	
-1	Mantiene la posizione seduta con costante contenimento tronco/bacino
0	Mantiene la posizione seduta con stabilizzazione al bacino per 5 secondi
+1	Mantiene la posizione seduta con stabilizzazione al bacino per 10 secondi

Punteggio uscita: 0      Punteggio follow-up: NV

### Paziente 2

<b>Obiettivo:</b> riduzione della necessità di appoggi durante il cammino	
<b>Importanza:</b> 3 <b>Difficoltà:</b> 1 <b>Peso:</b> 3	
-1	Cammino possibile per meno di 5 metri con alcuni appoggi
0	Cammino senza appoggi per almeno 5 metri
+1	Cammino senza appoggi per più di 5 metri

Punteggio uscita: -1      Punteggio follow-up: -1

### Paziente 3

<b>Obiettivo:</b> miglioramento del raddrizzamento del capo	
<b>Importanza:</b> 3 <b>Difficoltà:</b> 3 <b>Peso:</b> 9	
-1	In posizione seduta mantiene il capo sulla linea mediana per meno di 10''
0	In posizione seduta mantiene il capo sulla linea mediana per 10''
+1	In posizione seduta mantiene il capo sulla linea mediana per 10'' e lo orienta verso una stimolazione uditiva

Punteggio uscita: +1      Punteggio follow-up: 0

### Paziente 4

<b>Obiettivo:</b> miglioramento della reazione statica di sostegno	
<b>Importanza:</b> 3 <b>Difficoltà:</b> 2 <b>Peso:</b> 6	
-1	In stazione eretta compie meno di 5 passi consecutivi
0	In stazione eretta compie 5 passi consecutivi
+1	In stazione eretta compie più di 5 passi consecutivi

Punteggio uscita: -1      Punteggio follow-up: NV

Paziente 5

<b>Obiettivo:</b> migliorare la clearance del piede bilateralmente (riduzione del drop foot)	
<b>Importanza: 3 Difficoltà: 3 Peso: 9</b>	
-1	Cammina costantemente strisciando la punta a terra
0	Cammina 5 passi senza strisciare la punta a terra
+1	Cammina più di 5 passi senza strisciare la punta a terra

Punteggio uscita: +1      Punteggio follow-up: +1

Paziente 6

<b>Obiettivo:</b> ridurre l'atteggiamento in flessione di anca in stazione eretta	
<b>Importanza: 2 Difficoltà: 2 Peso: 4</b>	
-1	Mantiene la stazione eretta e cammina con costante atteggiamento in flessione di anca e di tronco
0	Cammina 5 passi con estensione di anca durante la fase di mid stance
+1	Cammina più di 5 passi con estensione di anca durante la fase di mid stance

Punteggio uscita: 0      Punteggio follow-up: 0

Paziente 7

<b>Obiettivo:</b> migliorare l'appoggio del piede in tutte le fasi del passo	
<b>Importanza: 2 Difficoltà: 3 Peso: 6</b>	
-1	Flessione plantare presente in tutte le fasi del passo
0	Flessione plantare presente nella fasi di contatto iniziale
+1	Flessione plantare presente solo nella fase di spinta

Punteggio uscita: -1      Punteggio follow-up: -1

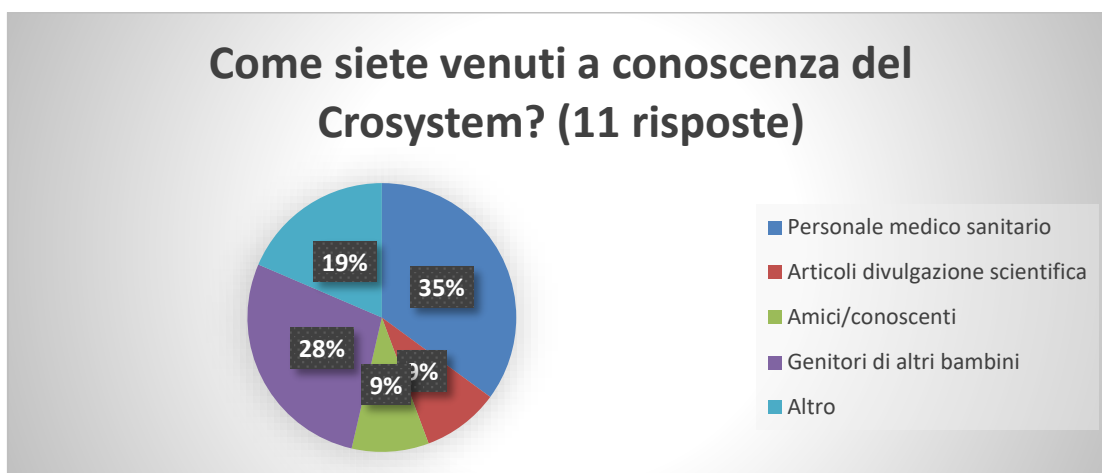
Paziente 8

<b>Obiettivo:</b> migliorare l'elevazione del braccio destro attiva sul piano sagittale	
<b>Importanza: 2 Difficoltà: 3 Peso: 6</b>	
-1	Elevazione del braccio sul piano sagittale inferiore a 90°
0	Elevazione del braccio sul piano sagittale pari a 90°
+1	Elevazione del braccio sul piano sagittale superiore a 90°

Punteggio uscita: +1      Punteggio follow-up: +1



## APPENDICE - 1 – RISPOSTE AL QUESTIONARIO



### **Perché avete scelto di rivolgervi proprio a questo tipo di trattamento? (10 risposte)**

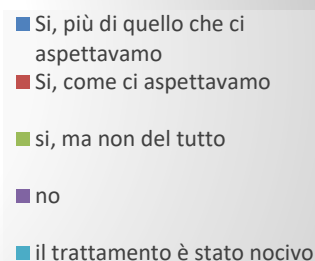
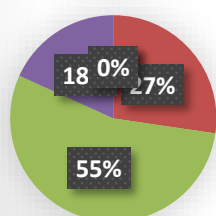
- Perché è una tecnica nuova e volevamo sperimentarla
- Perché non invasivo, senza controindicazioni, per pareri favorevoli dei genitori di bambini trattati
- Pensiamo possa essere utile per l'esperienza del bambino
- Perché comunque sia è un metodo privo di controindicazioni e non è invasivo. E nel nostro caso i risultati ci sono stati.
- Per provare
- Perché hanno iniettato per 3 volte la tossina botulinica a nostro figlio nel polpaccio (gennaio 2014, marzo 2015, febbraio 2016) e abbiamo notato la riduzione del periodo in cui la tossina aveva effetto. Vista poi l'invasività del trattamento abbiamo voluto provare metodi alternativi.
- Per provare a risolvere i problemi di tono di mia figlia affetta da paralisi cerebrale
- Sicuramente perché è un metodo non invasivo. Prima di procedere con metodologie ordinarie è meglio scegliere un metodo più "dolce"
- Perché cercavamo un'alternativa al botulino
- Per tentare un intervento non invasivo su nostro figlio dato che era stato consigliato dallo staff di neuropsichiatria che lo segue

### **Con quali aspettative vi siete rivolti proprio a questo tipo di trattamento? (10 risposte)**

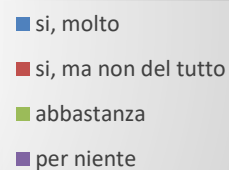
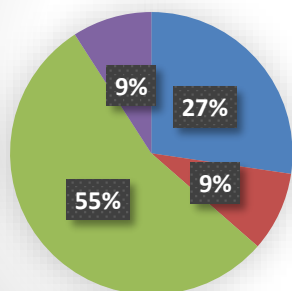
- Di accelerare il recupero di nostra figlia
- Speranza di vedere miglioramenti
- Nella speranza che il bambino possa avere dei miglioramenti
- Migliorare l'autonomia e il cammino, comunque fiduciosi che l'esperienza sia positiva

- Per mollare la rigidità
- Un miglioramento (diminuzione) del tono muscolare
- Diminuire il tono delle braccia e aumentare quello del collo e del tronco
- Cercare di stimolare le possibilità di recupero della piccola
- Speravamo potesse poggiare meglio il piede destro che teneva in punta
- Vedere miglioramenti nella parte motoria e complessivamente sull'equilibrio del bambino

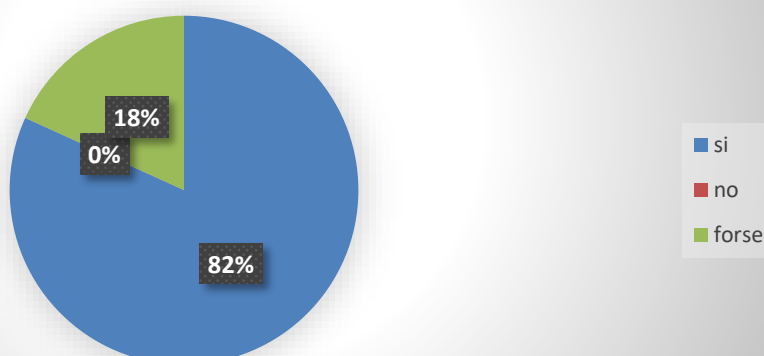
**Le aspettative che avevate sono state rispettate? Gli obiettivi del trattamento sono stati raggiunti secondo voi? (11 risposte)**



**Siete soddisfatti nel complesso del trattamento con Crosystem? (11 risposte)**



## In futuro vi rivolgerete ancora a questo tipo di trattamento? (11 risposte)



### Perché? (9 risposte)

- Ha trovato giovamento
- Dipende dagli effetti del secondo trattamento
- Se il bambino risponde alla terapia pensiamo di continuare
- Anche se sono piccoli miglioramenti per nostra figlia sono dei grossi traguardi
- Ha mollato la rigidità di mio figlio
- Non è invasivo e non "addormenta il muscolo" come il botulino. Ci aspettiamo che nostro figlio possa fare a meno dei tutori e che il suo cammino sia più funzionale.
- Perché non può essere risolutivo con pochi trattamenti
- Fino a che ci saranno dei miglioramenti anche minimi vale la pena continuare su questa linea
- Nessun miglioramento, ed anzi, il bambino, dopo qualche giorno di euforia pensando che avrebbe camminato meglio, è rimasto lui stesso profondamente deluso.

**Avete notato cambiamenti nei movimenti/attività di vostro figlio successivamente al/trattamento/i con Crosystem? (11 risposte)**



**Se si in che movimenti/attività? (7 risposte)**

- Rimane seduta più dritta e più a lungo
- Trattate le mani nel primo trattamento, parziale risposta positiva
- Dopo il primo trattamento per un breve periodo nelle mani
- Un po'
- Cammina più a lungo (resiste di più), non esita a fare anche le salite; si rialza più facilmente, è più agile
- Dopo alcuni giorni maggior equilibrio e stabilità
- In posizione eretta e durante il cammino

**Avete notato cambiamenti nell'autonomia, nella qualità del sonno, nell'umore ecc di vostro figlio dopo il trattamento con Crosystem? (10 risposte)**

- No
- No
- Rimane seduta più a lungo senza sostegno
- Di solito la prima notte delle 3 sedute è un po' irrequieta e muove spesso le gambine come se sentisse fastidio
- Un po'
- E' più autonomo. Quando gli mettiamo le scarpe senza tutori è più felice.
- No
- Il primo giorno del trattamento solitamente il riposo notturno è abbastanza irrequieto con un continuo movimento delle gambe
- È più autonoma nei movimenti
- L'unica cosa diversa notata a parte la frustrazione per l'insuccesso della terapia è che il sonno è stato disturbato per qualche settimana

## Secondo voi come ha vissuto vostro figlio/a il trattamento? (11 risposte)

- Bene
- Bene
- Tranquillamente
- IMPAURITA, sia per carattere, sia per il percorso finora fatto che l'ha resa diffidente e terrorizzata da trattamenti con estranei
- Approccio graduale e lento
- Il trattamento è stato molto bene, più di quello che pensavamo
- Bene, senza problemi. Sapendo poi che il Crosystem gli eviterà le iniezioni di botulino è molto contento di farlo
- Per mia figlia è stato addirittura rilassante
- Con serenità
- Molto bene
- Con serenità e speranza, purtroppo disattese



## Perché? (9 risposte)

- È stato efficace
- Dipende dalla diagnosi e storia di ogni bambino, per la non invasività consiglieremmo di provare
- È meglio sfruttare ogni tipo di terapia che possa essere utile al bambino
- Bisogna provare qualsiasi tipo di stimolazione non invasiva prima di procedere con qualcosa di traumatizzante (fisico e psichico)
- Mio figlio ha perso la rigidità
- Non è invasivo, permette di migliorare il tono e la coordinazione
- Se ancora non ha dato gli effetti che speravo di Giada, comunque non è nocivo e ogni bambino reagisce con i suoi tempi e quindi non mi sentirei di sconsigliarlo

- Prima di arrivare alla medicalizzazione estrema ci sono altre strade e il crosystem è una di queste
- Non abbiamo avuto risultati visibili e non abbiamo capito quanto veramente scientifica sia questa terapia