

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA

UTILIZZO DI UN PROTOCOLLO RIABILITATIVO BASATO SUL BIOFEEDBACK CINEMATICO IN SOGGETTI CON MORBO DI PARKINSON AFFETTI DA SINDROME DI PISA

Tesi di Laurea di: Sara Bascapè

Matricola: n. 814829

Relatore: Prof. Alessandro Crippa

Correlatore: Dott.ssa Denise Anastasi

Anno Accademico 2018/2019

Indice

1 INTRODUZIONE 1
1.1 Obiettivi dello studio 3
1.2 La sindrome di Pisa 4
1.2.1 Eziopatogenesi 4
1.2.2 Trattamento 5
1.3 Un modello biomeccanico per il tronco 7
1.4 Biofeedback per l'apprendimento motorio nei pazienti affetti da morbo di Parkinson 8
1.4.1 Teoria dell'apprendimento motorio 8
1.4.2 Effetti della patologia di Parkinson sui processi di apprendimento e potenzialità del trattamento con biofeedback 10
1.4.3 Il biofeedback 11
2 MATERIALI E METODI 14
2.1 Ricerca bibliografica 14
2.2 Reclutamento del campione 15
2.2.1 Criteri di inclusione e di esclusione 15
2.3 Valutazione 15
2.3.1 Valutazione strumentale 15
2.3.1.1 Analisi della postura e della posizione del CdP 16
2.3.1.2 Analisi del cammino 16
2.3.1.3 Test di reaching multidirezionale 16
2.3.2 Valutazione clinica 19
2.3.2.1 modified Dynamic Gait Index (mDGI) 19
2.3.2.2 Timed Up and Go (cognitivo) 19
2.4 Trattamento 20
2.4.1 Strumenti 21
2.4.2 Costruzione dell'esercizio 24

2.4.3 Esercizi proposti 26
3 RISULTATI 49
3.1 Valutazioni cliniche 49
3.2 Valutazioni strumentali 51
4 DISCUSSIONE 56
5 CONCLUSIONI 62
6 BIBLIOGRAFIA 64
7 APPENDICE 69

1 INTRODUZIONE

Le alterazioni posturali rappresentano una complicanza frequente e potenzialmente disabilitante del morbo di Parkinson. Le principali sono la camptocormia (in flessione anteriore del tronco) e la sindrome di Pisa (in flessione laterale del tronco) e possono presentarsi sia separatamente che in combinazione. Si tratta di atteggiamenti posturali, riducibili alla mobilizzazione passiva o in posizione supina, per quanto nel tempo possano determinare l'instaurarsi di deformazioni strutturali[1].

I meccanismi patogenetici all'origine di queste deformità posturali sono tuttora in gran parte sconosciuti e la loro gestione rimane complicata, ma le recenti revisioni della letteratura concordano sull'importanza della riabilitazione[2,3,4].

L'efficacia del biofeedback nell'apprendimento motorio è stata comprovata[5] e diversi studi ne hanno valutato l'applicazione alla riabilitazione del paziente con il morbo di Parkinson. Tuttavia sono necessari ulteriori studi per esaminare l'applicazione del biofeedback nello specifico delle alterazioni posturali del tronco nel Parkinson.

1.1 Obiettivi dello studio

Questo elaborato di tesi si propone come finalità principali:

- Analizzare le alterazioni posturali e gli schemi motori di soggetti con sindrome di Pisa e morbo di Parkinson, tramite un sistema di analisi del movimento con stereofotogrammetria optoelettronica e pedane di forza;
- Ideare e applicare un protocollo riabilitativo basato sul biofeedback e studiato specificamente per questo tipo di pazienti;
- Valutarne gli effetti.

Lo studio è stato progettato e condotto in una palestra di riabilitazione adulti dell'IRCCS S. Maria Nascente della fondazione Don Carlo Gnocchi, in associazione con il laboratorio S.A.F.Lo. (Servizio di Analisi della Funzionalità Locomotoria) della stessa fondazione.

1.2 La sindrome di Pisa

La sindrome di Pisa (SP) è definita come una flessione laterale del tronco (FLT) sul piano frontale, reversibile alla mobilizzazione passiva o in posizione supina. Una deviazione di almeno 10°, misurata come angolo formato con la verticale dalla linea passante per C7 ed S1, è stata assunta come valore di cut-off per la diagnosi[1].

Un'indagine condotta in Italia su un campione di 1631 pazienti con morbo di Parkinson (MP) ha riscontrato una prevalenza della SP dell'8,8%. La condizione risulta associata a età avanzata, ridotto body mass index, maggior durata di malattia, più avanzato stadio Hoehn & Yahr (H&Y) e minor qualità di vita[6].

Sono state distinte forme con esordio acuto associato a modificazioni della terapia farmacologica antiparkinsoniana o a neurochirurgia, e forme ad esordio progressivo e cronico, in cui non è possibile stabilire quando l'inclinazione laterale del tronco abbia avuto inizio. Nelle forme associate alla terapia farmacologica, l'aggiustamento della stessa porta spesso alla remissione completa della sindrome[7,8].

Alcuni studi hanno indagato gli effetti della SP su equilibrio, cammino e funzione dell'arto superiore. Ne è emerso che alla valutazione stabilometrica in stazione eretta la velocità di spostamento del centro di pressione (CdP) in antero-posteriore (AP) e medio-laterale (ML) risulta significativamente aumentata rispetto ai pazienti MP senza SP[9]; la funzione dell'arto superiore (misurata tramite il Disability Arm, Shoulder, Hand Questionnaire) è significativamente ridotta[10]; mentre non è stata rilevata alcuna influenza significativa sui parametri generali del cammino e all'analisi cinematica sul piano sagittale[11].

1.2.1 Eziopatogenesi

Inizialmente la SP è stata considerata di origine distonica, ipotesi corroborata dai primi studi di elettromiografia (EMG) che mostravano un'iperattività continua dei muscoli paravertebrali omolaterali al lato di inclinazione del tronco[12] e da alcuni casi riportati in letteratura di risoluzione completa conseguente l'inoculo di tossina botulinica[13]. Da ulteriori studi, tra cui alcuni che associavano all'EMG la risonanza magnetica (RM), sono però emersi pattern di attivazione muscolare contrastanti, coinvolgendo distretti sia omo- sia controlaterali alla FLT[14,15,17]. Alcuni autori hanno avanzato l'ipotesi che

l'iperattività dei muscoli controlaterali al lato di inclinazione possa essere dovuta a un tentativo di contrastare la caduta del tronco[16].

Sebbene i meccanismi patogenetici non siano ancora stati chiariti, la maggior parte degli studi concorda per un'eziologia multifattoriale[2,4,17] in cui sono coinvolti uno squilibrio dopaminergico dovuto al funzionamento asimmetrico dei gangli della base e un'alterata integrazione centrale delle informazioni visive, vestibolari e somatosensoriali. Quest'ultima sarebbe potenzialmente responsabile anche del deficit nella percezione dell'orientamento del corpo nello spazio in riferimento alla gravità e della deviazione della verticale visiva soggettiva riscontrati in alcuni pazienti[18,19,21]. È stato descritto in alcuni studi anche un ipofunzionamento vestibolare associato alla FLT[20,21].

1.2.2 Trattamento

Gli studi riguardo l'efficacia delle diverse possibilità terapeutiche per la sindrome di Pisa riportano spesso risultati contrastanti. Le principali review pubblicate negli ultimi anni concordano che, nel caso l'esordio della SP possa essere associato a un cambiamento nella terapia farmacologica, la prima linea d'azione debba essere la revisione della terapia stessa. Altre opzioni terapeutiche possono essere una riabilitazione specifica e/o l'inoculo di tossina botulinica (BoTx)[2,3].
L'efficacia della tossina botulinica è stata testata in diversi studi con risultati tendenzialmente positivi, sia da sola[22] sia in associazione con la terapia riabilitativa[23]. Solo pochi studi si sono concentrati esclusivamente sugli effetti della riabilitazione, escludendo la tossina botulinica. Si tratta in tutti i casi di protocolli di riabilitazione intensiva, che prevedevano dai 60 ai 90 minuti, cinque giorni su sette, di durata compresa tra le due e le quattro settimane. Tutti i protocolli includevano esercizi di allungamento muscolare e training dell'equilibrio[24,25,26].

In particolare Bartolo et al[24] nel 2010 hanno confrontato ventidue soggetti con SP e MP con ventidue aventi solo MP tramite analisi cinematica: ne è emerso che i pazienti con SP presentavano un range di movimento (ROM) del tronco in flessione anteriore ed in inclinazione laterale destra e sinistra significativamente ridotto rispetto ai pazienti con solo MP. Successivamente i pazienti con SP sono stati trattati tramite un protocollo riabilitativo intensivo che prevedeva sedute di 90 minuti, cinque giorni a settimana, per quattro settimane, (per un totale di venti sedute da 90 minuti l'una). Il trattamento includeva esercizi di

coordinazione, mobilizzazione passiva della colonna, stretching attivo e passivo e allenamento dell'equilibrio dinamico. Tutti i pazienti sono risultati migliorati significativamente sia nella postura statica sia nel ROM del tronco su entrambi i piani frontale e sagittale, risultato in parte mantenuto al follow up a sei mesi.

In uno studio del 2017 invece, Lena et al[26] hanno indagato l'influenza del pattern di iperattività della muscolatura paravertebrale (ipsi- o controlaterale) sulla risposta al trattamento riabilitativo in un gruppo di sei soggetti. I pazienti sono stati valutati tramite EMG ad ago della muscolatura paravertebrale e tramite la scala cliniche Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS), sezioni II e III e la scala visuo-analogica (VAS) per il dolore; la FLT è stata misurata tramite goniometro a parete. Il protocollo riabilitativo prevedeva dieci sedute consecutive da 90 minuti ciascuna, che includevano esercizi di stretching, rinforzo funzionale in particolare della muscolatura estensoria, mobilizzazione passiva della colonna e training dell'equilibrio. Tutti i pazienti sono migliorati alla VAS, alle scale cliniche e alla FLT; sebbene gli outcome risultassero significativi solo per VAS e scale cliniche nel gruppo con pattern di iperattività ipsilaterale all'inclinazione del tronco.

Il lavoro descritto da Kataoka et al[25] nel 2013 riporta il caso di un paziente trattato con un programma intensivo di 60 minuti al giorno per due settimane che prevedeva esercizi di allungamento e di rinforzo muscolare ed esercizi di equilibrio in stazione eretta, seduta o a carponi. Gli outcome clinici erano il TUG e la VAS dolore; oltre alla misurazione della FLT. Il paziente è risultato migliorato in tutti i parametri, con una riduzione della FLT da 27° a 4°, della VAS dolore da 77mm a 8mm e del tempo necessario per eseguire il TUG da 19,8" a 13". Questo risultato è interessante considerato il minutaggio nettamente inferiore rispetto ai protocolli precedenti.

In generale sembra che un trattamento riabilitativo intensivo abbia un buon effetto sul controllo della postura, sulla mobilità del tronco, sul dolore e sull'equilibrio.

1.3 Un modello biomeccanico per il tronco

Secondo Kapandji[27], è possibile paragonare la colonna vertebrale all'albero di una nave: muscoli e legamenti fungono da tiranti, ancorando l'albero alla base dell'impianto, il bacino. Non si tratta ciononostante di una struttura statica, in quanto il mantenimento dell'equilibrio nelle diverse configurazioni spaziali è permesso dalla regolazione del tono dei vari muscoli posturali sotto l'azione del sistema extrapiramidale, meccanismo tipicamente compromesso nel MP.

Fisiologicamente il rachide, quale pilastro centrale del tronco, si trova a dover conciliare due parametri meccanici apparentemente contradditori: la rigidità e l'elasticità. Infatti, oltre a costituire l'asse centrale che fornisce sostegno e stabilità a capo e arti, a tempo stesso lo scheletro assile rappresenta una struttura flessibile che permette e prolunga i movimenti degli altri segmenti corporei: si può osservare un'interazione cinematica tra il tronco e lo scheletro appendicolare in molte attività importanti e comuni della vita quotidiana[28]. La capacità del rachide di cambiare forma durante i movimenti e l'assestamento della postura è inoltre fondamentale per permettere la variazione della distribuzione del carico, necessaria al fine di alternare la compressione e non sovraccaricare le strutture.

Considerato quanto esposto sopra, è ragionevole pensare che una deformità sul piano frontale del tronco possa compromettere la mobilità dei segmenti adiacenti. Inoltre gravi curve vertebrali determinano una modificazione del volume delle cavità corporee, con potenziali conseguenze su polmoni e visceri addominali, oltre a un'alterazione della trasmissione dei carichi lungo la colonna, responsabile dell'aumentato stress a carico di muscoli, legamenti, ossa, dischi intervertebrali, articolazioni apofisarie e radici dei nervi spinali[28].
Lo spostamento del CdM causato dall'inclinazione del tronco altera inoltre il normale equilibrio nella gestione del carico, generando compensi a livello del bacino e degli arti inferiori.

Alla luce di quanto descritto, si comprende come sia importante durante il trattamento riabilitativo non concentrarsi esclusivamente sulla funzione stabilizzatrice del tronco ma anche tornare a insegnare al rachide la flessibilità che permette lo svolgimento delle funzioni di mobilità del corpo nel suo insieme.

1.4 Biofeedback per l'apprendimento motorio nei pazienti affetti da morbo di Parkinson

1.4.1 Teoria dell'apprendimento motorio

L'apprendimento motorio (in inglese motor learning) è definito come un insieme di processi interni, associati alla pratica e all'esperienza, che conducono all'acquisizione stabile nel tempo di nuove abilità motorie[29]: la loro permanenza è ciò che differenzia l'apprendimento dal miglioramento temporaneo della performance osservabile durante la seduta riabilitativa. L'apprendimento richiede esperienza ed è funzione della quantità di pratica dedicata all'allenamento e al miglioramento dell'atto motorio. Infatti per trasformare la performance in apprendimento, ovvero affinché i cambiamenti indotti siano duraturi, è necessaria sia un'adeguata intensità giornaliera di allenamento sia la ripetizione protratta nel tempo. Il processo di apprendimento si avvale dei meccanismi di plasticità neuronale, che includono la sinaptogenesi e l'aumento di risposta sinaptica delle aree corticali interessate. Affinché si attivi la plasticità sinaptica è importante il coinvolgimento del sistema colinergico basale, ovvero la situazione deve essere motivante per il soggetto e ottenere la sua attenzione. Inoltre poiché la plasticità sinaptica è maggiore nel giovane che nell'anziano, ne consegue che l'apprendimento sarà facilitato nel giovane e più lento e difficoltoso nell'anziano. Il tipo di esperienza indotta dal training indirizza la natura della plasticità, ovvero compiti specifici inducono plasticità cerebrale solo nella zona strettamente connessa a quel compito e può accadere che non vi sia trasferimento a modalità non trattate. Da qui la necessità di essere specifici nell'allenamento rispetto alla funzione che si vuole migliorare[30].

Per poter analizzare quali effetti la patologia di Parkinson abbia sull'apprendimento motorio è bene aver chiari i diversi aspetti e passaggi del processo. Anzitutto è importante chiarire il significato dei termini implicito ed esplicito. In neuropsicologia si definisce esplicito l'apprendimento conscio, dichiarativo e la memoria di fatti ed eventi; mentre si descrive come implicita la modalità di apprendimento e la relativa memoria di tipo inconscio, non dichiarativo, tra cui l'apprendimento procedurale e dunque l'apprendimento motorio. Da un punto di vista operativo invece bisogna tenere presente che diversi fattori, tra cui il tipo di istruzioni date al paziente, i cues, e le motivazioni, possono influenzare l'utilizzo di canali e risorse attentive di tipo implicito o

esplicito e che durante i diversi stadi del processo di apprendimento sono tipicamente coinvolti meccanismi prevalentemente di uno o dell'altro tipo[31].

Si possono distinguere tre fasi dell'apprendimento:

1) fase iniziale o cognitiva;
2) fase intermedia o associativa (di consolidamento);
3) fase avanzata o autonoma.

Fase iniziale: in questa prima fase è richiesta al soggetto una notevole attività cognitiva per elaborare le informazioni fornitegli e ricercare la strategia di movimento adatta per rispondere alla richiesta motoria; si può dunque considerare una fase di tipo esplicito/dichiarativo. Il focus è su *cosa* fare. La prova di diverse strategie determina performance piuttosto variabili. Tipicamente si osservano movimenti lenti e irregolari, con la riduzione dei gradi di libertà delle diverse articolazioni attraverso la co-contrazione di più gruppi muscolari per ridurre il dispendio computazionale. A seconda della complessità del compito questa fase può durare da pochi minuti a giorni e il miglioramento è rapido.

Fase intermedia o di consolidamento: inizia quando il soggetto ha già selezionato la strategia migliore per portare a termine il compito e si dedica ora al perfezionamento dei pattern di attivazione neuromuscolare. Il focus è su *come* fare. La performance si fa più coerente e i movimenti più veloci e fluidi, anche in seguito al progressivo "scongelamento" delle articolazioni inizialmente bloccate. In questa fase i meccanismi impliciti diventano prevalenti rispetto agli aspetti dichiarativi. Questa seconda fase può durare giorni o settimane ed è caratterizzata da miglioramenti più graduali.

Fase avanzata: l'ultima fase è la fase dell'automatizzazione del gesto. Il soggetto diventa capace di svolgere il compito appreso senza doversi focalizzare direttamente su esso, ovvero non è più necessario il controllo volontario del movimento. Ora il gesto è adattabile a diverse situazioni e contesti ed è inoltre possibile lo svolgimento contemporaneo di un'altra attività con minima interferenza (*dual task*). Questa fase è unicamente basata su meccanismi di tipo implicito ed è la fase più lunga dell'apprendimento, con durata di anni o mesi a fronte di piccoli miglioramenti.

1.4.2 Effetti della patologia di Parkinson sui processi di apprendimento e potenzialità del trattamento con biofeedback

Riguardo gli effetti del MP sulla capacità di apprendimento esistono studi riportanti risultati contrastanti. Alcuni infatti sostengono che i meccanismi di apprendimento impliciti siano maggiormente conservati, con risultati comparabili a quelli dei soggetti sani[32,33,34], mentre vi è una difficoltà di apprendimento riguardo i compiti motori guidati da componenti dichiarative[35,36]. Di contro vi sono dati riguardo la facilitazione dei processi di apprendimento tramite la fornitura di informazioni aggiuntive, che hanno portato diversi studiosi ad affermare che i pazienti affetti da MP sperimentino un miglioramento della performance e dell'apprendimento in condizioni esplicite[37,50]. In ogni caso vi è un generale consenso sul fatto che nei soggetti con MP, sebbene rallentata e danneggiata, la capacità di apprendimento sia comunque conservata[39,48,49,50].

Sembra inoltre essere rilevante il ruolo della motivazione: alcuni studi mostrano come l'efficacia dei trattamenti riabilitativi sia aumentata in presenza di fattori che rendano l'allenamento più stimolante e aumentino la motivazione del paziente[38], come ad esempio l'utilizzo del biofeedback (BFB). Questo infatti, oltre a fornire informazioni aggiuntive che possono aiutare il soggetto con MP nella performance[37,50], permette di migliorare la concentrazione del paziente sul compito richiesto e di aumentare la motivazione durante l'esercizio, con effetti positivi sulla performance e sull'apprendimento[39,37].

Per quanto riguarda invece il mantenimento dell'apprendimento, la maggior parte degli studi condotti mostra che questo meccanismo è danneggiato nei soggetti affetti dalla patologia. Nello specifico questi pazienti tipicamente necessitano di maggiore allenamento per imparare, presentano un deficit di generalizzazione e maggiori difficoltà nel doppio compito rispetto ai soggetti sani[50]. L'assenza di transfer rende l'apprendimento di questi pazienti estremamente contesto-specifico. Bisogna dunque porre particolare attenzione durante il trattamento per evitare l'instaurarsi di una dipendenza dal contesto e, nel caso di utilizzo del BFB, per scongiurare lo sviluppo di una dipendenza dallo strumento.

1.4.3 Il biofeedback

Il sistema somatosensoriale produce tutte le informazioni riguardo la posizione e il movimento dei vari segmenti del corpo necessarie per muoversi nello spazio e per poter valutare il risultato delle proprie azioni (feedback intrinseco). Queste tuttavia possono risultare alterate in caso di patologie del sistema nervoso.

Il biofeedback (BFB) è un insieme di tecniche che, mettendo a disposizione del soggetto informazioni aggiuntive accurate riguardo la sua performance (feedback estrinseco o aumentato), amplifica il feedback intrinseco e facilita l'apprendimento motorio. Si tratta di un controllo retroattivo del movimento, che permette al soggetto di conoscere la riuscita della propria azione per poter confermare lo schema se corretto o correggere in caso contrario.

Distinguiamo tre grosse categorie di BFB applicate alla riabilitazione neuromotoria:

- BFB cinematico, inerente i parametri di movimento dei diversi segmenti corporei;
- BFB cinetico, a proposito delle forze che entrano in gioco durante il movimento;
- BFB elettromiografico, fornente informazioni sulla contrazione muscolare. Può essere utilizzato per aumentare l'attività della muscolatura ipotonica o paretica, per ridurre il tono della muscolatura spastica o per incrementare la selettività della attivazione.

A seconda della modalità di presentazione del feedback e del suo contenuto si distingue tra:

- Feedback concorrente o terminale: distinzione in base al momento in cui è fornito. Il feedback concorrente è somministrato durante l'esecuzione del compito motorio richiesto e facilita il miglioramento della prestazione. È particolarmente indicato durante le fasi iniziali dell'apprendimento o se il compito da svolgere è complesso. Il feedback terminale invece viene somministrato dopo l'esecuzione del compito, immediatamente (feedback immediato) o con un ritardo di durata variabile (feedback ritardato). Quest'ultimo in particolare facilita l'apprendimento nella misura in cui

permette al soggetto un'analisi dei propri feedback intrinseci, evitando lo sviluppo di una dipendenza dal feedback estrinseco.

- Feedback distinto o cumulativo: distinzione in base alla frequenza. Il feedback distinto è fornito ogni qualvolta il soggetto svolge il compito ed è più vantaggioso per compiti complessi o in ogni caso per le fasi iniziali dell'apprendimento; mentre il feedback cumulativo è presentato in seguito a più svolgimenti sotto forma di media dei valori ottenuti, facilitando il processo di apprendimento nelle fasi successive.

- Feedback continuo o discontinuo: in base alla costanza nella somministrazione.

- Feedback verbale o non verbale

- Feedback per conoscenza della performance o del risultato: in base al focus. Il feedback per conoscenza della performance fornisce informazioni riguardo la modalità di esecuzione del gesto. Il feedback per conoscenza del risultato invece informa il soggetto sul raggiungimento dell'obiettivo, si tratta quindi di un feedback di tipo terminale.

- Feedback positivo o negativo: . Il feedback positivo informa il soggetto che lo svolgimento dell'esercizio è corretto, si tratta dunque di un meccanismo di "ricompensa". Al contrario il feedback negativo segnala un errore durante lo svolgimento del compito motorio e dunque la necessità di cambiare strategia. È definito meccanismo di "punizione". Sebbene possa portare a un miglioramento più rapido bisogna tenere conto del possibile effetto "deprimente" sul paziente quando troppo frequente.

- Feedback qualitativo o quantitativo: in base al grado di precisione. Il feedback qualitativo informa solo sulla correttezza o meno del gesto ed è utile in particolare durante le prime fasi dell'apprendimento, mentre il feedback quantitativo fornisce informazioni sia sulla grandezza sia sulla direzione dell'errore, offrendo quindi un'indicazione più precisa al paziente su come migliorarsi. Esiste inoltre il feedback per ampiezza di banda: è stabilito un intervallo all'interno del quale il movimento è considerato corretto ed è fornito al soggetto un feedback positivo qualitativo, all'esterno di questa banda il movimento è considerato scorretto ed al soggetto è proposto un feedback di tipo quantitativo, dando indicazioni sulla

grandezza e sulla direzione dell'errore. Lee e Carnahan[40] hanno osservato come l'apprendimento risulti facilitato quando la banda sia più ampia, poiché è ridotta la frequenza di presentazione dell'errore.

- Feedback visivo, uditivo o tattile vibratorio: in base al canale sensoriale attraverso cui viene fornito. Tutti i tipi di BFB sono risultati efficaci nel migliorare la performance motoria e l'apprendimento nei pazienti parkinsoniani, ma è risultato che la somministrazione contemporanea tramite più canali sensoriali dia risultati migliori[41].

L'utilizzo del feedback estrinseco (biofeedback) è particolarmente indicato per pazienti con difficoltà percettive e offre inoltre il vantaggio di motivare maggiormente il soggetto, aumentando il suo livello di attenzione al compito da eseguire. È di assoluta importanza la correttezza del feedback fornito: un'indicazione erronea infatti entrerebbe in contrasto con le informazioni intrinseche propriocettive creando un conflitto informazionale dannoso all'apprendimento[30].

L'utilizzo di un BFB continuo, istante per istante, sebbene sia utile durante le fasi iniziali, a lungo termine non agisce sull'apprendimento, dando vita a un fenomeno di dipendenza dallo stesso. È dunque importante durante la progressione del trattamento ridurre gradualmente la frequenza di presentazione del BFB, come anche richiedere al soggetto un proprio feedback, forzandolo così all'elaborazione delle informazioni propriocettive intrinseche.

2 MATERIALI E METODI

2.1 Ricerca bibliografica

Per la stesura di questo elaborato di tesi sono state condotte numerose ricerche bibliografiche attraverso il motore di ricerca PubMed, selezionando e consultando diversi articoli scientifici contenuti nella banca dati MEDLINE.

Una prima ricerca, finalizzata a una maggiore comprensione dello specifico patologico della sindrome di Pisa nel MP e all'analisi delle opzioni di valutazione e trattamento già presenti in letteratura, è stata condotta utilizzando varie combinazioni delle parole chiave:

- Pisa syndrome
- lateral trunk flexion
- lateral bending
- Parkinson
- posture
- trunk
- axial
- rehabilitation
- treatment
- evaluation

Sono stati esaminati i titoli di 164 articoli, quindi gli abstract di 63 articoli per poi selezionare 24 articoli in full-text. Dalle bibliografie di questi ultimi si è inoltre risalito ad altri articoli attinenti.

Sono quindi state condotte ulteriori ricerche riguardo l'apprendimento motorio, il biofeedback e il suo utilizzo nella riabilitazione del MP.

Parole chiave utilizzate:

- biofeedback
- Parkinson
- motor learning
- posture
- trunk

Sono stati esaminati i titoli di 67 articoli, quindi gli abstract di 36 articoli, per poi selezionare 14 articoli in full-text. Dalle bibliografie di questi ultimi si è inoltre risalito ad altri articoli attinenti.

2.2 Reclutamento del campione

Per questo studio sono stati reclutati sette pazienti tra quelli che hanno avuto accesso all'U.O. S. Maria Nascente in regime ambulatoriale o di ricovero nel periodo tra marzo e settembre 2019. Tutti i pazienti reclutati rispondevano ai criteri di inclusione ed esclusione sotto elencati.

2.2.1 Criteri di inclusione e di esclusione

Criteri di inclusione:

- diagnosi di MP, stadio H&Y < 4 in fase ON;
- inclinazione laterale del tronco ≥ 10°;
- mini-mental state examination (MMSE) ≥ 22;
- capacità di camminare senza ausili per brevi tratti.

Criteri di esclusione:

- discinesie clinicamente significative e/o importanti fluttuazioni ON/OFF;
- disturbi psichiatrici clinicamente significativi;
- disordini vestibolari;
- condizioni ortopediche determinanti FLT.

2.3 Valutazione

I soggetti reclutati sono stati sottoposti a valutazione clinica e strumentale pre- e post-trattamento. Tutte le misurazioni sono state effettuate sempre all'interno di uno stesso intervallo orario, modulato sull'orario di assunzione della terapia farmacologica, al fine di evitare bias dovuto a ritardo della fase ON (delayed ON) o a deterioramento di fine dose (wearing OFF).

2.3.1 Valutazione strumentale

La valutazione strumentale viene svolta all'interno del laboratorio S.A.F.Lo. attraverso l'utilizzo di sistemi elettronici avanzati per l'analisi del movimento che, analizzando la cinematica e la cinetica dei diversi segmenti corporei, forniscono una misura oggettiva del movimento assoluto del centro di massa (CdM) e dei

segmenti ossei, del movimento relativo tra segmenti adiacenti, delle forze generate nell'interazione con l'ambiente, del lavoro e della potenza muscolare prodotti.

2.3.1.1 Analisi della postura e della posizione del CdP

Per analizzare le variazioni della postura e la gestione dell'equilibrio in diversi contesti funzionali e sensoriali durante la stazione eretta, è stata ideata una serie di prove, sottoposte al soggetto in quest'ordine:

- Occhi aperti
- Occhi aperti, dual task cognitivo (100-7)
- Occhi chiusi
- Occhi aperti, "si raddrizzi"

2.3.1.2 Analisi del cammino

Ai soggetti è stato richiesto di camminare alla loro velocità spontanea in laboratorio in modo tale da passare sulle pedane stabilometriche. Successivamente sono state selezionate le fasi temporali del ciclo del passo e tramite un software sono stati generati dei report contenenti i valori relativi e assoluti dei parametri cinematici calcolati e l'andamento temporale delle grandezze cinematiche e dinamiche.

2.3.1.3 Test di reaching multidirezionale

Per indagare le strategie di gestione del tronco e del centro di massa è stato ideato un protocollo ispirato al Multidirectional Reach Test. Questo test, validato in letteratura[42] per indagare la gestione della postura e dell'equilibrio ai margini della base d'appoggio, viene normalmente svolto misurando la distanza percorsa dalla punta del terzo dito della mano rispetto a un metro a parete durante compiti di reaching anteriore, laterale e posteriore. Ogni task è ripetuto tre volte ed è effettuata infine la media dei risultati raggiunti.

Sono stati presi in considerazione nello specifico i compiti di reaching anteriore, laterale destro e laterale sinistro, azioni che facilmente rientrano nell'esperienza quotidiana del paziente, e il protocollo è stato implementato sfruttando le potenzialità del sistema di analisi del movimento che, permettendo di registrare la posizione dei diversi segmenti del corpo, ha consentito una misura più precisa

degli spostamenti e l'analisi delle strategie di equilibrio utilizzate per svolgere il compito richiesto.

In particolare abbiamo utilizzato i dati riguardanti posizione e spostamenti:

- del centro di pressione (CdP),
- del punto di repere della settima vertebra cervicale (C7),
- del punto medio tra le spine iliache postero-superiori (PSIS_MX), riferimento per la posizione del bacino.

Di seguito è riportata una schermata del programma. Sulla sinistra è possibile osservare la ricostruzione della posizione dei segmenti corporei tramite l'identificazione dei punti di repere. Sulla destra vi è il grafico rappresentante lo spostamento antero-posteriore di C7 (in verde), PSIS_MX (in blu) e CdP (in rosso). La posizione del CdP è sovrapponibile alla posizione del CdM, in quanto la condizione inerziale è ridotta. Sull'asse delle ordinate è riportata la posizione dei tre elementi considerati sul piano sagittale: a valori maggiori corrisponde uno spostamento anteriore e a valori minori uno spostamento posteriore. Sull'asse delle ascisse è indicato lo scorrere del tempo. La linea bianca verticale indica l'istante considerato cui corrispondono i valori numerici (riquadro in alto a sin della metà dx dell'immagine) e la ricostruzione della posizione dei segmenti corporei visualizzata a sinistra.

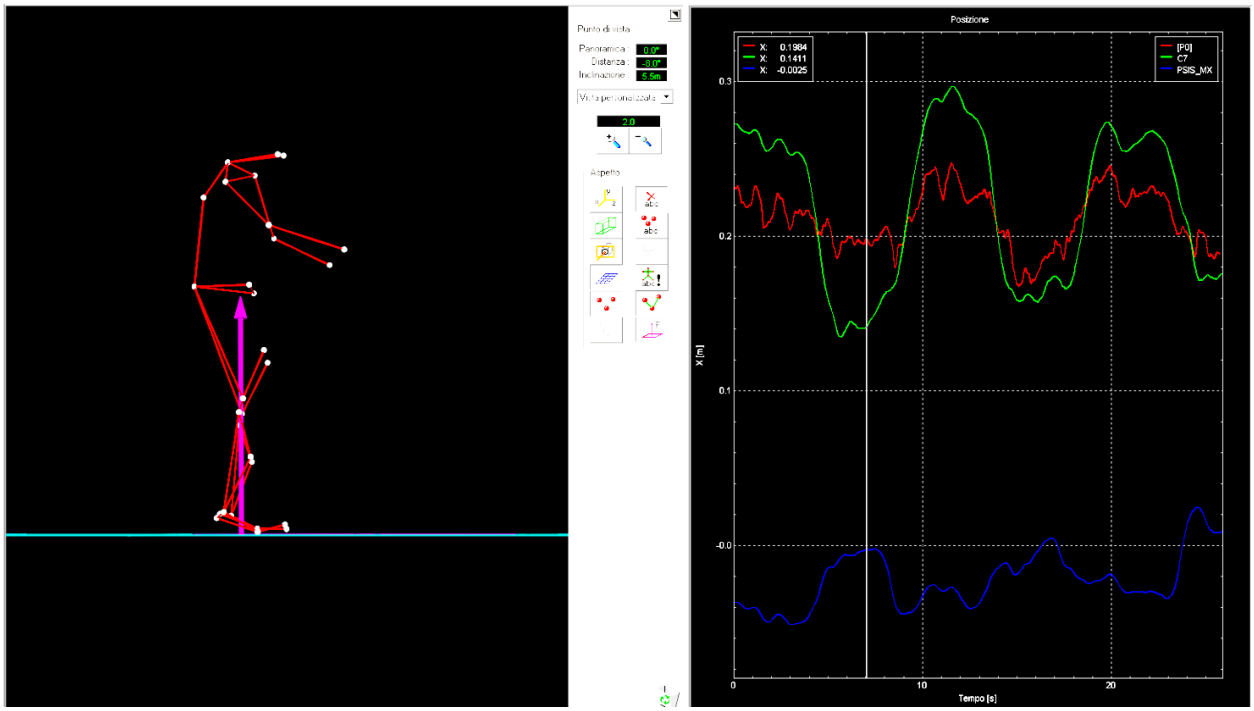


Figura 2.1 Posizione di partenza

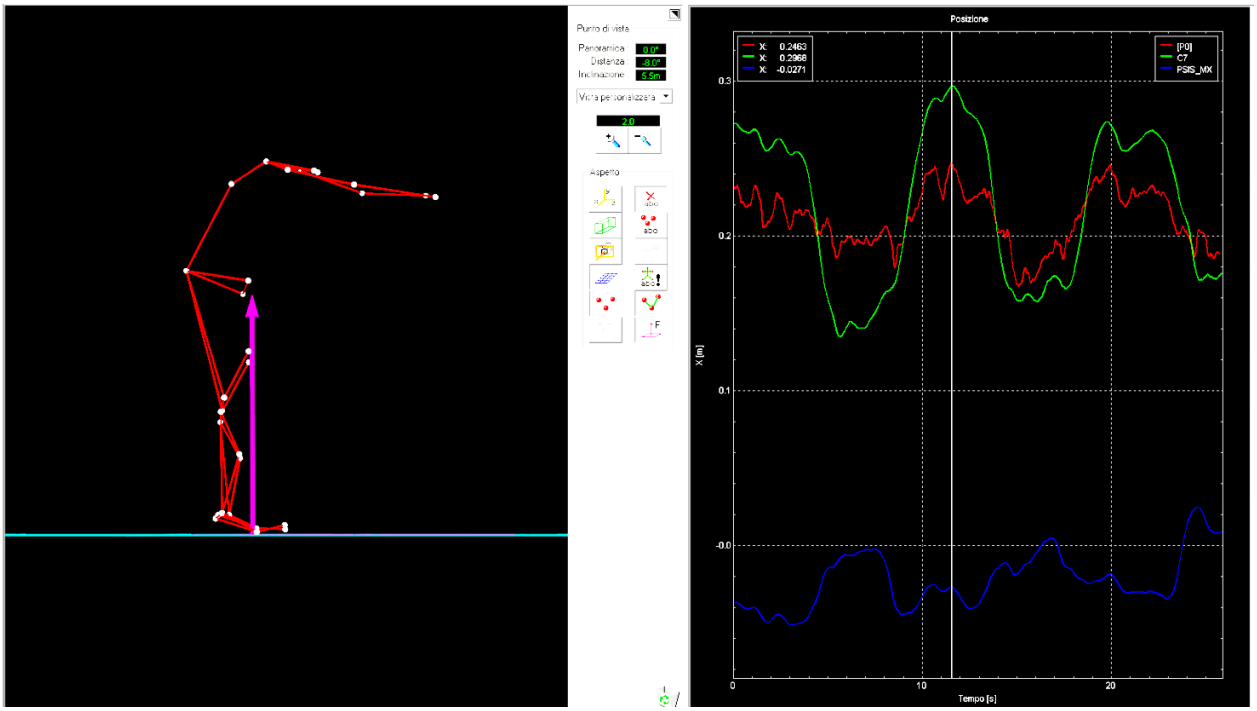


Figura 2.2 Posizione finale di reaching anteriore

Il confronto tra questi dati ha permesso di indagare le strategie di equilibrio utilizzate dai pazienti ai margini della loro base d'appoggio e la capacità di modificare il proprio assetto posturale per svolgere compiti di raggiungimento nelle diverse direzioni dello spazio.

2.3.2 Valutazione clinica

2.3.2.1 modified Dynamic Gait Index (mDGI)

L'mDGI è una scala utilizzata per valutare la capacità di un soggetto di controllare la propria stabilità durante la deambulazione, messa alla prova attraverso compiti complessi che permettono di evidenziare deficit che possono emergere in caso di disordini dell'organizzazione sensori-motoria. È composta di otto prove, delle quali vengono registrati il tempo utilizzato per completarle, il pattern del cammino e il livello di assistenza necessaria, si veda l'allegato 2.

Le prove somministrate sono le seguenti:

1) Cammino in piano
2) Cambi di velocità nel cammino
3) Cammino con rotazioni orizzontali del capo
4) Cammino con movimenti verticali della testa
5) Cammino e giro sul posto
6) Superare un ostacolo
7) Cammino intorno agli ostacoli
8) Scale

2.3.2.2 Timed Up and Go (cognitivo)

Il Timed Up and Go (TUG) è un test utilizzato per valutare l'equilibrio dinamico ed identificare individui a rischio di cadute, osservando il tempo richiesto ed eventuali difficoltà nel mantenere l'equilibrio durante il passaggio posturale seduto-in piedi (e viceversa), la deambulazione e un cambio di direzione di 180°. Si veda l'allegato 3. Al paziente è chiesto di alzarsi dalla sedia, camminare per tre metri fino a un segno sul pavimento, girarsi, tornare fino alla sedia e sedersi. È permesso al paziente di utilizzare l'eventuale ausilio che tipicamente utilizza per deambulare, eventualità da riportare per iscritto congiuntamente al risultato del test. Viene effettuato un primo giro di prova, affinché il paziente comprenda bene e familiarizzi con quanto gli è richiesto. Quindi viene cronometrato il tempo che intercorre dal momento in cui inizia ad alzarsi al momento in cui torna a sedersi sulla sedia. Nel TUG cognitivo il compito è ripetuto, chiedendo al paziente

di contare all'indietro sottraendo 3 da un numero scelto a caso tra 20 e 100 mentre esegue la prova. Questo permette di osservare come varia la gestione dell'equilibrio durante compiti in dual task. L'utilizzo di questo test per valutare il rischio di cadute nei pazienti parkinsoniani è altamente raccomandato, in particolare il TUG(cogn) è riportato avere un maggiore valore predittivo positivo (71%) rispetto al TUG semplice (42%)[43].

2.4 Trattamento

Tenendo in considerazione la presenza in letteratura di ipotesi che suggeriscono una dipendenza della SP dall'alterata integrazione delle afferenze sensoriali[1,2,17], e di evidenze che mettono in luce le potenzialità del BFB in pazienti affetti da MP[39] e in particolare in quei pazienti con deficit sensoriali, si è deciso di impostare un protocollo di trattamento che tramite l'uso del BFB portasse i soggetti con SP a coscientizzare la propria posizione nello spazio e allo stesso tempo insegnasse loro nuove strategie per correggerla.

La progressione del trattamento ha previsto un graduale aumento del numero di distretti anatomici che era richiesto al paziente di controllare, passando dalla posizione supina alla posizione seduta e alla stazione eretta, dapprima in condizioni statiche e successivamente dinamiche, fino al cammino. Un ulteriore fattore di progressione è stato il passaggio dalla condizione occhi aperti alla condizione occhi chiusi (dove possibile), al fine di ridurre la dipendenza dalle informazioni visive e indurre il soggetto a concentrarsi maggiormente sulle proprie afferenze propriocettive. Inoltre, in accordo con i principi di base dell'apprendimento motorio, vi è stata una progressione nell'utilizzo del BFB da concorrente e continuo nelle fasi iniziali a discontinuo e ritardato in stadi successivi.

Il protocollo di trattamento ha previsto un totale di 18 sedute da 50 minuti l'una, con una frequenza di due volte a settimana per i pazienti ambulatoriali e di tre volte a settimana per i pazienti ricoverati. Per ogni paziente è stato elaborato un programma di trattamento mirato, in base alle criticità identificate attraverso l'analisi dei dati raccolti.

Di seguito sono riportate la descrizione del materiale utilizzato e l'esposizione dei processi di ragionamento che hanno portato all'ideazione degli esercizi, illustrati tramite alcuni esempi.

2.4.1 Strumenti

Per allestire i diversi esercizi è stato utilizzato il Kit Leonardo, un sistema modulare assemblabile in diverse combinazioni che permette di modellare l'esercizio esattamente in base alle necessità del singolo paziente. Di seguito sono descritti i componenti principali utilizzati durante le sessioni di terapia.



Figura 2.3 Kit Leonardo

- Inclinometro: strumento che misura l'angolo assoluto, compreso tra il segmento corporeo su cui è posizionato e la verticale. A seconda dell'orientamento scelto è possibile lavorare sui piani frontale, sagittale o entrambi. Permette di fornire un feedback di tipo qualitativo, positivo o negativo.

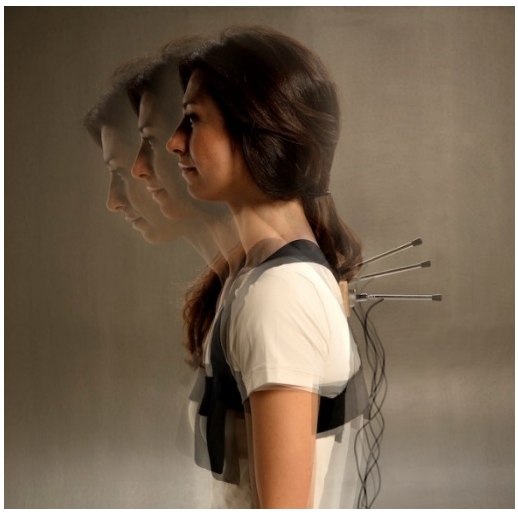


Figura 2.4 Inclinometro applicato sulla dorsale per misurare l'inclinazione sul piano sagittale

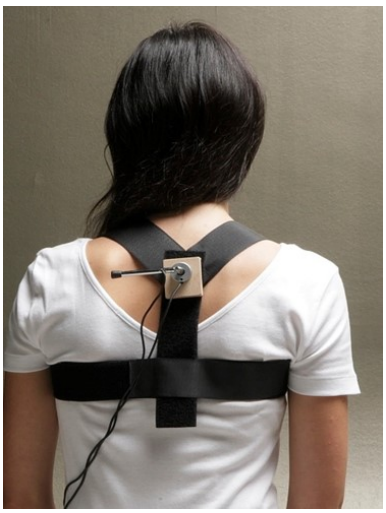


Figura 2.5 Inclinometro applicato sulla dorsale per misurare l'inclinazione sul piano frontale

- Goniometro: strumento che alla variazione della distanza o dell'angolo relativo formato dai due segmenti su cui è fissato tramite la messa in tensione o l'allentamento del dispositivo produce un feedback di tipo qualitativo, positivo o negativo.



Figura 2.6 Goniometro per segnalare l'estensione del ginocchio

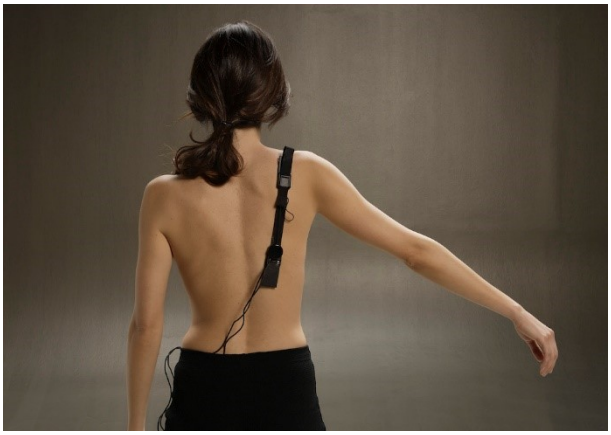


Figura 2.7 Goniometro per evidenziare l'elevazione della spalla

- Visualizzatore con antenna: antenna periscopica di circa 50 cm avvitata su un supporto rigido applicabile al bacino. L'antenna risulta essere così un elemento perpendicolare alla bisiliaca e ne descrive i movimenti sui diversi piani. Il sussidio viene utilizzato in abbinamento a un piano di lavoro regolabile sul quale viene posizionato un pannello di plexiglass in cui si inseriscono dei riferimenti grafici che forniscono un feedback concorrente all'esecuzione e sono allo stesso tempo una guida alla direzione del movimento. Il feedback fornito è di tipo quantitativo, ovvero permette di evidenziare i movimenti del bacino inseriti in uno spazio grafico.

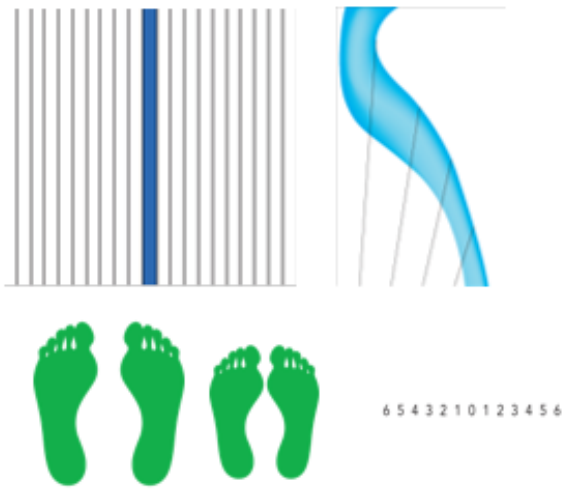


Figura 2.8 Riferimenti grafici utilizzati con il piano di lavoro



Figura 2.9 Visualizzatore con antenna applicato al bacino e piano di lavoro

- Puntatore laser: strumento che amplifica il movimento angolare, indicato per evidenziare i movimenti di rotazione o inclinazione sui piani sagittale e trasversale. In particolare, l'ingrandimento risultante è funzione della distanza tra la sorgente del laser e il piano su cui avviene la proiezione, dunque a maggiore distanza corrisponde una maggiore amplificazione. Utilizzato con una guida di riferimento il feedback prodotto è di tipo quantitativo, ovvero permette di visualizzare la quantità di cui si manca il bersaglio.

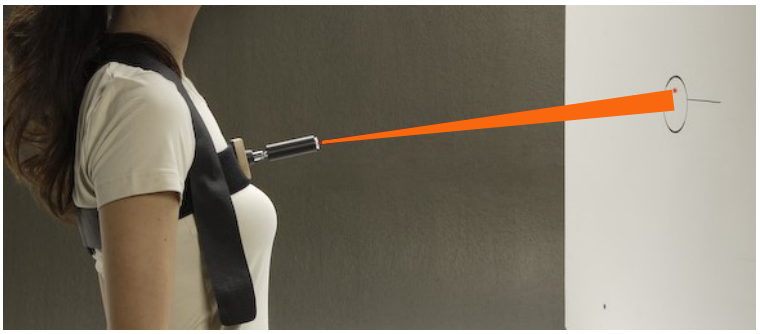


Figura 2.10 Puntatore laser applicato al torace per evidenziare le rotazioni sui piani sagittale e trasversale

- Tavoletta di Freeman: tavoletta oscillante tradizionalmente utilizzata per allenare la propriocezione e l'equilibrio, permette anche di evidenziare le eventuali difficoltà nella gestione della distribuzione del carico e le relative strategie utilizzate dal soggetto. Può inoltre essere utilizzata in abbinamento ai diversi strumenti per il feedback sopra descritti per amplificare e segnalare gli spostamenti del carico; o essere adoperata in associazione a spessori o molle in esercizi di riconoscimento al fine di migliorare le strategie di gestione del carico.



Figura 2.11 Tavoletta oscillante con cerniera sagittale mediana, stabilizzata da molle sui due lati, e spessori per esercizio di riconoscimento

2.4.2 Costruzione dell'esercizio

La progettazione dell'esercizio con il feedback comincia anzitutto dal fare chiarezza riguardo cosa si vuole modificare, su quale piano spaziale avviene il movimento e quali segmenti corporei sono coinvolti. È importante inoltre capire quale tipo di riferimento si vuole dare al paziente e in quale fase dell'apprendimento si trovi lo stesso. Avendo chiaro questo è poi possibile intervenire su tantissime variabili: il tipo di compito, la posizione del paziente durante l'esercizio, la condizione sensoriale, la modalità di lavoro, lo strumento utilizzato per fornire il feedback, il tipo di feedback che si vuole fornire e i canali sensoriali da utilizzare. A seguire sono descritte le differenti specifiche di ciascuno.

- Tipo di compito: si distingue tra un compito primario, ovvero l'obiettivo principale su cui si concentra l'attenzione del paziente, e un compito secondario, ovvero un'ulteriore richiesta che il soggetto deve soddisfare mentre raggiunge il primo obiettivo, tipicamente il mantenimento di una certa posizione con un distretto corporeo. Qualora si tratti di un movimento complesso, il compito può essere frammentato in diverse azioni per diversi distretti corporei, corrispondenti a diversi dispositivi di feedback.

- Posizione del paziente durante l'esercizio: supina, prona, sul fianco, seduta, in piedi a piedi paralleli, in posizione di passo o nel cammino.

- Condizione sensoriale: l'utilizzo o l'esclusione della vista, o l'impiego di superfici instabili (foam).

- Modalità di lavoro: l'allineamento e l'esperienza della simmetria, l'alternanza di posizioni o di movimenti nei due emilati, l'utilizzo del metronomo per indicare un ritmo, la presentazione di diversi compiti o stimoli con sequenza casuale (random), la richiesta di riconoscimento di posizioni o resistenze, la staticità o dinamicità dell'esercizio.

- Strumento: dispositivi utilizzati per costruire il setting di lavoro. Possono essere utilizzati singolarmente o in combinazione. Ciascuno di essi presenta vantaggi o limitazioni legati al piano su cui si vuole lavorare o al tipo di feedback che si vuole produrre (vedi la descrizione dei vari strumenti nel paragrafo precedente).

- Tipo di feedback: qualitativo o quantitativo, positivo o negativo, concorrente o terminale ritardato, verbale o non verbale (vedi relativo paragrafo nell'introduzione per la descrizione di ciascuno).

- Canale sensoriale utilizzato: feedback acustico, visivo, vibratorio o tattile, facenti capo a diversi tipi di sensibilità. Poiché è possibile che alcuni dei canali sensoriali che si vogliono utilizzare siano deficitari nel soggetto trattato, è sempre bene verificarne l'integrità anticipatamente.

Durante la costruzione degli esercizi ci si è serviti della tabella sotto riportata che, grazie all'utilizzo di diversi colori, riassume le caratteristiche del setting e le scelte relative alle differenti variabili sopra analizzate. Di seguito è riportata la versione da noi utilizzata, ma la tabella può essere riadattata in base alle esigenze del tipo di pazienti per cui è pensato il trattamento.

PROBLEMA					PISA		CAMPTO
					SIN	DX	
OBIETTIVO ESERCIZIO							
FASE DI APPRENDIMENTO	COGNITIVA	ASSOCIATIVA	AUTOMATICA				
TIPO DI COMPITO	PRIMARIO	SECONDARIO					
DISTRETTO CORPOREO	BACINO	TRONCO	TESTA	ARTI SUPERIORI			
POSIZIONE	SUPINA	SEDUTA	PIEDI PARALLELI	PASSO	CAMMINO		
CONDIZIONE SENSORIALE	OCCHI APERTI	OCCHI CHIUSI					
MODALITÀ	SIMMETRIA	ALTERNANZA	RITMO	RANDOM	RICONOSCIMENTO		DINAMICO
STRUMENTO	TAVOLETTA	INCLINOMETRO	GONIOMETRO	ANTENNA	LASER		
FEEDBACK	ACUSTICO	VISIVO	VIBRATORIO	TATTILE	VERBALE		
	QUALITATIVO	QUANTITATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	CONCORRENTE		TERMINALE RITARDATO
PIANO	SAGITTALE	FRONTALE	TRASVERSALE				

Figura 2.12 Tabella utilizzata per la costruzione degli esercizi

2.4.3 Esercizi proposti

Sono riportati di seguito alcuni degli esercizi svolti con i diversi pazienti. Ciascun esercizio è accompagnato da una breve spiegazione del razionale che ci ha condotto a formularlo, con esempi specifici riferiti ai diversi soggetti.

Nei pazienti fortemente camptocormici è stato necessario lavorare dapprima sul raddrizzamento sul piano sagittale per poter poi agire sul piano frontale. Nella progressione dunque questi esercizi precedono quelli sul piano frontale.

Esercizi in posizione supina

La FLT determinata dalla SP è nota risolvere in posizione supina. Ciò è stato verificato per tutti i soggetti partecipanti a questo studio. Inoltre si è voluto osservare il modo spontaneo di posizionarsi a lettino di questi pazienti e la loro capacità di allinearsi correttamente quando gli venga esplicitamente richiesto. Con i soggetti che non fossero in grado di eseguire quanto richiesto si è lavorato sulla percezione dell'asse e sull'allineamento corporeo in posizione supina.

Esercizio 1: riconoscimento di posizioni del tronco da supino.

PROBLEMA	ALTERATA PERCEZIONE DELL'ASSE IN POSIZIONE SUPINA				PISA SIN	PISA DX	CAMPTO
OBIETTIVO ESERCIZIO	RICONOSCIMENTO DELLA POSIZIONE DEL TRONCO (ETC 1° GRADO)						
FASE DI APPRENDIMENTO	COGNITIVA	ASSOCIATIVA	AUTOMATICA				
TIPO DI COMPITO	PRIMARIO	SECONDARIO					
DISTRETTO CORPOREO	BACINO	TRONCO	TESTA	ARTI SUPERIORI			
POSIZIONE	SUPINA	SEDUTA	PIEDI PARALLELI	PASSO	CAMMINO		
CONDIZIONE SENSORIALE	OCCHI APERTI	OCCHI CHIUSI					
MODALITÀ	SIMMETRIA	ALTERNANZA	RITMO	RANDOM	RICONOSCIMENTO		DINAMICO
STRUMENTO	TAVOLETTA	INCLINOMETRO	GONIOMETRO	ANTENNA	LASER		
FEEDBACK	ACUSTICO	VISIVO	VIBRATORIO	TATTILE	VERBALE		
	QUALITATIVO	QUANTITATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	CONCORRENTE		TERMINALE RITARDATO
PIANO	SAGITTALE	FRONTALE	TRASVERSALE				

Figura 2.13 Tabella relativa all'esercizio 1 in posizione supina

Il paziente è sdraiato in posizione supina con il tronco appoggiato su una tavoletta dotata di rotelle che ne permette lo scivolamento rispetto al piano sottostante. Con gli occhi chiusi, gli viene chiesto di percepire dapprima e poi di riconoscere le diverse posizioni in cui è portato dal terapista. La posizione mediana si definisce “zero”, per dare un riferimento sull’asse, da lì poi si contano le posizioni verso destra e verso sinistra.

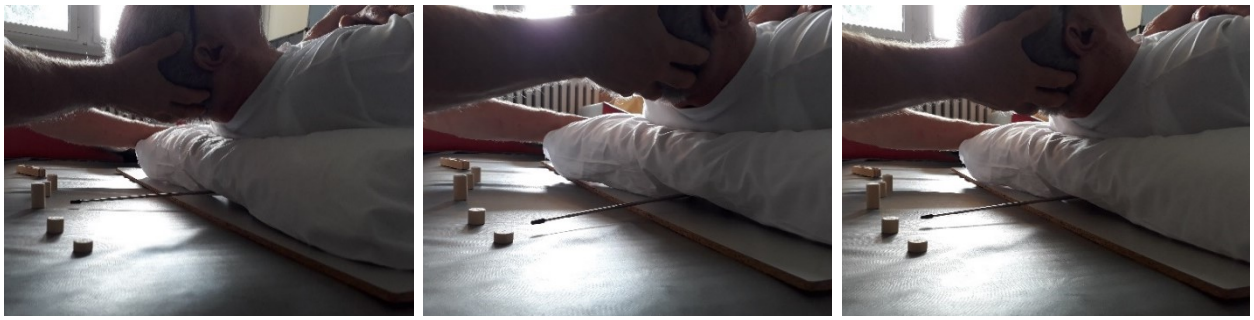


Figura 2.14 Esercizio di riconoscimento dell'inclinazione del tronco in posizione supina

Esercizi in posizione seduta

Di seguito è riportata una progressione di esercizi in posizione seduta partendo dall’estensione del rachide sul piano sagittale e proseguendo con l’isolamento del movimento del torace rispetto al bacino e la distribuzione del carico sul piano frontale. Per osservare la distribuzione del carico in posizione seduta è richiesto al soggetto di sedersi su una tavoletta oscillante con cerniera sagittale mediana, stabilizzata da un uguale numero di molle sui due lati. L’instabilità della tavoletta funge da amplificatore, permettendo di evidenziare un’eventuale asimmetria nella distribuzione del carico e di osservare le strategie di gestione dello stesso da parte del paziente.

Esercizio 1: estensione della colonna in posizione seduta.

PROBLEMA	POSIZIONE SEDUTA CON APPOGGIO SACRALE E ATTEGGIAMENTO DI FLESSIONE DEL TRONCO				PISA SIN / DX	CAMPTO
OBIETTIVO ESERCIZIO	PORTARE IN ANTIVERSIONE IL BACINO FINO AL SEGNALE ACUSTICO E RADDRIZZARE LA SCHIENA PORTANDO IN ALTO LA LUCINA SUL TABELLONE					
FASE DI APPRENDIMENTO	COGNITIVA	ASSOCIATIVA	AUTOMATICA			
TIPO DI COMPITO	PRIMARIO	SECONDARIO				
DISTRETTO CORPOREO	BACINO	TRONCO	TESTA	ARTI SUPERIORI		
POSIZIONE	SUPINA	SEDUTA	PIEDI PARALLELI	PASSO	CAMMINO	
CONDIZIONE SENSORIALE	OCCHI APERTI	OCCHI CHIUSI				
MODALITÀ	SIMMETRIA	ALTERNANZA	RITMO	RANDOM	RICONOSCIMENTO	DINAMICO
STRUMENTO	TAVOLETTA	INCLINOMETRO	GONIOMETRO	ANTENNA	LASER	
FEEDBACK	ACUSTICO	VISIVO	VIBRATORIO	TATTILE	VERBALE	
	QUALITATIVO	QUANTITATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	CONCORRENTE	TERMINALE RITARDATO
PIANO	SAGITTALE	FRONTALE	TRASVERSALE			

Figura 2.15 Tabella relativa all'esercizio 1 in posizione seduta

Al soggetto sono richieste contemporaneamente l'estensione della lombare con antiversione del bacino (feedback acustico fornito dall'inclinometro) e l'estensione della dorsale (feedback visivo fornito dal laser).

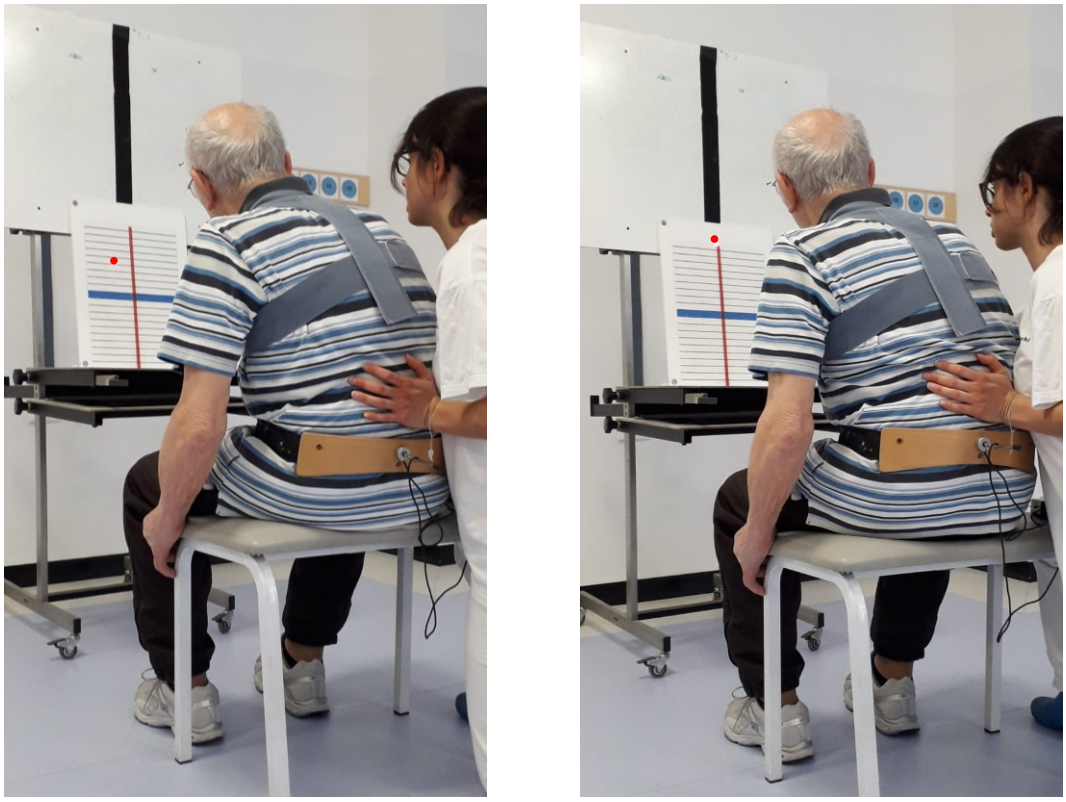


Figura 2.16 Esercizio di estensione del rachide con biofeedback sul piano sagittale

Esercizio 2: in posizione seduta, raddrizzamento sul piano frontale mantenendo la colonna in estensione.

Una volta che il soggetto è in grado di controllare la postura sul piano sagittale, si richiede il raddrizzamento sul piano frontale.

PROBLEMA	ATTEGGIAMENTO DI FLESSIONE ANTERIORE E INCLINAZIONE LATERALE IN POSIZIONE SEDUTA				PISA SIN	PISA DX	CAMPTO
OBIETTIVO ESERCIZIO	MANTENENDO LA POSIZIONE CORRETTA SUL PIANO SAGITTALE, RADDRIZZARE IL TRONCO SUL PIANO FRONTALE						
FASE DI APPRENDIMENTO	COGNITIVA	ASSOCIATIVA	AUTOMATICA				
TIPO DI COMPITO	PRIMARIO	SECONDARIO					
DISTRETTO CORPOREO	BACINO	TRONCO	TESTA	ARTI SUPERIORI			
POSIZIONE	SUPINA	SEDUTA	PIEDI PARALLELI	PASSO	CAMMINO		
CONDIZIONE SENSORIALE	OCCHI APERTI	OCCHI CHIUSI					
MODALITÀ	SIMMETRIA	ALTERNANZA	RITMO	RANDOM	RICONOSCIMENTO		DINAMICO
STRUMENTO	TAVOLETTA	INCLINOMETRO	GONIOMETRO	ANTENNA	LASER		
FEEDBACK	ACUSTICO	VISIVO	VIBRATORIO	TATTILE	VERBALE		
	QUALITATIVO	QUANTITATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	CONCORRENTE		TERMINALE RITARDATO
PIANO	SAGITTALE	FRONTALE	TRASVERSALE				

Figura 2.17 Tabella relativa all'esercizio 2 in posizione seduta

Mentre mantiene la posizione del laser e dell'antenna, è richiesto al soggetto di correggere la FLT. Il riallineamento sul piano frontale è premiato dal feedback acustico positivo.

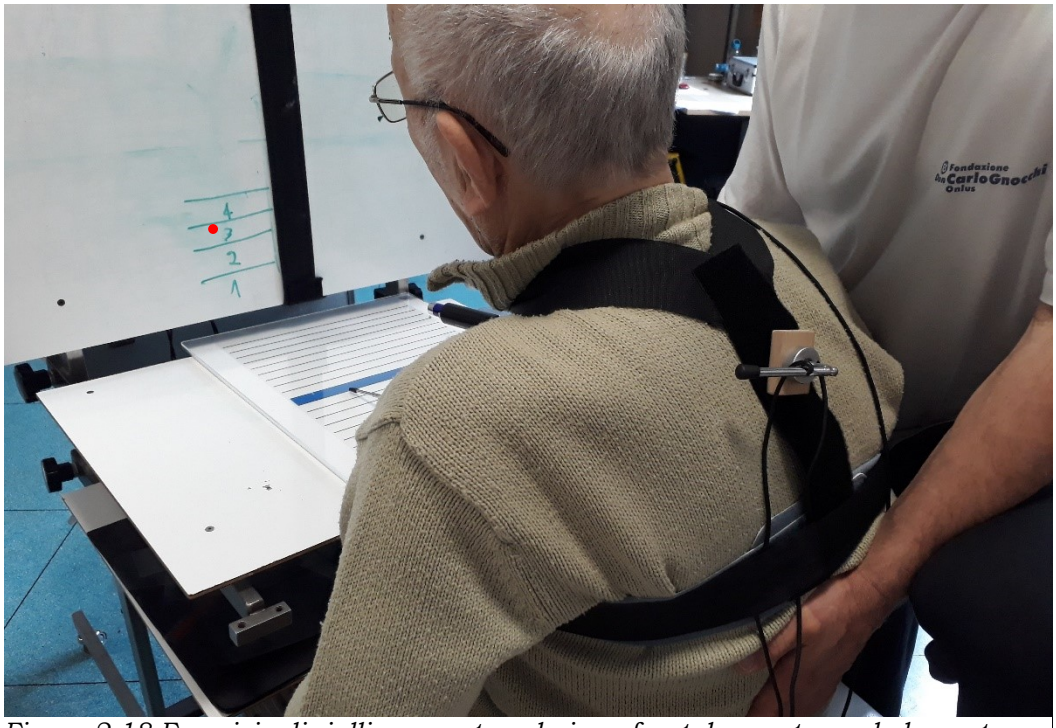


Figura 2.18 Esercizio di riallineamento sul piano frontale mantenendo la postura corretta sul piano sagittale

Esercizio 3: allungamento del tronco dal lato di FLT.

PROBLEMA	FLT DX				PISA SIN	PISA DX	CAMPTO
OBIETTIVO ESERCIZIO	ALLUNGAMENTO DEL FIANCO DESTRO						
FASE DI APPRENDIMENTO	COGNITIVA	ASSOCIATIVA	AUTOMATICA				
TIPO DI COMPITO	PRIMARIO	SECONDARIO					
DISTRETTO CORPOREO	BACINO	TRONCO	TESTA	ARTI SUPERIORI			
POSIZIONE	SUPINA	SEDUTA	PIEDI PARALLELI	PASSO	CAMMINO		
CONDIZIONE SENSORIALE	OCCHI APERTI	OCCHI CHIUSI					
MODALITÀ	SIMMETRIA	ALTERNANZA	RITMO	RANDOM	RICONOSCIMENTO		DINAMICO
STRUMENTO	TAVOLETTA	INCLINOMETRO	GONIOMETRO	ANTENNA	LASER		
FEEDBACK	ACUSTICO	VISIVO	VIBRATORIO	TATTILE	VERBALE		
	QUALITATIVO	QUANTITATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	CONCORRENTE		TERMINALE RITARDATO
PIANO	SAGITTALE	FRONTALE	TRASVERSALE				

Figura 2.19 Tabella relativa all'esercizio 3 in posizione seduta

Il soggetto, seduto sul lettino, spontaneamente si posiziona inclinato verso destra, come illustrato in Figura 2.20.



Figura 2.20 Allineamento spontaneo in posizione seduta

Durante l'esercizio gli è richiesto di raddrizzarsi e poi inclinarsi controlateralmente allungando il fianco, fino a mettere in tensione il goniometro per ricevere il feedback acustico. Per controllare il sollevamento del bacino si chiede al paziente di schiacciare contro il lettino la mano posta sotto l'emibacino destro. In questa prima fase è permesso al paziente di aiutarsi con le braccia appoggiate sul lettino, successivamente gli verrà richiesto di non utilizzarle.

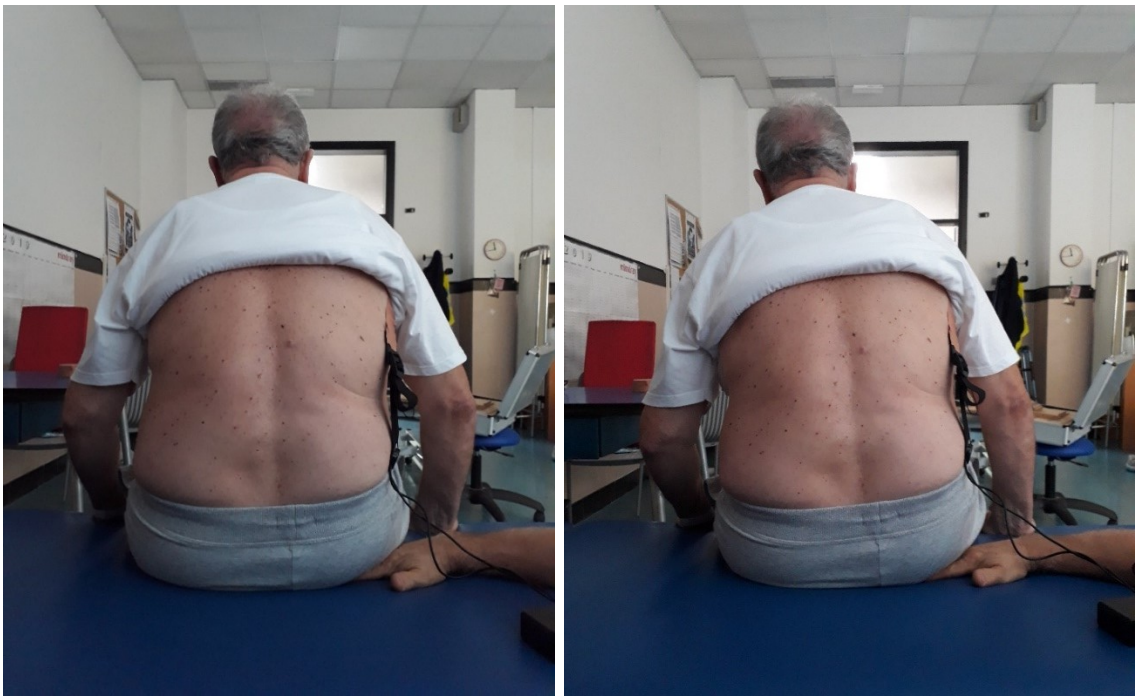


Figura 2.21 Esercizio di allungamento del fianco dal lato di FLT

Esercizio 4: spostamento del carico e riconoscimento di resistenze.

Lo stesso soggetto, seduto sulla tavoletta, presenta difficoltà nello spostamento del carico verso il lato omolaterale alla FLT per rischio di sbilanciamento. È dunque proposto un esercizio per migliorare il controllo della posizione del tronco durante lo spostamento del carico.

PROBLEMA	DEFICIT DEL CONTROLLO DEL TRONCO NELLO SPOSTAMENTO DEL CARICO VERSO DESTRA				PISA SIN / DX	CAMPTO
OBIETTIVO ESERCIZIO	RICONOSCIMENTO MOLLE POSTE SOTTO LA TAVOLETTA A DX SENZA ATTIVARE L'INCLINOMETRO POSTO SULLA DORSALE					
FASE DI APPRENDIMENTO	COGNITIVA	ASSOCIATIVA	AUTOMATICA			
TIPO DI COMPITO	PRIMARIO	SECONDARIO				
DISTRETTO CORPOREO	BACINO	TRONCO	TESTA	ARTI SUPERIORI		
POSIZIONE	SUPINA	SEDUTA	PIEDI PARALLELI	PASSO	CAMMINO	
CONDIZIONE SENSORIALE	OCCHI APERTI	OCCHI CHIUSI				
MODALITÀ	SIMMETRIA	ALTERNANZA	RITMO	RANDOM	RICONOSCIMENTO	DINAMICO
STRUMENTO	TAVOLETTA	INCLINOMETRO	GONIOMETRO	ANTENNA	LASER	
FEEDBACK	ACUSTICO	VISIVO	VIBRATORIO	TATTILE	VERBALE	
	QUALITATIVO	QUANTITATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	CONCORRENTE	TERMINALE RITARDATO
PIANO	SAGITTALE	FRONTALE	TRASVERSALE			

Figura 2.22 Tabella relativa all'esercizio 4 in posizione seduta

L'esercizio consiste nel riconoscere le variazioni della resistenza opposta allo spostamento del carico sul lato destro, rappresentata da un numero variabile di molle. Per fare ciò, al soggetto è richiesto di spostare il carico verso destra separando il movimento del bacino da quello del torace, che deve rimanere in posizione centrale. L'inclinazione omolaterale del tronco nel verso dello spostamento del carico è indicata dal feedback acustico negativo provvisto dall'inclinometro posizionato sulla dorsale.

La richiesta di riconoscimento di resistenze rappresenta un problema conoscitivo, il cui scopo è guidare il soggetto nella riorganizzazione del movimento, sollecitandone il coinvolgimento attentivo. Obiettivo dell'esercizio è favorire il frazionamento del tronco rispetto al bacino, utilizzando il feedback per aumentare la consapevolezza del paziente riguardo il movimento dei suoi diversi segmenti corporei.

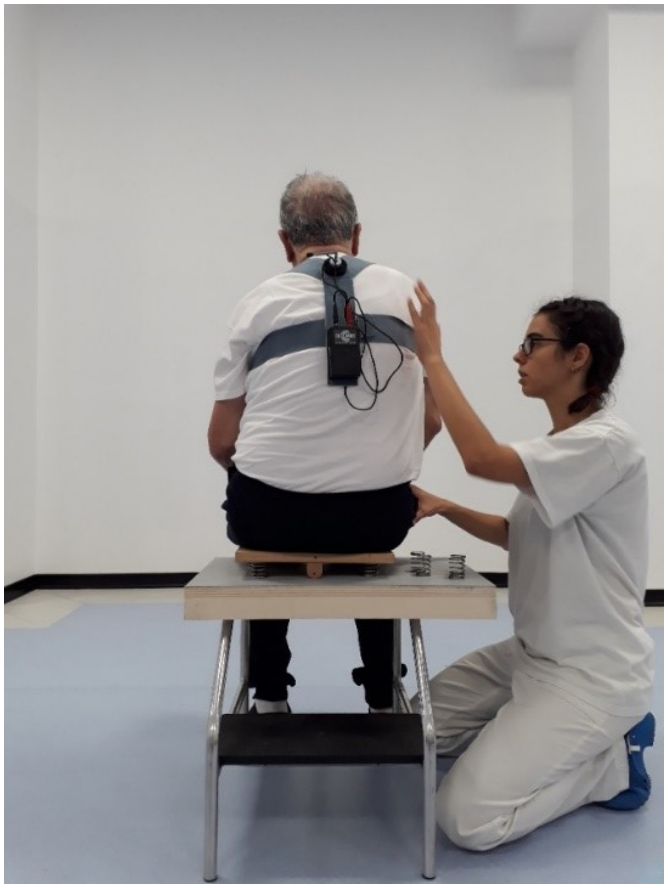


Figura 2.23 Esercizio di riconoscimento di resistenze con tavoletta oscillante

Esercizio 5: inclinazione del tronco in direzione opposta alla FLT per riconoscere l'altezza di una colonna posta lateralmente.

PROBLEMA	DEFICIT DI FRAMMENTAZIONE DEI MOVIMENTI DI TRONCO E BACINO				PISA SIN	PISA DX	CAMPTO
OBIETTIVO ESERCIZIO	INCLINAZIONE LATERALE SINISTRA DEL TRONCO PER RICONOSCERE SPESSORI POSTI LATERALMENTE, MANTENENDO L'ORIZZONTALITÀ DELLA TAVOLETTA E L'ALLINEAMENTO DEL RACHIDE SUL PIANO SAGITTALE						
FASE DI APPRENDIMENTO	COGNITIVA	ASSOCIATIVA	AUTOMATICA				
TIPO DI COMPITO	PRIMARIO	SECONDARIO					
DISTRETTO CORPOREO	BACINO	TRONCO	TESTA	ARTI SUPERIORI			
POSIZIONE	SUPINA	SEDUTA	PIEDI PARALLELI	PASSO	CAMMINO		
CONDIZIONE SENSORIALE	OCCHI APERTI	OCCHI CHIUSI					
MODALITÀ	SIMMETRIA	ALTERNANZA	RITMO	RANDOM	RICONOSCIMENTO		DINAMICO
STRUMENTO	TAVOLETTA	INCLINOMETRO	GONIOMETRO	ANTENNA	LASER		
FEEDBACK	ACUSTICO	VISIVO	VIBRATORIO	TATTILE	VERBALE		
	QUALITATIVO	QUANTITATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	CONCORRENTE		TERMINALE RITARDATO
PIANO	SAGITTALE	FRONTALE	TRASVERSALE				

Figura 2.24 Tabella relativa all'esercizio 5 in posizione seduta

Il soggetto, seduto sulla tavoletta con cerniera sagittale mediana, è invitato a riconoscere l'altezza di una colonna posta lateralmente dal lato opposto alla FLT. Per fare ciò gli è richiesto di inclinare lateralmente il tronco mantenendo la tavoletta in posizione orizzontale (feedback acustico positivo). L'eventuale compenso in flessione anteriore del tronco è segnalato dall'inclinometro posto sulla dorsale tramite FB vibratorio sulle vertebre dorsali.



Figura 2.25 Esercizio di riconoscimento di altezze poste lateralmente, svincolando il movimento del bacino da quello del tronco

Esercizio 6: alternanza d'appoggio.

Il soggetto in posizione seduta tende allo spostamento del carico verso il lato di FLT (sin). Presenta inoltre una tendenza alla flessione anteriore del tronco.

PROBLEMA	PESO COMPLETAMENTE SPOSTATO A SIN IN POSIZIONE SEDUTA, TRONCO E CAPO FLESSI ANTERIORMENTE				PISA SIN / DX	CAMPTO
OBIETTIVO ESERCIZIO	SPOSTARE ALTERNATAMENTE IL CARICO A DESTRA E A SINISTRA, AL RITMO CON IL METRONOMO					
FASE DI APPRENDIMENTO	COGNITIVA	ASSOCIATIVA	AUTOMATICA			
TIPO DI COMPITO	PRIMARIO	SECONDARIO				
DISTRETTO CORPOREO	BACINO	TRONCO	TESTA	ARTI SUPERIORI		
POSIZIONE	SUPINA	SEDUTA	PIEDI PARALLELI	PASSO	CAMMINO	
CONDIZIONE SENSORIALE	OCCHI APERTI	OCCHI CHIUSI				
MODALITÀ	SIMMETRIA	ALTERNANZA	RITMO	RANDOM	RICONOSCIMENTO	DINAMICO
STRUMENTO	TAVOLETTA	INCLINOMETRO	GONIOMETRO	ANTENNA	LASER	
FEEDBACK	ACUSTICO	VISIVO	VIBRATORIO	TATTILE	VERBALE	
	QUALITATIVO	QUANTITATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	CONCORRENTE	TERMINALE RITARDATO
PIANO	SAGITTALE	FRONTALE	TRASVERSALE			

Figura 2.26 Tabella relativa all'esercizio 6 in posizione seduta

Poiché il soggetto presenta tendenza alla posizione camptocormica, gli è richiesto di mantenere la schiena e la testa in posizione eretta per guardare il dispositivo che fornisce il feedback visivo, appositamente posizionato a una altezza tale da indurre il paziente a estendere la colonna ed ottenere un allineamento corretto. Nel frattempo gli è richiesto di spostare il carico alternatamente a destra e a sinistra, a ritmo con il metronomo. L'inclinometro posto sulla tavoletta dà un feedback positivo al raggiungimento del grado di spostamento verso destra desiderato, che è progressivamente spostato in modo tale da indurre il paziente a progredire sempre più nello spostamento del carico dal lato deficitario.

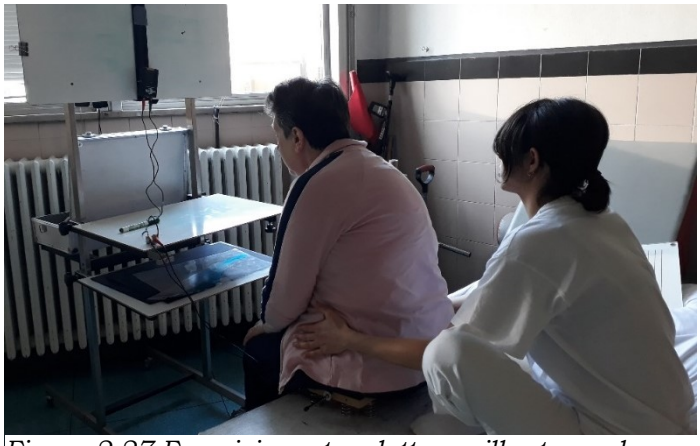


Figura 2.27 Esercizio su tavoletta oscillante per lo spostamento alternato del carico

Esercizio 7: simmetria del carico.

Allestimento simile all'esercizio precedente: il dispositivo che fornisce il feedback visivo è posizionato in alto per indurre il soggetto a mantenere il corretto allineamento della colonna sul piano sagittale; l'inclinometro è posizionato sulla tavoletta e fornisce informazioni circa la sua inclinazione.

PROBLEMA	PESO COMPLETAMENTE SPOSTATO A SIN IN POSIZIONE SEDUTA, TRONCO E CAPO FLESSI ANTERIORMENTE				PISA SIN	PISA DX	CAMPTO
OBIETTIVO ESERCIZIO	PORTARE LA TAVOLETTA IN POSIZIONE ORIZZONTALE MENTRE MANTIENE L'ALLINEAMENTO DI TRONCO E TESTA SUL PIANO SAGITTALE						
FASE DI APPRENDIMENTO	COGNITIVA	ASSOCIATIVA	AUTOMATICA				
TIPO DI COMPITO	PRIMARIO	SECONDARIO					
DISTRETTO CORPOREO	BACINO	TRONCO	TESTA	ARTI SUPERIORI			
POSIZIONE	SUPINA	SEDUTA	PIEDI PARALLELI	PASSO	CAMMINO		
CONDIZIONE SENSORIALE	OCCHI APERTI	OCCHI CHIUSI					
MODALITÀ	SIMMETRIA	ALTERNANZA	RITMO	RANDOM	RICONOSCIMENTO		DINAMICO
STRUMENTO	TAVOLETTA	INCLINOMETRO	GONIOMETRO	ANTENNA	LASER		
FEEDBACK	ACUSTICO	VISIVO	VIBRATORIO	TATTILE	VERBALE		
	QUALITATIVO	QUANTITATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	CONCORRENTE		TERMINALE RITARDATO
PIANO	SAGITTALE	FRONTALE	TRASVERSALE				

Figura 2.28 Tabella relativa all'esercizio 7 in posizione seduta

Al paziente è richiesto di portare la tavoletta in posizione orizzontale, il feedback positivo di raggiungimento dell'obiettivo è fornito da una lucina che si illumina. Successivamente è richiesto al paziente di mantenere la posizione raggiunta senza far spegnere la luce.



Figura 2.29 Paziente che mantiene la tavoletta orizzontale con la guida del feedback visivo

Esercizio 8: mantenimento della corretta postura del tronco durante esercizio di reaching multidirezionale.

Una volta che il soggetto ha appreso a distribuire correttamente il carico gli viene proposto un esercizio attraverso il quale imparare a mantenere il baricentro centrale anche durante i movimenti degli arti superiori, al fine di integrare la postura corretta in un contesto funzionale.

PROBLEMA	ALTERATO CONTROLLO DELLA DISTRIBUZIONE DEL CARICO IN POSIZIONE SEDUTA				PISA SIN	PISA DX	CAMPTO
OBIETTIVO ESERCIZIO	REACHING MULTIDIREZIONALE CON GLI ARTI SUPERIORI UNITI, MANTENENDO ORIZZONTALE LA TAVOLETTA						
FASE DI APPRENDIMENTO	COGNITIVA	ASSOCIATIVA	AUTOMATICA				
TIPO DI COMPITO	PRIMARIO	SECONDARIO					
DISTRETTO CORPOREO	BACINO	TRONCO	TESTA	ARTI SUPERIORI			
POSIZIONE	SUPINA	SEDUTA	PIEDI PARALLELI	PASSO	CAMMINO		
CONDIZIONE SENSORIALE	OCCHI APERTI	OCCHI CHIUSI					
MODALITÀ	SIMMETRIA	ALTERNANZA	RITMO	RANDOM	RICONOSCIMENTO		DINAMICO
STRUMENTO	TAVOLETTA	INCLINOMETRO	GONIOMETRO	ANTENNA	LASER		
FEEDBACK	ACUSTICO	VISIVO	VIBRATORIO	TATTILE	VERBALE		
	QUALITATIVO	QUANTITATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	CONCORRENTE		TERMINALE RITARDATO
PIANO	SAGITTALE	FRONTALE	TRASVERSALE				

Figura 2.30 Tabella relativa all'esercizio 8 in posizione seduta

Il soggetto è seduto sulla tavoletta cercando di mantenerla orizzontale; il feedback acustico negativo lo avvisa degli errori invitandolo a correggere la propria postura. Nel frattempo il terapista gli propone una serie di bersagli da



Figura 2.31 Esercizio di reaching, mantenendo la tavoletta in posizione orizzontale

raggiungere con entrambe le mani unite, dapprima più vicini e solo sul piano trasversale, poi sempre più lontani su tutti i piani dello spazio.

Esercizi in stazione eretta

Sul piano sagittale

Esercizio 1: in stazione eretta, estensione della colonna con correzione della rotazione.

PROBLEMA	IMPORTANTE CAMPTOCORMIA ASSOCIATA A ROTAZIONE DEL TRONCO				PISA SIN	PISA DX	CAMPTO
OBIETTIVO ESERCIZIO	SPOSTARE LA LUCINA SULLA LINEA MEDIANA E POI RISALIRE LUNGO L'ASSE CENTRALE						
FASE DI APPRENDIMENTO	COGNITIVA	ASSOCIATIVA	AUTOMATICA				
TIPO DI COMPITO	PRIMARIO	SECONDARIO					
DISTRETTO CORPOREO	BACINO	TRONCO	TESTA	ARTI SUPERIORI			
POSIZIONE	SUPINA	SEDUTA	PIEDI PARALLELI	PASSO	CAMMINO		
CONDIZIONE SENSORIALE	OCCHI APERTI	OCCHI CHIUSI					
MODALITÀ	SIMMETRIA	ALTERNANZA	RITMO	RANDOM	RICONOSCIMENTO		DINAMICO
STRUMENTO	TAVOLETTA	INCLINOMETRO	GONIOMETRO	ANTENNA	LASER		
FEEDBACK	ACUSTICO	VISIVO	VIBRATORIO	TATTILE	VERBALE		
	QUALITATIVO	QUANTITATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	CONCORRENTE		TERMINALE RITARDATO
PIANO	SAGITTALE	FRONTALE	TRASVERSALE				

Figura 2.32 Tabella relativa all'esercizio 1 in stazione eretta

Il setting è impostato in modo da fornire al paziente i riferimenti di simmetria e verticalità. Al soggetto è chiesto di portare il laser sulla linea nera verticale, correggendo la rotazione del tronco, quindi di risalire in verticale lungo di essa, estendendo la colonna.



Figura 2.33 Esercizio di correzione della rotazione e della flessione anteriore del tronco con feedback visivo

Esercizio 2: progressione. Mantenimento dell'estensione della colonna associato a movimenti alternati di rotazione sul piano trasversale.

PROBLEMA	IMPORTANTE CAMPTOCORMIA ASSOCIATA A ROTAZIONE DEL TRONCO				PISA		CAMPTO
					SIN	DX	
OBIETTIVO ESERCIZIO	MANTENENDO LA LUCINA SULL'ASSE ORIZZONTALE SPOSTARSI LUNGO DI ESSO LATERALMENTE						
FASE DI APPRENDIMENTO	COGNITIVA	ASSOCIATIVA	AUTOMATICA				
TIPO DI COMPITO	PRIMARIO	SECONDARIO					
DISTRETTO CORPOREO	BACINO	TRONCO	TESTA	ARTI SUPERIORI			
POSIZIONE	SUPINA	SEDUTA	PIEDI PARALLELI	PASSO	CAMMINO		
CONDIZIONE SENSORIALE	OCCHI APERTI	OCCHI CHIUSI					
MODALITÀ	SIMMETRIA	ALTERNANZA	RITMO	RANDOM	RICONOSCIMENTO		DINAMICO
STRUMENTO	TAVOLETTA	INCLINOMETRO	GONIOMETRO	ANTENNA	LASER		
FEEDBACK	ACUSTICO	VISIVO	VIBRATORIO	TATTILE	VERBALE		
	QUALITATIVO	QUANTITATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	CONCORRENTE		TERMINALE RITARDATO
PIANO	SAGITTALE	FRONTALE	TRASVERSALE				

Figura 2.34 Tabella relativa all'esercizio 2 in stazione eretta

L'esercizio comincia come il precedente, quindi è richiesto al soggetto di percorrere con il puntatore laser le serie numerate. L'obiettivo è quello di aumentare il tempo di mantenimento della postura eretta e di migliorare il controllo del tronco combinando il mantenimento della postura desiderata con movimenti su altri piani.

Esercizio 3: in stazione eretta, raddrizzamento sul piano frontale mantenendo l'estensione della colonna.

PROBLEMA	INCLINAZIONE LATERALE DEL TRONCO ASSOCIATA A IMPORTANTE CAMPTOCORMIA				PISA SIN / DX	CAMPTO
OBIETTIVO ESERCIZIO	MANTENENDO LA LUCINA A LIVELLO DELLA LINEA ORIZZONTALE, RADDRIZZARE IL TRONCO SUL PIANO FRONTALE FINO AL SEGNALE ACUSTICO					
FASE DI APPRENDIMENTO	COGNITIVA	ASSOCIATIVA	AUTOMATICA			
TIPO DI COMPITO	PRIMARIO	SECONDARIO				
DISTRETTO CORPOREO	BACINO	TRONCO	TESTA	ARTI SUPERIORI		
POSIZIONE	SUPINA	SEDUTA	PIEDI PARALLELI	PASSO	CAMMINO	
CONDIZIONE SENSORIALE	OCCHI APERTI	OCCHI CHIUSI				
MODALITÀ	SIMMETRIA	ALTERNANZA	RITMO	RANDOM	RICONOSCIMENTO	DINAMICO
STRUMENTO	TAVOLETTA	INCLINOMETRO	GONIOMETRO	ANTENNA	LASER	
FEEDBACK	ACUSTICO	VISIVO	VIBRATORIO	TATTILE	VERBALE	
	QUALITATIVO	QUANTITATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	CONCORRENTE	TERMINALE RITARDATO
PIANO	SAGITTALE	FRONTALE	TRASVERSALE			

Figura 2.35 Tabella relativa all'esercizio 3 in stazione eretta

Un'ulteriore progressione è associare al mantenimento della postura eretta la correzione dell'orientamento del tronco sul piano frontale. Il laser continua a fornire un feedback rispetto ai piani sagittale e trasversale, mentre il raddrizzamento sul piano frontale è premiato con un feedback acustico positivo.

Sul piano frontale:

Soggetto con flessione laterale del tronco (FLT) destra di circa 24° in stazione eretta, compensata dallo spostamento laterale controlaterale del bacino. L'esame di posturografia mostra la posizione del centro di pressione (CdP) rispetto ai piedi quasi centrale, lievemente deviata verso destra.

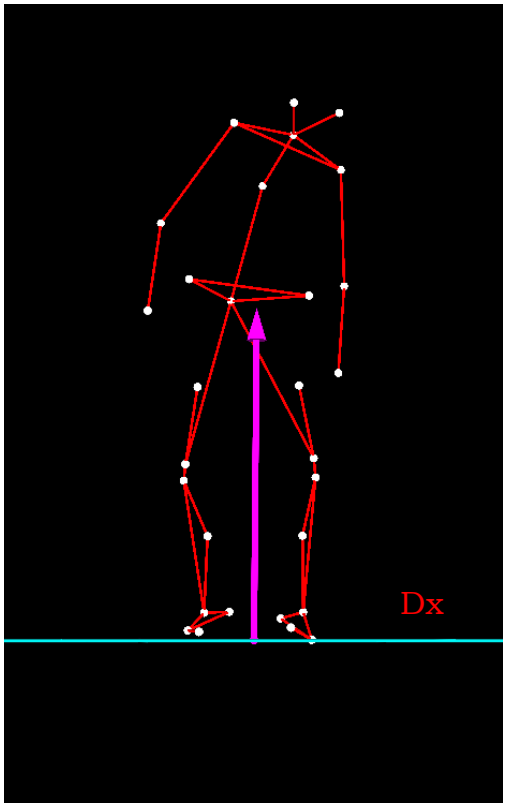


Figura 2.36 Ricostruzione della postura in standing, visione postero-anteriore

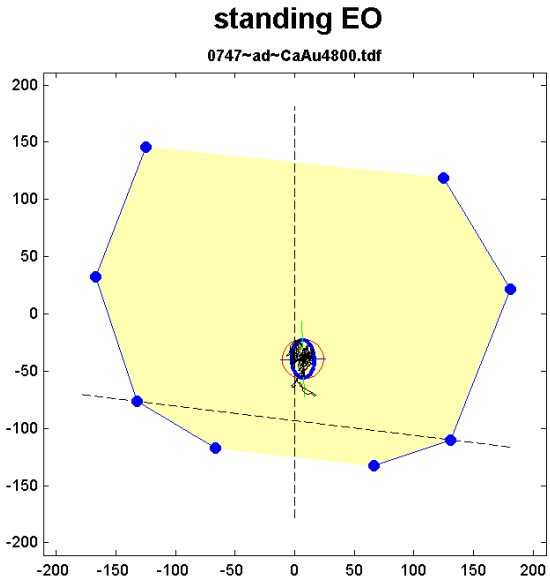


Figura 2.37 Posturografia in standing a occhi aperti.

Nella Figura 2.36 è possibile osservare la ricostruzione della posizione del soggetto in standing, quale visibile al software. Ogni punto corrisponde a un punto di repere, identificato tramite i marker catarinfrangenti applicati sulla cute del soggetto. La linea viola rappresenta la forza di reazione al terreno, applicata nel punto corrispondente al centro di pressione (CdP).

La Figura 2.37 illustra la posizione e lo spostamento del CdP, rappresentato dal gomitolo nero, rispetto ai limiti della base d'appoggio (in giallo), delineati in base alla posizione dei piedi.

L'esame del cammino rivela come lo stesso schema sia mantenuto anche in condizioni dinamiche: il tronco è inclinato verso destra, il bacino traslato verso sinistra e il centro di massa (CdM) è centrale, appena lievemente spostato verso destra.

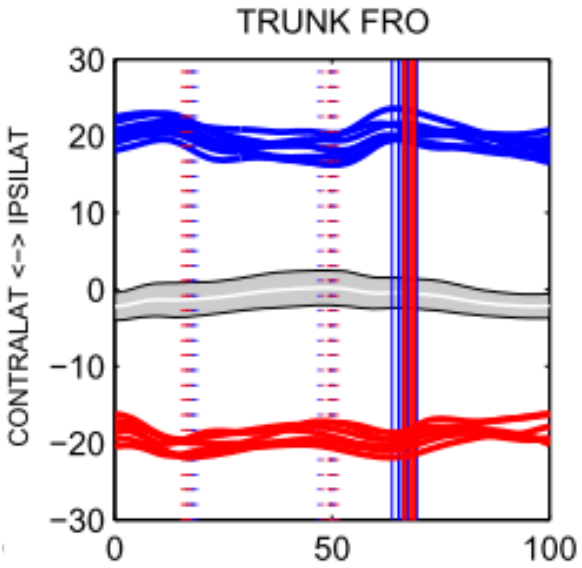


Figura 2.38 Inclinazione del tronco sul piano frontale durante il ciclo del passo

Nella Figura 2.38, è visibile lo spostamento del tronco sul piano frontale in relazione alle fasi del passo. Il riferimento al ciclo del passo è dato dal colore: blu per il destro e rosso per il sinistro.

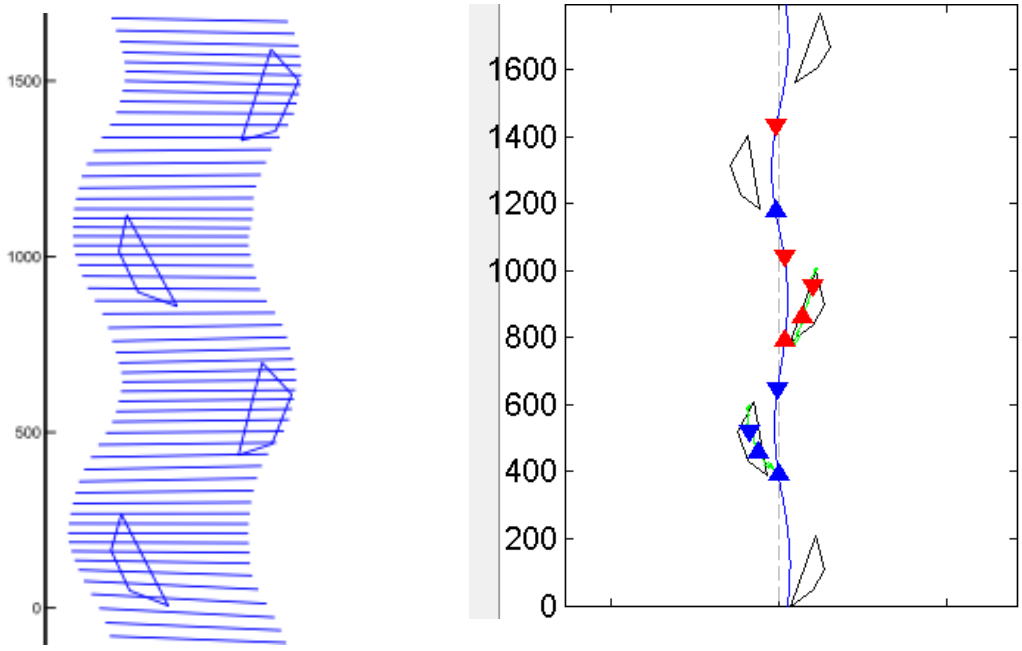


Figura 2.39 Spostamento del bacino e del centro di massa durante il cammino.

Poiché l'inclinazione del tronco e lo spostamento del bacino sono collegati tra loro, abbiamo ideato degli esercizi che combinassero entrambi gli aspetti.

Esercizio 4: a piedi paralleli

PROBLEMA	DISALLINEAMENTO TRONCO E BACINO SUL PIANO FRONTALE				PISA SIN / PISA DX	CAMPTO
OBIETTIVO ESERCIZIO	SPOSTAMENTO DEL BACINO IN DIREZIONE CONTRARIA E ALLINEAMENTO DEL TRONCO					
FASE DI APPRENDIMENTO	COGNITIVA	ASSOCIATIVA	AUTOMATICA			
TIPO DI COMPITO	PRIMARIO	SECONDARIO				
DISTRETTO CORPOREO	BACINO	TRONCO	TESTA	ARTI SUPERIORI		
POSIZIONE	SUPINA	SEDUTA	PIEDI PARALLELI	PASSO	CAMMINO	
CONDIZIONE SENSORIALE	OCCHI APERTI	OCCHI CHIUSI				
MODALITÀ	SIMMETRIA	ALTERNANZA	RITMO	RANDOM	RICONOSCIMENTO	DINAMICO
STRUMENTO	TAVOLETTA	INCLINOMETRO	GONIOMETRO	ANTENNA	LASER	
FEEDBACK	ACUSTICO	VISIVO	VIBRATORIO	TATTILE	VERBALE	
	QUALITATIVO	QUANTITATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	CONCORRENTE	TERMINALE RITARDATO
PIANO	SAGITTALE	FRONTALE	TRASVERSALE			

Figura 2.40 Tabella relativa all'esercizio 4 in stazione eretta

Al paziente è richiesto di spostare lateralmente il bacino fino all'asse di simmetria e poi, potendo, di superarlo. Il movimento del bacino è indicato visivamente da un indicatore di posizione (antenna) che si sposta sullo sfondo di una tavola rappresentante la posizione dei piedi del soggetto, con linee verticali che fungono da guida visiva per facilitare la traslazione laterale del bacino evitando le rotazioni.

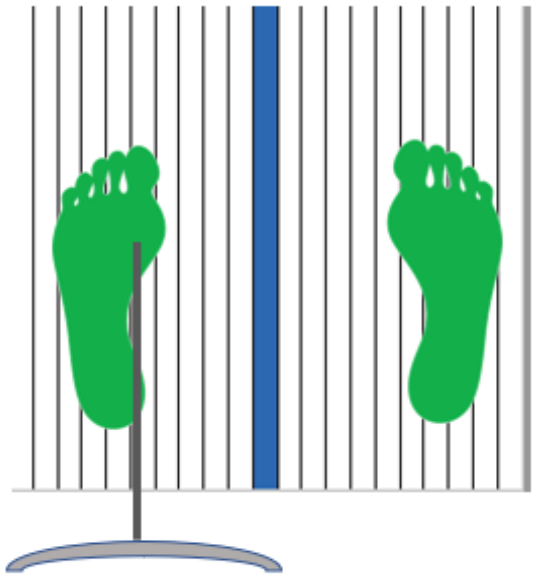


Figura 2.41 Strumentazione utilizzata per gli esercizi di spostamento medio-laterale del carico

Nel caso il tronco rimanesse inclinato lateralmente, il soggetto si troverebbe impossibilitato a completare l'esercizio poiché alla traslazione del bacino corrisponderebbe lo spostamento del CdM al di fuori della base d'appoggio, con conseguente caduta. Il paziente dunque, sotto la guida del terapista, è indotto a riallineare il tronco con la verticale mentre esegue lo spostamento laterale del bacino. Il raddrizzamento del tronco fino al livello stabilito in base alle potenzialità attuali del paziente è premiato da un feedback acustico positivo. Il movimento del bacino e del tronco sono così integrati in un unico movimento di riallineamento.



Figura 2.42 Esercizio di riallineamento di tronco e bacino sul piano frontale

Esercizio 5: posizione di passo

PROBLEMA	SPOSTAMENTO ECCESSIVO DEL BACINO A SINISTRA DURANTE IL CARICO DEL PIEDE OMOLATERALE DURANTE IL CAMMINO				PISA SIN / DX	CAMPTO
OBIETTIVO ESERCIZIO	SPOSTAMENTO DEL CARICO SUL PIEDE SINISTRO AVANZATO CON SPOSTAMENTO OMOLATERALE DEL TRONCO SENZA TRASLAZIONE OMOLATERALE DEL BACINO					
FASE DI APPRENDIMENTO	COGNITIVA	ASSOCIATIVA	AUTOMATICA			
TIPO DI COMPITO	PRIMARIO	SECONDARIO				
DISTRETTO CORPOREO	BACINO	TRONCO	TESTA	ARTI SUPERIORI		
POSIZIONE	SUPINA	SEDUTA	PIEDI PARALLELI	PASSO	CAMMINO	
CONDIZIONE SENSORIALE	OCCHI APERTI	OCCHI CHIUSI				
MODALITÀ	SIMMETRIA	ALTERNANZA	RITMO	RANDOM	RICONOSCIMENTO	DINAMICO
STRUMENTO	TAVOLETTA	INCLINOMETRO	GONIOMETRO	ANTENNA	LASER	
FEEDBACK	ACUSTICO	VISIVO	VIBRATORIO	TATTILE	VERBALE	
	QUALITATIVO	QUANTITATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	CONCORRENTE	TERMINALE RITARDATO
PIANO	SAGITTALE	FRONTALE	TRASVERSALE			

Figura 2.43 Tabella relativa all'esercizio 5 in stazione eretta

Al soggetto è richiesto di portare il carico sul piede sinistro avanzato spostando l'indicatore rappresentante i movimenti del bacino sulla figura del piede avanti, senza mai entrare nell'area colorata in rosso. Le figure verdi dei piedi rappresentano la posizione dei piedi del soggetto, mentre le linee orizzontali danno un riferimento quantitativo rispetto allo spostamento postero-anteriore.

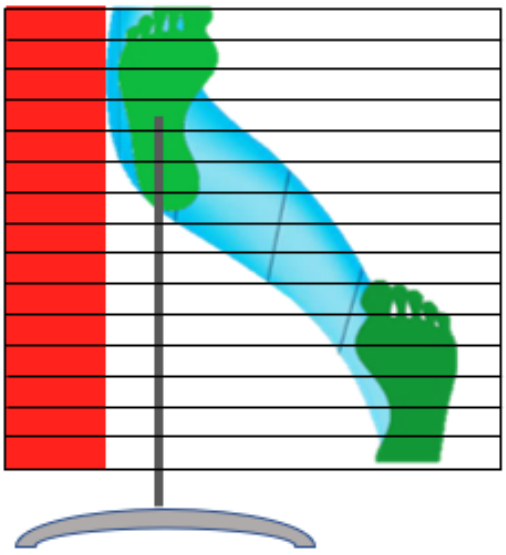


Figura 2.44 Strumentazione utilizzata per gli esercizi di spostamento del carico in posizione di passo

Al fine di portare il peso sull'arto avanzato senza traslare omolateralmente il bacino è necessario lo spostamento omolaterale del tronco. Il corretto svolgimento è premiato da un feedback acustico positivo. Infine viene chiesto al soggetto di sollevare il piede destro per verificare di aver spostato tutto il peso sul sinistro.



Figura 2.45 Esercizio di controllo della traslazione laterale del bacino durante lo spostamento del carico in posizione di passo

Esercizio 6: allineamento tronco e bacino durante il passo.

A progressione dell'esercizio precedente è proposto il seguente esercizio in condizioni dinamiche.

PROBLEMA	SPOSTAMENTO ECCESSIVO DEL BACINO A SINISTRA DURANTE IL CARICO DELL'A.I. OMOLATERALE NEL CAMMINO				PISA SIN / DX	CAMPTO
OBIETTIVO ESERCIZIO	IN CARICO SULL'A.I. SINISTRO EFFETTUARE IL PASSO CON L'A.I. CONTROLATERALE CONTROLLANDO LA TRASLAZIONE DEL BACINO					
FASE DI APPRENDIMENTO	COGNITIVA	ASSOCIATIVA	AUTOMATICA			
TIPO DI COMPITO	PRIMARIO	SECONDARIO				
DISTRETTO CORPOREO	BACINO	TRONCO	TESTA	ARTI SUPERIORI		
POSIZIONE	SUPINA	SEDUTA	PIEDI PARALLELI	PASSO	CAMMINO	
CONDIZIONE SENSORIALE	OCCHI APERTI	OCCHI CHIUSI				
MODALITÀ	SIMMETRIA	ALTERNANZA	RITMO	RANDOM	RICONOSCIMENTO	DINAMICO
STRUMENTO	TAVOLETTA	INCLINOMETRO	GONIOMETRO	ANTENNA	LASER	
FEEDBACK	ACUSTICO	VISIVO	VIBRATORIO	TATTILE	VERBALE	
	QUALITATIVO	QUANTITATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	CONCORRENTE	TERMINALE RITARDATO
PIANO	SAGITTALE	FRONTALE	TRASVERSALE			

Figura 2.46 Tabella relativa all'esercizio 6 in stazione eretta

Al paziente è richiesto di effettuare il passo con l'arto inferiore destro controllando la posizione del bacino, la cui eventuale traslazione eccessiva verso sinistra è segnalata dal feedback acustico negativo provvisto dall'antenna. L'esercizio è stato fatto svolgere ad occhi chiusi per ridurre la dipendenza dalle informazioni visive e permettere al soggetto di concentrarsi sulle proprie afferenze propriocettive.

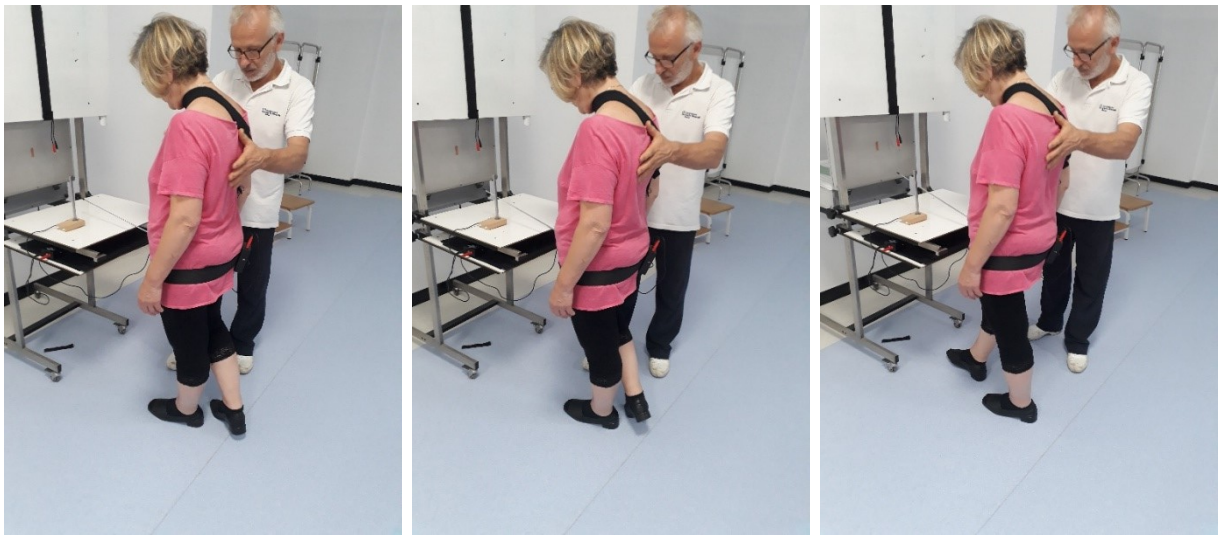


Figura 2.47 Esercizio di controllo della traslazione laterale del bacino durante il carico sull'arto anteposto e l'esecuzione del passo

Esercizio 7: cammino.

Durante la fase di appoggio monopodalico sull'arto controlaterale alla FLT, il soggetto tende ad aumentare l'inclinazione del tronco, "cadendo" dal lato opposto al carico.
Per favorire l'automatizzazione del controllo di tronco e bacino nel cammino si è proposto il seguente esercizio.

PROBLEMA	TENDENZA A COMPENSARE LA FLT CONTROLATERALE CON LO SPOSTAMENTO DEL BACINO VERSO SINISTRA DURANTE IL CARICO DELL'A.I. OMOLATERALE NEL CAMMINO				PISA SIN / PISA DX	CAMPTO
OBIETTIVO ESERCIZIO	SPOSTARE IL TRONCO VERSO SINISTRA DURANTE LA FASE DI APPOGGIO OMOLATERALE DEL CAMMINO					
FASE DI APPRENDIMENTO	COGNITIVA	ASSOCIATIVA	AUTOMATICA			
TIPO DI COMPITO	PRIMARIO	SECONDARIO				
DISTRETTO CORPOREO	BACINO	TRONCO	TESTA	ARTI SUPERIORI		
POSIZIONE	SUPINA	SEDUTA	PIEDI PARALLELI	PASSO	CAMMINO	
CONDIZIONE SENSORIALE	OCCHI APERTI	OCCHI CHIUSI				
MODALITÀ	SIMMETRIA	ALTERNANZA	RITMO	RANDOM	RICONOSCIMENTO	DINAMICO
STRUMENTO	TAVOLETTA	INCLINOMETRO	GONIOMETRO	ANTENNA	LASER	
FEEDBACK	ACUSTICO	VISIVO	VIBRATORIO	TATTILE	VERBALE	
	QUALITATIVO	QUANTITATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	CONCORRENTE	TERMINALE RITARDATO
PIANO	SAGITTALE	FRONTALE	TRASVERSALE			

Figura 2.48 Tabella relativa all'esercizio 7 in stazione eretta

È richiesto, durante la fase di carico sull'arto controlaterale alla FLT, di allineare la colonna sopra l'arto in carico. Il raggiungimento della posizione desiderata è premiato da un feedback acustico positivo.

3 RISULTATI

Sono stati reclutati 5 soggetti le cui caratteristiche sono riportate in tabella 1.

Soggetto	Età	Sesso	Data esordio MP	Stadio H&Y	Data esordio SP	Lato SP	Cadute nell'ultimo anno
1	71	M	2010	3	2015	dx	No
2	79	F	2015	3	2015	dx	No
3	74	M	2010	3	2018	dx	No
4	71	F	2015	2	2018	dx	1
5	81	M	2011	3	2016	sin	2

Tabella 1 Caratteristiche generali dei pazienti

3.1 Valutazioni cliniche

All'mDGI si è osservato un miglioramento di 6 punti sulla scala totale tra la prova iniziale, mediana 33 punti (29, 49), e la prova finale, mediana 39 punti (38, 49).

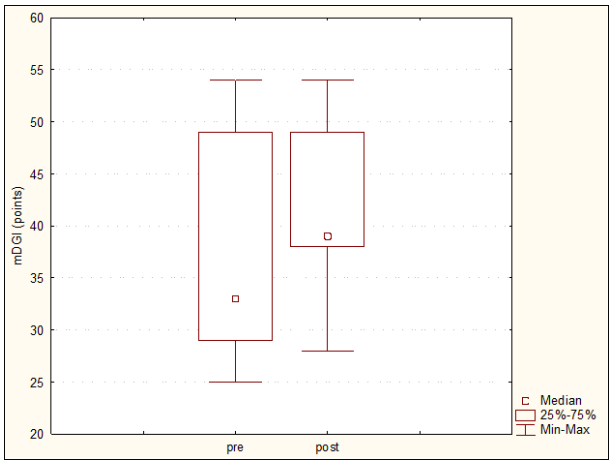


Grafico 3.1 Box plot dell'mDGI

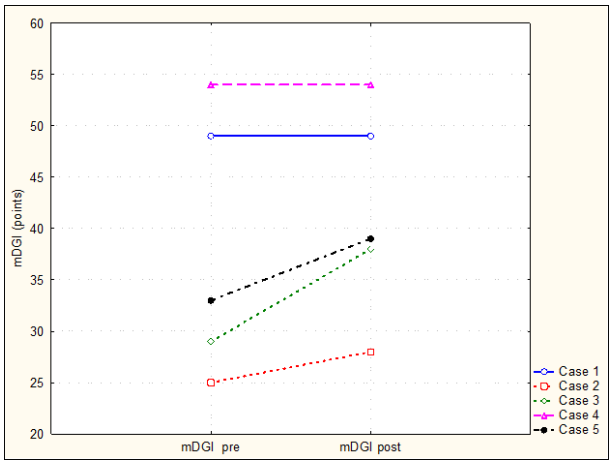


Grafico 3.2 Risultati pre-post dei singoli pazienti all'mDGI

A causa di un dato mancante, i calcoli relativi ai test TUG e TUG(cogn) sono stati condotti su quattro soggetti. Al TUG test è stata osservata una riduzione di 5 s nel tempo di esecuzione, da 22±11 s iniziali a 17±5 s post trattamento.

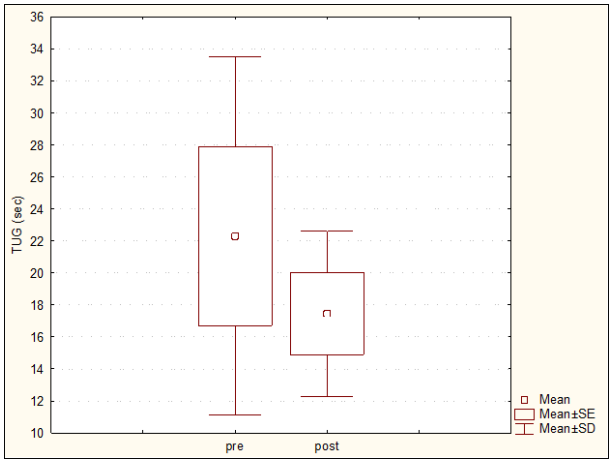


Grafico 3.3 Box plot del test TUG

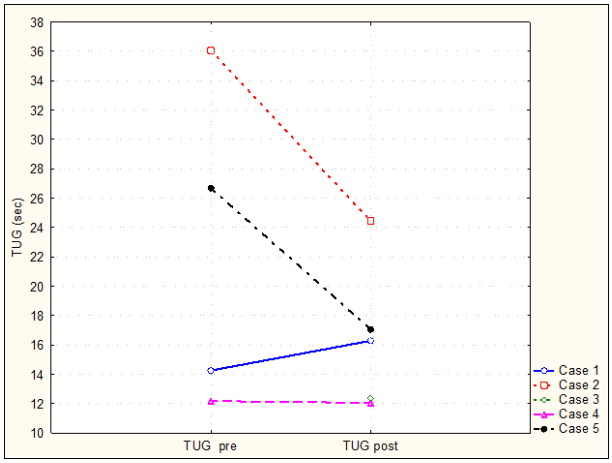


Grafico 3.4 Risultati pre-post dei singoli pazienti al test TUG

Al TUG(cogn) si è osservata una riduzione media di 2 s nel tempo di esecuzione, da 30±16 s pre a 28±14 s post trattamento.

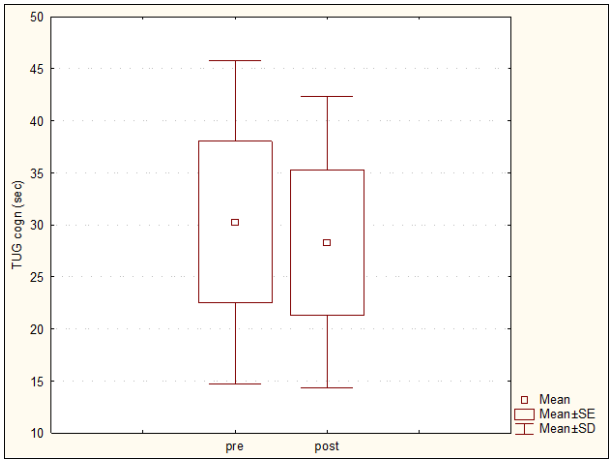


Grafico 3.5 Box plot del test TUG (cogn)

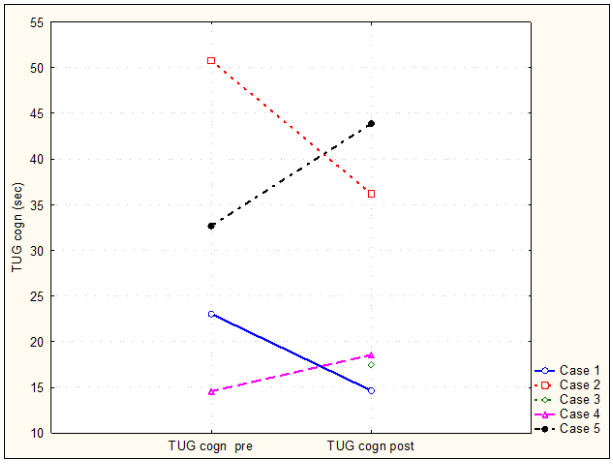


Grafico 3.6 Risultati pre-post dei singoli pazienti al test TUG (cogn)

Alla scala VAS è risultata una riduzione media del dolore di 2 punti, da un valore iniziale medio di 4,8±4,5 punti a 2,8±2,6 punti.

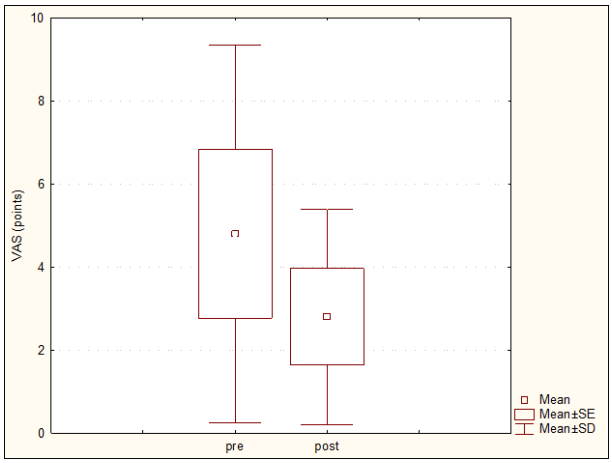


Grafico 3.7 Box plot della scala VAS

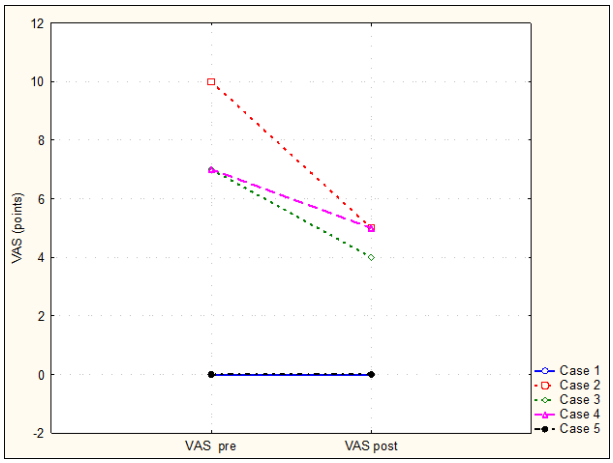


Grafico 3.8 Risultati pre-post dei singoli pazienti alla scala VAS

3.2 Valutazioni strumentali

Alla posturografia è stata registrata una riduzione dei gradi di FLT.

In particolare nella condizione occhi aperti (OA) è risultata una riduzione media di 3°; da 17±6° a 14±8°.

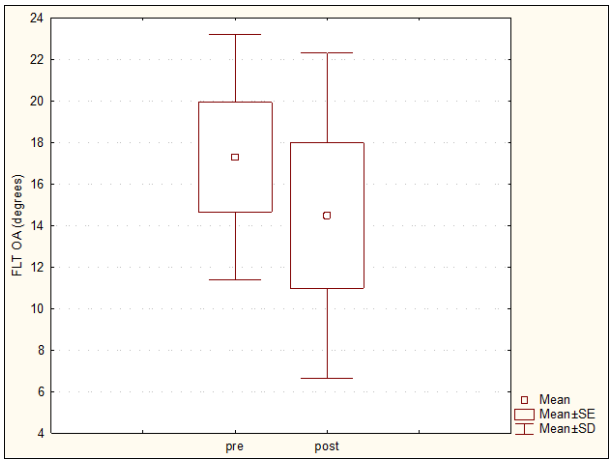


Grafico 3.9 Box plot della FLT nella condizione OA

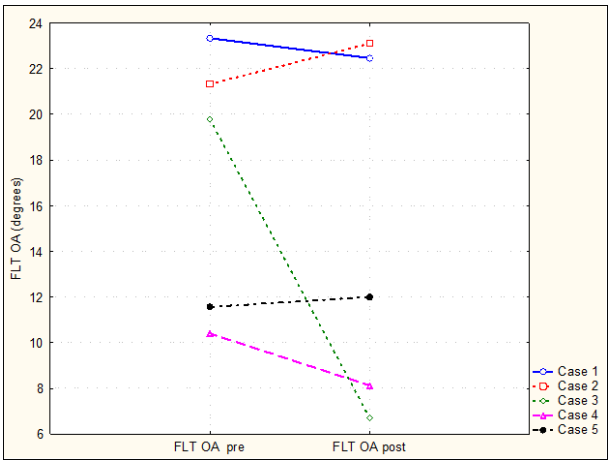


Grafico 3.10 Variazione della FLT pre-post dei singoli pazienti nella condizione OA

Per quanto riguarda la condizione OC si ha avuto una riduzione media di 3°, da 19±6° a 16±6°.

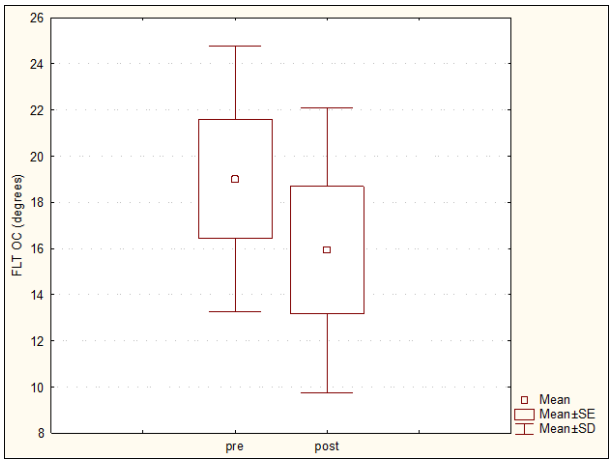


Grafico 3.11 Box plot della FLT nella condizione OC

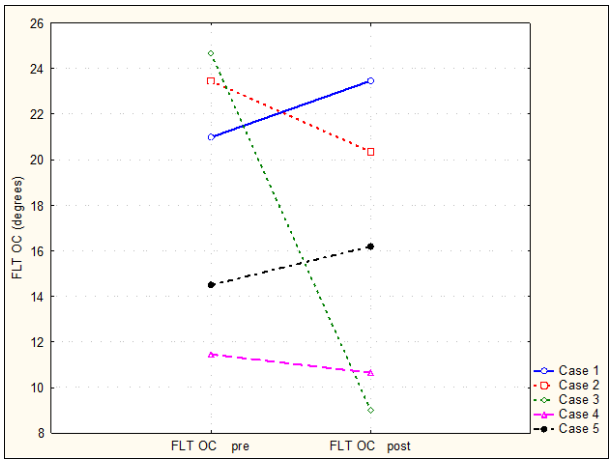


Grafico 3.12 Variazione della FLT pre-post dei singoli pazienti nella condizione OC

Nella condizione dual task (DT) è osservabile una riduzione media della FLT di 2°, da 19±7° a 17±6°.

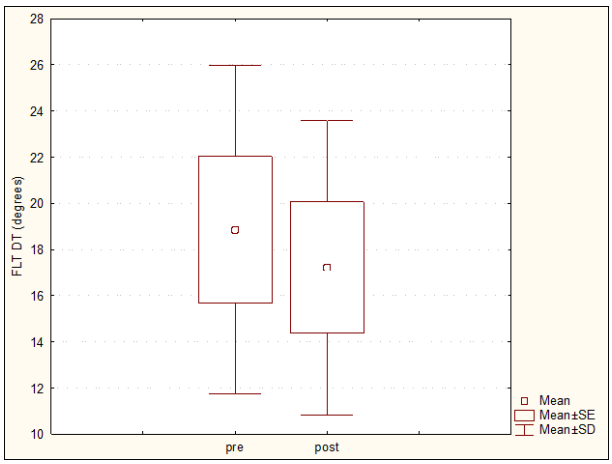


Grafico 3.13 Box plot della FLT nella condizione DT

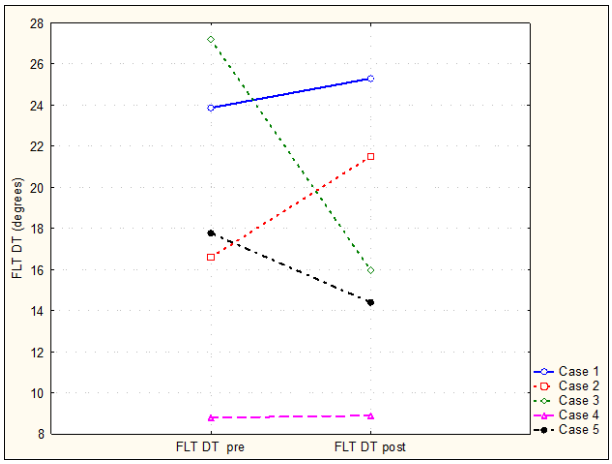


Grafico 3.14 Variazione della FLT pre-post dei singoli pazienti nella condizione DT

La FLT durante lo standing controllato ha subito una riduzione media di 2°; da 17±6° a 15±7°.

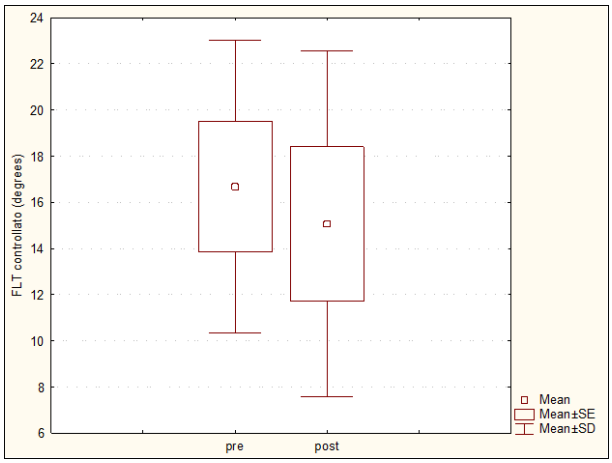


Grafico 3.15 Box plot della FLT durante lo standing controllato

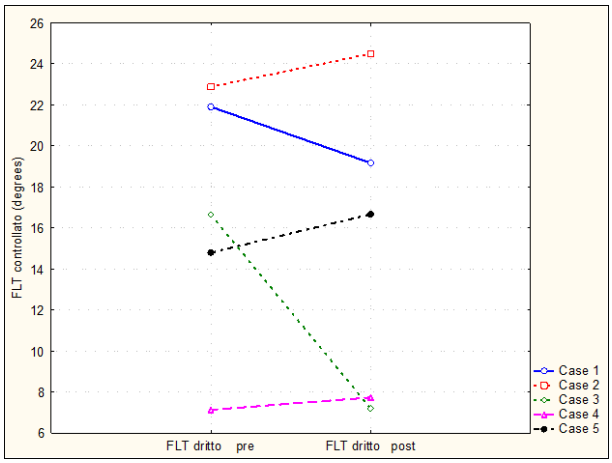


Grafico 3.16 Variazione della FLT pre-post dei singoli pazienti durante lo standing controllato

Sul piano sagittale non sono state registrate variazioni nelle condizioni OC (media 32±19°) e DT (media 31±18°), mentre è risultata una diminuzione della flessione anteriore del tronco di 2° nella condizione OA (da media 31±18° a 29±17°) e di 1° (da media 28±15° a 27±14°) nella condizione di standing controllato.

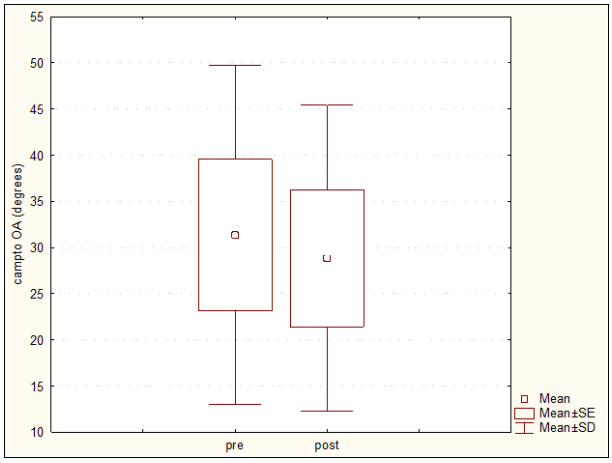


Grafico 3.17 Box plot della flessione anteriore del tronco nella condizione OA

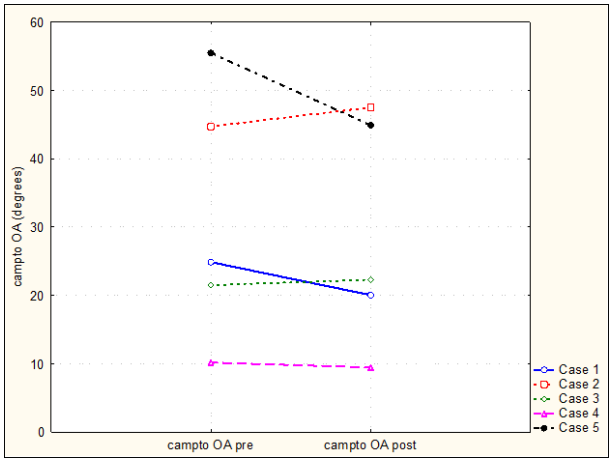


Grafico 3.18 Variazione della flessione anteriore del tronco pre-post dei singoli pazienti nella condizione OA

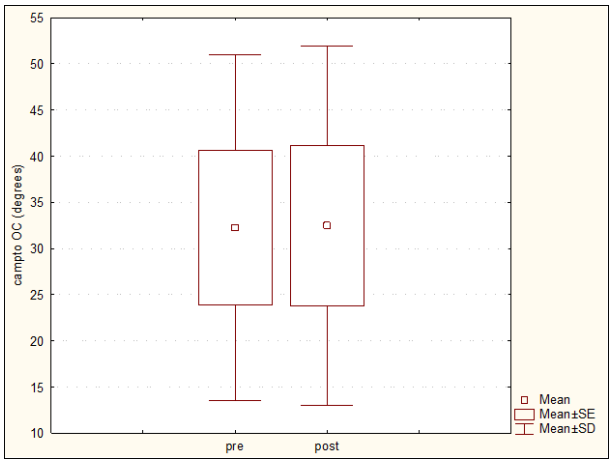


Grafico 3.19 Box plot della flessione anteriore del tronco nella condizione OC

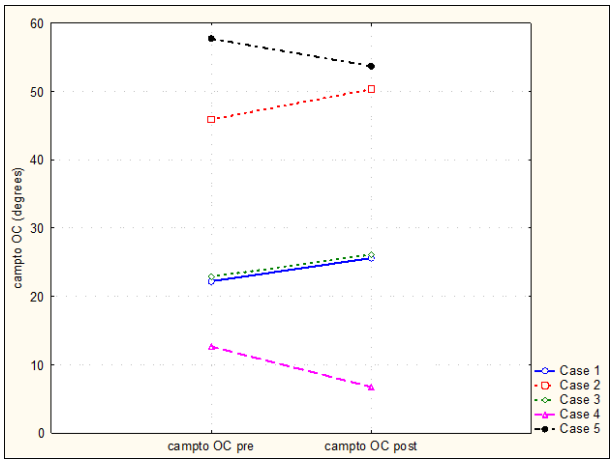


Grafico 3.20 Variazione della flessione anteriore del tronco pre-post dei singoli pazienti nella condizione OC

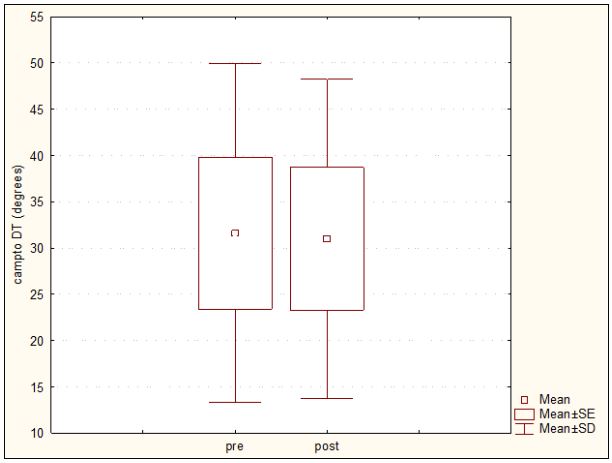


Grafico 3.21 Box plot della flessione anteriore del tronco nella condizione DT

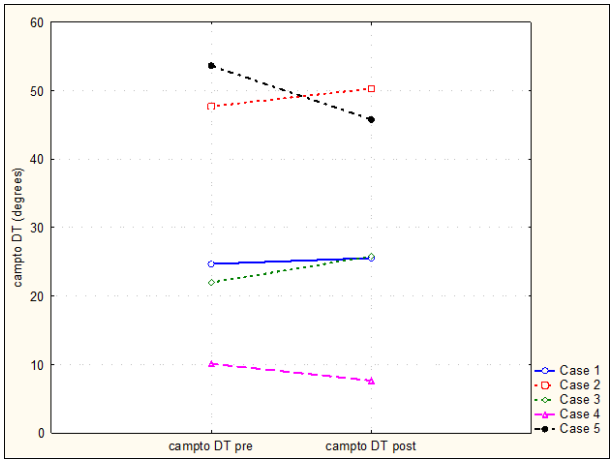


Grafico 3.22 Variazione della flessione anteriore del tronco pre-post dei singoli pazienti nella condizione DT

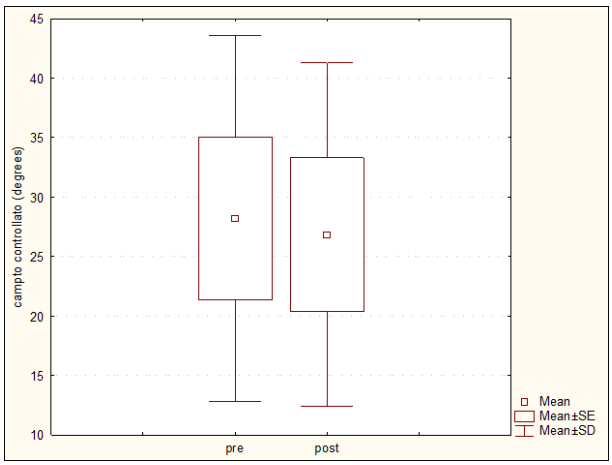


Grafico 3.23 Box plot della flessione anteriore del tronco durante lo standing controllato

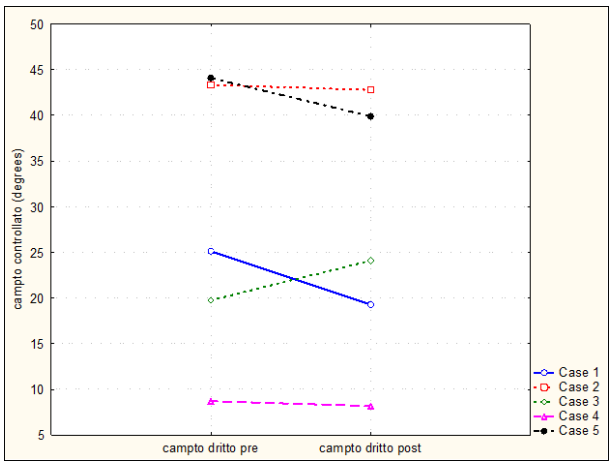


Grafico 3.24 Variazione della flessione anteriore del tronco pre-post dei singoli pazienti durante lo standing controllato

All'analisi delle prove di reaching è risultato un aumento medio di 5 cm (da 10±6 cm a 15±9 cm) della distanza raggiunta con il reaching anteriore, un aumento medio di 4 cm (da 9±7 cm a 13±7 cm) nel reaching laterale omolaterale al lato di FLT, e nessuna differenza media al reaching laterale controlaterale alla FLT (media 13±7 cm). I risultati delle prove di reaching dei singoli pazienti sono riportati nell'allegato 4.

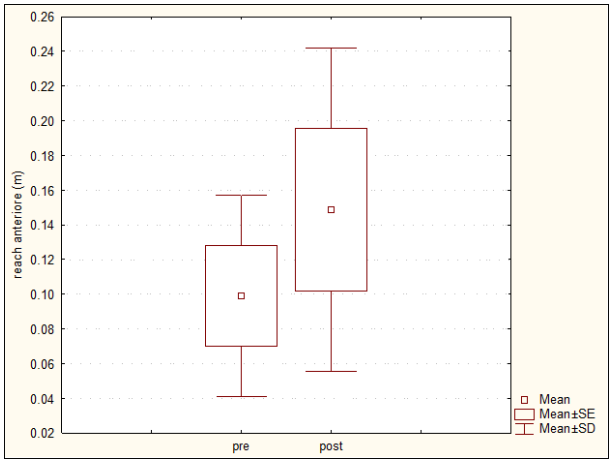


Grafico 3.25 Box plot della prova di reaching anteriore

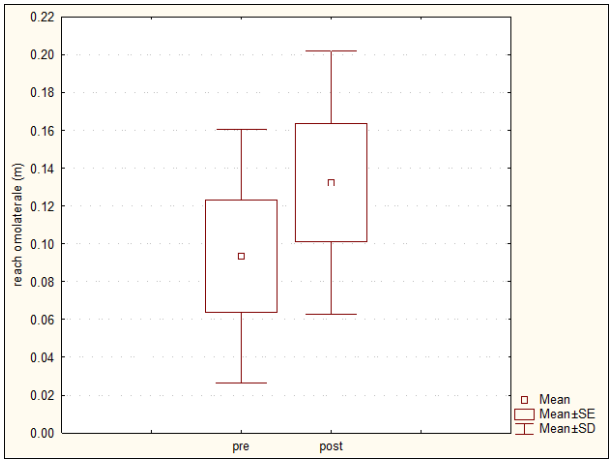


Grafico 3.26 Box plot della prova di reaching laterale omolaterale al lato di FLT

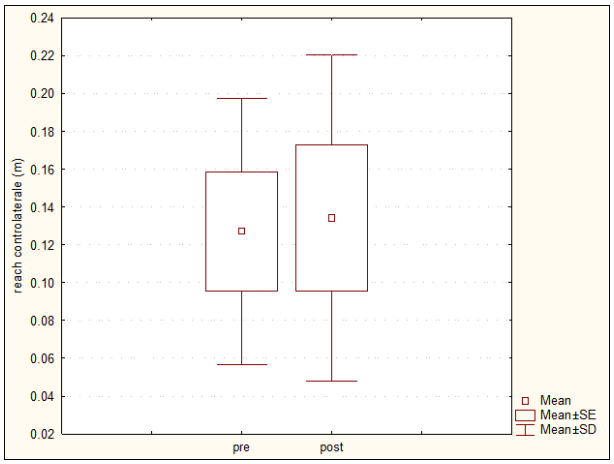


Grafico 3.27 Box plot della prova di reaching laterale controlaterale al lato di FLT

4 DISCUSSIONE

Le alterazioni posturali nel MP, e in particolare la sindrome di Pisa, rappresentano una condizione frequente e potenzialmente disabilitante, inducendo dolore e un'importante menomazione delle funzioni del tronco[44]. Richiesta frequente di questo tipo di pazienti è la riacquisizione di una postura corretta e la riduzione della sintomatologia dolorosa.

Al fine di ideare un protocollo riabilitativo che rispondesse specificatamente alle alterazioni riscontrate, si è iniziato dall'esaminare i dati ottenuti tramite l'analisi del movimento. In particolare, si è rilevato che la gestione del CdM in condizioni statiche è conservata, come si può osservare dalle prove di posturografia in stazione eretta che mostrano come questi soggetti siano in grado di mantenere l'allineamento centrale del CdM, controbilanciandone lo spostamento dovuto alla FLT con una traslazione controlaterale del bacino. Nei compiti semi-dinamici invece si è riscontrata una difficoltà nella gestione del CdM ai limiti della base d'appoggio, come emerso all'analisi del test di reaching multidirezionale strumentato.

Per quanto riguarda il cammino, nei parametri generali e nella cinematica sul piano sagittale sono state rilevate soltanto le peculiarità comuni ai soggetti affetti da MP, ovvero la riduzione della velocità del cammino, la riduzione della lunghezza del passo e l'aumento della cadenza, oltre a un certo grado di flessione di tronco, anche e ginocchia, in accordo con quanto riportato in letteratura[11].

All'analisi della cinematica sul piano frontale è emersa invece una correlazione tra comportamento del bacino e grado di FLT durante il cammino (i grafici sono riportati in appendice, allegato 5). Nello specifico è stata osservata una conservazione del pattern fisiologico di movimento del bacino sul piano frontale al di sotto dei 10° di FLT e una sua inversione sopra questa soglia. Se si considera un normale ciclo del passo, si osserva che all'appoggio del tallone del lato di riferimento segue una lieve discesa dell'emibacino controlaterale: questo pattern di movimento è definito Trendelenburg fisiologico. La discesa dell'emibacino prosegue fino al distacco del piede controlaterale quando ha inizio la risalita. Questo comportamento del bacino è stato rilevato unicamente nel paziente con la minore alterazione posturale del tronco che, sebbene alla posturografia presentasse una FLT > 10°, durante il cammino aveva una riduzione di questa. Negli altri soggetti invece si è osservata bilateralmente una risalita dell'emibacino controlaterale all'arto in appoggio, avente un comportamento opposto a quello

fisiologico. Per spiegare questo pattern di movimento possiamo ipotizzare differenti cause biomeccaniche per i due emilati. Durante la fase di appoggio sull'arto omolaterale alla FLT si ha una riduzione del momento esterno adduttorio a carico dell'anca a causa dello spostamento omolaterale del vettore del CdM dovuto al comportamento del tronco. Si può supporre dunque che l'elevazione dell'emibacino controlaterale sia effetto di un "trascinamento" del bacino da parte del tronco oppure di una contrazione dei muscoli controlaterali alla FLT che si oppongono alla caduta dello stesso ma, data la massa minore, finiscono per esplicare la loro azione sul bacino, elevandolo. Durante la fase di volo dello stesso arto invece il soggetto eleva il bacino perché ha la necessità di ridurre il momento adduttorio a carico dell'anca dell'arto in appoggio.
L'inclinazione dell'emibacino omolaterale al lato di pendenza del tronco nei soggetti con valori di FLT > 15° è stata riscontrata anche in statica alla prova posturografica, probabilmente legata al fatto che dorso, addome e bacino costituiscono un'unità anatomica e al di là di un certo grado di inclinazione del tronco superiore corrisponde un adattamento della postura del bacino.
Quindi in generale la SP non sembra incidere sulle caratteristiche del cammino, ma rimane più legata ad un problema posturale, da qui la scelta di incentrare il trattamento prevalentemente in condizioni statiche o semi-dinamiche, per poter focalizzare l'attenzione sulla postura.

Considerate le potenzialità del BFB nei pazienti affetti da MP[39] e in particolare in quei soggetti con deficit di utilizzo delle informazioni sensoriali, quali possiamo aspettarci i pazienti affetti da SP[1,2,17], si è deciso impostare un protocollo riabilitativo basato sull'utilizzo del BFB cinematico. Obiettivo della terapia era migliorare la percezione e il controllo del tronco e di conseguenza i suoi ruoli di stabilizzazione e prolungamento rispetto agli arti, migliorandone la funzionalità nelle condizioni di posizione seduta e in standing, nei compiti di reaching e nel cammino.
Il programma di trattamento, pur partendo da una base di ragionamento comune, è stato costruito specificatamente in base a quanto emerso all'analisi della valutazione iniziale dei singoli soggetti, per intervenire in modo mirato sui parametri risultati maggiormente compromessi.
La modularità dello strumento utilizzato, oltre a permettere la personalizzazione dell'esercizio, ha consentito di variare il setting e gli input forniti al paziente durante il lavoro sull'obiettivo scelto, cercando di evitare l'instaurarsi di una

dipendenza dal feedback o dal contesto. Risulta dunque una modalità di trattamento particolarmente indicata per questa categoria di pazienti, considerata la loro carenza a livello di transfert dell'apprendimento[50].
Il dispositivo utilizzato è risultato inoltre di facile comprensione per tutti i pazienti partecipanti allo studio, che hanno dichiarato di trovare stimolante e motivante questa modalità di trattamento, in linea con quanto riportato da Nieuwboer et al sull'applicabilità del BFB con risultati positivi alla riabilitazione dei soggetti con MP[39].

In seguito alla riabilitazione sono stati osservati in diversi soggetti miglioramenti a carico della postura, del controllo del tronco e della capacità di frammentazione del movimento[45]. Questi si sono tradotti sia in un aumento del ROM attivo del tronco, in accordo con quanto riscontrato da Bartolo et al[24] nel loro studio riguardo gli effetti della riabilitazione sulla SP, sia in un miglioramento della gestione del CdM in condizioni semi-dinamiche ai limiti della base d'appoggio, come rilevato dal test di reaching multidirezionale. Ad un analisi più approfondita delle singole prove è stato inoltre possibile evidenziare l'acquisizione di nuove strategie motorie, che hanno permesso al soggetto di raggiungere una distanza significativamente maggiore alla prova di reaching. Ad esempio, osservando il tracciato delle prove pre e post del reaching laterale destro del paziente 1 (riportato nell'allegato 6), si può notare come, nella prova registrata durante la valutazione precedente il trattamento, il reaching sia stato effettuato tramite uno spostamento laterale di tutto il corpo, mentre alla valutazione post si possono osservare due fasi del movimento: una prima fase, in cui l'allungamento viene ricercato con uno spostamento di tutto il corpo verso destra, e una seconda fase, in cui si ha un'inversione della direzione del movimento del bacino, che traslando controlateralmente permette un ulteriore spostamento verso destra della parte superiore del tronco.

Il miglioramento della gestione del CdM non ha riguardato solo le posizioni statiche e semi-dinamiche, simili a quelle proposte durante il trattamento, ma vi è stato un trasferimento anche alle situazioni dinamiche valutate tramite i test clinici, quali il TUG e l'mDGI. Questo miglioramento può essere attribuito al miglior controllo dell'equilibrio sul piano frontale che, riducendo le oscillazioni medio-laterali, ha permesso di aumentare la velocità nel cammino, migliorarne l'adattabilità e la gestione del cambio di direzione. Ad esempio nel soggetto 3, all'analisi del cammino, si è osservato bilateralmente un aumento della sicurezza

durante l'appoggio monopodalico, con incremento percentuale della durata della fase di volo, aumento della lunghezza del passo, e maggiore avanzamento del CdP sul piede in appoggio monopodalico. Inoltre, la riduzione della FLT si è tradotta in un miglioramento della simmetria della posizione del bacino rispetto ai piedi e in una normalizzazione dei momenti adduttori a carico dell'anca. La riduzione del costo energetico del cammino determinata da queste modificazioni è un risultato importante, poiché si traduce in un aumento della capacità di movimento del paziente nella sua vita quotidiana, con conseguente innalzamento della qualità di vita[46]. Ai miglioramenti osservati all'analisi del cammino ha corrisposto inoltre un incremento clinicamente significativo nel punteggio registrato alla scala mDGI, sia riguardo la sicurezza nel cammino sia riguardo la velocità.

Inoltre, il miglioramento della gestione del CdM e di conseguenza dell'equilibrio dinamico osservato in questi pazienti ha portato a un miglioramento della performance anche in situazioni di dual-task, come confermato dai risultati alle scale cliniche con una riduzione significativa del tempo necessario all'esecuzione del TUG e del TUG(cogn), oltre a una riduzione del divario tra i due. Possiamo ipotizzare che tale miglioramento abbia parzialmente ridotto il rischio di caduta di questi pazienti.

Analizzando i risultati ottenuti al TUG, è possibile dedurre che in questi pazienti vi sia stato in particolare un miglioramento nell'esecuzione del cambio di direzione, poiché la variazione della velocità di cammino lineare registrata non sarebbe sufficiente, se presa singolarmente, a spiegare l'importante miglioramento registrato al test. Il progresso nella gestione del CdM durante il cambio di direzione è attribuibile, in accordo con quanto rilevato nella review pubblicata da Hulbert et al[47], alla riduzione della rigidità del tronco, al miglioramento della coordinazione e frammentazione del suo movimento e al riallineamento posturale. Similmente si può considerare che la riduzione del divario TUG(cogn)-TUG sia da ascrivere al miglioramento della gestione del CdM: la diminuzione della difficoltà nell'esecuzione del test ha probabilmente reso possibile svolgere senza importanti interferenze il doppio compito cognitivo.

È interessante, alla luce di quanto emerso, considerare come l'impatto della SP sul cammino di questi pazienti non venga evidenziato tanto all'analisi del cammino, quanto all'esame di task di equilibrio dinamico complessi, quali quelli indagati dalle scale cliniche TUG ed mDGI. Questo può essere attribuito al fatto

che tramite l'analisi strumentale sia stato esaminato solo il cammino lineare, mentre le scale cliniche hanno permesso di valutare gli effetti della sindrome su adattabilità del cammino e gestione degli aggiustamenti posturali necessari.

I risultati del nostro trattamento confermano inoltre come il dolore sperimentato da questi pazienti dipenda dalla postura alterata del tronco, come descritto da Alwardat et al[44]. Infatti, la riduzione della percezione del dolore sperimentata da questi pazienti ha accompagnato il miglioramento della postura e della mobilità del tronco, anche se non è stata oggetto di trattamento finalizzato alla risoluzione del sintomo algico.

I miglioramenti riportati e l'impiego di nuove strategie motorie evidenziano in questi soggetti la ritenzione di quanto appreso e il suo trasferimento a un contesto differente da quello dell'esercizio, permettendoci di affermare che la capacità di apprendimento di questi pazienti è parzialmente conservata, in accordo con quanto riportato in letteratura[48,50].
È possibile supporre che l'impiego del BFB, offrendo al paziente i mezzi per riorganizzare le proprie afferenze al fine di ripristinare il corretto schema corporeo e fornendo informazioni aggiuntive su come correggere e migliorare la postura, abbia facilitato il processo di apprendimento, in accordo con quanto riportato in diversi studi[37,39,49,50], che affermano che l'apprendimento, sebbene deficitario nei soggetti con MP, possa essere incrementato attraverso l'utilizzo del BFB. In particolare questo strumento, aumentando il focus sul compito richiesto e fornendo indizi sulle strategie necessarie per eseguirlo, è in grado di offrire una risposta ai deficit attentivi e di problem solving presentati da questa categoria di pazienti[35,36], che determinerebbero altrimenti una difficoltà durante la fase cognitiva dell'apprendimento.
La presenza dei risultati riscontrati in alcuni pazienti dimostra inoltre come la metodologia utilizzata abbia permesso il consolidamento delle strategie apprese senza lo sviluppo di una dipendenza dal feedback negli ambiti di apprendimento. Negli altri pazienti invece si è osservato un miglioramento della performance durante la fase iniziale del motor learning, cui però è mancata l'evoluzione verso le fasi di consolidamento e di automatizzazione. Si può attribuire questo evento al rallentamento del processo di apprendimento tipico dei pazienti con MP: poiché questi soggetti hanno normalmente bisogno di un maggior pratica per acquisire e mantenere l'apprendimento[50]. Inoltre per esigenze cliniche non abbiamo potuto applicare una posologia di trattamento pari a quella dei lavori

scientifici attualmente pubblicati, dunque il trattamento non è stato altrettanto intensivo. Questo potrebbe aver determinato la necessità di un numero maggiore di sedute per raggiungere l'effetto di apprendimento richiesto.

L'evoluzione osservata durante il trattamento dei diversi soggetti ha permesso inoltre di trarre alcune considerazioni riguardo la frequenza e la distribuzione delle sedute durante la settimana. In particolare è stato riscontrato che queste non dovevano essere né troppo distanti, per mancanza della ritenzione di quanto appreso, né consecutive, in quanto portavano a un fenomeno di affaticamento.

Inoltre è stato osservato un discreto grado di variabilità in questo tipo di pazienti nonostante sia stato mantenuto lo stesso orario per le valutazioni iniziali e finali, regolato in base all'orario di assunzione della terapia. Si è dunque ipotizzato che sarebbe stato opportuno, al fine di ottenere un dato oggettivo affidabile, effettuare più valutazioni in giorni diversi, sia per il pre e sia per il post.

5 CONCLUSIONI

All'analisi delle caratteristiche cinematiche e cinetiche dei soggetti esaminati, è emersa un'influenza della SP sull'equilibrio dinamico e semi-dinamico, oltre che sull'economicità e sull'adattabilità del cammino. In particolare si è osservato che, in condizioni statiche, questi pazienti sono in grado di compensare tramite la traslazione laterale del bacino lo spostamento della massa determinato dall'inclinazione laterale del tronco, mantenendo il CdM allineato e simmetrico rispetto alla posizione dei piedi. In condizioni semi-dinamiche, è emersa invece una difficoltà nella gestione del CdM ai limiti della base d'appoggio, dato confermato dai risultati alle scale cliniche. Nel cammino si è riscontrata l'alterazione dei momenti adduttori a carico delle anche, con alterazione del pattern di movimento del bacino, condizioni che influiscono sull'economicità del cammino e sulla sua adattabilità.

Il programma di trattamento, ideato sulla base dei dati emersi dalle valutazioni, è stato di facile applicabilità e tutti i soggetti hanno potuto comprendere come utilizzare la strumentazione fornita per rispondere al compito richiesto. I risultati osservati hanno evidenziato un miglioramento a carico della postura e della mobilità del tronco, della sintomatologia algica e dell'equilibrio in condizioni semi-dinamiche e dinamiche. È stata confermata inoltre la parziale conservazione della capacità di apprendimento in questi pazienti. Sebbene il ridotto numero dei soggetti partecipanti allo studio non consenta di effettuare una generalizzazione dell'andamento riscontrato nei risultati, si può considerare in base a quanto emerso che il trattamento con BFB abbia un potenziale positivo nella riabilitazione di questi pazienti.

Sarà necessario in futuro eseguire ulteriori indagini, ampliando il campione di soggetti partecipanti allo studio e costituendo un gruppo di controllo. Si propone inoltre di migliorare la posologia del trattamento, aumentando in numero delle sedute riabilitative e distribuendole uniformemente nell'arco della settimana. In base a quanto osservato durante il trattamento, si considera che una posologia ideale potrebbe essere di tre sedute a settimana, così da mantenere un'elevata intensità senza però determinare un effetto di affaticamento nei pazienti.

6 BIBLIOGRAFIA

[1] Doherty KM, van de Warrenburg BP, Peralta MC, Silveira-Moriyama L, Azulay JP, Gershanik OS, et al. Postural deformities in Parkinson's disease. Lancet Neurol. 2011;10(6):538-49.

[2] Barone P, Santangelo G, Amboni M, Pellecchia MT, Vitale C. Pisa syndrome in Parkinson's disease and parkinsonism: clinical features, pathophysiology, and treatment. Lancet Neurol. 2016;15(10):1063–74.

[3] Tinazzi M, Geroin C, Gandolfi M, Smania N, Tamburin S, Morgante F, et al. Pisa syndrome in Parkinson's disease: An integrated approach from pathophysiology to management. Mov Disord. 2016 Dec;31(12):1785-95.

[4] Kataoka H, Sugie K. Neurol Clin Pract. Recent advancements in lateral trunk flexion in Parkinson disease. 2019 Feb;9(1):74-82.

[5] Giggins OM, Persson UM, Caulfield B. Biofeedback in rehabilitation. J Neuroeng Rehabil. 2013 Jun 18;10:60.

[6] Tinazzi M, Fasano A, Geroin C, Morgante F, Ceravolo R, Rossi S, et al. Pisa syndrome in Parkinson disease: An observational multicenter Italian study. Neurology. 2015;85(20):1769-79.

[7] Cannas A, Solla P, Floris G, Tacconi P, Serra A, Piga M, et al. Reversible Pisa syndrome in patients with Parkinson's disease on dopaminergic therapy. J Neurol. 2009;256(3):390-5.

[8] Fasano A, Di Matteo A, Vitale C, Squintani G, Ferigo L, Bombieri F et al. Reversible Pisa syndrome in patients with Parkinson's disease on rasagiline therapy. Mov Disord. 2011;26(14):2578-80.

[9] Geroin C, Smania N, Schena F, Dimitrova E, Verzini E, Bombieri F, et al. Does the Pisa syndrome affect postural control, balance, and gait in patients with Parkinson's disease? An observational cross-sectional study. Parkinsonism Relat Disord. 2015 Jul;21(7):736-41.

[10] Alwardat M, Di Lazzaro G, Schirinzi T, Sinibaldi Salime P, Mercuri NB, Pisani A. Does Pisa syndrome affect upper limb function in patients with Parkinson's

disease? An observational cross-sectional study. NeuroRehabilitation. 2018;42(2):143-8.

[11] Tramonti C, Di Martino S, Unti E, Frosini D, Bonuccelli U, Rossi B, et al. Gait dynamics in Pisa syndrome and Camptocormia: The role of stride length and hip kinematics. Gait Posture. 2017 Sep;57:130-5.

[12] Bonanni L, Thomas A, Varanese S, Scorrano V, Onofrj M. Botulinum toxin treatment of lateral axial dystonia in parkinsonism. Mov Disord. 2007;22(14):2097-103.

[13] Dupeyron A, Viollet E, Coroian F, Gagnard C, Renard D, Castelnovo G. Botulinum Toxin-A for treatment of Pisa syndrome: A new target muscle. Parkinsonism Relat Disord. 2015;21(6):669-70.

[14] Di Matteo A, Fasano A, Squintani G, Ricciardi L, Bovi T, Fiaschi A, Barone P, Tinazzi M. Lateral trunk flexion in Parkinson's disease: EMG features disclose two different underlying pathophysiological mechanisms. J Neurol. 2011 May;258(5):740-5.

[15] Tassorelli C, Furnari A, Buscone S, Alfonsi E, Pacchetti C, Zangaglia R, et al. Pisa syndrome in Parkinson's disease: clinical, electromyographic, and radiological characterization. Mov Disord. 2012 Feb;27(2):227-35.

[16] Tinazzi M, Juergenson I, Squintani G, Vattemi G, Montemezzi S, Censi D, et al. Pisa syndrome in Parkinson's disease: an electrophysiological and imaging study. J Neurol. 2013 Aug;260(8):2138-48.

[17] Castrioto A, Piscicelli C, Pérennou D, Krack P, Debû B. The pathogenesis of Pisa syndrome in Parkinson’s disease. Mov Disord. 2014;29(9):1100–07.

[18] Huh YE, Kim K, Chung WH, Youn J, Kim S, Cho JW. Pisa Syndrome in Parkinson's Disease: Pathogenic Roles of Verticality Perception Deficits. Sci Rep. 2018 Jan 29;8(1):1804.

[19] Scocco DH, Wagner JN, Racosta J, Chade A, Gershanik OS. Subjective visual vertical in Pisa syndrome. Parkinsonism Relat Disord. 2014 Aug;20(8):878-83.

[20] Gandor F, Basta D, Gruber D, Poewe W, Ebersbach G. Subjective Visual Vertical in PD Patients with Lateral Trunk Flexion. Parkinsons Dis. 2016;2016:7489105.

[21] Di Lazzaro G, Schirinzi T, Giambrone MP, Di Mauro R, Palmieri MG, Rocchi C, et al. Pisa Syndrome in Parkinson's Disease: Evidence for Bilateral Vestibulospinal Dysfunction. Parkinsons Dis. 2018 Oct 15;2018:8673486.

[22] Artusi CA, Bortolani S, Merola A, Zibetti M, Busso M, De Mercanti S, et al. Botulinum toxin for Pisa syndrome: An MRI-, ultrasound- and electromyography-guided pilot study. Parkinsonism Relat Disord. 2018 Nov 5. https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2018.11.003 [Epub ahead of print]

[23] Tassorelli C, De Icco R, Alfonsi E, Bartolo M, Serrao M, Avenali M, et al. Botulinum toxin type A potentiates the effect of neuromotor rehabilitation of Pisa syndrome in Parkinson disease: a placebo controlled study. Parkinsonism Relat Disord. 2014 Nov;20(11):1140-4.

[24] Bartolo M, Serrao M, Tassorelli C, Don R, Ranavolo A, Draicchio F, et al. Four-week trunk-specific rehabilitation treatment improves lateral trunk flexion in Parkinson's disease. Mov Disord. 2010 Feb 15;25(3):325-31.

[25] Kataoka H, Ikeda M, Horikawa H, Ueno S. Reversible lateral trunk flexion treated with a rehabilitation program in a patient with Parkinson's disease. Parkinsonism Relat Disord. 2013 Apr;19(4):494-7.

[26] Lena F, Iezzi E, Etoom M, Santilli M, Centonze D, Foti C, et al. Effects of postural exercises in patients with Parkinson's disease and Pisa syndrome: A pilot study. NeuroRehabilitation. 2017;41(2):423-428.

[27] Kapandji AI. Il rachide nel suo insieme. In: Anatomia funzionale, Volume 3. Testa e rachide. 6th edition. Milano, Italia: Maloine – Monduzzi Editore, 2011.

[28] Neumann DA. Chinesiologia del sistema muscoloscheletrico. Padova, Italia: Piccin, 2019.

[29] Schmidt RA, Lee TD. Motor control and learning: a behavioral emphasis. 4th edition. Champaign, IL, US: Human Kinetics, 2005.

[30] Parelli R. Motor Learning vs Robotica. [Lecture] Università degli Studi di Milano. 17th June 2019.

[31] Marinelli L, Quartarone A, Hallett M, Frazzitta G, Ghilardi MF. The many facets of motor learning and their relevance for Parkinson's disease. Clin Neurophysiol. 2017 Jul;128(7):1127-41.

[32] Marinelli L, Crupi D, Di Rocco A, Bove M, Eidelberg D, Abbruzzese G, et al. Learning and consolidation of visuo-motor adaptation in Parkinson's disease. Parkinsonism Relat Disord 2009;15:6–11.

[33] Peterson DS, Dijkstra BW, Horak FB. Postural motor learning in people with Parkinson's disease. J Neurol. 2016 Aug;263(8):1518-29.

[34] Van Ooteghem K, Frank JS, Horak FB. Postural motor learning in Parkinson's disease: The effect of practice on continuous compensatory postural regulation. Gait Posture. 2017 Sep;57:299-304.

[35] Taylor AE, Saint-Cyr JA, Lang AE. Memory and learning in early Parkinson's disease: evidence for a «frontal lobe syndrome». Brain Cogn. 1990;13:211–32.

[36] Carbon M, Reetz K, Ghilardi MF, Dhawan V, Eidelberg D. Early Parkinson's disease: longitudinal changes in brain activity during sequence learning. Neurobiol Dis 2010;37:455–60.

[37] Guadagnoli MA, Leis B, Van Gemmert AW, Stelmach GE. The relationship between knowledge of results and motor learning in Parkinsonian patients. Parkinsonism Relat Disord. (2002) 9:89–95.

[38] Zemankova P, Lungu O, Bares M. Psychosocial Modulators of Motor Learning in Parkinson's Disease. Front Hum Neurosci 2016;10:74.

[39] Nieuwboer A, Rochester L, Müncks L, Swinnen SP. Motor learning in Parkinson's disease: limitations and potential for rehabilitation. Parkinsonism Relat Disord 2009;15(Suppl. 3):S53–8.

[40] Lee TD, Carnahan H. Bandwidth Knowledge of Results and Motor Learning: More than Just a Relative Frequency Effect. Q J Exp Psychol A. 1990;42(4):777–89.

[41] Lee BC, Thrasher TA, Fisher SP, Layne CS. The effects of different sensory augmentation on weight-shifting balance exercises in Parkinson's disease and healthy elderly people: a proof-of-concept study. J Neuroeng Rehabil. 2015 Sep 2;12:75.

[42] Shirley Ryan AbilityLab. Multidirectional reach test; reach in four directions test [Internet]. Chicago (US): Shirley Ryan AbilityLab; 2013 Apr [cited 23 May 2019]. Available from: https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/multidirectional-reach-test-reach-four-directions-test

[43] Shirley Ryan AbilityLab. Timed up and go dual task; timed up and go (cognitive); timed up and go (motor); timed up and go (manual) [Internet]. Chicago (US): Shirley Ryan AbilityLab; 2014 Jan [cited 23 May 2019]. Available from: https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/timed-and-go-dual-task-timed-and-go-cognitive-timed-and-go-motor-timed-and

[44] Alwardat M, Schirinzi T, Di Lazzaro G, Franco D, Sinibaldi Salimei P, Mercuri NB, Pisani A. The effect of postural deformities on back function and pain in patients with Parkinson's disease. NeuroRehabilitation. 2019;44(3):419-24.

[45] Gentili S, Capici S, Gigante G. Il biofeedback posizionale nel trattamento del dolore posturale nella malattia di Parkinson. Eur Med Phys 2007;43(Suppl. 1 to No. 3)

[46] Scalzo PL, Flores CR, Marques JR, Robini SC, Teixeira AL. Impact of changes in balance and walking capacity on the quality of life in patients with Parkinson's disease. Arq Neuropsiquiatr. 2012 Feb;70(2):119-24.

[47] Hulbert S, Ashburn A, Robert L, Verheyden G. A narrative review of turning deficits in people with Parkinson's disease. Disabil Rehabil. 2015;37(15):1382-9.

[48] Abbruzzese G, Marchese R, Avanzino L, Pelosin E. Rehabilitation for Parkinson’s disease: current outlook and future challenges. Park Relat Disord 2016;(22 Suppl 1):S60-4.

[49] Carpinella I, Cattaneo D, Bonora G, Bowman T, Martina L, Montesano A, et al. Wearable Sensor-Based Biofeedback Training for Balance and Gait in Parkinson Disease: A Pilot Randomized Controlled Trial. Arch Phys Med Rehabil. 2017 Apr;98(4):622-30.

[50] Olson M, Lockhart TE, Lieberman A. Motor Learning Deficits in Parkinson's Disease (PD) and Their Effect on Training Response in Gait and Balance: A Narrative Review. Front. Neurol. 2019 Feb 7;10:62.

ALLEGATO 1

Legenda degli acronimi

AP = antero-posteriore

BFB = biofeedback

BoTx = tossina botulinica

CdM = centro di massa

CdP = centro di pressione

EMG = elettromiografia

FLT = flessione laterale del tronco

GRF = forza di reazione al terreno

H&Y = Hoehn & Yahr

ML = medio-laterale

MP = morbo di Parkinson

OA = occhi aperti

OC = occhi chiusi

RM = risonanza magnetica

ROM = range di movimento

S.A.F.Lo. = Servizio di Analisi della Funzionalità Locomotoria

SIAS = spine iliache antero-superiori

SIPS = spine iliache postero-superiori

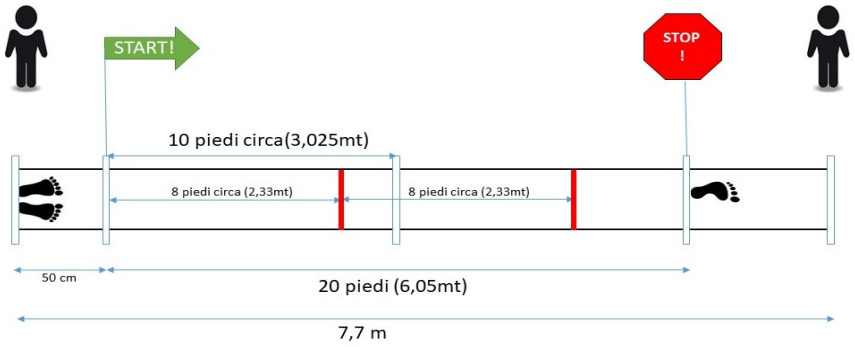
SP = sindrome di Pisa

UPDRS = Unified Parkinson's Disease Rating Scale

VAS = scala visuo-analogica

ALLEGATO 2

Modified Dynamic Gait Index (mDGI): versione italiana



Nota: solo per questa scala l'utilizzo dell'ausilio per svolgere i compiti richiesti può variare tra valutazione Pre e Post (esempio: il paziente all'ingresso utilizza l'ausilio, in uscita non ne ha più bisogno).
Setting: Corridoio di almeno **7,7 m**

- Segnare con un adesivo linea di partenza e a **50 cm** segnare il punto dal quale iniziare a cronometrare il cammino (**START**).
- Segnare poi con dell'adesivo anche i punti a **8 piedi (2,33 m), 10 piedi (3,025mt), 16 piedi (4,66m)** e a **20 piedi (6,05mt)** dal punto START. Segnare la distanza di **7,1 mt** dalla prima linea.
- La posizione di partenza è sempre prima della linea di "Start" (a 50 cm) e al soggetto si deve richiedere di camminare oltre la linea di "Stop" (fino alla riga dei 7,7 m)

1. Cammino in piano

Strumenti: metro, adesivo per il pavimento, cronometro.
Installazione: il partecipante deve essere istruito di camminare per altri **3 piedi circa** passato il punto dei 20 piedi (fino all'ultima riga).
Istruzioni al partecipante: Inizia coi talloni sulla riga. Quando ti dico "Inizia", inizia a camminare alla tua normale velocità da qui finché non passi questa linea (indica la linea dei 20 piedi al partecipante). Assicurati di continuare a camminare dopo questa linea (ultima linea 7,1 m). Hai capito cosa devi fare? Sei pronto? Inizia.
Istruzioni all'esaminatore e classificazione: Il tempo inizia quando il soggetto supera la linea dello "Start". Il tempo di stop è quando il primo piede supera la linea dei 20 piedi. Segna il punteggio ordinale per il livello di assistenza e il pattern del cammino. Marcare la categoria applicabile più bassa.

Tempo: s_____

(3) <6.0 s
(2) 6.0 –7.6 s
(1) 7.7–15.2 s
(0) >15.2 s o non eseguibile

Pattern del cammino:
(3) Normale: Cammina per 20 piedi (6,096mt), pattern del cammino normale, non si evidenziano perdite di equilibrio.
(2) Danno Lieve: Cammina per 20 piedi, lieve alterazione del cammino o disequilibrio.
(1) Danno Moderato: Cammina per 20 piedi, moderata alterazione del cammino, chiara evidenza di disequilibrio, ma recupera indipendentemente.
(0) Danno Severo: Non può camminare per 20 piedi, cammina con severa alterazione del cammino o non può mantenere l'equilibrio indipendentemente.

Livello di Assistenza
(2) Nessuna assistenza
(1) Utilizza un ausilio (escluse ortesi o cavigliere)
(0) Richiede l'assistenza fisica di un'altra persona (inclusa supervisione)

2. Cambi di velocità del cammino

Installazione: Come nell'item 1.
Istruzioni al partecipante: Inizia coi talloni sulla riga. Quando ti dico "Inizia", inizia a camminare alla tua normale velocità. Quando dico "Vai veloce" cammina più veloce e in sicurezza che puoi finché non ti dico stop. Hai capito cosa devi fare? Sei pronto? Inizia.
Istruzioni all'esaminatore e classificazione Il tempo inizia quando il soggetto supera la linea dello "Start". Il tempo di stop è quando il primo piede supera la linea dei 20 piedi. A **10 piedi**, dire al partecipante "Vai veloce" . Osservare come il partecipante sia in grado di cambiare in modo significativo le velocità, evidenziare problemi nella marcia o nell'equilibrio. Segnare il punteggio ordinale per il livello di assistenza e il pattern del cammino. Marcare la categoria applicabile più bassa.

Tempo: _____s

(3) <4.9 s
(2) 4.9–6.8 s
(1) 6.9 –11.7 s
(0) >11.7 s o non eseguibile

Pattern del cammino:
(3) Normale: Capace di cambiare la velocità del cammino senza perdita di equilibrio o alterazioni del cammino. Mostra una significativa differenza nella velocità tra cammino normale e veloce.
(2) Danno Lieve: Capace di cambiare la velocità ma mostra alterazioni del cammino o lieve disequilibrio.
(1) Danno Moderato: Esegue solo piccole regolazioni della velocità del cammino con significativa alterazione del cammino o perdita di equilibrio ma è capace di recuperare e continuare a camminare.
(0) Danno Severo: Non può cambiare la velocità o perde l'equilibrio e non è in grado di recuperarlo indipendentemente.

Livello di Assistenza
(2) Nessuna assistenza
(1) Utilizza un ausilio (escluse ortesi o cavigliere)
(0) Richiede l'assistenza fisica di un'altra persona (inclusa supervisione)

3. Cammino con rotazioni orizzontali del capo

Installazione: Come nell'item 1.
Istruzioni al partecipante: Inizia coi talloni sulla riga. Quando ti dico "Inizia", inizia a camminare alla tua normale velocità. Quando dico "Guarda a destra", continua a camminare dritto ma gira la testa a destra. Continua a guardare a destra finché non ti dico "Guarda a sinistra", poi continua a guardare a sinistra finché non ti dico "Guarda dritto" poi continua a camminare dritto ma torna con la testa al centro. Hai capito cosa devi fare? Sei pronto? Inizia.
Istruzioni all'esaminatore e classificazione Il tempo inizia quando il soggetto supera la linea dello "Start". Il tempo di stop è quando il primo piede supera la linea dei 20 piedi. Dopo che il partecipante ha camminato circa **3 passi**, chiedergli o chiederle di guardare a destra; dopo ancora circa **3 passi** di guardare a sinistra; e dopo circa **3 passi** chiedere che guardi dritto.
Segnare il punteggio ordinale per il livello di assistenza e il pattern del cammino. Marcare la categoria applicabile più bassa.

Tempo: _____s

(3) <6.2 s
(2) 6.2– 8.5 s
(1) 8.6 –14.5 s
(0) >14.5 s o non eseguibile

Pattern del cammino:
(3) Normale: Ruota il capo senza problemi senza modificare il pattern del cammino o disequilibrio.
(2) Danno lieve: Lieve riduzione nel movimento del capo o ruota il capo senza problemi con lievi cambi nel pattern del cammino, o minima perturbazione nel percorso o disequilibrio.
(1) Danno Moderato: Moderata riduzione nel movimento del capo o ruota il capo on moderati cambi nel pattern del cammino o moderato disequilibrio ma recupera indipendentemente.
(0) Danno Severo: Incapace di ruotare il capo o ruota il capo con severa perturbazione del cammino (ad esempio barcolla fuori di 15 piedi nel percorso, o perde l'equilibrio e non è in grado di recuperarlo autonomamente.

Livello di Assistenza
(2) Nessuna assistenza
(1) Utilizza un ausilio (escluse ortesi o cavigliere)
(0) Richiede l'assistenza fisica di un'altra persona (inclusa supervisione)

4. Cammino con movimenti verticali della testa

Installazione: Come nell'item 1.
Istruzioni al partecipante: Inizia coi talloni sulla riga. Quando ti dico "Inizia", inizia a camminare alla tua normale velocità. Quando dico "Guarda su", continua a camminare dritto ma muovi la testa e guarda il soffitto. Continua a guardare in su finché non ti dico "Guarda in giù", poi continua a camminare dritto e tieni la testa in giù guardando il pavimento finché non ti dico "Guarda dritto" poi continua a camminare dritto ma torna con la testa al centro. Hai capito cosa devi fare? Sei pronto? Inizia.
Istruzioni all'esaminatore e classificazione: Il tempo inizia quando il soggetto supera la linea dello "Start". Dopo che il partecipante ha camminato circa **3 passi**, chiedergli o chiederle di guardare in alto; dopo ancora circa **3 passi** chiedergli o chiederle di guardare in basso; e dopo circa **3 passi** chiedere che guardi dritto. Il tempo di stop è quando il primo piede supera la linea dei 20 piedi.
Segna il punteggio ordinale per il livello di assistenza e il pattern del cammino. Marcare la categoria applicabile più bassa.

Tempo: _____s
(3) <6.0 s
(2) 6.0–8.2 s
(1) 8.3–13.9 s
(0) >13.9 s o non eseguibile

Pattern del cammino:
(3) Normale: Muove il capo senza problemi senza modificare il pattern del cammino o disequilibrio.
(2) Danno lieve: Lieve riduzione nel movimento del capo o muove il capo con lievi cambi nel pattern del cammino, o minima perturbazione nel percorso o lieve disequilibrio.
(1) Danno Moderato: Moderata riduzione nel movimento del capo o muove il capo on moderati cambi nel pattern del cammino o moderato disequilibrio ma recupera indipendentemente.
(0) Danno Severo: Incapace di muovere il capo o muove il capo con severa perturbazione del cammino (ad esempio barcolla fuori di 15 piedi nel percorso), si ferma o perde l'equilibrio e non è in grado di recuperarlo autonomamente.

Livello di Assistenza
(2) Nessuna assistenza
(1) Utilizza un ausilio (escluse ortesi o cavigliere)
(0) Richiede l'assistenza fisica di un'altra persona (inclusa supervisione)

5. Cammino e giro sul posto:

Installazione: Posizionare un mezzo di adesivo alla fine dei 10 piedi; al partecipante verrà chiesto di **ruotare attorno al punto dei 10 piedi**.
Istruzioni al partecipante: Inizia coi talloni sulla riga. Quando ti dico "Inizia", inizia a camminare alla tua normale velocità. Quando dico "Gira", girati più velocemente e in modo sicuro e torna camminando al punto di partenza. Hai capito cosa voglio che tu faccia? Sei pronto? Inizia.
Istruzioni all'esaminatore e classificazione: Il tempo inizia quando il soggetto supera la linea dello "Start". Chiedere al partecipante di girare al segno dei 10 piedi.
Il tempo di stop è quando il primo piede supera la linea di "Start" (distanza totale cronometrata = circa 20 piedi).
Segna il punteggio ordinale per il livello di assistenza e il pattern del cammino. Marcare la categoria applicabile più bassa.

Tempo: _____s
(3) <6.9 s
(2) 6.9 –9.4 s
(1) 9.5–16.9 s
(0) >16.9 s o non eseguibile

Pattern del cammino:
(3) Normale: Il giro è sicuro, usa _3 passi e continua a camminare nella direzione opposta senza alterazioni del cammino o disequilibrio.
(2) Danno Lieve: Gira usando da 4 a 5 passi e mostra lievi alterazioni del pattern del cammino o disequilibrio prima, durante o dopo il giro.
(1) Danno Moderato: Gira usando _5 passi e mostra moderate deviazioni del pattern del cammino o disequilibrio prima, durante o dopo il giro ma è capace di recuperare indipendentemente.
(0) Danno Severo: Non può girare in modo sicuro, perde l'equilibrio e non è capace di recuperarlo indipendentemente.

Livello di Assistenza
(2) Nessuna assistenza
(1) Utilizza un ausilio (escluse ortesi o cavigliere)
(0) Richiede l'assistenza fisica di un'altra persona (inclusa supervisione)

6. Superare un ostacolo:

[Se il soggetto usa il deambulatore, il suo punteggio per questo item è 0]
Strumenti: metro, adesivo per il pavimento, cronometro, 2 rettangoli semirigidi (dimensioni:
76 cm lunghezza, 12 cm altezza, 5 cm spessore).
Installazione: Posizionare il primo ostacolo con la faccia da 76 cm X 12cm (faccia più larga) verso il pavimento **a 8 piedi circa dalla partenza**. Posizionare il 2° ostacolo con la faccia da 76 cm X 5 cm verso il pavimento a **8 piedi dal primo ostacolo (circa 16 piedi dalla partenza)**. Posizionare un pezzo di adesivo alla fine della distanza dei 20 piedi.
Istruzioni al partecipante: Inizia coi talloni sulla riga. Quando ti dico "Inizia", inizia a camminare alla tua normale velocità. Quando arrivi verso gli ostacoli scavalcali e continua a camminare passando questa linea (indica la linea del 20 piedi sul pavimento). Hai capito cosa voglio che tu faccia? Sei pronto? Inizia.
Istruzioni all'esaminatore e classificazione: Il tempo inizia quando il soggetto supera la linea dello "Start". Il tempo di stop è quando il primo piede supera la linea dei 20 piedi ma assicurarsi che il partecipante continui a camminare fino all'ultima linea dei 7,1 m. Assicurarsi di osservare come il partecipante supera entrambi gli ostacoli completamente senza toccarli né con l'avvampiate né con il retropiede. Segna il punteggio ordinale per il livello di assistenza e il pattern del cammino. Marcare la categoria applicabile più bassa.

Tempo: _____s

(3) <6.0 s
(2) 6.0–8.5 s
(1) 8.6 –17.4 s
(0) >17.4 s o non eseguibile

Pattern del cammino:
(3) Normale: Capace di superare gli ostacoli senza modificare la velocità del cammino, senza evidenza di deviazioni del cammino o disequilibrio.
(2) Danno lieve: Capace di superare entrambi gli ostacoli ma con lievi alterazioni del cammino (ad esempio riduzione o aggiustamento dei passi per superare gli ostacoli) o lieve disequilibrio.
(1) Danno Moderato: Capace di superare gli ostacoli ma si deve fermare, poi superare l'ostacolo o lo colpisce o è significativamente instabile quando scavalca ma recupera senza assistenza.
(0) Danno Severo: Non può superare uno o entrambi gli ostacoli o perde l'equilibrio ed è incapace di di recuperarlo indipendentemente.

Livello di Assistenza
(2) Nessuna assistenza
(1) Utilizza un ausilio (escluse ortesi o cavigliere)
(0) Richiede l'assistenza fisica di un'altra persona (inclusa supervisione)

7. Cammino intorno agli ostacoli:

Strumenti: metro, adesivo per il pavimento, cronometro, 2 cilindri semirigidi (dimensioni: 76 cm lunghezza, 12 cm diametro).
Installazione: Posizionare il primo cilindro a **8 piedi dalla partenza**. Posizionare il secondo cilindro **8 piedi circa dopo il primo cilindro** (circa 16 piedi dal punto di partenza).
Istruzioni al partecipante: Inizia coi talloni sulla riga. Quando ti dico "Inizia", inizia a camminare alla tua normale velocità. Quando arrivi al primo cono aggiralo passando a sinistra. Quando arrivi al secondo aggiralo a destra e continua a camminare finché non ti dico stop. Hai capito cosa voglio che tu faccia? Sei pronto? Inizia.
Istruzioni all'esaminatore e classificazione: Il tempo inizia quando il soggetto supera la linea dello "Start". Il tempo di stop è quando il primo piede supera la linea dei 20 piedi ma assicurarsi che il partecipante continui a camminare fino all'ultima riga dei 7,1 m. Assicurarsi di osservare che il partecipante non tocchi o sfiori i cilindri. Segna il punteggio ordinale per il livello di assistenza e il pattern del cammino. Marcare la categoria applicabile più bassa.

Tempo: _____s

(3) <6.0 s
(2) 6.0–8.2 s
(1) 8.2–14.5 s
(0) >14.5 s o non eseguibile

Pattern del cammino:
(3) Normale: Capace di camminare intorno ad entrambi i cilindri con un pattern di cammino normale e senza evidenza di disequilibrio.
(2) Danno Lieve: Capace di camminare intorno ai cilindri ma mostra lievi alterazioni del cammino (ad esempio necessita di rallentare o di fare dei passi di aggiustamento) o mostra disequilibrio.
(1) Danno Moderato: Capace di camminare intorno ai due cilindri Ima mostra moderate alterazioni del cammino (ad esempio si deve fermare poi aggirarli) o tocca uno o entrambi i cilindri o ha disequilibrio moderato ma è capace di recuperare indipendentemente.
(0) Danno Severo: Incapace di aggirare i cilindri o perde l'equilibrio e non è capace di recuperarlo indipendentemente.

Livello di Assistenza
(2) Nessuna assistenza
(1) Utilizza un ausilio (escluse ortesi o cavigliere)
(0) Richiede l'assistenza fisica di un'altra persona (inclusa supervisione)

8. Scale:

[Se il soggetto usa il deambulatore, il suo punteggio per questo item è 0]
Strumenti: 10 gradini con corrimano, cronometro.
Installazione: Posizionare il partecipante all'inizio delle scale.
Istruzioni al partecipante: quando ti dico "Inizia" inizia a camminare sulle scale come faresti a casa o comunemente. Se normalmente utilizzi il corrimano, usalo. Cammina fino in cima alle scale e fermati. Hai capito cosa voglio che tu faccia? Sei pronto? Inizia.
Istruzioni all'esaminatore e classificazione: Il tempo inizia quando il valutatore dice "Inizia". Il tempo di stop quando **entrambi i piedi sono sopra il 10 gradino** (o si stanno appoggiando). Segna il punteggio ordinale per il livello di assistenza e il pattern del cammino. Marcare la categoria applicabile più bassa.

Tempo: _____s

(3) <6.1 s
(2) 6.1–9.0 s
(1) 9.1–19.7 s
(0) >19.7 s o non eseguibile

Pattern del cammino:
(3) Normale: Alterna i piedi, non utilizza corrimano.
(2) Danno Lieve: Alterna i piedi ma deve usare il corrimano.
(1) Danno Moderato: Due piedi sullo stesso gradino e deve usare il corrimano.
(0) Danno Severo: Non può eseguirlo in modo sicuro.

Livello di Assistenza
(2) Nessuna assistenza
(1) Utilizza un ausilio (escluse ortesi o cavigliere)
(0) Richiede l'assistenza fisica di un'altra persona (inclusa supervisione)

ALLEGATO 3

Timed up & go con dual task cognitivo

[3 metri di cammino]

Istruzione TUG: “quando dirò ‘via’, si alzi dalla sedia, cammini alla sua normale velocità fino a superare il segno posto sul pavimento, si giri e torni a sedersi sulla sedia”.

Istruzione TUG con dual task: “conti alla rovescia di 3 in 3 dal numero ___. Quando dirò ‘via’, si alzi dalla sedia, cammini alla sua normale velocità fino a superare il segno posto sul pavimento, si giri e torni a sedersi sulla sedia.

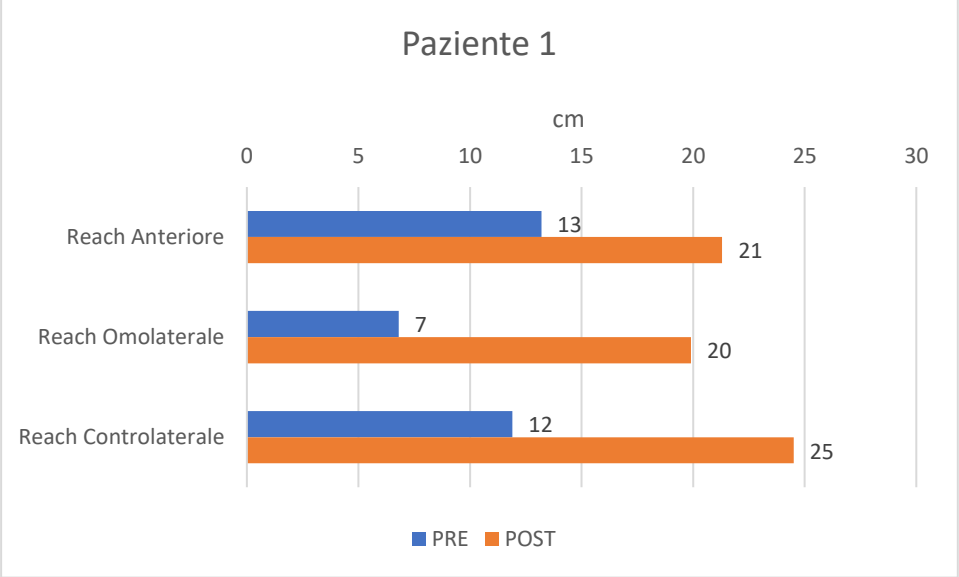
Continui a contare alla rovescia per l’intera durata della prova”.

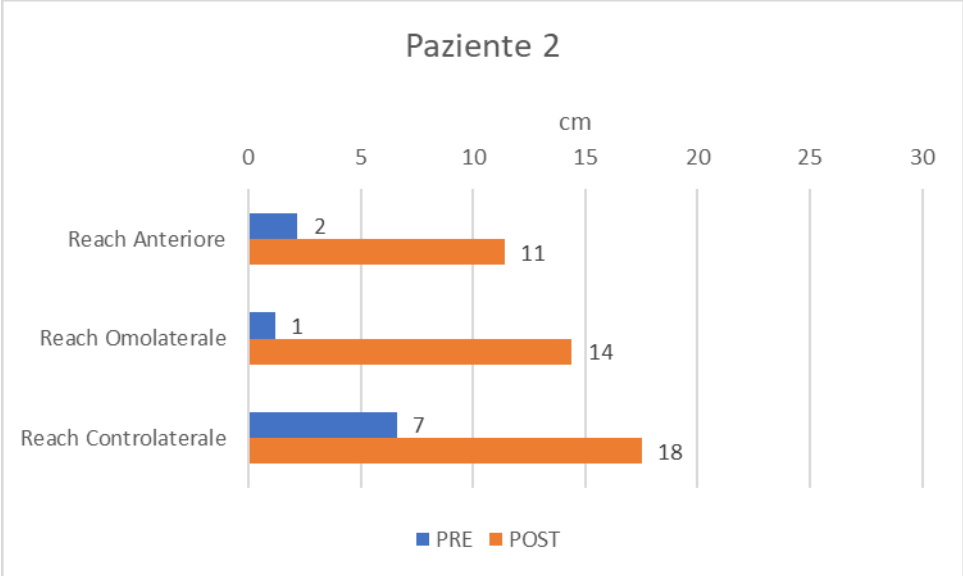
TUG:_____ [s];

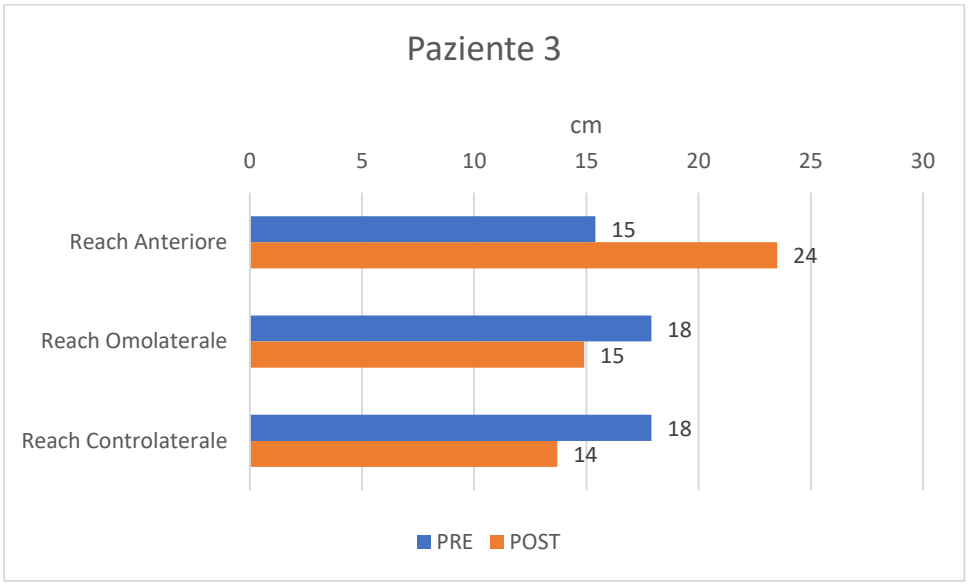
TUG cognitivo: _____[s].

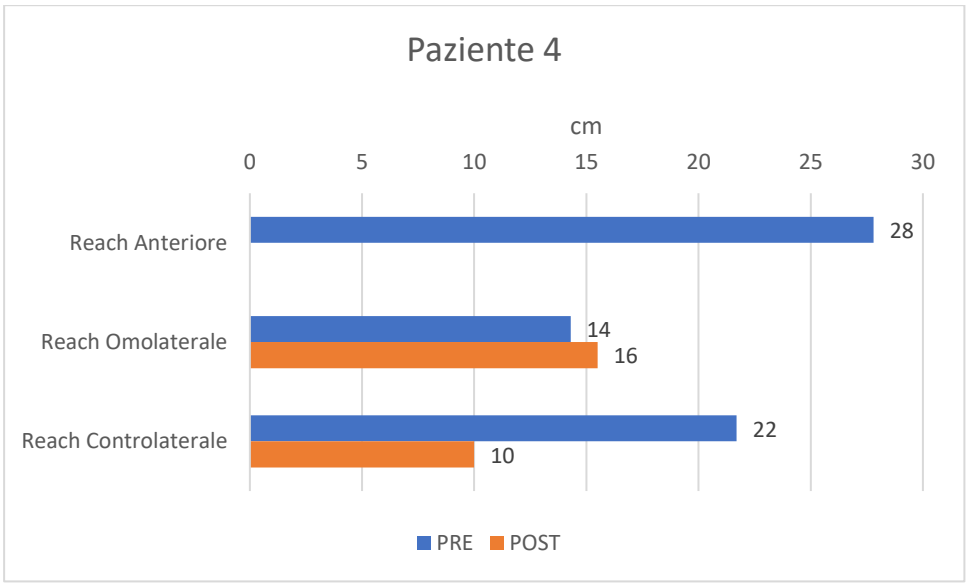
ALLEGATO 4

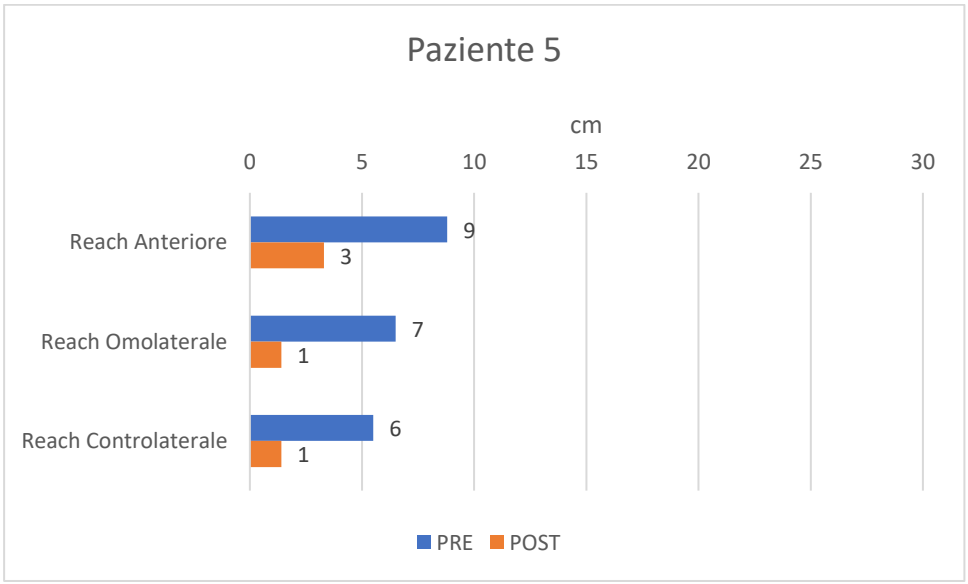
Risultati dei singoli pazienti al test di reaching






Paziente 3
cm
0
5
10
15
20
25
30
Reach Anteriore
15
24
Reach Omolaterale
18
15
Reach Controlaterale
18
14
PRE
POST

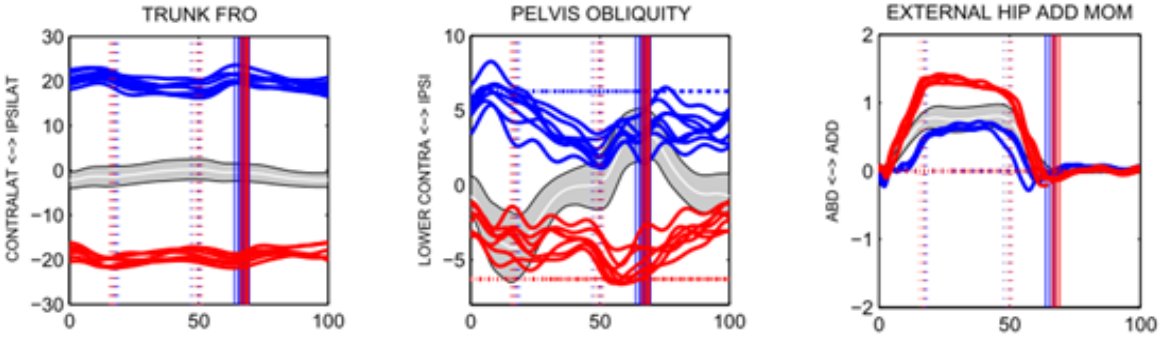

Paziente 4
cm
0
5
10
15
20
25
30
Reach Anteriore
28
Reach Omolaterale
14
16
Reach Controlaterale
22
10
PRE
POST


Paziente 5
cm
0
5
10
15
20
25
30
Reach Anteriore
9
3
Reach Omolaterale
7
1
Reach Controlaterale
6
1
PRE
POST

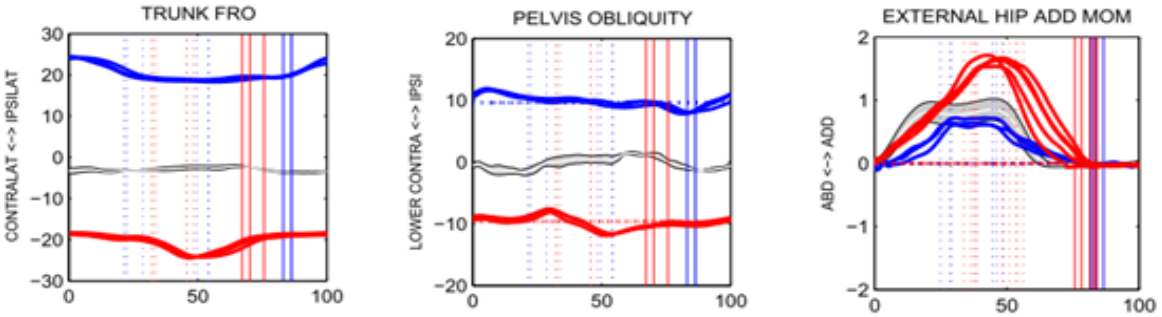
ALLEGATO 5

Comportamento di tronco e bacino sul piano frontale e momento adduttorio esterno all'anca durante il ciclo del passo

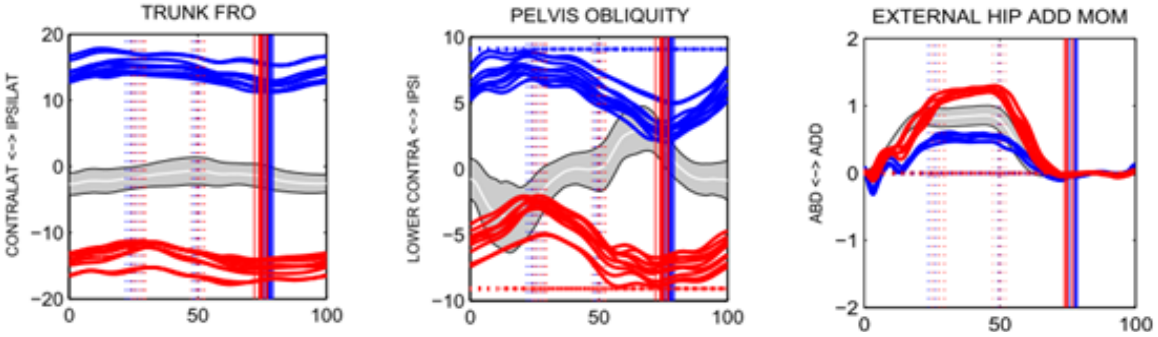
Paziente 1



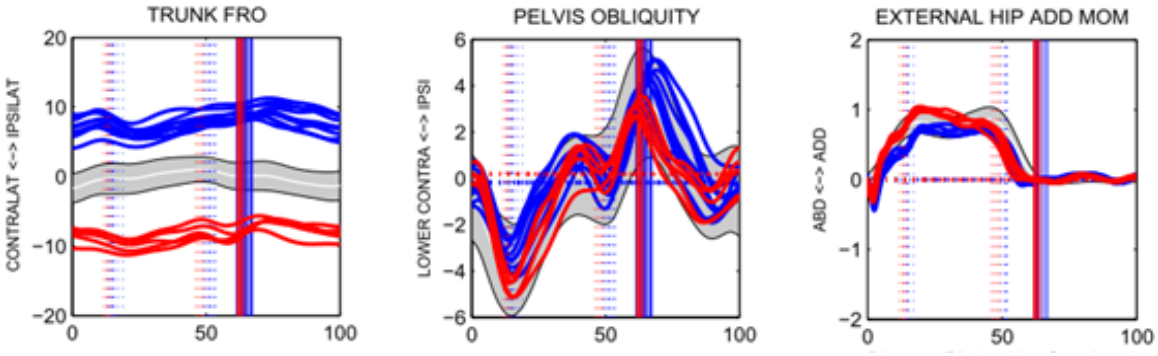
Paziente 2



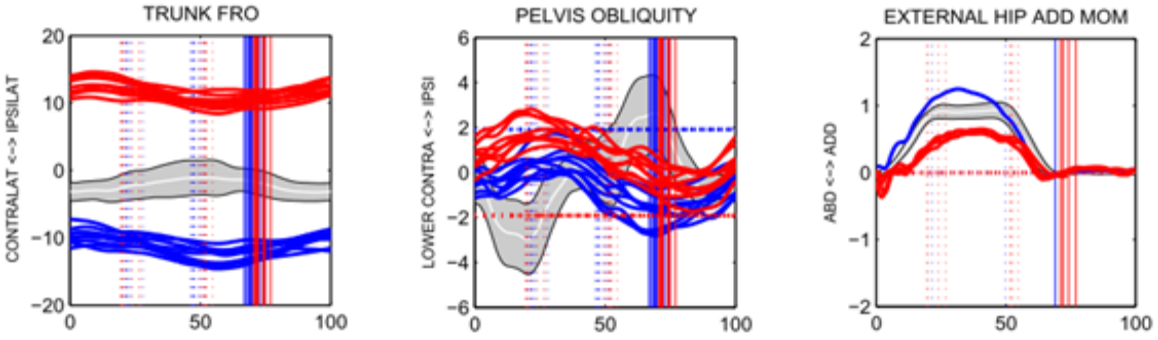
Paziente 3



Paziente 4



Paziente 5



ALLEGATO 6

Comparazione delle prove pre-post di reaching laterale destro del paziente 1

