

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA

PROPOSTA RIABILITATIVA BASATA SUL BIOFEEDBACK PER LA GESTIONE DELLA FASE OFF IN SOGGETTI CON MALATTIA DI PARKINSON

Tesi di Laurea di: Michela Arrigoni

Matricola: n. 941686

Relatore: Prof. Alessandro Crippa

Correlatore: Dott.ssa Lisa Oggioni

Anno Accademico 2022-2023

Indice

1 Introduzione 1

1.1 La malattia di Parkinson 1

1.1.1 Patogenesi ed epidemiologia 2

1.1.2 Diagnosi clinica 3

1.1.3 Fase on-off 3

1.2 Analisi e trattamento delle alterazioni posturali nei pazienti con malattia di Parkinson 4

1.3 Disturbi di equilibrio 6

1.4 Biofeedback per l'apprendimento motorio nei pazienti affetti da malattia di Parkinson 8

1.4.1 Teoria dell'apprendimento motorio 8

1.4.2 Il biofeedback 10

1.4.3 Potenzialità del trattamento con biofeedback in soggetti con patologia di Parkinson 14

1.5 Obiettivi dello studio 16

2 Materiali e metodi 17

2.1 Ricerca bibliografica 17

2.2 Disegno di studio 18

2.3 Reclutamento del campione 18

2.3.1 Criteri di inclusione ed esclusione 18

2.4 Valutazione 19

2.4.1 Valutazione preliminare 19

2.4.1.1 Questionario Wearing-off 19

2.4.1.2 Parkinson's Disease Questionnaire (PDQ39) 20

2.4.2 Valutazione clinica 21

2.4.2.1 Timed Up and Go (TUG) 21

2.4.2.2 Timed Up and Go dual-task (TUG2) 22
2.4.2.3 Trunk Impairment Scale (TIS) 22
2.4.2.4 BERG Balance Scale (BBS) 23
2.5 Trattamento 24
2.5.1 Strumenti 25
2.5.2 Costruzione degli esercizi 29
2.6 Questionario di gradimento 30
3 Risultati 31
3.1 Valutazioni preliminari 33
3.2 Ideazione del protocollo 33
3.2.1 Esercizi proposti 33
3.2.1.1 Esercizi per i passaggi posturali 34
3.2.1.2 Esercizi posizione seduta 37
3.2.1.3 Esercizi in stazione eretta 41
3.3 Equilibrio 53
3.4 Dual-task 55
3.5 Controllo posturale 56
3.6 Questionario di gradimento 56
4 Discussioni 57
4.1 Proposte future 61
5 Conclusioni 62
6 Bibliografia 63
7 Appendici 69

1 INTRODUZIONE

Le fluttuazioni delle prestazioni motorie nei pazienti con malattia di Parkinson in terapia cronica con levodopa (effetto "on-off") sono dovute a diversi fattori e con il progredire della patologia diventano sempre più invalidanti.[1] La caratteristica essenziale di questo fenomeno è il passaggio dalla mobilità alla disabilità, da "on" a "off", che può verificarsi molte volte al giorno, spesso con una rapidità sorprendente.

Nella letteratura medica non esiste ancora una definizione comune di “fase off”, vi sono, però, diversi studi[2] in atto che mirano a delineare una definizione di “off” al fine di consentire un migliore riconoscimento dei sintomi e portare benefici al paziente.

Nonostante una gestione medica ottimale, i pazienti continuano a subire un deterioramento della funzione corporea, della qualità nello svolgimento delle attività quotidiane, della partecipazione e un declino della mobilità. Si è riscontrato che un intervento riabilitativo multidisciplinare in supporto al trattamento farmacologico possa portare ad un miglioramento della qualità di vita del paziente.[3]

L'efficacia del biofeedback nell’apprendimento motorio è stata comprovata[4] e diversi studi ne hanno valutato l’applicazione alla riabilitazione di pazienti con patologie degenerative, tra cui la malattia di Parkinson. Tuttavia, sono necessari ulteriori studi per esaminare l’applicazione specifica del biofeedback in ambiti diversi, in particolare nella gestione dei sintomi esacerbanti durante la fase off.

1.1 La malattia di Parkinson

La malattia di Parkinson (PD) è un’entità nosologica caratterizzata sul piano clinico da una triade sintomatologica classica costituita da tremore a riposo, bradicinesia, rigidità e, sul piano anatomopatologico, da una progressiva degenerazione dei neuroni della sostanza nera, pars compacta. Si tratta quindi di una patologia neurodegenerativa a carico del sistema nervoso centrale.

La progressiva perdita dei neuroni dopaminergici determina uno squilibrio nell'attività sia della via nigro-striatale diretta che di quella indiretta, da cui risultano le tipiche alterazioni motorie. Nella malattia di Parkinson si osserva inoltre la degenerazione di altre popolazioni neuronali, che determinano la comparsa di sintomi non motori (dis-autonomici), i quali possono assumere un peso rilevante nel causare disabilità.[5]

1.1.1 Patogenesi ed epidemiologia

Sebbene l'eziologia della malattia di Parkinson non sia del tutto chiara, è ormai accettata l'ipotesi di un'origine multifattoriale della malattia, in cui interagiscono componenti ambientali e genetiche.[6]

Le principali caratteristiche patologiche della PD sono: la perdita di neuroni dopaminergici, con conseguente depigmentazione della Substantia Nigra pars compacta (SNpc), e la presenza di Corpi di Lewy (LB). Questi ultimi sono inclusioni intra-neuronali, rotondeggianti, eosinofile, con un nucleo ialino e un alone periferico pallido; sono composti da più di novanta proteine, le principali sono l'α-synucleina e l'ubiquitina. L'α-synucleina tende a diventare insolubile e formare aggregati amiloidi che si accumulano e formano inclusioni intracellulari. Vi sono diversi intermediari che con la loro azione tossica compromettono le funzioni mitocondriali e lisosomiale, alterando le funzioni sinaptiche e provocando degenerazione neuronale.

La degenerazione neuronale della Substantia Nigra colpisce preferenzialmente il gruppo di cellule ventro-laterali che proiettano al putamen postero-laterale.[7]

La formazione di Corpi di Lewy (LB) è stata considerata un marcatore della degenerazione neuronale perché la perdita di neuroni si riscontra maggiormente nei siti in cui i LB hanno predilezione a formarsi.[8] I Corpi di Lewy non sono esclusivi della malattia di Parkinson ma possono essere riscontrati anche in altre patologie degenerative (demenza da Corpi di Lewy, Sclerosi Laterale Amiotrofica, Malattia di Alzheimer) come anche, in minor quantità, nell'invecchiamento fisiologico.

Per quanto riguarda il contributo genetico nell'insorgenza della patologia, sono in atto molti studi.[5] È emerso che, in alcune forme familiari di malattia di Parkinson vi sono mutazioni di alcuni geni.

È stato stimato che al momento della diagnosi fino al 60% dei neuroni dopaminergici è già stato perso.[9]

L'esordio della malattia avviene solitamente a un'età compresa tra i 65 e i 70 anni, mentre è più precoce nelle varianti genetiche. In generale, si ritiene che i fattori genetici siano coinvolti circa nel 5-10% dei casi. La prevalenza della malattia è compresa tra 1 e 2 persone su 1.000 e l'incidenza annuale è ritenuta pari a 15 su 100.000. Vi è una leggera predilezione per il sesso maschile.[10] Sono in corso alcuni studi per quanto riguarda la tendenza temporale della patologia, essi sembrano indicare un lieve aumento dell'incidenza negli anni.

1.1.2 Diagnosi clinica

Alla base della pratica clinica quotidiana, allo scopo di identificare la presenza o meno della malattia di Parkinson, ci si fonda: sull'anamnesi, sull'esame fisico dei segni, su esami neurologici e su biomarcatori specifici.

Durante l'anamnesi si effettua la raccolta della storia dei segni e sintomi correlabili alla malattia, storia patologica familiare e problemi psicologici o cognitivi. L'esame fisico indaga, attraverso l'utilizzo di test specifici, i segni più caratteristici della patologia (tremore, rigidità e bradicinesia).[11]

In supporto all'esame fisico vengono eseguiti esami neurologici specifici, come la tomografia a emissione di positroni (PET)[12] e il DaTSCAN[13,14], atti a migliorare l'accuratezza della diagnosi.

1.1.3 Fase on-off

Nella malattia di Parkinson la variazione della gravità dei sintomi è sempre stata uno degli aspetti più caratteristici ma l'avvento del trattamento con levodopa ne ha aumentato notevolmente la complessità e l'importanza. L'effetto "on-off" è diventato uno dei principali problemi della terapia a lungo termine con levodopa.[1] L'origine di questi fenomeni è stata molto dibattuta,

la maggior parte degli studi riportano che essi sono dovuti alla variazione di concentrazione di dopamina nel plasma cellulare.[15]

Dopo circa 1-3 anni di trattamento i pazienti iniziano a sperimentare fluttuazioni nella risposta ai farmaci, che tendono a diventare sempre più invalidanti. La caratteristica principale di tali oscillazioni è il passaggio da uno stato di buona funzione motoria a una situazione di immobilità,[2] quindi da una fase "on" a una fase "off". Si stima che questo effetto della terapia a lungo termine con levodopa si verifichi nel 15-40% dei pazienti dopo 2 o 3 anni di trattamento e l'incidenza incrementa all'aumentare degli anni di terapia.[1]

Queste complicazioni possono compromettere la qualità di vita del paziente e persino causare una disabilità pronunciata. Gli stati "off", che provocano i fenomeni di "freezing" e aumentano il rischio di incorrere in cadute, sono invalidanti per molti pazienti. Le discinesie, invece, si verificano più comunemente al picco della dose e sono anch'esse delle manifestazioni dell'andamento fluttuante dei sintomi in correlazione alla terapia farmacologica e al ritmo circadiano.[16]

Diversi studi [17–20] riportano che, in associazioni a sintomi motori e alle loro fluttuazioni, vi sono anche disturbi non motori. Essi vengono classificati in base al sistema maggiormente interessato: sensoriale, autonomo e psichico. Quest'ultimi non si verificano solamente quando nell'organismo sono presenti dosi di levodopa elevate. Mentre, le fluttuazioni sensoriali e autonomiche si manifestano contemporaneamente ai disturbi motori legati alle modificazioni di concentrazione dei farmaci.

1.2 Analisi e trattamento delle alterazioni posturali nei pazienti con malattia di Parkinson

Le alterazioni posturali nei pazienti con malattia di Parkinson sono frequenti e invalidanti. La patogenesi di queste anomalie è probabilmente multifattoriale e attualmente in parte sconosciuta.[21] Le principali componenti proposte come fattori causali sono: rigidità muscolare, distonie assili, debolezza, difetti dello schema corporeo dovuti ad una propriocezione

compromessa a livello centrale [22,23] e alterazioni strutturali della colonna vertebrale.[24]

Le posture anomale interessano selettivamente arti, collo e tronco; esse includono: camptocormia, anterocollo, Sindrome di Pisa e scoliosi. Sono ancora in corso diversi studi, ma circa il 20% dei soggetti affetti da malattia di Parkinson presenta anormalità posturali, in particolare: l'11% manifesta camptocormia, l'8% Sindrome di Pisa e il 6,5% anterocollo.[25]

Oltre all'aspetto anomalo del soggetto, queste deformità possono ridurre la destrezza del soggetto e interferiscono massivamente con le attività della vita quotidiana, compromettendo l'andatura fluida durante il cammino, aumentando il rischio di caduta e producendo dolore e/o disagio.[26]

La camptocormia è una posizione involontaria con una grave flessione della colonna toraco-lombare sul piano sagittale durante la stazione eretta e la deambulazione. Essa nella maggior parte dei casi è reversibile: quando il paziente è in posizione supina o in stazione eretta appoggiato ad una parete, il suo allineamento risulta adeguato, tendente alla posizione fisiologica corretta.[25,27]

La letteratura dimostra che le terapie riabilitative e l'attività fisica sono importanti coadiuvanti del trattamento neurochirurgico e farmacologico.[27] Nonostante vi siano pochi articoli riguardanti gli effetti della riabilitazione sulle alterazioni della postura del tronco nella PD, [28–32] la pratica evidenzia un riscontro positivo nell'utilizzo di diversi approcci riabilitativi al fine di ridurre o rallentare la progressione di tali deformità.

Il contributo delle informazioni propriocettive nella regolazione centrale delle posture statiche e dinamiche diminuisce nei pazienti con PD. In generale, le difficoltà nella gestione di aggiustamenti posturali, derivanti sia da input sensoriali contraddittori sia da situazioni dinamiche motorie, portano ad una diminuzione sul controllo dell'orientamento corporeo. La combinazione di correzione attiva della postura e dei movimenti del tronco, di allungamento muscolare e di stimolazione propriocettiva selettiva e

personalizzata, migliora le anomalie posturali sviluppate sul piano sagittale o coronale, nonostante il grado di deviazione posturale.[32]

Il miglioramento dell'assetto posturale globale di un soggetto con alterazioni importanti, porta al raggiungimento di un livello più elevato di forza, flessibilità e agilità che può fornire benefici nelle prestazioni sia deambulatorie che di mobilità generale.[28]

Le correzioni ottenute con le ortesi sono solitamente limitate dalla pressione locale dolorosa che provocano. Esse vengono utilizzate per compensare la debolezza del comparto estensorio e per diminuire, per quanto possibile, la rigidità della muscolatura anteriore (in particolare, retto addominale). Un'ortesi confortevole per il soggetto associata a trattamenti riabilitativi fisioterapici può portare ad un miglioramento della qualità di vita del paziente sia dal punto di vista fisiologico (respiratorio, dolorifico) sia per la partecipazione sociale.[31,33]

1.3 Disturbi di equilibrio

I disturbi dell'equilibrio e della deambulazione, oltre alle alterazioni posturali, sono tra le caratteristiche più invalidanti della PD e svolgono un ruolo fondamentale nel deterioramento progressivo nell'autonomia dei pazienti.[34]

La malattia di Parkinson, come altre patologie neurologiche molto diffuse quali sclerosi multipla e ictus, è caratterizzata da un'elevata frequenza di cadute.[35] Le cadute sono costantemente associate a disturbi di equilibrio.[36] L'aumento del rischio di caduta incide in maniera massiccia sull'assetto psicofisico e sociale dei soggetti affetti da tale patologia.

Secondo un approccio sistemico del controllo motorio, l'equilibrio dipende dall'interazioni tra le caratteristiche del compito, del soggetto e dell'ambiente.[37] Quindi, vi sono diverse componenti che contribuiscono alla stabilità posturale e dinamica di un individuo, come: il livello funzionale dell'apparato muscolo-scheletrico, l'organizzazione sensoriale, la coordinazione, il sistema cognitivo e le capacità attentive. La disfunzione di una qualsiasi delle componenti biologiche sopra elencate, così come i

cambiamenti nel compito e nel contesto, possono alterare in maniera significativa la gestione dell'equilibrio e aumentare di conseguenza il rischio di caduta.[27]

Spesso nei soggetti con PD l'equilibrio statico è alterato, ciò può essere causato dal non corretto funzionamento di un qualsiasi sottosistema che collabora alla gestione dell'equilibrio. Per tale ragione, le cause di disequilibrio sono svariate e necessitano di strategie e approcci differenti.

La riabilitazione e l'esercizio fisico risultano essere i trattamenti migliori per l'allenamento dell'equilibrio. Diverse metanalisi di studi clinici randomizzati e controllati hanno dimostrato un lieve miglioramento dell'equilibrio in seguito ad un programma di attività fisica.[27,38]

L'equilibrio richiede: il mantenimento del centro di massa entro i limiti della base di appoggio sia nella posizione seduta che in stazione eretta e il controllo del centro di massa durante le modificazioni della base di appoggio nella deambulazione.[38]

Le alterazioni dell'equilibrio, nei soggetti con malattia di Parkinson, si manifestano con: anomalie posturali, instabilità nell'andatura, rotazioni lente e ridotte del tronco, riduzione dei limiti di stabilità e scarse reazioni posturale in seguito a repentine modificazioni.[39] Velocità e ampiezza ridotte delle risposte anticipatorie (strategie di caviglia, anca e assili) influiscono sulla stabilità posturale durante l'avvio dell'andatura, lo spostamento del tronco oltre i limiti di stabilità e i passaggi posturali.

Posti su piattaforme oscillanti, la maggior parte dei pazienti parkinsoniani non è in grado di mantenere l'orientamento verticale del tronco senza l'utilizzo di informazioni visive e vestibolari.[23] Ciò dimostra che tali soggetti manifestano importanti deficit di controllo posturali, evidenziati prima dello sviluppo di compromissioni di equilibrio. Pastor et al.[40] suggeriscono che i disturbi posturali e di equilibrio non sono dovuti, come principale causa, a disfunzioni del sistema vestibolare, ma a deficit di integrazione delle informazioni propriocettive. La dipendenza visiva osservata potrebbe essere una strategia adattiva attuata dai soggetti con PD per compensare i deficit

propriocettivi. Con il progredire della patologia e l'aumento dei disturbi sensoriali, la compensazione visiva potrebbe non essere più sufficiente per vicariare i deficit informazionali.

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

1.4.1 Teoria dell'apprendimento motorio

L'apprendimento è un processo che comporta delle modifiche nel comportamento in base alle esperienze fatte e alla capacità di memorizzarle ed integrarle. L'intervento riabilitativo deve permettere il recupero del coordinamento motorio dato dall'interazione tra sistema nervoso centrale, apparato muscolo scheletrico e informazioni sensoriali.

L'apprendimento motorio (motor learning) è definito come un insieme di processi interni, inseriti in un contesto educativo, che conducono all'acquisizione stabile nel tempo di nuove abilità motorie: la loro permanenza è ciò che differenzia l'apprendimento dal miglioramento della performance, osservabile temporaneamente durante la seduta riabilitativa.[41] I processi fondamentali per l'apprendimento sono: controllo, analisi, percezione, memoria ed esecuzione. Per trasformare la performance in apprendimento, ovvero affinché i cambiamenti indotti siano duraturi, è necessaria un'adeguata intensità giornaliera di allenamento e la ripetizione protratta nel tempo. Alla base del processo di apprendimento vi sono i meccanismi di plasticità neuronale, che includono la sinaptogenesi e l'aumento di risposta sinaptica delle aree corticali interessate. Infatti, ogni qualvolta vi è apprendimento, a livello corticale si verifica una riorganizzazione sinaptica.

Azione, percezione e attenzione sono tre entità reciprocamente correlate, la cui integrazione richiede un ambiente percettivo-motorio che ne favorisca il processo di coordinazione.[42] Quindi è necessario che la situazione sia motivante per il soggetto e che si riesca ad 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 piano riabilitativo, indirizza la natura della plasticità, ovvero compiti specifici inducono plasticità

cerebrale solo nella zona strettamente connessa a quel compito. Da qui la necessità di essere specifici nell'allenamento rispetto alla funzione che si vuole migliorare.

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 implicito l'apprendimento di tipo procedurale, esso avviene gradualmente con il passare delle sedute e con la continua ripetizione prestando attenzione a parametri globali; il paziente modifica implicitamente un comportamento. Mentre si definisce esplicito un apprendimento di tipo dichiarativo, avviene tramite la disamina cosciente del gesto da compiere e la comparazione delle variabili cinematico-dinamiche del gesto e del risultato del gesto stesso: esso richiede informazioni più dettagliate. L'apprendimento dichiarativo richiede un'attenzione conscia del soggetto rispetto al compito che sta eseguendo e una riflessione sulle cause che hanno determinato la performance. L'utilizzo dell'apprendimento dichiarativo permette la suddivisione del gesto, in subunità o per distretti corporei, che aiuta il soggetto nella disamina.

Da un punto di vista operativo 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 differenti in correlazione ai diversi stadi del processo di apprendimento che si stanno considerando.

Si possono distinguere tre fasi nel processo di apprendimento motorio:

1) Fase iniziale o cognitivo-verbale;
2) Fase intermedia o associativa;
3) Fase avanzata o degli automatismi.

Fase cognitivo-verbale: in questa prima fase l'obiettivo primario è il controllo selettivo del movimento, della postura e del canale afferenziale. È richiesta al paziente un'intensa attività cognitiva per comprendere ed elaborare le informazioni fornitegli, al fine di ricercare una strategia di movimento adeguata alla richiesta motoria. La prova di diverse strategie determina performance piuttosto variabili. Tipicamente si osservano movimenti lenti e irregolari, con

riduzione dei gradi di libertà delle articolazioni interessate attraverso la co-contrazione di più gruppi muscolari per ridurre il dispendio energetico durante l'elaborazione centrale. A seconda del compito richiesto si verifica un miglioramento rapido. Tendenzialmente è un processo esplicito/dichiarativo, perciò, il feedback fornito al paziente per consentirgli di apprendere e elaborare la strategia ottimale è di tipo costante. Questa fase può durare giorni o pochi minuti.

Fase associativa: inizia nel momento in cui il paziente ha già selezionato la strategia più efficace per portare a termine il compito richiesto e si dedica, quindi, al perfezionamento dei pattern di attivazione neuromuscolare. Il soggetto inizia ad utilizzare più canali informazionali, integrando i dati afferenti. Grazie al progressivo aumento dei gradi di libertà delle articolazioni i movimenti diventano più veloci e fluidi. In questa fase i meccanismi diventano prevalentemente impliciti e il feedback fornito è di tipo incostante. Questa seconda fase può durare giorni o settimane ed è caratterizzata da miglioramenti più graduali.

Fase degli automatismi: l'ultima fase è caratterizzata dall'automatizzazione del gesto. L'individuo diventa capace di svolgere il compito appreso senza doversi focalizzare direttamente su esso, non è più necessario il controllo volontario del gesto. Il soggetto acquisisce la capacità di trasferire l'abilità motoria acquisita in un compito ad un compito differente (transfert) e/o di utilizzarla in altri contesti (generalizzabilità). L'individuo può essere anche in grado di svolgere contemporaneamente un'altra attività con minima interferenza (dual task). Questa fase si basa unicamente su meccanismi di tipo implicito, in cui il soggetto è in grado di fornire un'autovalutazione del gesto compiuto o che sta svolgendo. È la fase più lunga dell'apprendimento che può durare anni o mesi con piccoli miglioramenti.

1.4.2 Il biofeedback

Il Sistema nervoso centrale (SNC) riconosce attraverso l'informazione propriocettiva la posizione di un arto, di una articolazione e di una parte del corpo nello spazio; grazie all'informazione cinestesica identifica l'attività motoria e la consapevolezza del movimento. Le informazioni afferenti raggiungono il SNC che le riceve, le integra e le elabora inducendo idonee

risposte motorie. In caso di patologie del sistema nervoso, le informazioni somato-sensoriali possono essere alterate.

Il biofeedback (BFB) è un insieme di tecniche che consente di rivelare al paziente informazioni visive e/o uditive relative a eventi fisiologici interni al fine di insegnare al soggetto a manipolare o controllare tali eventi. Queste tecniche vengono utilizzate al fine di reintegrare un corretto movimento attraverso un processo di riorganizzazione delle afferenze somestesiche. 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 correggerlo in caso contrario. Il feedback (FB) intrinseco è inerente alle informazioni sensoriali cinestesiche provenienti dal vestibolo e dai propriocettori presenti nelle diverse strutture muscolo-scheletriche e cutanee del soggetto, o alle informazioni sensoriali dei telecettori quali udito e vista. Mentre, il feedback estrinseco fornisce informazioni provenienti da una fonte esterna al soggetto che esegue il movimento, aumentano e/o amplificano il feedback intrinseco. Quando viene fornito un feedback esterno, al soggetto giungono due tipi di informazioni: una non adeguata proveniente dalle residue vie propriocettive-cinestesiche e un'altra data dal FB. La concomitanza e la simultaneità delle due informazioni dà la possibilità al paziente di trasformare l'informazione afferente: non adeguata, non specifica e non nota, in informazione: nota, adeguata e specifica.

Nell'apprendimento di un atto motorio esiste spesso il problema di far "sentire" e comprendere il movimento, da qui la necessità di introdurre una serie di strumenti riabilitativi che consentano al soggetto di percepire il movimento esatto e pertanto formare un più preciso riferimento di correttezza.

In riabilitazione neuromotoria, si distinguono tre grosse categorie di biofeedback:

- BFB cinematico: informa il soggetto riguardo a parametri che coinvolgono il movimento puro, come tempo, velocità e pattern di

coordinazione che il soggetto stesso ha difficoltà a percepire, ma che sono critici per la riuscita dell'azione;

- BFB cinetico: è inerente alle informazioni sulle misure cinetiche del movimento, ovvero tutte le misure che sono descrittive delle forze messe in gioco e prodotte dalle variabili cinematiche durante il movimento eseguito (pedana posturometrica);
- BFB elettromiografico: utilizza elettrodi di superficie applicati alla muscolatura per evidenziare i potenziali d'azione che inducono la contrazione.

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

- Feedback visivo, uditivo o vibratorio: in base al canale sensoriale attraverso cui viene fornito.
- Feedback relativo alla conoscenza del risultato o della performance: il FB del risultato è sempre legato all'outcome dell'azione; viene fornito al raggiungimento dell'obiettivo prefissato dall'azione nell'ambiente. Il feedback per conoscenza della performance informa il soggetto riguardo alla modalità di esecuzione del gesto.
- Feedback concorrente o terminale: distinzione in base al momento in cui è fornito. Il FB 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 al termine dell'esecuzione del compito, immediatamente (feedback immediato) o con un ritardo di durata variabile (feedback ritardato). Quest'ultimo facilita l'apprendimento in quanto permette al soggetto un'analisi dei propri feedback intrinseci, evitando la dipendenza dal FB estrinseco.
- Feedback statico o dinamico [43]: riguardante il compito richiesto. La performance, quando è fornito un FB statico, viene eseguita in un

contesto statico o senza alcuna relazione con le attività della vita quotidiana. Mentre il feedback dinamico risulta essere maggiormente task-oriented con una maggior capacità di apprendimento e ritenzione, con conseguente trasferimento delle competenze motorie acquisite.

- Feedback verbale o non verbale.
- Feedback continuo o discontinuo (on-off): in base alla costanza nella somministrazione. Tendenzialmente per evitare la dipendenza dal feedback e incentivare l'apprendimento, viene utilizzato il feedback continuo nella fase inziale, cognitivo-verbale, mentre quello discontinuo nella fase intermedio-associativa.
- Feedback distinto o cumulativo: differiscono per la frequenza di somministrazione. Il feedback distinto è presentato ogni volta che il soggetto esegue il compito, è indicato per le fasi iniziali dell'apprendimento. Mentre il feedback cumulativo è fornito in seguito a più svolgimenti come media dei valori ottenuti, facilitando il processo di apprendimento nelle fasi intermedie e finali.
- Feedback positivo o negativo: il FB positivo informa il soggetto che l'esecuzione del compito è corretta, si tratta di un meccanismo di "ricompensa". Invece, il feedback negativo segnala un errore durante lo svolgimento del compito, dunque avverte il soggetto che è necessario modificare la strategia: è un meccanismo di "punizione". Entrambe queste modalità hanno dei difetti, il feedback negativo se utilizzato troppo frequentemente potrebbe essere "demoralizzante" per il paziente, mentre quello positivo se utilizzato in eccesso potrebbe perdere di significato.
- Feedback qualitativo o quantitativo: in base alla significatività. Il feedback qualitativo informa sulla correttezza o meno del gesto, è meno significativo ma è utile nelle fasi iniziali dell'apprendimento. Mentre il feedback quantitativo fornisce informazioni sulla misura dell'errore, sia sulla grandezza che sulla direzione. Quest'ultimo è un

dato più significativo e offre un'indicazione più precisa su come migliorare o modificare la strategia attuata.

Durante la progressione del trattamento è importante ridurre gradualmente la frequenza di presentazione del feedback per consentire al soggetto di elaborare e utilizzare le informazioni propriocettive intrinseche apprese durante il processo di apprendimento motorio.

1.4.3 Potenzialità del trattamento con biofeedback in soggetti con patologia di Parkinson

Molteplici studi trattano gli effetti della PD sulla capacità di apprendimento riportando però risultati contrastanti. Alcuni sostengono che vi sono difficoltà di apprendimento durante compiti motori gestiti con componenti dichiarative,[44,45] mentre i meccanismi di apprendimento motorio implicito sono maggiormente conservati, con risultati comparabili a quelli dei soggetti sani.[46–48] In particolare, Van Oteghem et al.[48] dimostrarono che soggetti con malattia di Parkinson moderato e disturbi posturali importanti hanno migliorato le proprie risposte posturali, riducendo gli spostamenti anomali di centro di massa (COM) e perfezionando le relazioni tra COM e base d'appoggio. Si orientarono verso il controllo anticipato del COM come strategia per migliorare la stabilità, dimostrando generalizzabilità nelle risposte apprese. Questo suggerì che l'apprendimento motorio posturale intrinseco risulta conservato.

Di contro, vi sono dati riguardo la facilitazione dei processi di apprendimento tramite la fornitura di informazioni aggiuntive, i quali hanno portato diversi studiosi ad affermare che i pazienti affetti da PD sperimentino un miglioramento della performance e dell'apprendimento di tipo esplicito.[49,50] In particolare, Guadagnoli et al.[49] hanno sperimentato che i soggetti con malattia di Parkinson si affidano maggiormente a biofeedback inerenti al risultato del compito per l'apprendimento di abilità motorie.

In ogni caso, vi è un consenso globale sul fatto che nei soggetti con PD, pur essendo rallentata e danneggiata, la capacità di apprendimento è in genere conservata. [50–52]

Gli studi evidenziano che nei soggetti affetti da patologia di Parkinson è necessaria un'attività cerebrale molto più intensa e vengono reclutate connessioni neuronali differenti, ciò suggerisce una minore efficienza nell'apprendimento. L'utilizzo di informazioni sensoriali aggiuntive,[51] ad esempio i biofeedback, può aiutare ad ottenere una migliore performance e ottimizzare l'apprendimento motorio. È stato inoltre provato che, la riabilitazione può indurre benefici di breve durata, ma clinicamente importanti, in particolare per la deambulazione e l'equilibrio.[34] Tuttavia, rimane danneggiato il mantenimento dell'apprendimento a lungo termine ed è necessario ricordare i limiti della ridotta plasticità, dell'efficienza e della maggiore dipendenza dal contesto dell'apprendimento motorio nella malattia di Parkinson. Bisogna quindi porre particolare attenzione durante il trattamento per evitare l'instaurarsi di una dipendenza dal contesto e dal BFB, nel caso di suo utilizzo.

Inoltre, sembra essere rilevante il ruolo della motivazione: l'efficacia dei trattamenti riabilitativi risulta aumentata in presenza di fattori che rendano l'allenamento più stimolante e aumentino la partecipazione attiva del paziente, come, ad esempio, l'utilizzo del biofeedback (BFB).[51,53] Questo, contribuisce a rendere la pratica meno noiosa e ripetitiva, rendendo la seduta più incoraggiante per il paziente, al fine di avere effetti positivi sulla performance e sull'apprendimento di nuove strategie.

1.5 Obiettivi dello studio

Tenendo conto di quanto riportato dalla letteratura e di ciò che diversi studi suggeriscono, questo elaborato di tesi come finalità principali si propone di:

- Ideare un protocollo riabilitativo basato sul biofeedback, incentrato sui disturbi di equilibrio dinamico, postura e movimento che si verificano durante le fluttuazioni delle prestazioni motorie in soggetti con malattia di Parkinson in terapia cronica con levodopa;
- Applicare tale protocollo in maniera individualizzata e studiata per ciascun paziente, con lo scopo di conferire strategie per affrontare le difficoltà motorie durante la fase off e valutarne gli effetti sull'equilibrio e sul controllo posturale.

Lo studio è stato progettato in associazione con il laboratorio S.A.F.Lo (Servizio di Analisi delle Funzionalità Locomotoria) dell'IRCCS S. Maria Nascente della fondazione Don Carlo Gnocchi e condotto presso il Centro di Riabilitazione Specialistica FERB (Fondazione Europea Ricerca Biomedica) Onlus di Cassano d'Adda.

2 MATERIALI E METODI

2.1 Ricerca bibliografica

Per la stesura di questo elaborato di tesi sono stati consultati diversi articoli scientifici contenuti nella banca dati di MEDLINE, selezionati in seguito a ricerca bibliografica effettuata attraverso il motore di ricerca PubMed.

Una prima ricerca è stata finalizzata ad una maggiore comprensione e approfondimento dello specifico patologico della malattia di Parkinson, in particolare delle fluttuazioni motorie, dei disturbi posturali e dei deficit di equilibrio. Inoltre, sono state analizzate le opzioni di trattamento dei disturbi posturali e di equilibrio già presenti in letteratura, focalizzando l'attenzione sui processi di apprendimento motorio e sulle potenzialità di utilizzo del biofeedback in riabilitazione per soggetti affetti da PD. Per selezionare gli articoli con tali contenuti, la ricerca bibliografica è stata condotta utilizzando varie combinazioni delle seguenti parole:

- Parkinson's disease
- "On-off" effects
- Motor fluctuations
- Levodopa effects
- Biofeedback
- Camptocormia
- Postural deformities
- Balance
- Rehabilitation
- Treatment
- Evaluation
- Motor learning

Non è stato facile trovare articoli riguardanti le fluttuazioni motorie, in quanto non vengono definite con gli stessi termini dai vari autori. Tuttavia, selezionando alcuni articoli e analizzandone le bibliografie è stato possibile risalire ad altre fonti attinenti.

2.2 Disegno di studio

Per questo elaborato è stato impostato uno studio pilota randomizzato controllato.

2.3 Reclutamento del campione

Per questo studio sono stati reclutati alcuni pazienti tra quelli che afferiscono al Centro di Riabilitazione Specialistica FERB Onlus di Cassano d'Adda in regime di ricovero nel periodo tra febbraio e maggio 2023.

2.3.1 Criteri di inclusione ed esclusione

I pazienti idonei a partecipare allo studio sono stati selezionati utilizzando i criteri di inclusione ed esclusione di seguito elencati.

Criteri di inclusione:

- Diagnosi di malattia di Parkinson da minimo tre anni (almeno tre anni di malattia);
- Mini-mental state examination (MMSE) ≥ 22/30;
- Presenza di fluttuazioni on/off durante la giornata;
- Capacità di raggiungere la stazione eretta in autonomia o con minima assistenza;
- Capacità di camminare senza ausili per brevi tratti.

Criteri di esclusione:

- Disturbi psichiatrici clinicamente significativi;
- Rigidità posturali strutturate da tempo;
- Disturbi disesecutivi perseveranti;
- Distonie invalidanti;
- Ipoacusia o ipovisione eccessiva;
- Disordini vestibolari importanti.

I pazienti che, dopo screening neurologico sono rientrati nei criteri sopra descritti, hanno preso parte allo studio e sono stati randomizzati in due gruppi clinici: sperimentale (S) e controllo (C).

2.4 Valutazione

Tutti i soggetti reclutati sono stati sottoposti a valutazione clinica e strumentale all'ingresso in struttura (valutazione iniziale - T0) e alla fine del percorso riabilitativo (valutazione finale - T1). È stata eseguita una valutazione preliminare in cui sono statti somministrati dei questionari, uno di questi apposito per verificare la presenza di fluttuazioni on-off, ed è stata valutata l'autonomia motoria del paziente. Tutte le misurazioni iniziali e finali per ciascun soggetto sono state effettuate all'interno di uno stesso intervallo orario, modulato sull'orario di assunzione della terapia farmacologica, al fine di raccogliere i dati specifici nelle fasi di deterioramento a fine dose (fasi off).

2.4.1 Valutazione preliminare

Per confermare che il paziente rispettasse i criteri di inclusione ed esclusione è stata eseguita una breve valutazione preliminare. La somministrazione di questionari e la richiesta di gesti motori base per valutare l'autonomia del paziente è stata svolta all'interno della camera di ogni paziente attraverso un colloquio. Quest'ultimo mira a comprendere se il paziente risulta orientato nel tempo e nello spazio e se appare collaborante. È stato, inoltre, valutato il livello di comprensione verbale e visiva, ponendo semplici quesiti e richiedendo il riconoscimento di oggetti. Per quanto concerne l'autonomia motoria del paziente è stata richiesta: l'esecuzione di un passaggio posturale dalla posizione seduta alla stazione eretta, la deambulazione senza ausilio per un breve tratto e l'equilibrio statico con esecuzione di pull test; ciò verrà poi analizzato più approfonditamente con apposite scale di valutazione.

2.4.1.1 Questionario Wearing-off

Al fine di verificare la presenza di fluttuazioni motorie in relazione alla terapia farmacologica, è stato necessario somministrare ai soggetti tale questionario. Esso consta di nove item riguardanti i sintomi tipici della patologia di Parkinson. Al paziente si domanda se ha sperimentato il sintomo nei mesi precedenti (si veda l'allegato 2). In caso di risposta affermativa, viene chiesto se tale disturbo solitamente migliora o scompare

dopo aver assunto la dose successiva del farmaco dopaminergico. Se per uno o più item è stata ottenuta una doppia risposta affermativa, è possibile definire che, quando compare in maniera evidente il sintomo o più sintomi indicati, il soggetto si trova in fase off. Tale questionario mira a verificare uno dei criteri di inclusione fondamentale per lo studio e ad individuare durante la giornata l'intervallo di tempo in cui il soggetto si trova in fase off ed è quindi possibile somministrare l'intera batteria di scale valutative.

2.4.1.2 Parkinson's Disease Questionnaire (PDQ39)

Questo questionario serve per valutare la qualità di vita dei pazienti affetti da malattia di Parkinson.[54] Comprende trentanove item divisi in 8 categorie di valutazione:

- Mobilità;
- Attività di vita quotidiana;
- Benessere emotivo;
- Stigma;
- Supporto sociale;
- Danni cognitivi;
- Comunicazione;
- Disagi fisici.

Ogni quesito ha cinque possibilità di risposta:

- Mai=0;
- Occasionalmente=1;
- Qualche volta=2;
- Spesso=3;
- Sempre o non riesce=4.

Per ogni categoria è previsto un punteggio da 0 (nessuna difficoltà) a 100 (estrema difficoltà), è possibile quindi definire se il paziente ha una buona o cattiva qualità di vita. Viene chiesto al soggetto con quale frequenza si è trovato in determinate situazioni. (Si veda allegato 3)

2.4.2 Valutazione clinica

Una volta verificato l'intervallo temporale in cui il paziente presenta un deterioramento a fine dose, vengono somministrati le seguenti scale di valutazione durante la fase off a inizio e fine del programma riabilitativo:

- Timed Up and Go;
- Timed Up and Go dual-task;
- Trunk Impairment Scale;
- Berg Balance Scale.

Queste scale valutano in maniera specifica i paramenti indagati nello studio: capacità di effettuare passaggi posturali, disturbi posturali in particolare del tronco e sistemi di equilibrio.

2.4.2.1 Timed Up and Go (TUG)

Il Timed Up and Go (TUG) è un test utilizzato per valutare la mobilità, l'equilibrio, la capacità di deambulare e il rischio di caduta. Si osservano il tempo richiesto ed eventuali difficoltà nel mantenere l'equilibrio durante: il passaggio posturale dalla posizione seduta alla stazione eretta e viceversa, la deambulazione e un cambio di direzione di 180°. Al soggetto viene chiesto di alzarsi dalla sedia, camminare per tre metri fino ad un conetto posto sul pavimento, girarvici attorno, tornare indietro fino alla sedia e sedersi. È permesso l'utilizzo di eventuale ausilio che il soggetto quotidianamente usa per deambulare, previa annotazione congiuntamente al risultato del test; risulta necessario accertarsi che il paziente durante tutte le prove di ciascuna valutazione, inziale e finale, utilizzi lo stesso ausilio. Viene effettuata una prova, affinché il paziente comprenda bene quanto gli è richiesto. Successivamente viene cronometrato il tempo che intercorre dal momento in cui inizia ad alzarsi (comando di partenza) al momento in cui torna a sedersi sulla sedia (appoggio delle natiche sulla sedia).[55] Tale compito è ripetuto due volte e viene considerata la media dei tempi ottenuti. (Si veda allegato 4).

2.4.2.2 Timed Up and Go dual-task (TUG2)

Il Timed Up and Go dual-task o cognitivo viene eseguito come il TUG, ripetuto due volte e considerata la media dei tempi ottenuti, ma con una richiesta aggiuntiva. Durante il compito è chiesto al paziente di contare all'indietro sottraendo 3 dal numero 30 durante la prima prova e 4 dal numero 40 durante la seconda prova (Si veda allegato 4). Questo permette di osservare e valutare come si modifica la gestione dell'equilibrio e la qualità del test durante compiti dual-task. Secondo alcuni studi il TUG2 per i pazienti con malattia di Parkinson può essere più informativo ed aumenta la validità predittiva del rischio di caduta rispetto al TUG semplice.[56]

Una volta rilevati i tempi è stato calcolato il dual-task cost (DTC) che esprime, in percentuale, la variazione della performance motoria eseguita in dual-task (TUG2) in relazione alla prestazione eseguita in single-task (TUG). La formula utilizzata è:

$$DTC\ [\%] = [(TUG2\ score - TUG\ score) / TUG\ score] * 100$$

2.4.2.3 Trunk Impairment Scale (TIS)

La TIS è costituita da 17 item suddivisi in tre macroaree che analizzano specifiche prestazioni motorie del tronco:

- Equilibrio statico in posizione seduta: viene valutata la capacità di mantenere la posizione seduta con entrambi i piedi appoggiati a terra, con le gambe accavallate passivamente e con la stessa posizione ottenuta attivamente;
- Equilibrio dinamico in posizione seduta: viene valutata l'abilità nel flettere lateralmente il tronco, valutando il movimento sia della parte inferiore del tronco che della parte superiore;
- Coordinazione: viene valutata la capacità di ruotare il tronco sul piano orizzontale partendo sia dalla parte superiore del tronco (spalle) sia dalla parte inferiore (bacino).

Questa scala permette di individuare i deficit del tronco e di analizzarne la relazione con la gravità della patologia.[57]

Ad ogni item viene assegnato un punteggio da 0 a 3 in relazione alla prestazione realizzata, per un massimo di 23 punti; maggiore è il valore ottenuto, minori sono i disturbi a livello del tronco e di coordinazione. Ciascun item può essere eseguito tre volte, tenendo conto del punteggio più alto, ma non sono premesse sessioni di allenamento. Le prove sono spiegate verbalmente al paziente e, se necessario, possono essere mostrate; il soggetto può essere corretto tra una prova e l'altra. La posizione di partenza per ciascun item è la medesima: il paziente seduto a bordo del lettino o piano di trattamento senza sostegni per il tronco e per gli arti superiori, le cosce sono appoggiate al piano di trattamento, le ginocchia sono flesse a 90°, i piedi divaricati alla stessa distanza delle anche e appoggiati a terra, le braccia sono appoggiate sulle cosce, il capo e il tronco sono posizionati sulla linea mediana. (Si veda allegato 5).

2.4.2.4 BERG Balance Scale (BBS)

La BERG Balance Scale è un utile strumento di screening e valutazione continua per i pazienti con malattia di Parkinson,[58] in quanto è una scala che valuta l'equilibrio e il rischio di caduta nei soggetti anziani e/o con patologie neurologiche.

Si tratta di una scala composta da 14 item che valutano ogni funzione da 0 (peggiore = non è in grado di eseguire il compito) a 4 (migliore = esegue il compito nei tempi e nelle condizioni indicate); il punteggio massimo è di 56 punti, in tal caso indica che il paziente si trova in assenza di deficit di equilibrio e ha un basso o assente rischio di caduta. Queste prove indagano la capacità del soggetto di mantenere una posizione, di eseguire passaggi posturali e di eseguire dei compiti specifici. Non esiste un valore di cut-off chiaro e concordato rispetto alla presenza o assenza del rischio di caduta, ma i punteggi sono da interpretare nel modo seguente:

- Da 0 a 20, paziente costretto in sedia a rotelle;
- Da 21 a 40, paziente deambula con assistenza;

- Da 41 a 56, paziente dovrebbe essere in grado di muoversi in sicurezza senza l'utilizzo di ausili.

Per la somministrazione sono necessari i seguenti strumenti: una sedia, un cronometro, un metro, un gradino di media altezza e un'oggetto di piccole dimensioni da posizionare al terreno che possa essere raccolto dal paziente. (Si veda allegato 6).

2.5 Trattamento

Il protocollo prevede che ogni soggetto venga valutato a inizio e fine ricovero e effettui i trattamenti di fisioterapia convenzionale previsti dalla struttura: circa un'ora al mattino e una al pomeriggio. Per i pazienti sperimentali viene impostato un percorso riabilitativo di 10/15 sedute della durata di 30/40 minuti ciascuna, rivolte alla risoluzione o miglioramento dei disturbi posturali e di equilibrio tramite l'utilizzo di biofeedback. Tali sedute, vengono svolte da un minimo di tre a un massimo di cinque volte a settimana e quando possibile eseguite durante gli intervalli in cui il paziente mostra o riferisce fluttuazioni motorie. Il trattamento può essere in sostituzione a una parte delle sedute giornaliere previste dalla struttura o in aggiunta. La modalità viene concordata con i fisioterapisti presenti tenendo conto delle esigenze e faticabilità del singolo paziente. Per ogni paziente viene elaborato un programma di trattamento mirato, in base alle criticità identificate con l'analisi dei dati raccolti.

La progressione del trattamento prevede un graduale aumento del numero di distretti anatomici che il paziente deve controllare durante l'esecuzione del compito richiesto. In base all'aspetto che si reputa più importante da riabilitare, si passa dalla posizione seduta alla stazione eretta e viceversa, dapprima in condizioni statiche e successivamente dinamiche, fino ad arrivare al cammino. Un ulteriore fattore di progressione, in accordo con i diversi processi dell'apprendimento motorio, è la frequenza di utilizzo del biofeedback: da concorrente, distinto e continuo nelle fasi iniziali a discontinuo, terminale e/o cumulativo nelle fasi successive.

Al termine di ogni seduta, viene compilato un diario riabilitativo nel quale sono riportati gli esercizi proposti, utile per progettare i trattamenti successivi in funzione degli obiettivi ottenuti dal paziente nelle sedute precedenti.

Di seguito sono riportate la descrizione del materiale utilizzato e la modalità di costruzione degli esercizi per l'ideazione del protocollo. Gli esercizi proposti sono frutto di processi di ragionamento eseguiti prima del trattamento e durante il corso di ogni singola seduta, in relazione ai progressi e alle esigenze che si reputano fondamentali per il paziente in quel momento, con sempre un'attenzione alle attività quotidiane.

2.5.1 Strumenti

Per progettare i diversi esercizi è stato utilizzato il Kit Leonardo, un sistema modulare che può essere assemblato in vari modi, consentendo di ideare l'esercizio in base alle esigenze del singolo paziente. Durante le sessioni di trattamento sono stati utilizzati principalmente due tipi di biofeedback cinematici, visivo e sonoro, di seguito sono descritti i componenti principali.



Figura 2.1 Kit Leonardo

Puntatore laser: strumento che amplifica il movimento angolare, utilizzato per evidenziare i movimenti di rotazione o inclinazione sui piani sagittale e trasversale, mentre non rileva i movimenti traslatori antero-posteriori. Una caratteristica importante è che l'amplificazione dello spostamento dipende dalla distanza tra la sorgente del laser e il piano su cui avviene la proiezione:

ad una maggiore distanza corrisponde una maggiore amplificazione. Il laser è tendenzialmente un feedback di tipo continuo, fornisce un'informazione costante riguardante la posizione nello spazio del segmento corporeo a cui è applicato, ma in queste sedute di trattamento è stato utilizzato anche in maniera discontinua per evitare che il paziente ne diventasse dipendente. Inoltre, può essere sia di tipo quantitativo, se utilizzato per vedere di quanto si manca il bersaglio, sia di tipo qualitativo, se utilizzato per verificare la qualità della traiettoria con cui si raggiunge il target; la modalità viene scelta in base all'obiettivo dell'esercizio richiesto.

Per questo protocollo riabilitativo il puntatore laser è stato posizionato a livello del tronco, perché si desiderava ottenere informazioni sulla posizione di tale segmento sul piano sagittale, relative al comportamento cinematico.

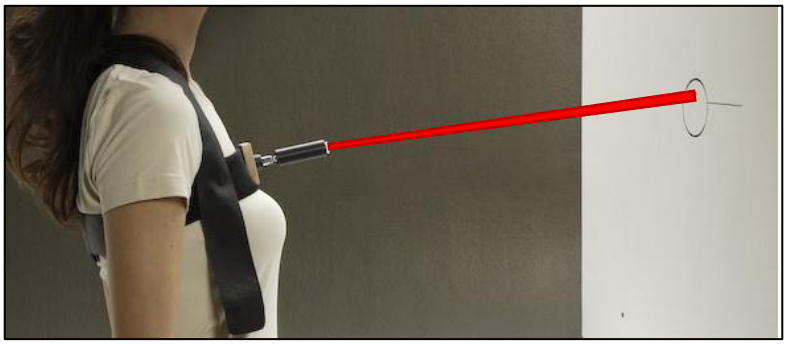


Figura 2.2 Puntatore laser applicato al torace per evidenziare l'estensione e flessione del tronco sul piano sagittale

Inclinometro: strumento che misura l'angolo assoluto, compreso tra la verticale e il segmento corporeo su cui è posizionato. A seconda dell'orientamento che si sceglie è possibile lavorare distintamente sui piani frontale e/o sagittale. Inoltre, sempre in base all'orientamento è possibile utilizzare un feedback di tipo negativo o positivo. Tale strumento fornisce un feedback qualitativo acustico o talvolta visivo per il terapista.

Attraverso supporti e fasce elastiche, l'inclinometro è collocato a livello del tronco sulla parte anteriore o posteriore. In particolare, quando è richiesta al soggetto l'estensione del tronco per ottenere un feedback positivo lo si pone anteriormente sul torace, mentre quando è necessario l'utilizzo di un feedback negativo lo si posiziona posteriormente sul dorso.

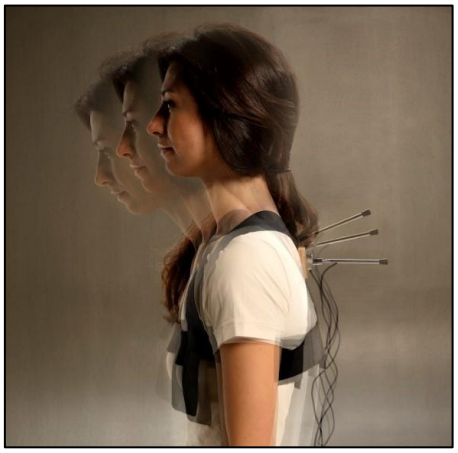


Figura 2.3 Inclinometro applicato sulla dorsale per misurare l'inclinazione sul piano sagittale

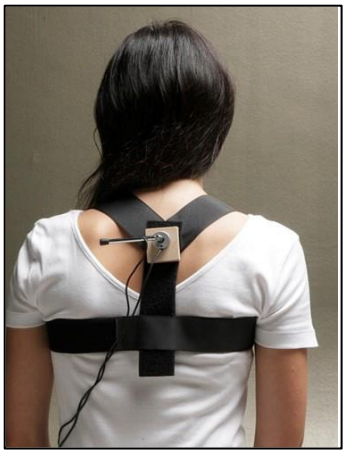


Figura 2.4 Inclinometro applicato sulla dorsale per misurare l'inclinazione sul piano frontale

Tavoletta di Freeman: tavoletta oscillante tradizionalmente utilizzata per allenare l'equilibrio e la propriocezione, ma anche per evidenziare le eventuali difficoltà nella gestione della distribuzione del carico. Dunque, al fine di migliorare le strategie già utilizzate o fornirne di nuove, è possibile abbinare a questa tavoletta i due strumenti sopra citati per amplificare e segnalare gli spostamenti di carico.

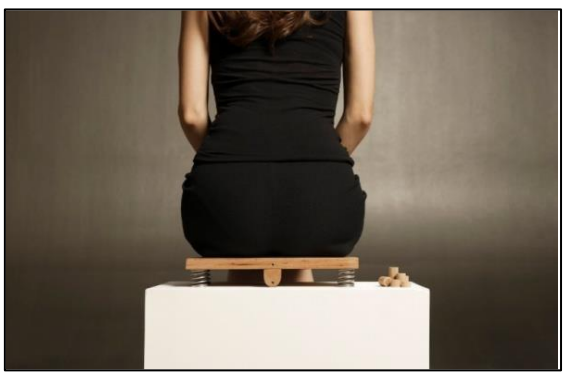


Figura 2.5 Tavoletta Freeman utilizzata per distribuzione di carico e inclinazioni bacino

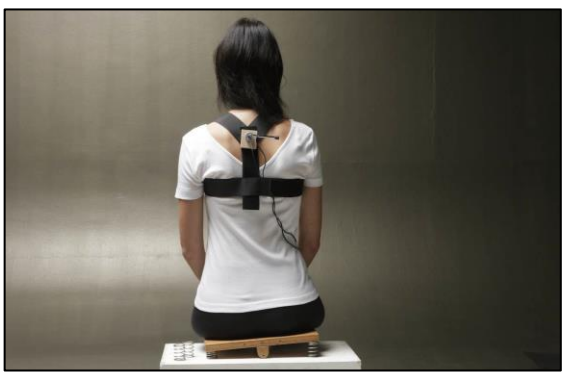


Figura 2.6 Tavoletta Freeman associata ad inclinometro

Tavoletta con sferette: strumento utilizzato per il frazionamento di un compito o riconoscimento di posizioni. È composto da una tavoletta avente quattro sferette poste ai margini che le permettono di scorrere su superfici lisce. In abbinamento, per conferire un feedback visivo, possono essere applicati il puntatore laser o un'asta di metallo che ne indica una direzione. Quest'ultima viene utilizzata in associazione a target posti sul piano di trattamento che devono essere raggiunti ("indicati" dall'asta) tramite il movimento della tavoletta, con l'utilizzo delle mani o dei piedi. La tavoletta se spinta, si muove in tutte le direzioni sul piano di trattamento e può essere utilizzata per dare un feedback sulla simmetria di spinta dei due emilati (con arti superiori e inferiori). Questo strumento fornisce sia un feedback qualitativo, sulla qualità del movimento, sia quantitativo, sulla quantità di cui si manca il target prefissato.



Figura 2.7 Tavoletta con sferette utilizzata per il raggiungimento di target

2.5.2 Costruzione degli esercizi

La costruzione dell'esercizio con il biofeedback comincia innanzitutto con fare chiarezza riguardo l'aspetto che si vuole modificare, su quale piano spaziale avviene il movimento e quali segmenti devono essere coinvolti. Inoltre, è importante capire in quale fase dell'apprendimento si trova il paziente e riuscire a fornire il feedback nel modo più adatto e funzionale. Avendo chiaro tutto ciò, è possibile intervenire su diverse variabili per progettare l'esercizio più adeguato al singolo paziente e per l'obiettivo da raggiungere: tipo di compito, modalità di esecuzione, posizione del paziente, condizione sensoriale, strumento, tipo di feedback e canale sensoriale utilizzato. A seguire sono elencate le specifiche di ciascuna variabile.

- Tipo di compito: in base all'aspetto che si vuole riabilitare, ovvero postura, passaggi posturali, equilibrio statico, equilibrio dinamico o la combinazione di essi.

- Modalità di esecuzione: staticità o dinamicità dell'esercizio (richiesta di mantenere una posizione o di eseguire un compito), presenza di dual-task, allineamento ed esperienza della simmetria, richiesta di riconoscimento di posizioni.

- Posizione del paziente: seduto o in stazione eretta, in particolare con i piedi paralleli o in posizione di passo o piedi in tandem.

- Condizione sensoriale: l'impegno o meno di superfici instabili (foam e/o tavoletta oscillante multi o unidirezionale).

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

- Tipo di feedback: qualitativo o quantitativo, concorrente o terminale, positivo o negativo, scelti a seconda della fase di apprendimento in cui si deve sottoporre il BFB (si veda relativo paragrafo 1.4.2 nell'introduzione per la descrizione di essi).

- Canale sensoriale utilizzato: feedback acustico, visivo o la combinazione di entrambi.

Durante la costruzione degli esercizi, per riassumere le caratteristiche del setting e le scelte relative alle differenti variabili sopra analizzate, è stata utilizzata la tabella sotto riportata.

Tipo di compito	Postura	Passaggi posturali	Equilibrio	
Fase di apprendimento	Cognitiva	Associativa	Automatismi	
Posizione	Seduta	Piedi paralleli	Semi-passo	Cammino
Distretto corporeo	Bacino	Tronco	Arti superiori	
Modalità di esecuzione	Statico	Dinamico	Dual-task	
Condizione sensoriale	Nulla	Cuscino destabilizzante	Palla Bobath	Pedana oscillante
Strumenti	Tavoletta	Inclinometro	Laser	Antenna
Canale sensoriale	Acustico	Visivo	Tattile	
Feedback	Qualitativo	Positivo	Concorrente	
	Quantitativo	Negativo	Terminato	

Tabella 2.1 Tabella utilizzata per la costruzione degli esercizi

2.6 Questionario di gradimento

Alla fine delle sedute previste dal protocollo riabilitativo, al gruppo sperimentale è stato proposto un breve questionario di gradimento, a cui i pazienti hanno risposto autonomamente, con le seguenti domande:

"C'è qualcosa che ti ha colpito del trattamento eseguito con i biofeedback?"

"Come valuti il trattamento con i biofeedback in termini di: efficacia, utilità, facilità di utilizzo e acquisizione di strategie motorie?".

3 RISULTATI

Sono stati reclutati 12 soggetti le cui caratteristiche sono riportare in tabella 3.2 per il gruppo sperimentale e in tabella 3.3 per il gruppo controllo.

Soggetto	*Età*	*Sesso*	*Anno esordio PD*	*Lato più deficitario*	*Cadute nell'ultimo anno*
1	74	F	2017	SX	Sì
2	77	M	2019	SX	Sì
3	75	M	2017	DX	Sì
4	81	F	2020	SX	Sì
5	59	M	2011	SX	Sì
6	79	M	2020	DX	Sì

Tabella 3.1 Dati soggetti del gruppo sperimentale

Soggetto	*Età*	*Sesso*	*Anno esordio PD*	*Lato più deficitario*	*Cadute nell'ultimo anno*
1	82	F	2002	SX	Sì
2	81	F	2016	SX	Sì
3	77	F	2005	DX	Sì
4	75	F	2004	SX	Sì
5	72	F	2014	SX	Sì
6	60	F	2004	SX	Sì

Tabella 3.2 Dati soggetti del gruppo controllo

Nella tabella successiva sono riassunte le caratteristiche cliniche e demografiche dei soggetti con malattia di Parkinson reclutati per lo studio. Sono riportati i valori medi dei test effettuati all'inizio del protocollo riabilitativo.

Tabella descrittiva al Base-line	*Totale pazienti*	*Gruppo sperimentale*	*Gruppo controllo*	*P-Value*
Numero soggetti: *Donne*	12 7 (58%)	6 (50%) 2 (33%)	6 (50%) 5 (83%)	0,09
Età (anni)	74,3 ± 7,6	74,2 ± 7,9	74,5 ± 8,0	0,94
Anni di malattia	10,6 ± 6,9	5,7 ± 3,4	15,5 ± 5,9	0,01
Ausilio: *Si*	2 (17%)	1 (17%)	1 (17%)	1
PDQ39 (punti)	30% ± 15%	27% ± 17%	38% ± 22%	0,07
TUG (secondi)	10,5 ± 3,2	11,2 ± 2,9	9,5 ± 1,7	0,98
TUG2 (secondi)	13,3 ± 2,6	13,9 ± 2,1	12,7 ± 2,0	0,74
TIS (punti)	13,5 ± 4,3	14,5 ± 4,5	13,0 ± 4,3	0,46
BBS (punti)	46,0 ± 4,5	47,0 ± 5,5	46,0 ± 3,5	1

Tabella 3.3 Tabella descrittiva al Base-line

Analizzando i dati, vediamo una predominanza di soggetti femmina (58%), distribuiti in maniera non omogenea tra il gruppo controllo e sperimentale. Vi è inoltre, una disparità di anni di malattia (p-value = 0,01) tra i due gruppi. In entrambi i gruppi vediamo solamente un paziente che utilizza un ausilio per deambulare. In generale, tutti i soggetti sia del gruppo controllo che di quello sperimentale sono moderatamente compromessi, presentando un buon livello di autonomia, però con alcune difficoltà motorie.

3.1 Valutazioni preliminari

Il questionario PDQ39 indaga la qualità di vita dei pazienti affetti da patologia di Parkinson. Calcolando il punteggio finale medio di tutti i soggetti reclutati nello studio, si è ottenuto un risultato pari al 30% ± 15%. Tale dato, conferma nuovamente che i pazienti di entrambi i gruppi presentano una discreta qualità di vita e autonomia con difficoltà motorie e relazionali.

3.2 Ideazione del protocollo

3.2.1 Esercizi proposti

Per la creazione del protocollo sono stati ideati una serie di esercizi che mirano all'acquisizione di strategie riguardanti la correzione delle alterazioni posturali concentrandosi sul piano sagittale e il miglioramento dell'equilibrio.

Gli esercizi sono stati divisi per praticità in tre categorie principali:

1) Passaggi posturali;
2) Posizione seduta;
3) Stazione eretta.

Durante le sedute è stato necessario indagare quale/i delle tre categorie sopra elencare risultavano più deficitarie, quindi, si è cercato di lavorare maggiormente su esse.

Alcuni esercizi svolti con i pazienti sono stati riportati di seguito.

3.2.1.1 Esercizi per i passaggi posturali

Con la somministrazione del TUG e della BBS, è stato possibile verificare le modalità con cui veniva eseguito il passaggio dalla posizione seduta alla stazione eretta e viceversa. Si è potuto osservare che la maggior parte dei pazienti reclutati nello studio presentava retropulsione eccessiva durante tale passaggio posturale. In particolare, nel passaggio dalla posizione seduta alla stazione eretta mostravano una ridotta flessione del tronco mentre durante la seduta acceleravano eccessivamente il movimento non controllando la velocità di esecuzione. Sono stati dunque proposti degli esercizi che permettessero al paziente di comprendere la corretta modalità di esecuzione del passaggio posturale e la sperimentazione della strategia più funzionale per tale compito.

Esercizio 1: frammentazione del sit-up

Tipo di compito	Postura	Passaggi posturali	Equilibrio
Fase di apprendimento	Cognitiva	Associativa	Automatismi
Posizione	Seduta	Piedi paralleli	Semi-passo / Cammino
Distretto corporeo	Bacino	Tronco	Arti superiori
Modalità di esecuzione	Statico	Dinamico	Dual-task
Condizione sensoriale	Nulla	Cuscino destabilizzante	Palla Bobath / Pedana oscillante
Strumenti	Tavoletta	Inclinometro	Laser / Antenna
Canale sensoriale	Acustico	Visivo	Tattile
Feedback	Qualitativo	Positivo	Concorrente
	Quantitativo	Negativo	Terminato

Tabella 3.4 Tabella relativa all'esercizio 1 per i passaggi posturali

Per l'esecuzione di tale esercizio sono necessari i seguenti strumenti:

- Sedia;
- Piano di trattamento regolabile in altezza;
- Tavoletta con sferette, avente applicata lateralmente l'astina di metallo;
- Target numerati.

Il paziente si trova in posizione seduta sulla sedia davanti al piano con le mani appoggiate sulla tavoletta. I target sono posti in modo tale da frazionare il movimento di alzata nella seguente modalità (come indicato in figura 3.1).

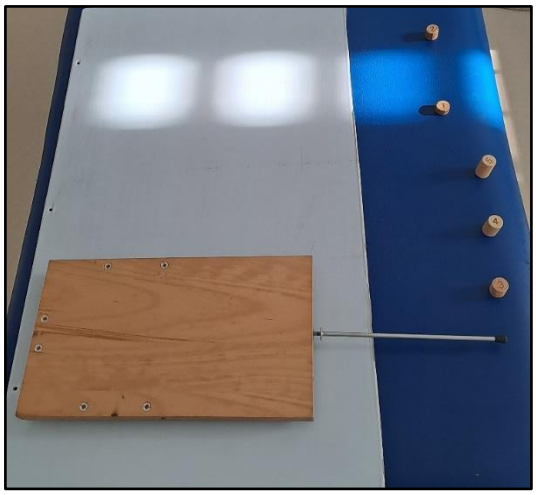


Figura 3.1 Posizionamento target per effettuare esercizio 1 con tavoletta di Freeman

Da seduto a eretto

Al numero 1:	massimo allungamento degli arti superiori e flessione del tronco, per far comprendere al soggetto che prima di alzarsi dalla sedia è necessario spostare il proprio centro di massa al limite della base di appoggio.
Dal numero 1 al numero 2:	distacco dei glutei e delle cosce dalla sedia, momento nel quale il paziente deve esprimere il massimo della forza muscolare.
Dal numero 2 al numero 5:	progressivo raggiungimento del corretto allineamento in stazione eretta.
Al numero 5:	distacco delle mani dalla tavoletta e raggiungimento della stazione eretta senza appoggi.

Da eretto a seduto

Dal numero 5 al numero 3: (passando per il target 4) ritorno alla posizione seduta, rallentando la discesa seguendo con la tavoletta i numeri in senso decrescente.

Al numero 3: appoggio delle cosce alla sedia e raggiungimento della posizione seduta.

Questo esercizio in relazione alla fase del processo di apprendimento in cui si trova il soggetto è proposto in maniera differente:

- nella fase iniziale viene presentato in maniera frammentata, concentrandosi solo sull'alzata o sulla seduta;
- in progressione sarà presentato nella sua interezza.



Figura 3.2 Esecuzione dell'esercizio 1

Infine, può essere aggiunto l'utilizzo del puntatore laser o l'inclinometro. Quest'ultimo, durante il passaggio da seduto alla stazione eretta, viene posto sulla parte anteriore del tronco del paziente con significato di feedback positivo, per consentire un'ottimale estensione del tronco raggiunta la posizione numero 5. Con lo stesso obiettivo (avere un'ottimale estensione del tronco in stazione eretta) può essere applicato il puntatore laser sulla parte anteriore del tronco, chiedendo al paziente di arrivare all'interno di un bersaglio fornendo in tal caso un feedback visivo.

3.2.1.2 Esercizi posizione seduta

Di seguito è riportata una progressione di esercizi in posizione seduta partendo dall'estensione del rachide sul piano sagittale, proseguendo con l'isolamento del movimento delle spalle e torace rispetto al bacino, e l'introduzione di superfici instabili per stimolare anche l'equilibrio in posizione seduta.

Per introdurre il paziente all'utilizzo dei BFB e valutare la distribuzione del carico in posizione seduta viene utilizzata una tavoletta oscillante con cerniera sagittale mediana stabilizzata da un uguale numero di molle su due lati a cui è stato applicato lateralmente l'inclinometro. Al paziente è richiesto di sedersi su questa tavoletta e cercare di far suonare in maniera ritmata e costante l'inclinometro, per valutare che lo spostamento di carico sia simmetrico. Successivamente al paziente è indicato di mantenere l'equilibrio, senza far attivare l'inclinometro, così da valutare anche le strategie di gestione di carico e controllo del tronco.

La distribuzione del carico è risultata abbastanza omogenea in tutti i soggetti dello studio.

Esercizio 2: Mobilità del tronco

Tipo di compito	Postura	Passaggi posturali	Equilibrio
Fase di apprendimento	Cognitiva	Associativa	Automatismi
Posizione	Seduta	Piedi paralleli	Semi-passo	Cammino
Distretto corporeo	Bacino	Tronco	Arti superiori
Modalità di esecuzione	Statico	Dinamico	Dual-task
Condizione sensoriale	Nulla	Cuscino destabilizzante	Palla Bobath	Pedana oscillante
Strumenti	Tavoletta	Inclinometro	Laser	Antenna
Canale sensoriale	Acustico	Visivo	Tattile
Feedback	Qualitativo	Positivo	Concorrente
	Quantitativo	Negativo	Terminato

Tabella 3.5 Tabella relativa all'esercizio 2 in posizione seduta

Posizione di partenza e setting: Il paziente si trova seduto su una sedia, con le mani appoggiate sulle cosce e piedi aderenti al terreno. Si utilizza il puntatore laser e sul muro antistante sono posizionati due bersagli: uno posto in prossimità della posizione di partenza e l'altro posizionato più in alto per far raggiungere al paziente l'estensione richiesta.

Al soggetto è richiesto di estendere il tronco fino ad arrivare con il puntatore laser all'interno del bersaglio prefissato. Si tratta di un feedback sia quantitativo che qualitativo, in quanto si considera contemporaneamente la qualità della traiettoria con cui si arriva al bersaglio e di quanto si discosta da esso.

Per incrementare la difficoltà di tale esercizio ed introdurre lo svincolo dei cingoli e l'aumento della mobilità del tronco, è richiesto al paziente, una volta raggiunto il bersaglio superiore, di eseguire una rotazione del torace per raggiungere alternativamente altri due bersagli posti lateralmente al target superiore.

Esercizio 3: equilibrio su piano di seduta instabile a estensione del tronco

Tipo di compito	Postura	Passaggi posturali	Equilibrio
Fase di apprendimento	Cognitiva	Associativa	Automatismi
Posizione	Seduta	Piedi paralleli	Semi-passo	Cammino
Distretto corporeo	Bacino	Tronco	Arti superiori
Modalità di esecuzione	Statico	Dinamico	Dual-task
Condizione sensoriale	Nulla	Cuscino destabilizzante	Palla Bobath	Pedana oscillante
Strumenti	Tavoletta	Inclinometro	Laser	Antenna
Canale sensoriale	Acustico	Visivo	Tattile
Feedback	Qualitativo	Positivo	Concorrente
	Quantitativo	Negativo	Terminato

Tabella 3.6 Tabella relativa all'esercizio 3 in posizione seduta

Posizione di partenza: soggetto seduto su una palla Bobath, a cui è fornito un feedback visivo (laser) sul piano sagittale. Sul muro antistante è posizionato un target.

Al soggetto sono richieste contemporaneamente l'equilibrio sulla palla Bobath senza l'utilizzo delle mani, l'estensione del tronco per raggiungere il centro del bersaglio e l'estensione alternata degli arti superiori.

Si tratta di un esercizio complesso utilizzato una volta che il paziente ha compreso e attuato strategie valide per il miglioramento della camptocormia e per il mantenimento dell'equilibrio statico per un certo intervallo di tempo. L'introduzione di movimenti agli arti superiori e la presenza di una superficie instabile permettono al paziente di distogliere momentaneamente l'attenzione sull'estensione del rachide (presente, comunque, un feedback visivo), così da poter consolidare l'atteggiamento corretto del tronco anche durante l'esecuzione di altri compiti.

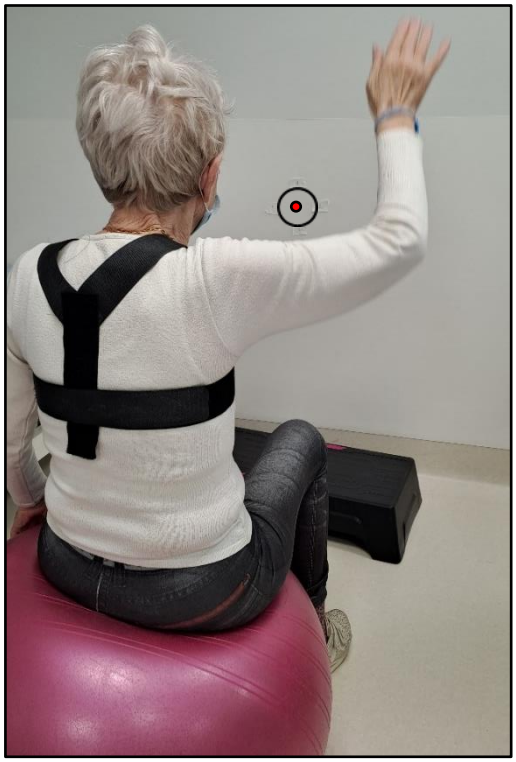


Figura 3.3 Esecuzione dell'esercizio 3

3.2.1.3 Esercizi in stazione eretta

Esercizio 4: Estensione tronco con modificazione della base di appoggio

Tipo di compito	Postura	Passaggi posturali	Equilibrio	
Fase di apprendimento	Cognitiva	Associativa	Automatismi	
Posizione	Seduta	Piedi paralleli	Semi-passo	Cammino
Distretto corporeo	Bacino	Tronco	Arti superiori	
Modalità di esecuzione	Statico	Dinamico	Dual-task	
Condizione sensoriale	Nulla	Cuscino destabilizzante	Palla Bobath	Pedana oscillante
Strumenti	Tavoletta	Inclinometro	Laser	Antenna
Canale sensoriale	Acustico	Visivo	Tattile	
Feedback	Qualitativo	Positivo	Concorrente	
	Quantitativo	Negativo	Terminato	

Tabella 3.7 Tabella relativa all'esercizio 4 in stazione eretta

Posizione di partenza e setting: Soggetto in stazione eretta dietro ad un ostacolo molto basso, con inclinometro applicato posteriormente al tronco.

Al soggetto è chiesto di superare l'ostacolo, prima con l'arto inferiore sinistro e successivamente invertendo la sequenza dei piedi. Una volta raggiunta la posizione di semi-passo eseguire estensione del tronco. Il corretto allineamento del tronco è premiato dal feedback acustico positivo, oppure come possiamo vedere nella foto seguente mettendo l'inclinometro posteriormente forniamo un feedback negativo alla flessione del tronco.



Figura 3.4 Esecuzione dell'esercizio 4

Questo esercizio può essere, inoltre, proposto modificando il movimento degli arti inferiori, ad esempio: semi-passo e passo laterale, portare alternativamente il piede destro e sinistro su un gradino o superando ostacoli più alti.

Esercizio 5: mantenimento della stazione eretta con modificazione della base di appoggio e raggiungimento target con movimenti del tronco

Tipo di compito	Postura	Passaggi posturali	Equilibrio
Fase di apprendimento	Cognitiva	Associativa	Automatismi
Posizione	Seduta	Piedi paralleli	Semi-passo	Cammino
Distretto corporeo	Bacino	Tronco	Arti superiori
Modalità di esecuzione	Statico	Dinamico	Dual-task
Condizione sensoriale	Nulla	Cuscino destabilizzante	Palla Bobath	Pedana oscillante
Strumenti	Tavoletta	Inclinometro	Laser	Antenna
Canale sensoriale	Acustico	Visivo	Tattile
Feedback	Qualitativo	Positivo	Concorrente
	Quantitativo	Negativo	Terminato

Tabella 3.8 Tabella relativa all'esercizio 5 in stazione eretta

Una volta che il paziente è in grado di controllare la postura sul piano sagittale in diverse situazioni semplici, sono chiesti in aggiunta dei movimenti di rotazione del tronco.

Posizione di partenza e setting: il paziente si trova nella stessa posizione dell'esercizio precedente con posizionato anteriormente al tronco il puntatore laser, sulla parete antistante sono collocati in linea tre target numerati.

Al soggetto è richiesto di superare l'ostacolo con un arto inferiore, raggiunta la posizione di semi-passo eseguire un'estensione del rachide per raggiungere il primo bersaglio posto centralmente, successivamente viene chiesta una rotazione a sinistra e a destra del tronco per raggiungere consecutivamente gli altri due target.



Figura 3.5 Esecuzione dell'esercizio 5



Figura 3.6 Esecuzione dell'esercizio 5

Per introdurre anche la componente di equilibrio, sono stati eseguiti degli esercizi simili ai precedenti ma utilizzando delle superfici instabili come: cuscino destabilizzante e pedane oscillanti.

Esercizio 6: semi-passo su superficie instabile

Tipo di compito	Postura	Passaggi posturali	Equilibrio
Fase di apprendimento	Cognitiva	Associativa	Automatismi
Posizione	Seduta	Piedi paralleli	Semi-passo	Cammino
Distretto corporeo	Bacino	Tronco	Arti superiori
Modalità di esecuzione	Statico	Dinamico	Dual-task
Condizione sensoriale	Nulla	Cuscino destabilizzante	Palla Bobath	Pedana oscillante
Strumenti	Tavoletta	Inclinometro	Laser	Antenna
Canale sensoriale	Acustico	Visivo	Tattile
Feedback	Qualitativo	Positivo	Concorrente
	Quantitativo	Negativo	Terminato

Tabella 3.9 Tabella relativa all'esercizio 6 in stazione eretta

Posizione di partenza e setting: soggetto in stazione eretta con i piedi pari, posto davanti a lui viene posizionato un cuscino destabilizzante o pedana oscillante multidirezionale. Anteriormente al tronco è posizionato il puntatore laser e vi è un bersaglio sulla parete di fronte.

Al paziente è chiesto di portare alternativamente il piede destro e successivamente il sinistro sulla pedana oscillante o sul cuscino destabilizzante; raggiunta la posizione di semi-passo, al soggetto viene chiesto di eseguire un'estensione di rachide per portare il segnale luminoso all'interno del bersaglio.



Figura 3.7 Esecuzione dell'esercizio 6

Esercizio 7: stazione eretta su superficie instabile con esecuzione di diversi task

Tipo di compito	Postura	Passaggi posturali	Equilibrio
Fase di apprendimento	Cognitiva	Associativa	Automatismi
Posizione	Seduta	Piedi paralleli	Semi-passo	Cammino
Distretto corporeo	Bacino	Tronco	Arti superiori
Modalità di esecuzione	Statico	Dinamico	Dual-task
Condizione sensoriale	Nulla	Cuscino destabilizzante	Palla Bobath	Pedana oscillante
Strumenti	Tavoletta	Inclinometro	Laser	Antenna
Canale sensoriale	Acustico	Visivo	Tattile
Feedback	Qualitativo	Positivo	Concorrente
	Quantitativo	Negativo	Terminato

Tabella 3.10 Tabella relativa all'esercizio 7 in stazione eretta

Posizione di partenza e setting: soggetto in stazione eretta su un cuscino destabilizzante, lateralmente pedana oscillante multidirezionale, anteriormente ostacolo e oltre ad esso un rullo morbido. È applicato il puntatore laser anteriormente al tronco ed è posizionato un bersaglio sulla parete antistante.

Al soggetto è chiesto in sequenza di: portare il piede sinistro oltre l'ostacolo schiacciando il rullo, tornare con entrambi gli arti sul cuscino destabilizzante e poi portare il piede sinistro sulla pedana oscillante. Raggiunta ciascuna delle tre posizioni, il paziente deve raggiungere con un'estensione di tronco il bersaglio e contemporaneamente mantenere l'equilibrio.



Figura 3.8 Esecuzione dell'esercizio 7



Figura 3.9 Esecuzione dell'esercizio 7

Tale esercizio richiede molta concentrazione ed è stato proposto solo ad alcuni soggetti nelle fasi finali di apprendimento di strategie, sia per la correzione delle alterazioni posturali che per il perfezionamento dell'equilibrio.

Esercizio 8: cammino con incentivo al pendolarismo degli arti superiori

Tipo di compito	Postura	Passaggi posturali	Equilibrio
Fase di apprendimento	Cognitiva	Associativa	Automatismi
Posizione	Seduta	Piedi paralleli	Semi-passo	Cammino
Distretto corporeo	Bacino	Tronco	Arti superiori
Modalità di esecuzione	Statico	Dinamico	Dual-task
Condizione sensoriale	Nulla	Cuscino destabilizzante	Palla Bobath	Pedana oscillante
Strumenti	Tavoletta	Inclinometro	Laser	Antenna
Canale sensoriale	Acustico	Visivo	Tattile
Feedback	Qualitativo	Positivo	Concorrente
	Quantitativo	Negativo	Terminato

Tabella 3.11 Tabella relativa all'esercizio 8 in stazione eretta

Posizione di partenza e setting: soggetto in stazione eretta lungo un corridoio tiene due bastoni ad una estremità e l'altra è sorretta dal terapista che si pone alle spalle del paziente. Il soggetto ha applicato posteriormente al tronco l'inclinometro che fornisce un feedback negativo alla flessione.

Questo esercizio di cammino è proposto in abbinamento ad un incentivo per il pendolarismo degli arti superiori. Infatti al soggetto è richiesto contemporaneamente di camminare senza far emettere un segnale acustico all'inclinometro e di associare correttamente il pendolarismo degli arti superiori con l'aiuto del terapista.



Figura 3.10 Esecuzione dell'esercizio 8

Esercizio 9: cammino con percorso ad ostacoli

Tipo di compito	Postura	Passaggi posturali	Equilibrio
Fase di apprendimento	Cognitiva	Associativa	Automatismi
Posizione	Seduta	Piedi paralleli	Semi-passo	Cammino
Distretto corporeo	Bacino	Tronco	Arti superiori
Modalità di esecuzione	Statico	Dinamico	Dual-task
Condizione sensoriale	Nulla	Cuscino destabilizzante	Palla Bobath	Pedana oscillante
Strumenti	Tavoletta	Inclinometro	Laser	Antenna
Canale sensoriale	Acustico	Visivo	Tattile
Feedback	Qualitativo	Positivo	Concorrente
	Quantitativo	Negativo	Terminato

Tabella 3.12 Tabella relativa all'esercizio 9 in stazione eretta

Posizione di partenza e setting: soggetto in posizione eretta lungo un corridoio con applicato l'inclinometro. Di fronte a sé trova un percorso composto da un gradino, diversi ostacoli in fila e uno slalom di 4 conetti.

Al soggetto è richiesto di eseguire il percorso, salendo sul gradino, superando gli ostacoli e facendo lo slalom tra i conetti mantenendo un corretto allineamento del rachide, aiutato dal feedback sonoro negativo (suona quando il paziente flette eccessivamente il tronco).



Figura 3.11 Esecuzione dell'esercizio 9

Tutti gli esercizi precedentemente descritti, nelle fasi finali dell'apprendimento, sono riproposti ma con il feedback di tipo terminale e discontinuo. È richiesto al paziente di mantenere una determinata posizione con il tronco avendo come riferimento il biofeedback. Successivamente tale strumento viene spento, il paziente è invitato ad eseguire l'esercizio richiesto e al termine di esso il laser o l'inclinometro vengono riaccesi e si valuta se il paziente ha mantenuto correttamente la posizione del tronco richiesta.

Si cerca di eseguire uno svezzamento graduale dal feedback per verificare che le strategie apprese siano consolidate senza l'utilizzo di un aiuto esterno.

3.3 Equilibrio

Al TUG entrambi i gruppi mostrano un lieve miglioramento nel tempo, ma non ci sono differenze significative tra i due gruppi (delta sperimentale = -1,7 ± 1,3 secondi, delta controllo = -0,6 ± 1,0 secondi, p = 0.31). In particolare, vi è una riduzione di 1,5 secondi al test per tutti i soggetti reclutati (da 10,5 ± 3,2 a 9,0 ± 2,3 secondi).

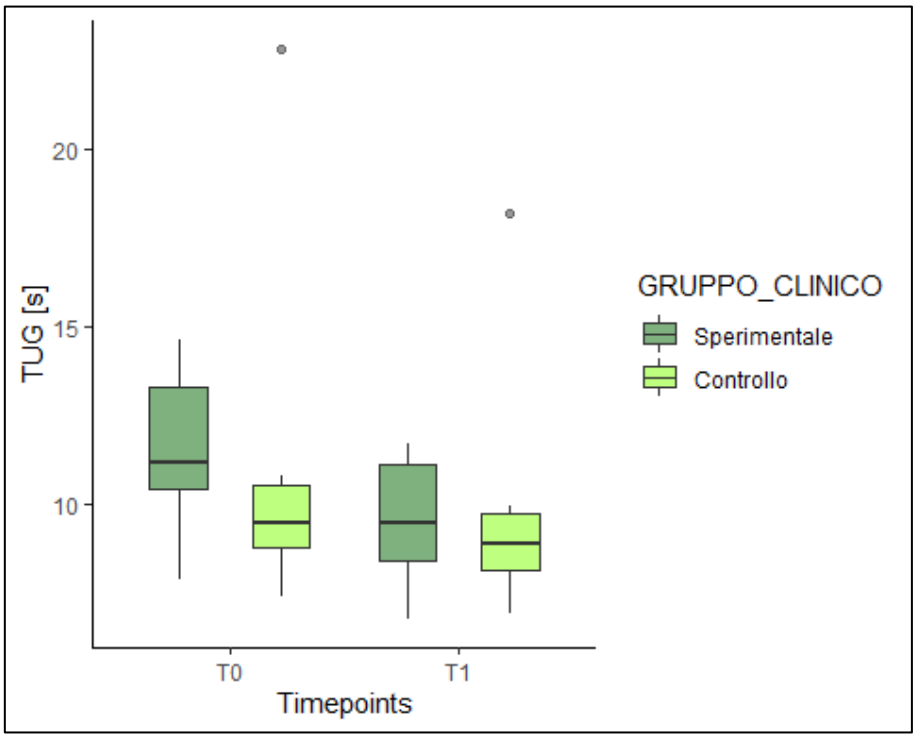


Grafico 3.1 Box Plot del TUG

Alla BERG Balance Scale entrambi i gruppi mostrano un miglioramento nel tempo, ma non vi sono significative differenze tra i due gruppi. In particolare, il gruppo controllo mostra un miglioramento di 2,5 punti mentre per quanto riguarda il gruppo sperimentale di 2,0 punti (p-value = 0,57).

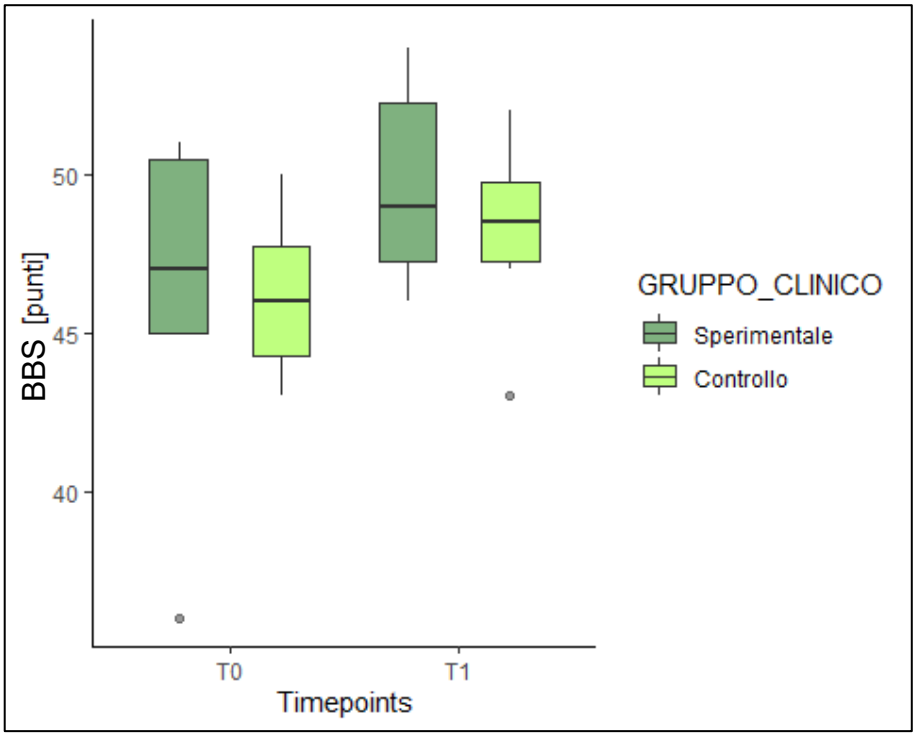


Grafico 3.2 Box Plot della BERG Balance Scale

3.4 Dual-task

Per quanto riguarda i risultati ottenuti rispetto al dual task cost, appare un lieve miglioramento in entrambi i gruppi. Dal grafico si nota che vi è una differenza evidente nel costo evidenziato dai due gruppi già al base-line.

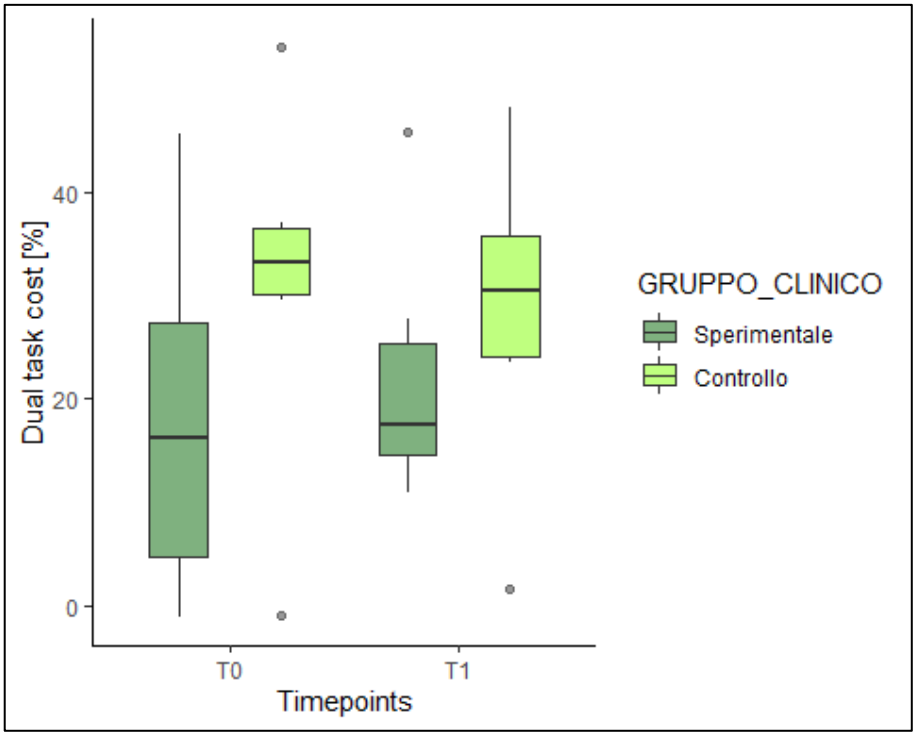


Grafico 3.3 Box Plot del TUG dual-task cost

3.5 Controllo posturale

Dall'analisi dei dati ottenuti alla Trunk Impairment Scale il gruppo controllo non mostra un cambiamento tra base-line e post trattamento: 13,0 ± 4,3 e 13,0 ± 3,5 punti.

Il gruppo sperimentale, invece, mostra un miglioramento di 3,0 punti (14,5 ± 4,5 al base-line e 17,5 ± 3,0), ottenendo un p-value pari allo 0,06.

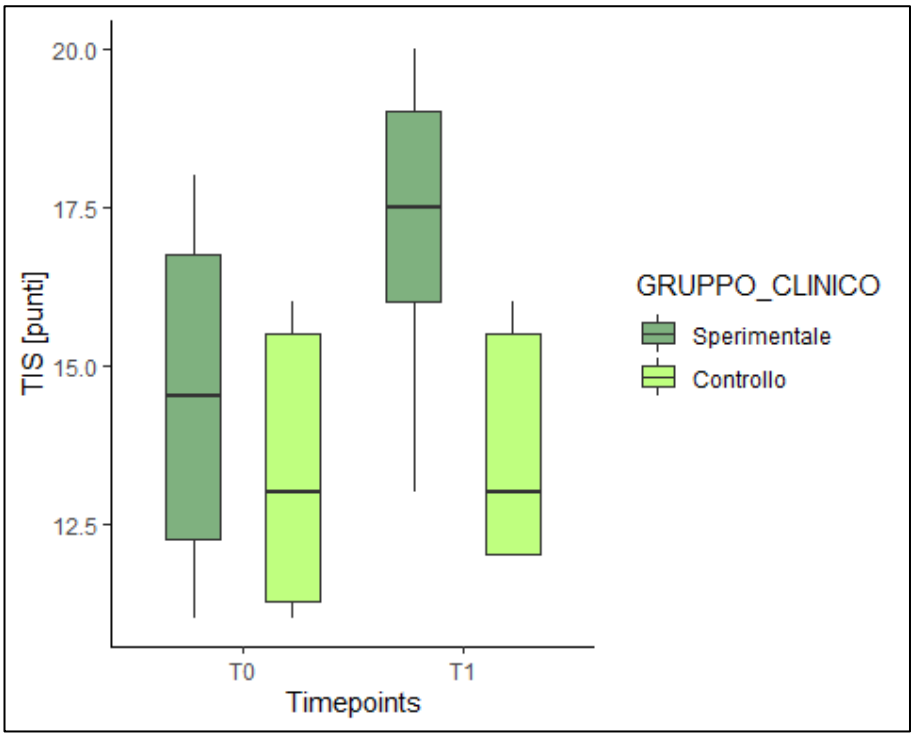


Grafico 3.4 Box Plot della TIS

3.6 Questionario di gradimento

Tutti i soggetti del gruppo sperimentale hanno risposto con entusiasmo al questionario di gradimento. In particolare, hanno dichiarato di trovare stimolante e motivante questa modalità di trattamento. Ciò rispecchia quanto riportato da Nieuwboer et al.[51] sull'applicabilità del BFB con esiti positivi alla riabilitazione dei soggetti con PD. Alcuni pazienti hanno anche evidenziato di aver notato un miglioramento per quanto concerne la gestione di eventuali perdite di equilibrio, di un'eccessiva flessione del tronco e il controllo di discinesie, grazie all'utilizzo di questi strumenti.

4 DISCUSSIONI

Nei soggetti con malattia di Parkinson le alterazioni posturali sono frequenti e rappresentano una condizione di dolore e disabilità persistente che incide marcatamente sulla loro qualità di vita.[59] Oltre a tali alterazioni, anche l'andamento fluttuante dei sintomi motori e non motori, in correlazione alla terapia farmacologica, impatta considerevolmente sull'autonomia e la salute del paziente.[17] Spesso soggetti che mostrano tali disturbi mirano: alla riacquisizione di una postura corretta, alla riduzione della sintomatologia dolorosa e all'acquisizione di strategie utili per affrontare la fase off.

Studiando tali alterazioni è stato ideato un protocollo riabilitativo che potesse accogliere le richieste del paziente al fine di permettergli di condurre una vita con un'autonomia e qualità migliore. Questo studio combina le alterazioni posturali e le fluttuazioni dei sintomi. Infatti, lo scopo del protocollo riabilitativo è quello di fornire al paziente delle strategie relative alle reazioni posturali, che possano essere utilizzate sia nelle fasi on che nelle fasi off.

Esaminando i dati ottenuti dall'analisi del movimento, si è rilevato che la gestione dell'equilibrio statico fosse conservata con evidenti turbe di alcuni pazienti quando veniva escluso il campo visivo oppure riducendo la base d'appoggio.

Nei compiti dinamici abbiamo riscontrato una maggiore difficoltà nella gestione del tronco. Infatti, per i pazienti è risultato complicato mantenere una corretta estensione del tronco durante la deambulazione o durante gli esercizi dinamici, ma con il progredire delle sedute riabilitative tale difficoltà è migliorata considerevolmente.

Dall'analisi posturale si è notata in tutti i pazienti dello studio, un'alterazione sul piano sagittale, caratterizzata in grado variabile da camptocormia e/o anterocollo. Tali atteggiamenti portano ad avere deficit di equilibrio in quanto proiettano il centro di massa anteriormente al limite della base di appoggio, aumentando eccessivamente il rischio caduta e provocando eventuali danni secondari, come riportato in letteratura.[24]

Ponendo maggiormente l'attenzione sulle alterazioni posturali sul piano sagittale, è stato possibile evidenziare quanto tale situazione portasse il soggetto ad avere un atteggiamento di retropulsione importante soprattutto nei passaggi posturali dalla posizione seduta alla stazione eretta e viceversa. Risultando tale atteggiamento invalidante per il paziente sono stati ideati degli esercizi che portassero il soggetto ad eseguire questo gesto nella maniera più corretta, limitando il potenziale rischio di caduta.

Per quanto riguarda il cammino, nei parametri generali sono state rilevate le peculiarità comuni ai soggetti affetti da malattia di Parkinson, ovvero: la riduzione di velocità del cammino, la riduzione della lunghezza del passo, l'aumento della cadenza, episodi di festinazione e interruzioni improvvise della marcia, in accordo con quanto riportato in letteratura [27]. All'analisi cinematica sul piano frontale è emerso nuovamente l'atteggiamento del soggetto ad un certo grado di flessione del tronco correlato in particolare ad eventi di festinazione e mancato sollevamento dei piedi quando tale flessione aumentava.

Considerate le potenzialità del BFB[51] nei soggetti affetti da patologia di Parkinson, si è deciso di utilizzare questo strumento come elemento fondamentale per elaborare il protocollo riabilitativo, in quanto è emerso dalla letteratura che i biofeedback possono amplificare l'apprendimento motorio.[50]

L'obiettivo del protocollo è fornire strategie per affrontare la fase off in autonomia, concentrandosi sulla percezione e il controllo del tronco. In particolare, è risultato importante focalizzarsi suoi ruoli del tronco di stabilizzazione e prolungamento rispetto agli arti, migliorandone la funzionalità nelle condizioni di posizione seduta, in standing, nei compiti di reaching e nel cammino.

Il programma di trattamento è stato costruito partendo da un ragionamento comune e poi realizzato specificatamente in base a quanto emerso dall'analisi della valutazione iniziale dei singoli soggetti, così da intervenire

in modo mirato sui parametri risultati per ciascuno maggiormente compromessi.

La modularità degli strumenti utilizzati, oltre a permettere la personalizzazione dell'esercizio, ha consentito di variare il setting e gli input forniti al soggetto durante il lavoro sull'obiettivo prefissato, cercando di evitare l'instaurarsi di una dipendenza dal feedback e/o dal contesto. Risulta dunque una modalità di trattamento particolarmente indicata per questa categoria di pazienti, perché adattabile facilmente all'obiettivo e modificabile a seconda del grado di disabilità del paziente.

I dispositivi utilizzati sono risultati inoltre di facile comprensione per tutti i pazienti partecipanti allo studio.

In seguito alla riabilitazione sono stati osservati in tutti i soggetti, in maniera differente, miglioramenti a carico della postura, del controllo del tronco, della capacità di frammentazione del movimento e del cammino.

Le scale di valutazione preliminari hanno permesso di ottenere un quadro generale sullo stato psicofisico del paziente. In particolare, tramite la somministrazione del questionario Wearing-off è stato possibile selezionare pazienti che presentassero delle fluttuazioni. Dai dati raccolti si evince che per tutti i dodici pazienti l'item più invalidante fosse il rallentamento dei movimenti. Grazie al PDQ39 è stato possibile valutare la frequenza con cui i soggetti reclutati sperimentano difficoltà in varie dimensioni della vita quotidiana. Da tale questionario è emerso che non vi è un alto grado di difficoltà (in media 30%) ed è distribuito in maniera casuale tra i diversi ambiti, senza prevalenze specifiche.

Analizzando l'intero campione per quanto riguarda le valutazioni cliniche, è risultato un miglioramento globale per tutti i pazienti facenti parte dello studio. In particolare, lo studio è stato significativo per quanto riguarda i parametri analizzati dalla TIS. Il gruppo sperimentale ha conseguito un considerevole miglioramento mentre il gruppo controllo ha ottenuto un punteggio pressoché uguale a quello ottenuto al baseline.

Anche gli altri parametri analizzati: velocità del cammino, passaggi posturali ed equilibrio sono migliorati ma non in maniera significativa. Il gruppo controllo aveva una velocità di esecuzione del TUG migliore già alla valutazione iniziale, mentre il gruppo sperimentale ha ottenuto un miglioramento di tempo maggiore partendo però da una velocità di esecuzione più bassa. Da notarsi che, in tale test, un paziente del gruppo controllo ha eseguito la consegna con un tempo che si discosta considerevolmente dal resto dei pazienti facenti parte di questo gruppo e che tale risultato potrebbe aver falsato i valori medi ottenuti da tutto il gruppo.

Analoghi sono i risultati ottenuti al TUG dual-task: un miglioramento globale di entrambi i gruppi ma con nessun risultato altamente significativo.

Al contrario, nella BERG Balance scale il gruppo sperimentale ha ottenuto punteggi più alti ma con un miglioramento moderato, mentre il gruppo controllo ha avuto punteggi più bassi con un miglioramento maggiore. Alla valutazione iniziale nel gruppo sperimentale vi è un outlawyer, che ha ottenuto un punteggio di 36/56, ma che alla valutazione finale ha ottenuto un miglioramento di 10 punti, rientrando nella media del gruppo sperimentale.

Alla base dei risultati ottenuti vi è quindi un efficace piano riabilitativo con l'intento di produrre un apprendimento motorio nei soggetti del gruppo sperimentale basato sull'utilizzo del biofeedback. Appare rilevante sottolineare quanto, in generale, la riabilitazione per pazienti con malattia neurodegenerativa come la malattia di Parkinson [34,60] sia importante per mantenere o quando possibile migliorare la qualità di vita.

I miglioramenti riportati e l'impiego di nuove strategie motorie evidenziano in questi soggetti la ritenzione di quanto appreso, finalizzato però ad un ambiente di degenza. Questo può essere un primo limite di tale studio perché nelle fasi finali di apprendimento è necessario che vi sia il trasferimento delle strategie ad un contesto differente da quello

dell'esercizio, simile alla vita quotidiana. Questo studio ci permette comunque di affermare che la capacità di apprendimento di questi pazienti è parzialmente conservata, in accordo con quanto riportato in letteratura.[46,50,51]

È possibile supporre che l'impiego del BFB, offrendo al paziente ulteriori mezzi per riorganizzare le proprie afferenze e fornendo informazioni aggiuntive al fine di ripristinare il corretto schema corporeo, correggere e migliorare la postura, abbia facilitato il processo di apprendimento. Questo strumento, aumentando il focus sul compito richiesto e fornendo input per le strategie necessarie, è in grado di offrire una risposta ai deficit attentivi e di problem-solving che si possono osservare in questa categoria di pazienti.

4.1 Proposte future

Dall'analisi dei risultati ottenuti, si è ipotizzato che, al fine di ottenere un dato oggettivo più affidabile, in futuro sarà opportuno eseguire ulteriori indagini. Si suggerisce di ampliare il campione di soggetti partecipanti allo studio e continuare il monitoraggio dell'apprendimento di tali strategie in altri contesti e setting. La valutazione finale potrà essere condotta a distanza di un mese dal rientro al domicilio, al fine di verificare che l'apprendimento delle strategie si trasferisca in un contesto di vita quotidiana.

Inoltre, potrebbe essere interessante analizzare se vi sia un effetto specifico che rende migliore la fase off, andando a valutare i pazienti con i medesimi test sia in fase on che off.

5 CONCLUSIONI

Dall'analisi dell'andamento dei sintomi relativi alla malattia di Parkinson dei soggetti esaminati, è emersa una fluttuazione importante e invalidante durante la fase off. In particolare, durante questa fase si osserva un aumento delle alterazioni posturali, dei disturbi di equilibrio e del rischio di caduta durante la deambulazione. Si è cercato perciò di indagare tali aspetti tramite delle scale di valutazione adeguate.

Per quanto riguarda le alterazioni posturali, le più critiche sono quelle sul piano sagittale. L'eccessiva flessione del tronco sia in condizioni statiche che dinamiche porta il soggetto ad avere difficoltà nella gestione dell'equilibrio. Nel cammino tale atteggiamento del tronco è incentivato dai segni tipici della malattia, come ridotto pendolarismo degli arti, non adeguato sollevamento dei piedi ed episodi di freezing.

Il programma riabilitativo, ideato sulla base dei dati emersi dalle valutazioni, è stato di facile applicabilità e tutti i soggetti sono stati in grado di comprendere l'utilizzo della strumentazione fornita per rispondere al compito richiesto.

I risultati osservati hanno evidenziato un miglioramento a carico della postura, della mobilità del tronco, dell'equilibrio in condizioni statiche e dinamiche e l'apprendimento di strategie per la gestione delle alterazioni posturali e di equilibrio durante la fase off. È stata confermata inoltre la parziale conservazione della capacità di apprendimento in questi pazienti, nonostante non sia stato possibile verificarne il trasferimento in altri contesti.

Sebbene il ridotto numero dei soggetti partecipanti allo studio non consenta di effettuare una generalizzazione dell'andamento riscontato in tutte le scale di valutazione, si considerano significativi i risultati ottenuti nella TIS quindi, il trattamento del gruppo sperimentale relativo a tali parametri risulta efficace. In base a quanto emerso si può considerare che il trattamento con BFB abbia un potenziale positivo nella riabilitazione di questi pazienti.

6 BIBLIOGRAFIA

1. Marsden, C. D. & Parkes, J. D. 'On-off' effects in patients with Parkinson's disease on chronic levodopa therapy. *Lancet* 1, 292–296 (1976).

2. Chou, K. L. *et al.* The spectrum of 'off' in Parkinson's disease: What have we learned over 40 years? *Parkinsonism Relat Disord* 51, 9–16 (2018).

3. Tomlinson, C. L. *et al.* Physiotherapy intervention in Parkinson's disease: systematic review and meta-analysis. *BMJ* 345, (2012).

4. Giggins, O. M., Persson, U. M. C. & Caulfield, B. Biofeedback in rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil* 10, (2013).

5. Bertora, P. *NEUROLOGIA per corsi di laurea in Professioni Sanitarie*. (2015).

6. Dickson, D. W. Parkinson's disease and parkinsonism: neuropathology. *Cold Spring Harb Perspect Med* 2, (2012).

7. Dickson, D. W. Neuropathology of Parkinson disease. *Parkinsonism Relat Disord* 46, S30–S33 (2018).

8. Wakabayashi, K. *et al.* The Lewy body in Parkinson's disease and related neurodegenerative disorders. *Mol Neurobiol* 47, 495–508 (2013).

9. Balestrino, R. & Schapira, A. H. V. Parkinson disease. *Eur J Neurol* 27, 27–42 (2020).

10. Tysnes, O. B. & Storstein, A. Epidemiology of Parkinson's disease. *J Neural Transm (Vienna)* 124, 901–905 (2017).

11. Armstrong, M. J. & Okun, M. S. Diagnosis and Treatment of Parkinson Disease: A Review. *JAMA* 323, 548–560 (2020).

12. Kalia, L. V. & Lang, A. E. Parkinson's disease. *Lancet* 386, 896–912 (2015).

13. Isaacson, J. R., Brillman, S., Chhabria, N. & Isaacson, S. H. Impact of DaTscan Imaging on Clinical Decision Making in Clinically Uncertain Parkinson's Disease. *J Parkinsons Dis* 11, 885–889 (2021).

14. Bega, D. *et al.* Clinical utility of DaTscan in patients with suspected Parkinsonian syndrome: a systematic review and meta-analysis. *NPJ Parkinsons Dis* 7, (2021).

15. Eriksson, T., Magnusson, T., Carlsson, A., Linde, A. & Granérus, A. K. 'On-off' phenomenon in Parkinson's disease: correlation to the concentration of dopa in plasma. *J Neural Transm* 59, 229–240 (1984).

16. Fahn, S. How do you treat motor complications in Parkinson's disease: Medicine, surgery, or both? *Ann Neurol* 64 Suppl 2, (2008).

17. Barone, P. *et al.* The PRIAMO study: A multicenter assessment of nonmotor symptoms and their impact on quality of life in Parkinson's disease. *Mov Disord* 24, 1641–1649 (2009).

18. Martínez-Fernández, R., Schmitt, E., Martinez-Martin, P. & Krack, P. The hidden sister of motor fluctuations in Parkinson's disease: A review on nonmotor fluctuations. *Movement Disorders* 31, 1080–1094 (2016).

19. Gunal, D. I., Nurichalichi, K., Tuncer, N., Bekiroglu, N. & Aktan, S. The clinical profile of nonmotor fluctuations in Parkinson's disease patients. *Can J Neurol Sci* 29, 61–64 (2002).

20. Storch, A. *et al.* Nonmotor fluctuations in Parkinson disease: severity and correlation with motor complications. *Neurology* 80, 800–809 (2013).

21. Carpenter, M. G. & Bloem, B. R. Postural control in Parkinson patients: a proprioceptive problem? *Exp Neurol* 227, 26–30 (2011).

22. Vaugoyeau, M., Viel, S., Assaiante, C., Amblard, B. & Azulay, J. P. Impaired vertical postural control and proprioceptive integration deficits in Parkinson's disease. *Neuroscience* 146, 852–863 (2007).

23. Vaugoyeau, M. & Azulay, J. P. Role of sensory information in the control of postural orientation in Parkinson's disease. *J Neurol Sci* 289, 66–68 (2010).

24. Doherty, K. M. *et al.* Postural deformities in Parkinson's disease. *Lancet Neurol* 10, 538–549 (2011).

25. Tinazzi, M. *et al.* Postural Abnormalities in Parkinson's Disease: An Epidemiological and Clinical Multicenter Study. *Mov Disord Clin Pract* 6, 576–585 (2019).

26. Ashour, R. & Jankovic, J. Joint and skeletal deformities in Parkinson's disease, multiple system atrophy, and progressive supranuclear palsy. *Mov Disord* 21, 1856–1863 (2006).

27. Debû, B., De Oliveira Godeiro, C., Lino, J. C. & Moro, E. Managing Gait, Balance, and Posture in Parkinson's Disease. *Curr Neurol Neurosci Rep* 18, (2018).

28. Vitale, C. *et al.* Effect of Global Postural Rehabilitation program on spatiotemporal gait parameters of parkinsonian patients: a three-dimensional motion analysis study. *Neurol Sci* 33, 1337–1343 (2012).

29. Bartolo, M. *et al.* Four-week trunk-specific rehabilitation treatment improves lateral trunk flexion in Parkinson's disease. *Mov Disord* 25, 325–331 (2010).

30. Kataoka, H. & Sugie, K. Recent advancements in lateral trunk flexion in Parkinson disease. *Neurol Clin Pract* 9, 74 (2019).

31. de Sèze, M. P., Creuzé, A., de Sèze, M. & Mazaux, J. M. An orthosis and physiotherapy programme for camptocormia: a prospective case study. *J Rehabil Med* 40, 761–765 (2008).

32. Capecci, M. *et al.* Postural rehabilitation and Kinesio taping for axial postural disorders in Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil* 95, 1067–1075 (2014).

33. Azher, S. N. & Jankovic, J. Camptocormia: pathogenesis, classification, and response to therapy. *Neurology* 65, 355–359 (2005).

34. Abbruzzese, G., Marchese, R., Avanzino, L. & Pelosin, E. Rehabilitation for Parkinson's disease: Current outlook and future challenges. *Parkinsonism Relat Disord* 22 Suppl 1, S60–S64 (2016).

35. Pickering, R. M. *et al.* A meta-analysis of six prospective studies of falling in Parkinson's disease. *Mov Disord* 22, 1892–1900 (2007).

36. Cattaneo, D. *et al.* Comparison of upright balance in stroke, Parkinson and multiple sclerosis. *Acta Neurol Scand* 133, 346–354 (2016).

37. Woollacott, M. H., Shumway-Cook, A. & Nashner, L. M. Aging and posture control: changes in sensory organization and muscular coordination. *Int J Aging Hum Dev* 23, 97–114 (1986).

38. Allen, N. E., Sherrington, C., Paul, S. S. & Canning, C. G. Balance and falls in Parkinson's disease: a meta-analysis of the effect of exercise and motor training. *Mov Disord* 26, 1605–1615 (2011).

39. Buckley, T. A., Oldham, J. R., Munkasy, B. A. & Evans, K. M. Decreased Anticipatory Postural Adjustments During Gait Initiation Acutely Postconcussion. *Arch Phys Med Rehabil* 98, 1962–1968 (2017).

40. Pastor, M. A., Day, B. L. & Marsden, C. D. Vestibular induced postural responses in Parkinson's disease. *Brain* 116 (Pt 5), 1177–1190 (1993).

41. Schmidt, R. A. , & L. T. D. *Motor control and learning: A behavioral emphasis*. (2005).

42. Shaw R.E, A. T. R. *Issues in the Ecological Study of Learning*. (Eriboum, 1985). doi:10.4324/9781315802398.

43. Huang, H., Wolf, S. L. & He, J. Recent developments in biofeedback for neuromotor rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil* 3, (2006).

44. Taylor, A. E., Saint-Cyr, J. A. & Lang, A. E. Memory and learning in early Parkinson's disease: evidence for a 'frontal lobe syndrome'. *Brain Cogn* 13, 211–232 (1990).

45. Carbon, M., Reetz, K., Ghilardi, M. F., Dhawan, V. & Eidelberg, D. Early Parkinson's Disease: Longitudinal Changes in Brain Activity during Sequence Learning. *Neurobiol Dis* 37, 455 (2010).

46. Marinelli, L. *et al.* Learning and consolidation of visuo-motor adaptation in Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord* 15, 6–11 (2009).

47. Peterson, D. S., Dijkstra, B. W. & Horak, F. B. Postural motor learning in people with Parkinson's disease. *J Neurol* 263, 1518–1529 (2016).

48. Van Ooteghem, K., Frank, J. S. & Horak, F. B. Postural motor learning in Parkinson's disease: The effect of practice on continuous compensatory postural regulation. *Gait Posture* 57, 299–304 (2017).

49. Guadagnoli, M. A., Leis, B., Van Gemmert, A. W. A. & Stelmach, G. E. The relationship between knowledge of results and motor learning in Parkinsonian patients. *Parkinsonism Relat Disord* 9, 89–95 (2002).

50. Olson, M., Lockhart, T. E. & 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* 10, (2019).

51. Nieuwboer, A., Rochester, L., Müncks, L. & Swinnen, S. P. Motor learning in Parkinson's disease: limitations and potential for rehabilitation. *Parkinsonism Relat Disord* 15 Suppl 3, (2009).

52. Carpinella, I. *et al.* Wearable Sensor-Based Biofeedback Training for Balance and Gait in Parkinson Disease: A Pilot Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil* 98, 622-630.e3 (2017).

53. Zemankova, P., Lungu, O. & Bares, M. Psychosocial Modulators of Motor Learning in Parkinson's Disease. *Front Hum Neurosci* 10, (2016).

54. Galeoto, G. *et al.* Quality of life in Parkinson's disease: Italian validation of the Parkinson's Disease Questionnaire (PDQ-39-IT). *Neurol Sci* 39, 1903–1909 (2018).

55. D, P. & S, R. The timed 'Up & Go': a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 39, 142–148 (1991).

56. Çekok, K. *et al.* Timed Up and Go Test With a Cognitive Task: Correlations With Neuropsychological Measures in People With Parkinson's Disease. *Cureus* 12, (2020).

57. Verheyden, G., Willems, A. M., Ooms, L. & Nieuwboer, A. Validity of the trunk impairment scale as a measure of trunk performance in people with Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil* 88, 1304–1308 (2007).

58. Qutubuddin, A. A. *et al.* Validating the Berg Balance Scale for patients with Parkinson's disease: a key to rehabilitation evaluation. *Arch Phys Med Rehabil* 86, 789–792 (2005).

59. Alwardat, M. *et al.* The effect of postural deformities on back function and pain in patients with Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation* 44, 419–424 (2019).

60. Keus, S. H. J., Bloem, B. R., van Hilten, J. J., Ashburn, A. & Munneke, M. Effectiveness of physiotherapy in Parkinson's disease: the feasibility of a randomised controlled trial. *Parkinsonism Relat Disord* 13, 115–121 (2007).

7 APPENDICI

ALLEGATO 1

Legenda degli acronimi

BBS = BERG Balance Scale

BFB = biofeedback

FB = Feedback

FERB = Fondazione Europea Ricerca Biomedica

LB = Corpo di Lewy

PD = Parkinson's disease (Malattia di Parkinson)

PDQ39 = Parkinson's Disease Questionnaire

PET = Tomografia a emissione di positroni

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

SNC = Sistema Nervoso Centrale

SNpc = Substantia Nigra pars compacta

TIS = Trunk Impairment Scale

TUG = Timed Up and Go

TUG2 = Timed Up and Go con dual task

ALLEGATO 2

Questionario Wearing-off

Segnare Sì o NO nella colonna A per i sintomi tipici della malattia di Parkinson che il paziente ha sperimentato nei mesi precedenti. Segnare Sì nella colonna B se i sintomi di solito migliorano o scompaiono dopo aver preso la dose successiva del farmaco per il Parkinson o segnare NO nella colonna B se i sintomi non migliorano o non scompaiono dopo aver preso la dose successiva del farmaco per la malattia di Parkinson.

SINTOMI	COLONNA A		COLONNA B	
1. Tremore (es. tremore di mani, braccia o gambe)	Sì	No	Sì	No
2. Rallentamento nei movimenti (es. cammino, mangiare, o vestirsi)	Sì	No	Sì	No
3. Cambio dell'umore	Sì	No	Sì	No
4. Rigidità (es. rigidità di braccia o gambe)	Sì	No	Sì	No
5. Dolore o dolenzia	Sì	No	Sì	No
6. Riduzione della destrezza (es. difficoltà nell'abbottonarsi o a scrivere)	Sì	No	Sì	No
7. Mente annebbiata/lentezza di pensiero	Sì	No	Sì	No
8. Ansia o attacchi di panico	Sì	No	Sì	No
9. Crampi muscolari (es. braccia, gambe o piedi)	Sì	No	Sì	No

Se per un sintomo o più sintomi è stato barrato "Sì" in entrambe le colonne, è possibile definire che un paziente si trova in fase OFF quando compare in maniera evidente il sintomo o più sintomi con tale caratteristica.

ALLEGATO 3

Parkinson's Disease Questionnaire (PDQ39)

"A causa della malattia di Parkinson, quanto spesso si è trovato/a nelle seguenti situazioni, nel mese scorso?" (Segnare una sola casella per ogni domanda)

	Mai	**Occasionalmente**	**Qualche volta**	**Spesso**	**Sempre** (o non riesce)
1. Ha avuto difficoltà nello svolgere attività di tempo libero come avrebbe voluto?	☐	☐	☐	☐	☐
2. Ha avuto difficoltà nello svolgere attività domestiche, p.e. bricolage, faccende domestiche, cucinare?	☐	☐	☐	☐	☐
3. Ha avuto difficoltà nel portare le borse della spesa?	☐	☐	☐	☐	☐
4. Ha avuto problemi nel camminare per circa un chilometro?	☐	☐	☐	☐	☐
5. Ha avuto problemi nel camminare per circa 100 metri?	☐	☐	☐	☐	☐
6. Ha avuto problemi nel muoversi per casa senza difficoltà come avrebbe voluto?	☐	☐	☐	☐	☐
7. Ha avuto difficoltà nel muoversi in luoghi pubblici?	☐	☐	☐	☐	☐
8. Ha avuto bisogno dell'aiuto di qualcuno per uscire di casa?	☐	☐	☐	☐	☐
9. Ha avuto paura o si è preoccupato/a di poter cadere quando si è trovato/a in pubblico?	☐	☐	☐	☐	☐
10. È stato/a costretto/a a restare in casa più di quanto avesse desiderato?	☐	☐	☐	☐	☐
11. Ha avuto difficoltà nel lavarsi?	☐	☐	☐	☐	☐
12. Ha avuto difficoltà nel vestirsi?	☐	☐	☐	☐	☐

13. Ha avuto problemi nell'abbottonare i vestiti o allacciarsi le scarpe?	☐	☐	☐	☐	☐
14. Ha avuto problemi nello scrivere in modo chiaro?	☐	☐	☐	☐	☐
15. Ha avuto difficoltà nel tagliare il cibo?	☐	☐	☐	☐	☐
16. Ha avuto difficoltà nel tenere in mano il bicchiere senza versarne il contenuto?	☐	☐	☐	☐	☐
17. Si è sentito/a depresso/a?	☐	☐	☐	☐	☐
18. Si è sentito/a isolato/a e abbandonato/a?	☐	☐	☐	☐	☐
19. Ha avuto voglia di piangere o è stato/a sul punto di farlo?	☐	☐	☐	☐	☐
20. Si è sentito/a pieno/a di rabbia o risentimento?	☐	☐	☐	☐	☐
21. Si è sentito/a ansioso/a?	☐	☐	☐	☐	☐
22. Si è sentito/a preoccupato/a per il suo futuro?	☐	☐	☐	☐	☐
23. Ha voluto cercare di nascondere agli altri la propria malattia?	☐	☐	☐	☐	☐
24. Ha cercato di evitare occasioni che richiedevano di mangiare o bere in pubblico?	☐	☐	☐	☐	☐
25. Ha provato imbarazzo in pubblico a causa della malattia di Parkinson?	☐	☐	☐	☐	☐
26. Si è sentito/a preoccupato/a a causa della reazione degli altri nei suoi confronti?	☐	☐	☐	☐	☐
27. Ha avuto problemi nelle relazioni personali con le persone che le sono vicine (amici intimi, parenti stretti)?	☐	☐	☐	☐	☐
28. Le è mancato il sostegno da parte del coniuge o compagno/a?	☐	☐	☐	☐	☐

29. Le è mancato il sostegno da parte di familiari o amici intimi?	☐	☐	☐	☐	☐
30. Si è addormentato/a improvvisamente durante il giorno?	☐	☐	☐	☐	☐
31. Ha avuto problemi di concentrazione, p.es. leggendo o guardando la TV?	☐	☐	☐	☐	☐
32. Ha avuto l'impressione di avere problemi di memoria?	☐	☐	☐	☐	☐
33. Ha fatto sogni angosciosi o ha avuto allucinazioni?	☐	☐	☐	☐	☐
34. Ha avuto difficoltà nel parlare ed esprimersi?	☐	☐	☐	☐	☐
35. Si è sentito/a incapace di comunicare correttamente con gli altri?	☐	☐	☐	☐	☐
36. Si è sentito/a ignorato/a dagli altri?	☐	☐	☐	☐	☐
37. Ha avuto crampi o spasmi muscolari dolorosi?	☐	☐	☐	☐	☐
38. Ha avuto dolori alle articolazioni o ad altre parti del corpo?	☐	☐	☐	☐	☐
39. Ha provato una spiacevole sensazione di caldo o freddo?	☐	☐	☐	☐	☐

ALLEGATO 4

Timed Up and Go (TUG) & Timed Up and Go con dual-task (TUG2)

[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 30 (Prova 1), di 4 in 4 dal numero 40 (Prova 2). 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".

Entrambe i test vengono eseguiti due volte e calcolata la media dei tempi ottenuti.

PROVA	*TEMPO PRE (Ingresso)*	*TEMPO POST (Dimissioni)*
1		
2		
Ausilio		
Media Tempi		

ALLEGATO 5

Trunk Impairment Scale (TIS)

La posizione di partenza per ciascun item è la medesima. Il paziente è seduto sul bordo del letto (o piano di trattamento), senza sostegni per il tronco e per gli arti superiori. Le cosce sono appoggiate completamente al letto (o piano di trattamento), i piedi sono divaricati alla stessa distanza delle anche e appoggiati al pavimento. L'angolo formato dalle ginocchia è di 90°. Le braccia sono appoggiate sulle cosce. Il capo e il tronco sono posizionati sulla linea mediana.

Se il paziente ottiene un punteggio pari a 0 nel primo item, il punteggio totale della TIS è 0.

Ciascun item della scala può essere eseguito tre volte, si tiene conto del punteggio più alto. Non sono permesse sessioni di allenamento. Il paziente può essere corretto tra una prova e l'altra. Le prove sono spiegate verbalmente al paziente e, se necessario, possono essere mostrate.

Equilibrio statico in stazione eretta

1. Posizione di partenza	Il paziente cade o non è in grado di mantenere la posizione di partenza per 10 secondi senza l'appoggio dell'arto superiore	0
	Il paziente riesce a mantenere la posizione iniziale per 10 secondi	2
2. Posizione di partenza: il terapista accavalla l'arto inferiore meno deficitario del paziente su quello del lato più compromesso	Il paziente cade o non è in grado di mantenere la posizione di partenza per 10 secondi senza l'appoggio dell'arto superiore	0
	Il paziente riesce a mantenere la posizione seduta per 10 secondi	2
3. Posizione di partenza: il paziente accavalla l'arto inferiore meno deficitario su quello del lato più compromesso	Il paziente cade	0
	Il paziente non riesce ad accavallare le gambe senza l'appoggio dell'arto superiore sul letto (o piano di trattamento)	1
	Il paziente accavalla le gambe ma sposta il tronco posteriormente per più di 10 cm o assiste l'accavallamento con la mano	2
	Il paziente accavalla le gambe senza spostamenti del tronco o assistenza	3

Punteggio totale equilibrio statico in stazione seduta: _____ / 7

Equilibrio dinamico in stazione seduta

1. Posizione di partenza: il paziente è istruito a toccare il letto (o piano di trattamento) con il gomito del lato PIÙ deficitario (accorciando il lato deficitario e allungando quello meno colpito) e a ritornare nella posizione di partenza.	Il paziente cade, necessita del supporto di un arto superiore oppure il gomito non tocca il letto (o piano di trattamento)	0
	Il paziente muove attivamente senza assistenza, il gomito tocca il letto (o piano di trattamento)	1
2. Ripetere l'item 1	Il paziente non mostra o inverte l'accorciamento/allungamento	0
	Il paziente mostra un appropriato accorciamento/allungamento	1
3. Ripetere l'item 1	Il paziente compensa. I possibili compensi sono (1) utilizzo dell'arto superiore, (2) abduzione dell'anca controlaterale, (3) flessione d'anca (se il gomito tocca il letto o piano di trattamento oltre la metà prossimale del femore), (4) flessione del ginocchio, (5) scivolamento dei piedi	0
	Il paziente si muove senza compensi	1
4. Posizione di partenza: il paziente è istruito a toccare il letto (o piano di trattamento) con il gomito del lato MENO deficitario (accorciando il lato meno deficitario ed allungando quello più compromesso) e a ritornare nella posizione di partenza	Il paziente cade, necessita del supporto di un arto superiore oppure il gomito non tocca il letto (o piano di trattamento)	0
	Il paziente muove attivamente senza aiuto, il gomito tocca il letto (o piano di trattamento)	1
5. Ripetere l'item 4	Il paziente non mostra o inverte l'accorciamento/allungamento	0
	Il paziente mostra un appropriato accorciamento/allungamento	1
6. Ripetere l'item 4	Il paziente compensa. I possibili compensi sono (1) utilizzo dell'arto superiore, (2) abduzione dell'anca controlaterale, (3) flessione d'anca (se il gomito tocca il letto o piano di trattamento oltre la metà prossimale del femore), (4) flessione del ginocchio, (5) scivolamento dei piedi	0
	Il paziente si muove senza compensi	1
7. Posizione di partenza: il paziente è istruito a sollevare il bacino dal letto (o piano di trattamento) dal lato PIÙ deficitario (accorciando il lato più deficitario ed allungando quello meno compromesso) e a ritornare nella posizione di partenza	Il paziente non mostra o inverte l'accorciamento/allungamento	0
	Il paziente mostra un appropriato accorciamento/allungamento	1

8. Ripetere l'item 7	Il paziente compensa. I possibili compensi sono: (1) utilizzo dell'arto superiore, (2) spinta con il piede omolaterale (il tallone si stacca da terra)	0
	Il paziente si muove senza compensi	1
9. Posizione di partenza: il paziente è istruito a sollevare il bacino dal letto (o piano di trattamento) dal lato MENO deficitario (accorciando il lato meno compromesso ed allungando quello più deficitario) e a ritornare nella posizione di partenza	Il paziente non mostra o inverte l'accorciamento/allungamento	0
	Il paziente mostra un appropriato accorciamento/allungamento	1
10. Ripetere l'item 9	Il paziente compensa. I possibili compensi sono: (1) utilizzo degli arti superiori, (2) spinta con il piede omolaterale (il tallone si stacca da terra)	0
	Il paziente si muove senza compensi	1

Punteggio totale equilibrio dinamico in stazione seduta: _____ / 10

Coordinazione

1. Posizione di partenza: il paziente è istruito a ruotare la parte superiore del tronco per 6 volte (ogni spalla dovrebbe essere spostata in avanti per tre volte), il primo lato a muoversi deve essere quello PIÙ deficitario, il capo dovrebbe rimanere fermo nella posizione di partenza	Il lato PIÙ deficitario non viene mosso per tre volte	0
	La rotazione è asimmetrica	1
	La rotazione è simmetrica	2
2. Ripetere l'item 1 entro 6 secondi	La rotazione è asimmetrica	0
	La rotazione è simmetrica	1
3. Posizione di partenza: il paziente è istruito a ruotare la parte inferiore del tronco per sei volte (ogni ginocchio deve essere spostato in avanti per tre volte), il primo lato a muoversi deve essere quello PIÙ deficitario, la parte superiore del tronco dovrebbe rimanere ferma nella posizione di partenza	Il lato PIÙ deficitario non viene mosso per tre volte	0
	La rotazione è asimmetrica	1
	La rotazione è simmetrica	2
4. Ripetere l'item 3 entro 6 secondi	La rotazione è asimmetrica	0
	La rotazione è simmetrica	1

Punteggio Totale coordinazione: _____ / 6

Punteggio totale Trunk Imparement Scale: _____ / 23

ALLEGATO 6

BERG Balance Scale

1) Dalla posizione seduta alla stazione eretta

Istruzioni: alzati. Cerca di non usare le tue mani come supporto.

(4) in grado di alzarsi, senza mani e si stabilizza indipendentemente;
(3) in grado di alzarsi indipendentemente utilizzando le mani;
(2) in grado di alzarsi utilizzando le mani dopo numerosi tentativi
(1) necessita una minima assistenza per alzarsi o per stabilizzarsi;
(0) necessita una moderata o massima assistenza per alzarsi.

2) Stazione eretta senza supporti

Istruzioni: Stai in piedi per 2 minuti senza supporti.

(4) in grado di stare in piedi con sicurezza per 2 minuti
(3) in grado di stare in piedi per 2 minuti con supervisione
(2) in grado di stare in piedi per 30 sec. senza supporti
(1) necessita numerosi tentativi per stare in piedi 30 secondi senza supporti
(0) non in grado di stare 30 secondi in piedi senza assistenza

Se il soggetto è in grado di stare 2 minuti con sicurezza in piedi, segna punteggio pieno per la seduta senza supporti, procedi alla variazione di posizione "stazione eretta a quella seduta"

3) Dalla posizione seduta senza supporti piedi sul pavimento

Istruzioni: stai seduto con le braccia conserte per 2 minuti.

(4) in grado di stare seduto con sicurezza e al sicuro per 2 minuti
(3) in grado di stare seduto per 2 minuti sotto supervisione
(2) in grado di stare seduto per 30 secondi
(1) in grado di stare seduto per 10 secondi
(0) non in grado di stare seduto senza supervisione per 10 secondi

4) Dalla stazione eretta alla posizione seduta

Istruzioni: siediti.

(4) seduto con sicurezza con minimo utilizzo delle mani;
(3) controlla la discesa attraverso l'utilizzo delle mani
(2) utilizza la parte posteriore delle gambe contro la sedia per controllare la discesa
(1) si siede indipendentemente ma non ha controllo della discesa
(0) necessita di assistenza per sedersi

5) Trasferimenti

Istruzioni: passa dalla sedia al letto ed indietro ancora. Una volta verso una sedia con i braccioli e una volta verso una sedia senza braccioli

(4) in grado di trasferirsi con sicurezza e con solo il minor utilizzo delle mani
(3) in grado di trasferirsi con sicurezza e con un certo bisogno delle mani
(2) in grado di trasferirsi con suggerimenti verbali e/o supervisione
(1) necessita una persona per assistere
(0) necessita due persone per assistere o una supervisione per essere sicuro

6) Stazione eretta senza supporti con gli occhi chiusi

Istruzioni: chiudi i tuoi occhi e stai fermo 10 secondi.

(4) in grado di stare in piedi 10 secondi con sicurezza
(3) in grado di stare in piedi 10 secondi con supervisione
(2) in grado di stare in piedi 3 secondi
(1) non in grado di tenere gli occhi chiusi 3 secondi ma rimane saldo
(0) necessita aiuto per evitare la caduta

7) Stazione eretta senza supporti con piedi uniti

Istruzioni: posizionai tuoi piedi insieme e stai in piedi senza tenerti.

(4) in grado di posizionare i piedi vicini indipendentemente e di stare in piedi 1 minuto con sicurezza
(3) in grado di posizionare i piedi vicini indipendentemente e per 1 minuto con supervisione
(2) in grado di posizionare i piedi vicini indipendentemente ma non di in grado tenerla per 30 secondi
(1) necessita aiuto per mantenere la posizione ma in grado di stare in piedi 15 secondi con i piedi vicini
(0) necessita aiuto per mantenere la posizione e non è in grado di mantenerla per 15 secondi

I seguenti item sono da esegui re mantenendo la stazione eretta senza supporti

8) Allungarsi in avanti con il braccio disteso

Istruzioni: solleva il braccio a 90°. Distendi le tue dita e raggiungi davanti a te più lontano che tu possa (l'esaminatore posiziona una riga alla fine della punta delle dita quando il braccio è a 90°. Le dita possono non dovrebbero toccare la riga mentre si allunga in avanti. La misura registrata è la distanza in avanti che le dita raggiungono mentre il soggetto è nella posizione di maggior inclinazione in avanti.

(4) riesce ad allungarsi in avanti con sicurezza >25,7 cm.
(3) riesce ad allungarsi in avanti con sicurezza >12,85 cm.
(2) riesce ad allungarsi in avanti con sicurezza > 5,14 cm.
(1) si allunga in avanti ma necessita supervisione
(0) necessita aiuto per impedire la caduta

9) Raccogliere un oggetto da terra

Istruzioni: raccogli la scarpa/ciabatta che è posta di fronte al tuo piede.

(4) in grado di raccogliere la scarpa con sicurezza e facilmente
(3) in grado di raccogliere la scarpa ma necessita supervisione
(2) non in grado di raccogliere ma si avvicina di 3.5 cm dalla scarpa e mantiene l'equilibrio indipendentemente
(1) non in grado di raccogliere e necessita supervisione mentre prova
(0) non in grado di provare/necessita assistenza per impedire le cadute

10) Girarsi per guardare indietro/sopra la spalla destra e sinistra

Istruzioni: girati per guardare sopra/oltre la spalla sinistra. Ripeti a sinistra.

(4) guarda indietro da entrambi i lati e il carico si trasferisce bene
(3) guarda dietro solo da un lato; l'altro lato mostra meno trasferimento del carico
(2) ruota solo obliquamente ma mantiene l'equilibrio
(1) necessita supervisione mentre ruota
(0) necessita supervisione per evitare di cadere

11) Ruotare di 360°

Istruzioni: ruota completamente in un cerchio completo. Pausa. Poi gira in un cerchio completo nell'altra direzione.

(4) in grado di ruotare di 360° con sicurezza in <4 secondi da ogni lato
(3) in grado di ruotare di 360° con sicurezza da un solo lato in < 4 secondi
(2) in grado di ruotare di 360° con sicurezza ma lentamente
(1) necessita una supervisione ravvicinata o suggerimenti verbali
(0) necessita di assistenza quando ruota

Trasferimento dinamico del ca rico mentre mantiene la stazione eretta senza supporti

12) Contare il numero di step nel tempo toccando alternativamente con i piedi uno sgabello di altezza prestabilita

Istruzioni: porta ciascun piede alternativamente sullo sgabello. Continua fino a quando ciascun piede ha toccato lo sgabello per 4 volte.

(4) in grado di stare in piedi indipendentemente e con sicurezza e di completare gli 8 step in 20 sec.
(3) in grado di mantenere indipendentemente e di completare gli 8 passi in 20 secondi
(2) in grado di completare 4 passi senza aiuto con supervisione
(1) in grado di completare > 2 step necessita di una minima assistenza
(0) necessita assistenza per evitare le cadute/ non in grado di provare

13) Stazione eretta senza supporti, un piede di fronte all'altro (tandem)

Istruzioni (dimostrarlo al paziente) Posiziona un piede direttamente di fronte all'altro. Se tu senti che non può posizionare il tuo piede direttamente di fronte, cerca di fare un passo abbastanza avanti che il calcagno del piede davanti è innanzi all'alluce dell'altro piede.

(4) in grado di posizionare il piede a tandem indipendentemente e mentendosi per 30 sec
(3) in grado di posizionare il piede avanti all'altro indipendentemente e mantenendosi per 30 secondi
(2) in grado di tenere un piccolo passo indipendentemente e mantenendolo per 30 secondi
(1) necessita aiuto per fare il passo ma può mantenersi per 15 secondi
(0) perde l'equilibrio mentre fa il passo o in stazione eretta

14) Stare su una gamba

Istruzioni: stare su una sola gamba tanto quanto tu possa senza tenerti

(4) in grado di sollevare la gamba indipendentemente e tenendosi in equilibrio >10 secondi
(3) in grado di sollevare la gamba indipendentemente e tenendosi in equilibrio per 5-10 secondi
(2) in grado di sollevare la gamba indipendentemente e tenendosi in equilibrio > 3 secondi
(1) cerca di sollevare la gamba; non in grado di tenere l'equilibrio per 3 secondi ma rimane in piedi indipendentemente
(0) non in grado di provare o necessita di assistenza per prevenire le cadute.

Punteggio totale ___ /56