



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE  
FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

---

Corso di Laurea in Fisioterapia

**TRATTAMENTO DUAL TASK  
NEL PAZIENTE POST  
STROKE: EFFETTO  
DELL'INTERFERENZA  
COGNITIVO-MOTORIA**

Relatore:

Prof.ssa **MARIANNA CAPECCI**

Tesi di Laurea di:

**SOFIA DINI**

Correlatore:

Dott.ssa **PAOLA CASOLI**

A.A. 2018/2019



# INDICE

INTRODUZIONE.....	V
1. ICTUS .....	7
1.1. Generalità .....	7
1.2. Sintomi .....	7
1.3. Deambulazione nell'ictus .....	8
1.4. Disturbi sensoriali .....	9
1.5. La spasticità.....	10
1.6. L'equilibrio e il rischio caduta .....	11
2. FUNZIONI ESECUTIVE E ATTENZIONE .....	12
2.1. Generalità .....	12
2.2. Anatomia delle funzioni esecutive .....	13
2.3. Le funzioni esecutive il processo di invecchiamento .....	14
2.4. Funzioni esecutive nell'ictus .....	15
2.5. Le funzioni esecutive e il cammino.....	16
2.6. Attenzione .....	18
3. INTERFERENZA COGNITIVO MOTORIA (CIM).....	20
3.1. Generalità .....	20
3.2. Perché si verifica la CIM? Tre Teorie a confronto e nuove ipotesi.....	20
3.3. Allocazione delle risorse: definizione delle priorità.....	21
3.4. Le basi neurali della CIM.....	23
3.5. La CIM nell'ictus .....	24
3.6. CIM e cronicità dell'ictus.....	25
4. DUAL TASK .....	27
4.1. Generalità .....	27
4.2. Come calcolare il costo Dual Task.....	27
4.3. Pattern di interferenza .....	28
4.4. Rappresentazione grafica dei pattern .....	30
4.5. Interpretazione dei risultati.....	31
5. DESCRIZIONE DEL TRAINING E DELLE MISURE DI OUTCOME .....	34
5.1. Partecipanti.....	34
5.2. Valutazioni motorie.....	35
5.3. Valutazioni cognitive .....	37
5.4. Valutazione dell'abilità Dual-Task: TUGx5 DUAL TASK.....	41
5.5. Calcolo dell'indice .....	42
5.6. Descrizione del Training Dual Task.....	43
5.7. Esercizi motori proposti .....	45

5.8.	Esercizi cognitivi proposti.....	48
6.	ANALISI DEI CASI CLINICI E RISULTATI DEI DATI AGGREGATI .....	51
6.1.	Caso Clinico 1 .....	51
6.1.1.	Outcome Motori: .....	51
6.1.2.	Outcome Cognitivi .....	56
6.1.3.	Pattern di interferenza dual task durante le combinazioni proposte.....	57
6.1.4.	Indice Dual-Task:.....	62
6.1.5.	Sintesi Caso Clinico 1 .....	62
6.2.	Caso Clinico 2 .....	63
6.2.1.	Outcome motori.....	63
6.2.2.	Outcome cognitivi .....	67
6.2.3.	Pattern di interferenza dual task durante le combinazioni proposte.....	71
6.2.4.	Indice Dual Task: .....	76
6.2.5.	Sintesi Caso Clinico 2 .....	76
6.3.	Caso Clinico 3 .....	77
6.3.1.	Outcome motori.....	77
6.3.2.	Outcome cognitivi .....	81
6.3.3.	Pattern di interferenza dual task durante le combinazioni proposte.....	84
6.3.4.	Indice Dual-Task .....	86
6.3.5.	Sintesi Caso Clinico 3 .....	86
6.4.	Caso Clinico 4 .....	87
6.4.1.	Outcome motori.....	87
6.4.2.	Outcome cognitivi .....	93
6.4.3.	Pattern di interferenza Dual-Task durante le combinazioni proposte .....	95
6.4.4.	Indice Dual-Task .....	101
6.4.5.	Sintesi Caso Clinico 4 .....	103
6.5.	Analisi Dati Aggregati .....	103
7.	DISCUSSIONE E CONCLUSIONI.....	116
	BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA .....	117

# INTRODUZIONE

Tra gli obiettivi riabilitativi, che vengono identificati dagli individui in seguito ad uno stroke, quello che assume maggiore priorità è il recupero della deambulazione; in quanto è un'importante attività funzionale che permette di riacquisire un senso di inclusione nella comunità e fornisce un senso di indipendenza. [1] Affinché però un cammino possa essere definito funzionale deve essere in grado di soddisfare le richieste che la vita quotidiana gli pone di fronte, richiede l'abilità di adattarsi per soddisfare gli obiettivi individuali e gli oneri ambientali e comporta comunemente l'esecuzione simultanea di compiti cognitivi mentre si cammina; [2] infatti gli individui difficilmente durante la vita di tutti i giorni compiono un solo compito per volta, e quindi sono impegnati solo sul cammino, ma nella maggior parte dei casi l'attività quotidiana richiede la capacità di saper gestire l'esecuzione di due o più compiti simultanei come ad esempio camminare mentre si attraversa la strada o camminare mentre si è impegnati in una conversazione. [3]

Risulta quindi fondamentale che gli individui siano in grado di mantenere stabile la performance del cammino mentre eseguono altri compiti (come per esempio uno cognitivo) che richiedono risorse attentive. Questa abilità di compiere un compito cognitivo mentre si sta camminando viene indicata come dual tasking e sfida continuamente sia le funzioni cognitive che motorie e sta guadagnando un'attenzione sempre maggiore nella riabilitazione dello stroke. [1]

Il cammino dopo uno stroke risulta infatti notevolmente compromesso a causa di una diversa serie di fattori: l'emiplegia, la spasticità, i disturbi sensoriali e di equilibrio; in questi individui una deambulazione funzionale può non essere raggiunta al termine dell'iter riabilitativo e presentano un rischio di caduta notevolmente maggiore rispetto a quello degli altri individui. Bisogna poi ricordare che accanto alle menomazioni motorie, più o meno gravi, gli individui con esiti di ictus possono presentare deficit cognitivi. Questi in particolare comprendono compromissioni delle funzioni esecutive e dell'attenzione, due componenti fondamentali per la coordinazione e la pianificazione di comportamenti complessi e che permettono di eseguire due azioni nello stesso momento, ovvero il dual task. [4]

L'insieme di questa sintomatologia porta a un'inabilità degli individui post stroke a compiere performance dual task e questo lo dimostra il fatto che durante l'esecuzione di due prestazioni simultanee, da parte di questi soggetti, una di queste o entrambe subiscono un deterioramento, fenomeno definito anche come interferenza cognitivo-motoria. (CIM)

Data quindi la rilevanza che è il cammino dual task ha nella vita quotidiana sempre di più ci si sta interrogando su quelli che sono i meccanismi sottesi al fenomeno dell'interferenza cognitivo motoria durante la deambulazione, con l'obiettivo di delineare in ambito riabilitativo un paradigma dual task che possa permettere il soddisfacimento delle richieste di situazioni di vita quotidiana. [5] Gli individui con deficit neurologici, come per esempio un ictus, a causa delle compromissioni

motorie e cognitive sopra elencate, necessitano di una maggior quantità di risorse attentive per il controllo della performance motoria; da questo ne consegue che una minor quantità di risorse è disponibile per l'esecuzione simultanea di un secondo compito. Questa condizione rende gli individui con esiti di ictus particolarmente suscettibili all'interferenza dual task. Vista quindi la rilevanza che ha il ritorno ad una deambulazione nella comunità in termini di partecipazione e qualità della vita, e soprattutto data l'importanza del cammino dual task nella vita di tutti i giorni, il paradigma dual task sta diventando un outcome riabilitativo di interesse tra gli individui con disturbi neurologici. [3]

Con queste premesse lo studio che presentiamo descrive una proposta di trattamento dual task nei pazienti con esiti di ictus, il quale è composto in questo caso da un compito motorio e uno cognitivo.

# 1. ICTUS

## 1.1. Generalità

L'ictus rientra nelle affezioni classificate come cerebrovascolari, ovvero un gruppo eterogeneo di malattie la cui causa è un' affezione di origine circolatoria a livello encefalico.

*“L'ictus (stroke nella letteratura anglosassone) è, secondo la definizione proposta dall'OMS ed universalmente accettata, una sindrome caratterizzata dall'esordio improvviso di deficit neurologici focali o diffusi, di durata superiore a 24 ore, o con esito letale, dovuta a cause circolatorie.”*

Si possono distinguere in base al meccanismo causale dell'evento tre tipologie di ictus: il più frequente è l' ictus ischemico o infarto cerebrale che insorge a causa dell'interruzione del flusso sanguigno in una determinata area cerebrale per occlusione di un vaso cerebrale, per esempio da placca aterosclerotica, e rappresenta circa l'85% dei casi; l'ictus emorragico che si verifica a causa della rottura di un vaso che si verifica nel 10% dei casi ed infine l'emorragia subaracnoidea quando il versamento sanguigno interessa lo spazio sub aracnoideo, cioè quello compreso tra l'aracnoide e la pia madre, dove si trova il liquor, questa rappresenta la circostanza meno frequente e interessa solo il 5% dei casi.

Ad oggi l'ictus nei paesi industrializzati rimane la terza causa di morte e la prima causa di disabilità cronica andando a impattare negativamente sull'indipendenza degli individui nelle attività di vita quotidiana (ADL). [6] In particolar modo le abilità che più vengono interessate sono: il vestirsi, i trasferimenti e il cammino. [7]

## 1.2. Sintomi

Il danneggiamento cerebrale in seguito ad un ictus deriva dall'interruzione del flusso sanguigno a livello delle cellule nervose in specifiche aree cerebrali con loro secondaria necrosi; distinguendo i due meccanismi causali questo può avvenire o per il blocco o per la rottura di vasi sanguigni, interrompendo così l'apporto di ossigeno e glucosio al cervello. [8]

A seconda della localizzazione e dell'estensione della lesione cerebrale si possono distinguere sintomi variabili, che possiamo includere in tre grosse categorie: motori, cognitivi e sensitivi/sensoriali.

La compromissione motoria rappresenta il deficit principale in seguito ad un ictus, infatti i disturbi della mobilità iniziale arrivano ad interessare circa due terzi dei sopravvissuti all'ictus. Possono essere presenti una riduzione della mobilità, una ridotta capacità di controllo muscolare e di

gestione del movimento che possono interessare la muscolatura facciale, del tronco e degli arti superiore e inferiore. In particolare le anomalie di controllo del movimento che colpiscono l'intero emisoma di un individuo sono presenti in circa l'80% dei pazienti. A sei mesi dall'evento più del 30% degli individui presenta una compromissione tale da non poter ritornare a un cammino autonomo; la presenza di debolezza muscolare o impaccio motorio a livello di un arto o di un emilato del corpo e la perdita di movimenti volontari infatti sono problemi comuni immediatamente dopo un ictus e contribuiscono a ridurre la velocità di deambulazione, che è un segno caratteristico dell'andatura post-ictus. Queste difficoltà di deambulazione impattano negativamente sulla vita quotidiana di questi individui che quindi presentano limitazioni nello svolgere autonomamente le attività della vita di tutti i giorni e riducono la qualità della vita. [9] Tra gli altri sintomi motori possiamo includere: la spasticità e tutte le conseguenze che ne derivano come dolore, alterazione della postura e disturbo della marcia, la parola scandita e la disfagia.

Da un punto di vista cognitivo può essere presente la difficoltà nel comprendere o esprimere il linguaggio (afasia) o il neglect (eminattenzione per gli stimoli posti a sinistra).

I disturbi sensitivi possono essere: somatosensoriali, quando si ha un'alterata percezione di una parte del corpo o di un intero emilato o visivi.

Sebbene la sintomatologia dell'ictus è piuttosto variabile, in base all'estensione e alla localizzazione della lesione cerebrale, il sintomo principale è l'emiplegia. [8] [10]

### **1.3. Deambulazione nell'ictus**

Come già anticipato la deambulazione è un'attività funzionale fondamentale per garantire agli individui con esiti di ictus l'indipendenza necessaria per la vita di tutti i giorni e il reinserimento a livello della comunità. Ne consegue quindi che nell'impostazione e formulazione degli obiettivi riabilitativi la deambulazione assume un ruolo prioritario. Affinché la deambulazione ritorni ad essere funzionale richiede agli individui di essere flessibili e in grado di adattarsi a tutti gli oneri ambientali; questo significa che devono essere in grado di mantenere stabile la loro camminata e compiere altre azioni o task, che richiedono risorse attentive. [1]

Il recupero della deambulazione per un paziente con esiti di ictus avviene principalmente entro le prime 11 settimane dall'evento, oltre questo range temporale è più raro che avvenga il recupero. Rispetto ai soggetti sani, i pazienti con esiti di ictus sperimentano un cammino che è di velocità e resistenza nel tempo ridotta a causa delle menomazioni muscolo scheletriche e cardiovascolari, presentano una maggiore instabilità a causa della compromissione dell'equilibrio dinamico e una maggiore asimmetria. Questo porta gli individui ad avere un cammino poco ecologico che gli



richiede un costante dispendio energetico. Nonostante i percorsi riabilitativi si stima che in circa il 30-40% dei casi non viene riacquisita una deambulazione adeguata. [11] [12] Questo perché il cammino che viene sperimentato ed allenato in un setting riabilitativo è privo di tutti quei distrattori di cui la vita quotidiana è piena; per cui un paziente che recupera un adeguato cammino all'interno di una palestra potrebbe non avere la stessa sicurezza nel camminare in situazioni ambientali più esigenti, da un punto di vista di risorse attentive, come una strada affollata o su superfici irregolari o scivolose. [13] Al fine di eseguire un'adeguata analisi e un corretto trattamento è necessario valutare questi pazienti non solo da un punto di vista motorio ma considerare anche il funzionamento cognitivo; la letteratura infatti suggerisce che quando si eseguono altri compiti simultaneamente al cammino o sono presenti degli oneri ambientali a cui bisogna adattarsi si ha il coinvolgimento del funzionamento cognitivo di livello superiore. Questa visione per cui si discosta dalla percezione tradizionale del cammino come semplice attività automatica che non richiede risorse attenzionali ed è regolamentata solamente da processi subcorticali e input sopraspinali. [14]

Quando si analizza la deambulazione, in particolare durante le situazioni dual task, bisogna tenere presente anche l'abilità di poter girare e quindi cambiare direzione; è stato osservato infatti che durante una condizione dual task i soggetti con esiti di ictus oltre ad un rallentamento del cammino hanno sperimentato instabilità prima di girare. È una capacità che richiede di analizzare e sequenziare una serie di informazioni come quelle che provengono dall'apparato vestibolare, le informazioni visive che si ricavano dalla localizzazione del punto in cui deve essere effettuato il compito di virata e i successivi aggiustamenti posturali e regolazioni della velocità del cammino, che rallenta in prossimità della virata e accelera una volta completato il movimento di perno su un lato. Questa funzione risulta compromessa nei pazienti con esiti di ictus, in particolar modo in quelli in cui è presente spasticità, e l'incapacità di poter svolgere questa serie di azioni comporta un aumento dell'instabilità. [15]

#### **1.4. Disturbi sensoriali**

I disturbi somatosensoriali sono presenti in circa l'89% dei casi e tendenzialmente interessano in misura maggiore l'arto inferiore rispetto a quello superiore; la loro presenza compromette notevolmente il cammino, in particolare la velocità. Questo perché la presenza di deficit tattili e propriocettivi a livello plantare è responsabile della mancanza di feedback che provengono dall'arto inferiore che permettono di avere consapevolezza del rapporto che la pianta del piede ha con il terreno e di rilevare il peso, e quindi il carico, che si sta portando sull'arto. Questa mancanza porta ad un aumento dell'instabilità e delle oscillazioni posturali che si traducono in una riduzione dell'equilibrio in questi pazienti che contribuisce ad aumentare il rischio di caduta. Per il cammino la presenza di questi disturbi, e quindi l'incapacità di percepire il carico a livello dell'arto, implica

un aumento dell'asimmetria, una velocità ridotta, un aumento della variabilità della lunghezza del passo e una riduzione della resistenza. [16]

### **1.5. La spasticità**

La spasticità è definita come *“una patologia motoria caratterizzata da aumenti dipendenti dalla velocità nel riflesso di stiramento tonico che derivano dall'ipereccitabilità del riflesso di stiramento, un componente della sindrome del motoneurone superiore.”* [17]

Si caratterizza per l'aumento di tono muscolare, definito rigidità, e da contrazioni involontarie intermittenti o protratte, che possono essere fonte di dolore, dei muscoli scheletrici. [18] Le caratteristiche della spasticità sono: un aumento velocità-dipendente della resistenza allo stiramento passivo di un muscolo accompagnata da un aumento della vivacità dei riflessi tendinei.

Quanto presente la spasticità compromette il movimento limitando l'uso funzionale rimanente dei muscoli. Inoltre quando è prolungata può determinare dei cambiamenti nelle proprietà strutturali di muscoli e articolazioni interessate, quindi le alterazioni che si verificano a livello delle fibre muscolari e del tessuto connettivale possono determinare l'instaurarsi di retrazioni che limitano il range di movimento articolare (ROM). Secondariamente questa condizione può portare alla formazione di contratture e anchilosi. [19]

La spasticità in genere interessa i muscoli antigravitari; a livello degli arti inferiori, la cui prevalenza è del 28-37 % dei casi, [20] interessa gruppi muscolari tali che si venga a determinare un patter spastico caratterizzato da: adduzione degli arti, per interessamento dei muscoli adduttori, anca flessa, per il coinvolgimento dell'ileopsoas e il retto del femore, ginocchio flesso, quando vengono coinvolti gli hamstring e il piede equino-varo-supinato per interessamento del soleo e tibiale posteriore. In quest'ultimo caso la postura anomala prolungata del piede altera la capacità di mantenere la stazione eretta, di eseguire in sicurezza i trasferimenti e di deambulare correttamente con un influenza negativa sull'esecuzione delle ADL. [18]

Le alterazioni della deambulazione sono secondarie all'inadeguato contatto della pianta del piede con il suolo dovuto alla presenza del piede equino. Il ciclo del passo infatti consta di fasi di doppio appoggio che si alternano a fasi di oscillazione e la rigidità del piede fissa in una posizione di flessione plantare e inversione compromette la maggior parte di queste fasi in cui è diviso il cammino. [20]

## 1.6. L'equilibrio e il rischio caduta

L'equilibrio, definibile anche stabilità posturale, è quella funzione necessaria per la stabilizzazione del centro di massa corporea rispetto alla base di supporto, durante le destabilizzazioni che possono provenire dall'esterno o essere autoindotte. L'equilibrio deriva dall'integrazione di processi motori, sensoriali e cognitivi. Le compromissioni di questi processi (cognitivi, motori, sensoriali e integrativi) determinano nei pazienti con esiti di ictus deficit di equilibrio che possono portarli a sperimentare cadute nel 50% - 70% dei casi. [21]

I disturbi posturali in seguito ad un ictus provocano una maggiore instabilità del centro di pressione e portano gli individui con emiplegia a fare maggiore affidamento, e quindi a caricare in maniera importante, sull'arto non affetto e di conseguenza questo atteggiamento porta ad un non uso dell'arto paretico per l'aggiustamento posturale. Questo atteggiamento è da contrastare stimolando i pazienti stessi all'utilizzo dell'arto inferiore durante l'esecuzione delle attività di vita quotidiana perché è stato mostrato che l'instaurarsi e l'apprendimento nel tempo di questo atteggiamento è correlato a compromissioni dell'equilibrio. [22] [23]. I disturbi dell'equilibrio a loro volta sono causa di un aumentato rischio di cadute, [22] che con tutte le loro conseguenze tra cui fratture dell'anca e la possibilità di ulteriori ospedalizzazioni, l'aumento del decondizionamento e del livello generale di disabilità, e dell'incremento della paura di cadere, [24] contribuiscono a ridurre la partecipazione nei pazienti con ictus. [22]

Risulta quindi fondamentale per gli individui con esiti di ictus poter identificare i potenziali rischi al fine di prevenire le cadute; infatti oltre il 70% dei sopravvissuti dimessi a domicilio ha riferito perdite dell'equilibrio durante la deambulazione che li hanno portati a sperimentare cadute nel corso dei primi 12 mesi dall'evento. [9] Nella maggior parte dei casi le perdite di equilibrio si sono manifestate nel momento in cui gli individui hanno dovuto affrontare compiti complessi da un punto di vista motorio come per esempio oltrepassare un ostacolo; in particolare Said e i colleghi hanno mostrato che l'incapacità degli individui con esiti di ictus di oltrepassare un ostacolo è associata a una maggiore probabilità di sperimentare cadute in futuro. [24]

L'importanza di valutare i deficit di equilibrio deriva dal fatto che quest'ultimo costituisce un fattore predittivo per il recupero della deambulazione e l'intervento dell'attività fisica può potenzialmente modificarne le caratteristiche. [22]

## 2. FUNZIONI ESECUTIVE E ATTENZIONE

### 2.1. Generalità

Come già accennato nei paragrafi precedenti l'outcome clinico dell'ictus è piuttosto variabile, in quanto gli individui possono presentare deficit motori agli arti superiore e inferiore ( debolezza, paresi, ridotta mobilità e controllo muscolare, spasticità) disturbi sensoriali ma anche deficit cognitivi, in particolare nell'elaborazione delle informazioni e nelle funzioni esecutive. [25] E siccome la capacità di poter eseguire un dual task richiede l'integrità di funzioni esecutive e attenzione, in particolare l'attenzione divisa, prenderemo in esame in questo capitolo queste due specifiche funzioni cognitive. [26]

Le funzioni esecutive appartengono a un dominio cognitivo che include anche attenzione, working memory, ragionamento e problem solving. [4]

Con il termine funzioni esecutive si fa riferimento a una serie di processi cognitivi superiori che usano e modificano le informazioni da molti sistemi corticali sensoriali a livello delle regioni cerebrali anteriore e posteriore per regolare e produrre azioni efficaci e finalizzate e per il controllo delle risorse intenzionali. [26] [27] Sono responsabili per la pianificazione e la coordinazione di processi complessi , per il posizionamento nell'ordine corretto degli eventi delle attività ( placing task events) e nell'allocare la quantità necessaria di attenzione ad ogni compito. Sono quindi le funzioni che abilitano a compiere due compiti simultaneamente, abilità definita anche come dual-task. [4]

Le funzioni esecutive sono state suddivise da Lezak in quattro componenti principali: pianificazione, volizione, azione intenzionale e monitoraggio dell'azione; qualcuno inserisce tra queste componenti anche l'inibizione cognitiva.

Queste funzioni includono componenti sia cognitive che comportamentali responsabili della pianificazione, dell'inizio, del sequenziamento e del monitoraggio delle azioni goal- directed efficaci e del controllo delle risorse attenzionali, che sono alla base della capacità di gestire in maniera indipendente le attività della vita quotidiana (ADL) e di adattarsi alle varie situazioni ambientali. [27] [28]

Per eseguire i comportamenti umani complessi sono quindi un prerequisito fondamentale, in quanto nelle situazioni in cui devono essere elaborate informazioni contraddittorie e interferenti, permettono di selezionare gli stimoli utili e inibire quelli trascurabili, rendendo possibile l'esecuzione di azioni goal-oriented. Questo è quello che si verifica nelle situazioni in cui due compiti vengono eseguiti contemporaneamente, ovvero condizioni di dual task che ci siamo

proposti di analizzare nel dettaglio nel nostro studio, nelle quali è richiesta la costante e contemporanea coordinazione dell'elaborazione di diversi flussi di informazioni; abilità presidiata dalle funzioni esecutive. [29]

Per la loro importanza si può quindi dedurre che una perdita di valore a una o più componenti delle funzioni esecutive possa influire sulla capacità di camminare in maniera efficiente e sicura: per esempio una scarsa autocoscienza dei limiti ( un aspetto della volontà) potrebbe comportare un aumento del rischio di caduta o un'insufficiente capacità di pianificazione potrebbe comportare scelte che producono percorsi inefficienti o sforzi inutili per arrivare a destinazione. [27]

## **2.2. Anatomia delle funzioni esecutive**

Le funzioni esecutive sono tradizionalmente associate ai lobi frontali e le relative reti cerebrali; i pazienti infatti con una lesione frontale mostrano spesso una compromissione cognitiva attribuibile alle funzioni esecutive, ma è giusto ricordare che anche altre aree cerebrali sono attribuite alle funzioni esecutive come le aree associative, le aree limbiche e le aree subcorticali . L'area del lobo prefrontale e, in particolare, la corteccia prefrontale dorso laterale e la corteccia cingolata sono state correlate agli aspetti cognitivi delle funzioni esecutive.

Uno studio di Collete e altri ha infatti mostrato che diversi compiti delle funzioni esecutive attivano non solo diverse aree frontali e parietali, ma anche altre aree del cervello. [27] Con particolare riferimento all'abilità dual task , Wu e altri hanno individuato due sottoregioni del cervelletto che vengono attivate durante l'esecuzione di due compiti simultanei: il lobulo sinistro V e il verme destro. È stato suggerito che le reti neurali di ciascun compito vengano integrate in una singola rete da un collegamento da aree cerebrali distinte. È stato ipotizzato che la possibilità di integrare e regolare le varie reti cerebrali sia la base neurale che permette l'esecuzione di due compiti simultanei. Secondo questa visione quindi le regioni cerebellari farebbero parte delle reti esecutive. [26]

Non si può quindi confinare l'anatomia delle funzioni esecutive unicamente nella corteccia frontale ma è più corretto ipotizzare che le funzioni esecutive si basino su una rete di aree cerebrali anteriore e posteriore. In particolare le aree anteriori sono coinvolte negli aspetti dell'autoregolazione, come l'inibizione e l'autoconsapevolezza, mentre le parti dorsali sono coinvolte nei processi di ragionamento; e che i lobi frontali e le reti strettamente correlate svolgono un ruolo critico, partecipando in misura maggiore rispetto ad altre aree del cervello, per quelle funzioni definite esecutive ma che comunque altre aree contribuiscono a questo dominio cognitivo. [27]

### **2.3. Le funzioni esecutive il processo di invecchiamento**

Studi neuropsicologici sostengono che con l'invecchiamento si assista a un declino delle funzioni esecutive, tra queste risultano compromesse l'inibizione degli stimoli sbagliati, la capacità di problem solving che a sua volta richiede l'integrità dell'abilità di set switching, ovvero la flessibilità cognitiva che permette di passare da un compito all'altro, il pensiero creativo, l'astrazione e alcune componenti dell'attenzione. Bisogna però anche sottolineare che questo declino o rallentamento cognitivo, che comporta un peggioramento per alcune componenti delle funzioni esecutive, non raggiunge i livelli tali da poter definire queste condizioni come quadri di “disfunzioni esecutive”; sia la letteratura che la l'osservazione clinica infatti sostengono che le funzioni esecutive nell'anziano sano siano in genere preservate.

Questo scenario che si può osservare da un punto di vista clinico ha un riscontro anche neuroanatomico. Diversi studi infatti mostrano che i lobi frontali risultano sensibili ai cambiamenti associati all'età. In particolar modo i lobi frontali, che abbiamo precedentemente definito come l'area cerebrale maggiormente attribuibile alle funzioni esecutive, sono sensibili alle lesioni che si verificano a livello della sostanza bianca, che a loro volta potrebbero influenzare il circuito fronto-striatale e portare a un danno delle funzioni esecutive.

In maniera specifica una meta-analisi di Gunning-Dixon e Raz eseguita tramite risonanza magnetica (MRI) ha mostrato un'associazione tra aree di iper – intensità a livello della sostanza bianca e declino della velocità di elaborazione, della memoria e delle funzioni esecutive ma non è stata dimostrata un'associazione con il livello di intelligenza generale. Altri studi invece affermano che, oltre all'associazione con i danni a livello della sostanza bianca, ci sia una correlazione tra il declino delle funzioni esecutive e i cambiamenti, come la perdita di tessuto, a livello della materia grigia, le patologie cerebrali aggiuntive, in modo particolare se localizzate nella corteccia prefrontale e il declino dell'attività dopaminergica dovuto all'età.

È importante sottolineare che i cambiamenti cerebrali frontali che avvengono con l'invecchiamento sono estremamente variabili in termini di grandezza, età e per l'influenza dell'educazione e dello stile di vita, e che le funzioni esecutive non si esauriscono e non si limitano solamente al lobo frontale, per cui un loro danneggiamento potrebbe derivare da lesioni anche in altre aree cerebrali.

Per cui la valutazione dell'eventuale danneggiamento o declino in qualche dominio delle funzioni esecutive non deve portare a generalizzazioni e il quadro completo e esaustivo sulle funzioni esecutive di un paziente non deve basarsi solamente sui punteggi ottenuti ai test neuropsicologici ma deve tenere conto delle sue abilità di affrontare e svolgere le ADL, in cui le funzioni esecutive vengono costantemente reclutate. [27]

## 2.4. Funzioni esecutive nell'ictus

Come già accennato nei paragrafi precedenti le funzioni esecutive vengono danneggiate in seguito ad un ictus e approssimativamente l'incidenza della disfunzione esecutiva è del 75%. Considerando la rilevanza e l'importanza che tutte le componenti delle funzioni esecutive hanno nelle azioni e nelle situazioni quotidiane è intuibile capire come il loro danneggiamento impatti negativamente sulla qualità della vita di questi individui.

Le componenti in cui possiamo suddividere le funzioni esecutive sono: l'inibizione, la capacità di prendere delle decisioni e pianificare, la memoria di lavoro e la flessibilità cognitiva. Queste funzioni non sono indipendenti, ma lavorano in stretta associazione; ne deriva per cui che il declino di un'abilità possa determinare un certo grado di compromissione anche in un'altra.

Analizziamo nello specifico i cambiamenti che avvengono in seguito ad uno stroke a livello di queste componenti:

L'inibizione è quella capacità che permette a un individuo di bloccare gli stimoli sbagliati e i distrattori, permettendogli di dare priorità e allocare le giuste risorse attentive all'attività che sta compiendo; quando questa funzione subisce un danneggiamento si instaurano risposte comportamentali di tipo impulsivo. L'impulsività, mediata dalla corteccia mediale orbito-frontale (mOFC), infatti insorge dalla mancanza del controllo inibitorio ed è caratterizzata da un rapido processo decisionale in cui la bassa considerazione dei rischi e delle conseguenze delle azioni può portare a comportamenti pericolosi per l'individuo.

La memoria di lavoro è un'altra funzione che risulta danneggiata nelle popolazioni con esiti di ictus. Viene definita come una forma attiva di memoria a breve termine che viene processata principalmente a livello della corteccia prefrontale dorso laterale. Può essere divisa in due componenti: verbale e spaziale. Come abbiamo spiegato prima l'integrità della memoria di lavoro è necessaria per il funzionamento delle altre funzioni esecutive; infatti una compromissione della memoria di lavoro per esempio potrebbe influire sulla capacità di un individuo di pianificare, in quanto risulterebbe difficoltoso trattenere le informazioni necessarie per l'ideazione di una determinata azione.

Lo shifting cognitivo (o set- switching o flessibilità cognitiva), è quell'abilità che permette ad un individuo di passare con rapidità da una compito all'altro e viene processata principalmente a livello della corteccia prefrontale ventrolaterale. Analogamente a quanto descritto per la working memory anche il corretto funzionamento dello shifting cognitivo si basa su una stretta relazione di altri processi che includono il controllo attentivo, l'inibizione, la working memory e l'elaborazione della velocità e degli errori. La flessibilità cognitiva è fondamentale per funzionamento delle funzioni esecutive di alto livello come il problem solving, il ragionamento e l'astrazione. I deficit

di set-shifting possono essere indagati tramite il test Wisconsin Card Sorting Test ( WCST) di cui spiegheremo l'esecuzione nei capitoli più avanti. [30]

## 2.5. Le funzioni esecutive e il cammino

I danni che vengono riportati a livello delle funzioni esecutive non possono essere confinati unicamente alla sfera cognitiva, infatti bisogna considerare le ripercussioni che determinano anche da un punto di vista motorio, nonostante questi due aspetti siano sempre stati considerati e analizzati separatamente. Un'analisi di questo tipo però risulta incompleta perché considera il cammino semplicemente un'attività motoria automatica, mentre è insieme di componenti tanto motorie quanto cognitive, in quanto in controllo della deambulazione è permesso da una serie di processi complessi a livello cerebrale la cui rottura determina compromissioni non solo cognitive ma anche motorie. Nei disturbi neurodegenerativi l'interazione che esiste tra ambito motorio e ambito cognitivo è stata ben descritta; per cui la valutazione della deambulazione per essere completa deve comprendere anche l'analisi di quelli che sono gli sforzi cognitivi richiesti per potersi adattare alle situazioni e contrastare le perturbazioni ambientali durante l'esecuzione di un cammino. [4] [31]

L'elaborazione cognitiva è quindi fondamentale per il controllo motorio in quanto i movimenti non possono essere eseguiti senza intento; gli individui che presentano un danneggiamento delle abilità cognitive, come nel caso dell'ictus, non possono utilizzare le funzioni cognitive per l'apprendimento motorio. I meccanismi di controllo posturale ,come il cammino e il mantenimento della stazione eretta, che prima erano azioni automatiche in seguito ad un danno cerebrale vengono persi in via temporanea o permanente [12] e da processi automatici ritornano allo stadio di processi " controllati", per cui la loro esecuzione può richiedere l'utilizzo di un maggior quantitativo di risorse attenzionali. [13]

Illustriamo nella tabella qui sotto quelli che possono essere i possibili effetti sul cammino quando una componente delle funzioni esecutive subisce un danneggiamento:

<b>Componente delle funzioni esecutive</b>	<b>Descrizione della componente</b>	<b>Effetto sul cammino quando questa componente è compromessa</b>
Volizione	È la capacità di comportamento intenzionale necessaria per la formulazione degli obiettivi e per iniziare un' attività.	La conseguenza è una riduzione della motivazione che porta a una riduzione della mobilità.
Autocoscienza	È la capacità di posizionare sé stessi da un punto di vista sia fisico che	Ne deriva una camminata definita negligente, ovvero non



	psicologico nell'ambiente circostante e nella situazione in cui ci si trova.	si ha una scarsa o nulla percezione delle limitazioni fisiche che possono comportare una inaccurata valutazione dei rischi ambientali con conseguente aumento del rischio di caduta.
Pianificazione	“È l'identificazione e l'organizzazione delle fasi e degli elementi necessari per realizzare un'intenzione.” Questa abilità può fare affidamento su altre funzioni cognitive come l'abilità di concettualizzare i cambiamenti dalla situazione presente, concepire alternative, pensare, fare delle scelte, controllare gli impulsi e usare la memoria	Comporta una perdita o una scarsa abilità di prendere decisioni o scelte. Ne deriva che le scelte che vengono fatte spesso non sono adeguate e possono rendere il cammino meno ecologico che richiede maggiori sforzi per arrivare per esempio in una determinata destinazione.
Inibizione della risposta	È la capacità che permette di ignorare gli input sensoriali irrilevanti, filtrare le distrazioni per risolvere . Questa abilità è strettamente correlata all'attenzione selettiva	È fondamentale in quanto è l'abilità che negli ambienti ricchi di distrazioni, come quelli di vita quotidiana, permette di concentrarsi sul cammino, fornendogli il giusto quantitativo di attenzione.
Monitoraggio della risposta	È l'abilità che permette di confrontare le azioni in corso con un piano interno e per rilevare errori.	Questa componente è importante per camminare in ambienti complessi.
Attenzione/ dual tasking	È l'abilità che permette di allocare in maniera appropriata l'attenzione tra compiti che sono eseguiti contemporaneamente	Negli adulti sani questo comporta una riduzione della velocità del cammino, e ad un declino della prestazione del secondo compito. Può manifestarsi un aumento dell'instabilità e del rischio di caduta.

**Tabella 1** la tabella mostra un modello ipotetico di quella che può essere la correlazione tra il danneggiamento di una funzione esecutiva e l'impatto che ha sul cammino. [27]

## 2.6. Attenzione

L'attenzione è la funzione esecutiva che prenderemo in esame ai fini del nostro studio. Come già precedentemente illustrato diverse condizioni neurologiche possono portare a menomazioni sia nell'ambito motorio che nell'ambito cognitivo con la conseguenza che movimenti precedentemente automatici ( e che quindi non richiedono attenzione) necessitino ora più attenzione. Il termine indica “ *un numero di processi diversi che sono relazionati ad aspetti di come l'organismo diventa ricettivo a degli stimoli e come si attiva l'elaborazione in entrata o la percezione ad eccitazioni, sia interne che esterne*”. [27]

L'attenzione può essere suddivisa, attraverso una classificazione puramente artificiale, in processi intensivi e processi selettivi. All'interno dei processi intensivi includiamo l'attenzione sostenuta e l'attenzione alternata; mentre tra i processi selettivi inseriamo l'attenzione divisa e l'attenzione focalizzata o selettiva. Le componenti intensive costituiscono un prerequisito per gli aspetti dell'attenzione più complessi come ad esempio le componenti selettive. [27] [32]

L'attenzione alternata costituisce quell'abilità che permette di saltare da un compito all'altro in maniera rapida, mentre quella sostenuta è definita come la capacità che ci rende in grado di mantenere un certo livello di attenzione su un'attività per un determinato arco di tempo. L'attenzione selettiva, che viene riportata anche come concentrazione, è la funzione che vagliando le informazioni permette di rilevare e di dare priorità a quelle fondamentali e di tralasciare quelle irrilevanti; rappresenta un processo fondamentale per far fronte al flusso di informazioni sensoriali che quotidianamente raggiungono i sensi. [33] L'attenzione divisa infine si riferisce alla capacità di svolgere più di un'attività contemporaneamente; quest'ultima componente è quella che risulta fondamentale per poter eseguire le performance dual task ed è quella che rispetto alle altre componenti dell'attenzione viene ad essere colpita più frequentemente. Quando sono presenti compromissioni in questa componente si verifica come conseguenza un'incapacità di allocare le risorse tra i compiti; questa condizione influenza negativamente l'indipendenza e la capacità di svolgere le attività quotidiane. [27] [32] [34]

I deficit di questa funzione esecutiva possono coinvolgere diversi aspetti del processo attentivo a seconda della localizzazione della lesione e sono piuttosto comuni tra i pazienti con ictus, si registra infatti che la loro incidenza si trova tra il 46% e il 92%. [32]



## **3. INTERFERENZA COGNITIVO MOTORIA (CIM)**

### **3.1. Generalità**

Quando l'esecuzione simultanea di due compiti risulta in una compromissione della performance di uno o entrambi parliamo di interferenza cognitivo-motoria (CIM). [35]

L'abilità di eseguire due compiti ( in questo caso uno motorio e uno cognitivo) viene definita dual task, e come affermato anche in precedenza l'efficienza con cui si svolgono le prestazioni dual task è vincolata all'integrità di due componenti: l'attenzione e le funzioni esecutive. [26]

Purtroppo queste sono quelle che possono presentare delle compromissioni in seguito ad un ictus; ne deriva quindi che l'abilità dual task di questi soggetti risulta essere notevolmente danneggiata e di conseguenza influisce negativamente sull'indipendenza nelle attività di vita quotidiana. La vita di comunità infatti spesso richiede l'esecuzione contemporanea di due o anche più azioni e se questo non è possibile per l'individuo si traduce in una restrizione nella partecipazione in alcune attività significative.

È sulla base di queste considerazioni che risulta fondamentale allenare simultaneamente sia l'attività motoria che quella cognitiva ai fini di un recupero riabilitativo ottimale e un reinserimento alla vita di tutti i giorni ottimali.

### **3.2. Perché si verifica la CIM? Tre Teorie a confronto e nuove ipotesi**

Ancora non si ha una teoria univoca che dimostri la causa dell'insorgenza dell'interferenza cognitivo-motoria, per cui illustreremo quelle che sono le tre ipotesi più accreditate: il Capacity Sharing Model ( modello delle capacità condivise), la Bottleneck Model ( teoria del collo di bottiglia) e il Cross Talk Model. Presenteremo anche una nuova ipotesi che si discosta dalla visione di queste tre teorie.

Il Capacity Sharing Model sostiene che le risorse mentali a disposizione siano limitate e che durante l'esecuzione simultanea di due o più attività queste vengano ripartite e condivise tra i compiti che si stanno intraprendendo. È facile dedurre quindi che quando un certo quantitativo di risorse è impegnato nell'esecuzione di un compito, ce ne saranno meno a disposizione per la performance di una seconda attività; questa visione spiegherebbe il motivo per cui le persone normalmente sono in grado di eseguire attività simultanee ma all'aumentare della difficoltà di un compito, che quindi richiede un maggior quantitativo di risorse, la prestazione del compito secondario, o di entrambi, risulta inficiata. Secondo questo modello quindi, la capacità di

elaborazione dei diversi compiti può procedere in parallelo, ma la velocità o l'efficienza dell'elaborazione sono vincolate alla disponibilità delle capacità per quell'attività. [36] [3] [37]

La Bottleneck ( Task-Switching) Model rappresenta un'alternativa alla teoria appena illustrata. A differenza della visione precedente questo modello sostiene che certe operazioni mentali non possano essere processate in parallelo, ma in sequenza. Questo significa che in una situazione dual task in cui le due attività necessitano della medesima operazione mentale nello stesso momento si verifica la strozzatura o collo di bottiglia da cui deriva che l'elaborazione di uno, o entrambi i compiti, potrà subire un ritardo o essere compromessa. [36] [37] [27]

Il Cross-Talk Model rappresenta la terza e ultima visione. In questo modello l'insorgenza dell'interferenza cognitivo motoria dipende dal contenuto delle informazioni che vengono a essere processate e non dal tipo di operazione. Secondo quest'ottica due attività simultanee che coinvolgono input simili sono più semplici da eseguire in quanto determinerebbero l'attivazione dello stesso " set di macchine" che può essere utilizzato per entrambi i compiti. [36]

Una nuova ipotesi che si sta avanzando è che quando si eseguono attività dual task ( o si compie multitasking) in realtà non si stiano realmente processando due compiti simultaneamente ma che in realtà avvenga un continuo e rapido spostamento da un compito all'altro. A sostegno di questa ipotesi è stato condotto uno studio tramite risonanza magnetica funzionale da Frank Tong e colleghi con lo scopo di indagare le connessioni cerebrali in particolare nella corteccia frontale inferiore, zona connessa all'abilità di task switching, di pazienti che venivano sottoposti ad un allenamento di due compiti dual task ( in particolare uno uditivo-vocale e uno visivo-manuale). I risultati mostrano che il picco di attivazione dell'area cerebrale di interesse risulta di durata inferiore e più precoce. Questo sottolinea che in seguito ad un training dual task i soggetti abbiamo potenziato la loro abilità di passare da un compito all'altro. [38]

### **3.3. Allocazione delle risorse: definizione delle priorità**

Quando viene richiesto di eseguire due compiti simultaneamente il cervello, in particolare la corteccia prefrontale e l'area cingolata anteriore la cui attività è stata documentata durante le performance dual task, è responsabile di quello che viene definito il processo di prioritizzazione, ovvero il processo di ripartizione e allocazione delle risorse attentive tra le due attività [27].

L'assegnazione delle priorità alle attività durante la deambulazione è influenzata da una serie di fattori che comprendono:

la riserva posturale ovvero quella funzione che permette ad un individuo di contrastare in modo efficace tutti i fattori destabilizzanti, e che quindi costituiscono una minaccia posturale e possono aumentare il rischio di caduta. Nei soggetti con esiti di ictus la riserva posturale risulta diminuita, a

causa delle compromissioni a livello del sistema motorio, sensoriale e cognitivo, e questa condizione può richiedere che un maggior quantitativo di risorse venga dedicato per il mantenimento dell'equilibrio e della postura.

L'autocoscienza che è quella componente delle funzioni esecutive che permette ad un individuo di avere consapevolezza dei propri limiti e di fare una stima dei rischi ambientali di cui bisogna tenere conto mentre si cammina.

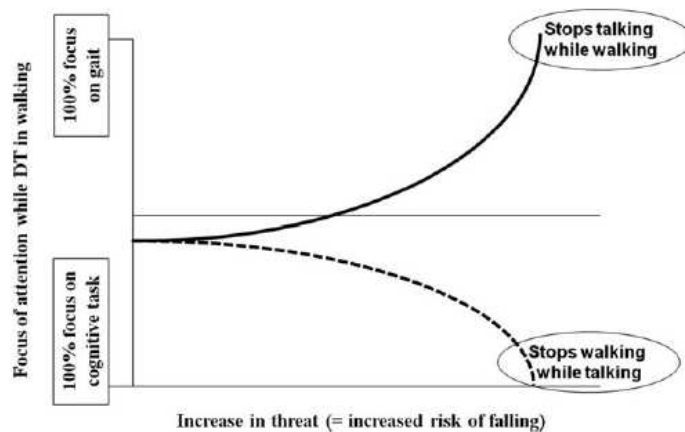
I fattori secondari possono comprendere l'esperienza dell'individuo, in quanto l'esecuzione di compiti sovra appresi consuma generalmente meno risorse attenzionali, rispetto a quando si esegue un compito nuovo; oppure la natura del compito secondario e in particolare la sua complessità che possono far dirigere tutta l'attenzione verso la stabilità posturale per ridurre il rischio di una eventuale caduta. Altre caratteristiche individuali come l'eccitazione, lo stato o il tratto della personalità possono influenzare la strategia di definizione delle priorità e quindi la performance dual task.

L'integrazione e l'integrità di tutte queste componenti determina quale strategia di definizione delle priorità verrà a definirsi nel corso di una performance dual task. [39]

Nella condizione in cui non vengono fornite istruzioni su quale compito privilegiare i soggetti sani tendono a privilegiare un comportamento che minimizza il pericolo e massimizza il beneficio. Nell'ottica del cammino questa strategia, definita "posture first", può essere vista come dare priorità spontanea all'andatura, rispetto al compito secondario come quello cognitivo, per aumentare la stabilità e ridurre il rischio caduta. Quest'ottica ha senso in una prospettiva ecologica che tende a minimizzare la perdita di equilibrio e a ridurre al minimo le cadute. [39]La "posture first" potrebbe essere vista come una delle chiavi che gli adulti sani mettono in atto in maniera inconscia per evitare i pericoli e prevenire la cadute mentre camminano; e di questo ne sono la dimostrazione: la diminuzione della qualità del compito cognitivo e la diminuzione della variabilità della larghezza del passo che riflette l'aumento della stabilità del cammino. [27]

Questo però non avviene per le popolazioni di pazienti neurologici, i quali invece sembrano utilizzare in maniera inopportuna una strategia definita "posture second"; questi soggetti infatti tendono ad aggravare inutilmente il loro rischio caduta durante le condizioni di dual task. Questo concetto di priorità errata può in parte spiegare perché alcuni soggetti con esiti di ictus sono incapaci di seguire un sentiero rettilineo. [27]

Il grafico che qui riportiamo sintetizza quelli che sono i possibili scenari che si possono venire a creare quando un soggetto deve allocare le risorse tra due compiti in questo caso uno cognitivo e uno motorio:



**Figura 1** La figura mostra il grado di allocazione dell'attenzione tra 2 compiti (cognitivo e motorio) e gli scenari di Stops talking while walking e Stops walking while talking [39]

La figura distingue due condizioni opposte, in base alla prioritizzazione del compito, che possiamo definire: “Stops Talking while Walking” e “Stops Walking while Talking”, con particolare attenzione a quest’ultima. La situazione in cui un soggetto smette di camminare quando è intento a parlare è molto frequente nella popolazione anziana e in quella con un disturbo neurologico. In entrambe queste categorie infatti la riduzione fisiologica dell’efficienza, da un lato, e la compromissione, dall’altro, delle funzioni esecutive fa sì che gli individui con una bassa riserva posturale spostino tutta l’attenzione sul compito motorio in quanto concentrarsi sul compito cognitivo diventerebbe troppo rischioso ed esporrebbe l’individuo a un rischio di caduta. [39] Il “Stop Walking when Talking” è infatti emerso come uno dei migliori predittori per le cadute, in particolar modo per quei soggetti con deficit cognitivi. [40] Anche lo studio di Lundin-Olsson e altri ha mostrato che gli adulti più anziani che non erano in grado di “camminare e parlare” contemporaneamente, in seguito sperimentarono una caduta; al contrario i soggetti, che erano in grado di farlo, erano molto meno inclini a future cadute. [27]

### 3.4. Le basi neurali della CIM

Ad oggi la base neurale dell’interferenza cognitivo motoria che si manifesta durante l’esecuzione di un cammino dual task è ancora sconosciuta; i risultati che si ricavano dagli studi di imaging suggeriscono un coinvolgimento della corteccia prefrontale (PFC) durante il dual tasking. Partendo da queste considerazioni presentiamo due esperimenti di neuroimaging, condotti tramite NIRS e l’uso combinato di fMRI e NIRS, che si sono proposti di osservare i cambiamenti di attivazione della PFC e i pattern di attivazione cerebrale durante l’esecuzione di un cammino sia in condizioni di single task che dual task negli individui sani e con esiti di ictus.

Quello che è stato osservato è un’attivazione bilaterale della PFC maggiore nella condizione di dual task rispetto a quella in single task sia nella popolazione sana che negli individui con esiti di

ictus; e che in quest'ultimi l'attivazione della PFC è maggiore rispetto ai sani sia per le condizioni di single che dual task. Questi risultati ci permettono di dimostrare come l'aggiunta di un compito cognitivo, che determina un incremento nella richieste delle risorse attentive, come dimostrato dall'incremento dell'attivazione della corteccia prefrontale, possa limitare il cammino dual task e quindi compromettere la deambulazione nella comunità degli individui post stroke.

È stata trovata inoltre una correlazione tra i cambiamenti nell'attività cerebrale della PFC e il cambiamento nel comportamento durante le situazioni dual task per i pazienti con esiti di ictus, ma non nei soggetti sani. È stato ipotizzato che la riduzione del controllo sia motorio che cognitivo della deambulazione determini un reclutamento compensativo della corteccia prefrontale.

Nello studio condotto con la risonanza magnetica funzionale è stato registrato un aumento durante la condizione di dual task unicamente per i pazienti con esiti di ictus non solo dell'attivazione della corteccia prefrontale ma anche della corteccia temporale inferiore e dei gangli della base.

Come già affermato il maggior controllo che i pazienti in seguito ad un ictus richiedono per mantenere il controllo del cammino è fondamentale ai fini di un trattamento riabilitativo. Le metodiche riabilitative infatti tendono a concentrarsi sull'esecuzione del movimento in sicurezza e evitano l'utilizzo di situazioni dual task, che al contrario dovrebbero essere sfruttate al fine di rendere il recupero della deambulazione molto più vicino e incline alle situazioni che il paziente sperimenta nella vita quotidiana. [41]

### **3.5. La CIM nell'ictus**

Il deterioramento che si registra nella performance del cammino quando due compiti sono eseguiti contemporaneamente, che abbiamo definito come interferenza dual task, risulta maggiore durante l'invecchiamento e in seguito ad un ictus, e a parità di età i soggetti con una patologia neurologica hanno prestazioni dual task peggiori di quelle dei soggetti sani. Le cause di questo incremento che si registrano nelle popolazioni con disturbi neurologici sono diverse e nel caso specifico dell'ictus dipendono da un insieme di fattori che analizzeremo. [42] [27]

Innanzitutto i soggetti con esiti di ictus presentano prestazioni dual task deteriorate a causa della presenza di deficit cognitivi che interessano le funzioni esecutive e alcuni ambiti dell'attenzione, in particolare quella divisa, che abbiamo già definito essere due aspetti fondamentali per l'esecuzione simultanea di due attività.

Accanto a questi deficit si associano quelli che riguardano l'ambito motorio. La presenza di spasticità, paresi, disturbi sensoriali, debolezza e impaccio muscolare contribuisce a peggiorare l'abilità di deambulazione dell'individuo, che presenterà un cammino alterato, meno automatico e



con un pattern anormale. L'andatura di questi soggetti è caratterizzata da asimmetria, da una riduzione della lunghezza del passo e da una minor resistenza cardio-polmonare allo sforzo.

Si deduce quindi che anche l'esecuzione di una semplice camminata, o di un cammino "normale", per questi soggetti rappresenta un compito impegnativo che richiede un maggior dispendio energetico e una maggior quantità di risorse attentive, in quanto lo schema del passo ha perso di automaticità e richiede un certo carico attentivo per la sua esecuzione.

Da quanto appena descritto è intuitivo capire che ruolo di sfida possa esercitare da un punto di vista del carico attenzionale l'aggiunta di un compito cognitivo a quello motorio; il risultato è infatti che quando un soggetto con stroke compie due attività contemporaneamente le anomalie già presenti nella deambulazione tendono ad aumentare come un maggiore tempo di esecuzione, una maggiore instabilità e un peggioramento dell'asimmetria del passo. Durante l'esecuzione dual task infatti l'andatura di questi soggetti soffre di questa combinazione di effetti: deficit cognitivi e motori che sfidano l'abilità del sistema locomotore, già danneggiato, di camminare e svolgere un altro compito. [27]

L'interferenza cognitivo motoria potrebbe anche contribuire a fornire informazioni sul rischio di caduta tra i pazienti con ictus in quanto se questi durante una situazione dual task attribuiscono in maniera inappropriata la priorità alle attività, ad esempio, se assegnano un maggior quantitativo di risorse a una conversazione piuttosto che al cammino, potrebbero inciampare negli ostacoli.

Queste considerazioni fanno capire quanto possa essere fondamentale e completa la valutazione dell'abilità dual task ai fini riabilitativi: il cammino dual task potrebbe rivelare deficit sottesi, che durante la semplice esecuzione di una deambulazione priva di distrattori cognitivi, come la deambulazione sperimentata e allenata in un setting terapeutico, non sarebbero evidenti. Questo permetterebbe di perfezionare il cammino ma anche di ridurre il rischio caduta; è infatti durante le prestazioni dual task che l'instabilità aumenta e il pericolo di caduta è più elevato. [27]

### **3.6. CIM e cronicità dell'ictus**

Le ricerche mostrano che nell'ictus si riscontrano scenari tipici per quanto riguarda il tipo di interferenza cognitivo motoria. Come spiegheremo più avanti si possono venire a delineare diversi pattern di CIM, e quelli che più frequentemente si registrano per gli individui con esiti di ictus quando compiono simultaneamente un'attività motoria e una cognitiva sono: mutual interference, ovvero entrambe le performance subiscono una compromissione e cognitive-related motor interference, quando l'andatura peggiora mentre quella cognitiva rimane stabile.

Un importante fattore individuale che sembra avere un ruolo nell'influenza della CIM è la cronicità dell'ictus. Infatti sembra che gli individui con un ictus più cronico sembrano risentire meno

dell'interferenza cognitivo motoria; questo potrebbe essere spiegato dal fatto che il cammino possa aver riacquisito un certo grado di automaticità rispetto a quello degli individui con un ictus subacuto. Il ripristino di questa automatismo potrebbe far sì che per il mantenimento dell'andatura siano richieste una minor quantità di risorse attentive, che possono essere quindi impiegate per l'esecuzione della prestazione cognitiva.

Questi risultati sono stati registrati non solo per l'andatura ma anche per l'equilibrio e le oscillazioni posturali. L'interferenza cognitivo motoria sembra avere un andamento più variabile quando si analizza l'equilibrio; ma gli individui con un ictus più cronico mostrano una riduzione delle oscillazioni posturali durante le attività di dual task rispetto ai soggetti con un ictus subacuto. Purtroppo il numero esiguo di studi e la variabilità dei fattori, sia legati alla tipologia dei compiti utilizzato che alle caratteristiche individuali, non permettono una generalizzazione dei risultati ma fanno emergere quest'ipotesi che la cronicità possa influenzare l'andamento della CIM. [43]

## **4. DUAL TASK**

### **4.1. Generalità**

Fino ad ora sono state illustrate le caratteristiche di questa patologia e le conseguenze che può avere sul cammino, le funzioni esecutive e il loro danneggiamento in seguito ad un ictus e l'interferenza cognitivo-motoria.

Quello che ci siamo preposti di fare con questo studio è indagare proprio come l'interferenza cognitivo motoria si verifica, in che misura e le sue variazioni nel corso di un training dual task, al fine di migliorare la deambulazione degli individui che vi si sono sottoposti, rendendola più funzionale e meno dispendiosa.

È stata più volte definita l'abilità dual task come la capacità di svolgere contemporaneamente due compiti, ed è stata sfruttata in quanto permette la valutazione degli effetti del dividere l'attenzione tra la performance motoria e quella cognitiva. In modo particolare permette di evidenziare eventuali deficit nella deambulazione che durante la condizione di single task, ovvero la situazione in cui il soggetto cammina in assenza della seconda attività, potrebbero passare inosservati o non manifestarsi. Infatti, gli individui con esiti di ictus che presentano deficit delle funzioni esecutive, seppur possano non presentare anomalie della deambulazione in condizioni di single task, quando sperimentano una situazione di cammino dual task possono rivelare delle alterazioni che possono contribuire ad aumentare il rischio di caduta, come ad esempio: la riduzione della velocità, un aumento dell'instabilità e della variabilità del passo. Quando avviene parliamo di interferenza cognitivo-motoria. [4]

Ad oggi la rilevanza del cammino dual task nella deambulazione di tutti i giorni è ampiamente riconosciuta e numerosi studi hanno dimostrato che l'interferenza può influire significativamente sul recupero del cammino funzionale nelle persone con disturbi neurologici. [3]

### **4.2. Come calcolare il costo Dual Task**

Nel paradigma dual task è fondamentale valutare l'intensità e la direzione dell'interferenza dual task, due parametri che sono regolati dall'interazione tra i due compiti e dalla modalità con cui un individuo spontaneamente dà priorità ad una attività e quindi come divide l'attenzione.

Al fine di descrivere la tipologia di interferenza che si viene a creare e valutare i suoi andamenti nel tempo è necessario valutare in maniera quantitativa le due performance, cognitiva e motoria, sia nella condizione di single task che di dual task.

Definiamo il cambiamento, tra la condizione di single task e quella di dual task, che si osserva per ciascuna prestazione come interferenza dual task o effetto dual task (DTE).

L'interferenza dual task viene quantificata calcolando il DTE per ognuno dei due compiti. Il DTE rappresenta la variazione relativa delle prestazioni nella condizione dual task rispetto alle prestazioni in condizione di single task. La formula prevede il calcolo del rapporto tra la differenza tra il valore ( per esempio la velocità dell'andatura) tra le prestazioni eseguite in dual e single task e il valore della prestazione in single task, espressa come percentuale. La formula utilizzata per l'outcome di interesse, che nel caso motorio può essere la velocità del cammino mentre per l'aspetto cognitivo possono essere il numero di risposte date corrette, è quella che segue:

$$DTE (\%) = \frac{(dual\ task\ gait\ speed - single\ task\ gait\ speed)}{single\ task\ gait\ speed} \times 100$$

Per convenzione attribuiamo in maniera arbitraria un segno “ meno” alla formula così come segue quando un incremento del valore del parametro che stiamo rilevando indica un peggioramento della performance, invece di un miglioramento. Per esempio l'aumento del tempo impiegato per percorrere un tragitto indica una riduzione della velocità del cammino.

$$DTE (\%) = \frac{-(dual\ task\ gait\ speed - single\ task\ gait\ speed)}{single\ task\ gait\ speed} \times 100$$

Definiremo come DUAL TASK COST la condizione in cui il DTE presenta un segno negativo e quindi avremo un peggioramento della performance dual task rispetto a quella in single task; al contrario parliamo di DUAL TASK BENEFIT quando la performance dual task migliora e il DTE ha segno positivo. [44] [3]

È importante sottolineare che per una corretta interpretazione dei risultati, che spiegheremo nei paragrafi successivi, siano riportati i DTE di entrambi i compiti sia quello motorio che quello cognitivo. [3]

### **4.3. Pattern di interferenza**

Il calcolo del DTE motorio e cognitivo ci permette di esaminare e inquadrare quale strategia attentiva è stata utilizzata dal soggetto e quindi di valutare complessivamente in maniera positiva o negativa l'esecuzione della performance dual task. [3]

Plummer ha individuato 9 pattern di interferenza cognitivo motoria che si possono verificare quando un individuo svolge un'attività in condizioni di dual task; il compito, cognitivo o motorio, viene valutato in relazione alla sua performance in condizioni di single task. I 9 possibili scenari che si possono verificare sono:

una situazione di *No Interference* – si verifica quando entrambe le attività non presentano variazioni rispetto alle loro rispettive prestazioni in single task; *Cognitive-Related Motor Interference* – quando è presente l'interferenza nel compito motorio ma non in quello cognitivo per cui la prestazione motoria subisce un deterioramento rispetto alla condizione di single task al contrario di quella cognitiva che rimane stabile; *Motor-Related Cognitive Interference* – rappresenta la situazione opposta a quella appena descritta in quanto la prestazione del compito motorio rimane stabile mentre è presente interferenza in quella cognitiva, che risulta deteriorata rispetto alla condizione di single task ; *Motor Facilitation*- è il pattern che si delinea quando la prestazione motoria migliora e la prestazione cognitiva rimane stabile; *Cognitive Facilitation*- quando si verificano dei miglioramenti nella prestazione cognitiva mentre quella motoria rimane stabile; *Cognitive Priority Trade-Off* – quando la prestazione cognitiva migliora a scapito di quella motoria che peggiora; *Motor Priority Trade- Off* – quando la prestazione motoria migliora a scapito di quella cognitiva che peggiora; *Mutual Interference*- quando entrambe le prestazioni peggiorano, ed infine *Mutual Facilitation* – quando entrambi i compiti migliorano. [43]

Questa classificazione ci permette di sottolineare e spiegare perché è importante la valutazione di entrambe le prestazioni ( sia pre che post trattamento) e di quanto possano essere incompleti e in alcuni casi fuorvianti i risultati che si possono trarre dagli studi che tengono conto solo delle variazioni che avvengono nella prestazione motoria. Per fare un esempio un miglioramento di una prestazione motoria in seguito ad un training dual task che non valuta la componente cognitiva potrebbe far cadere in inganno e far concludere che il training ha portato delle variazioni positive per quanto riguarda la funzione motoria. Ma nel caso in cui quel miglioramento sia accompagnato da una riduzione della performance cognitiva ( e quindi nel caso di una condizione motor priority trade-off) nel complesso non lo possiamo considerare un miglioramento, in quanto il soggetto ha solo spostato l'attenzione e quindi le sue risorse dal compito cognitivo a quello motorio.

Una condizione di *Mutual Interference*, ovvero la situazione in cui entrambi i compiti risultano deteriorati, suggerisce che ci sono risorse attentive inadeguate che non permettono di mantenere le performance di ciascun compito al livello delle relative condizioni di single task; ovvero la richiesta di attenzione supera la capacità totale a disposizione. Tuttavia i due compiti possano non essere compromessi in egual modo.

La situazione di *Cognitive-Related Motor Interference* simboleggia sempre un quantitativo di risorse inadeguato ma si verifica una prioritizzazione della performance cognitiva, che quindi rimane stabile, al contrario di quella del cammino che risulta compromessa. Questa situazione è in analogia alla *Motor-Related Cognitive Interference* dove però a essere prioritizzato è il compito motorio.

I pattern di tipo Cognitive Priority Trade-Off o Motor Priority Trade-Off suggeriscono uno scenario di scambio che avviene a livello delle risorse attentive, da cui consegue che il miglioramento che si registra in una prestazione è accompagnato da un incremento del Dual Task Cost nell'altra. A differenza degli scenari precedentemente descritti, in questa condizione le risorse attentive non sono insufficienti ma vengono maggiormente allocate in uno dei due compiti; per cui tra i pattern appena presentati questa rappresenta una condizione meno severa. [3]

#### **4.4. Rappresentazione grafica dei pattern**

La classificazione teorica appena illustrata rappresenta uno strumento per l'interpretazione dei risultati. Il grafico che riportiamo qui sotto si ottiene tracciando i DTE, sia della performance cognitiva che di quella motoria, l'uno con l'altro, e permette di classificare i pattern di interferenza.

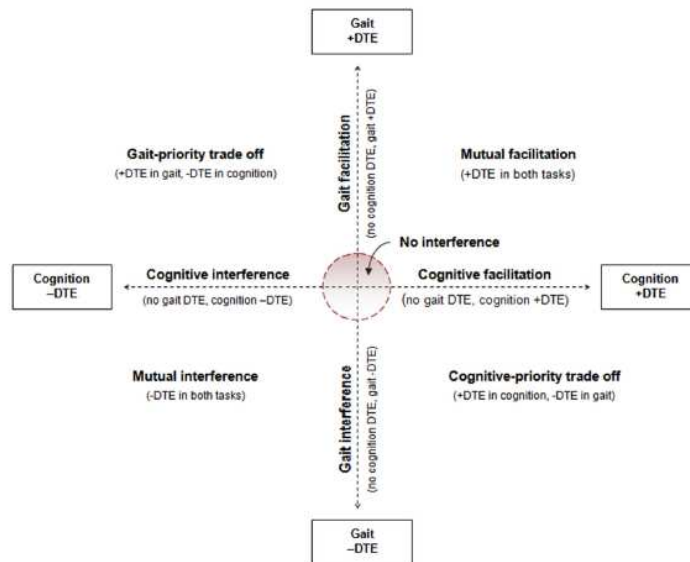
Da un punto di vista riabilitativo è uno strumento fondamentale in quanto consente di registrare le modificazioni dei pattern di interferenza che si susseguono nel tempo e quindi di valutare l'efficacia o meno di un ipotetico trattamento dual task.

La regione di No Interference, dove l'interferenza dual task è nulla, è arbitrariamente rappresentata; la delimitazione dei confini della regione di No Interference è data da quelli che vengono definiti i MCID, ovvero i valori minimi di differenza di DTE clinicamente rilevanti; al momento però questi valori rimangono sconosciuti.

I valori clinicamente rilevanti del DTE motorio e cognitivo possono differire tra loro, e si discosteranno anche a seconda delle misure assolute dei singoli individui. [3]

Per individuare il pattern di interferenza che caratterizza la performance dual task di un individuo basterà individuare nel grafico i valori del DTE del compito motorio e del compito cognitivo e segnare il punto sul grafico. La localizzazione del punto all'interno del grafico indicherà il pattern. Per semplificare la descrizione della localizzazione dei pattern utilizzeremo il linguaggio della geometria e definiremo: un pattern di tipo Mutual Facilitation nel primo quadrante, un pattern di tipo Gait-Priority Trade-Off nel secondo, un pattern di tipo Mutual Interference nel terzo e un pattern di tipo Cognitive-Priority Trade Off nel quarto; sui valori positivi e negativi dell'asse delle ascisse si verranno a delineare rispettivamente una condizione di Cognitive Facilitation e una di Cognitive Interference, analogamente per valori positivi sull'asse delle ordinate troveremo una situazione di Gait Facilitation, mentre per valori negativi sull'asse delle ordinate avremo una Gait Interference.

Riportiamo qui sotto il grafico che abbiamo appena spiegato. Si può notare come sono illustrati i possibili 9 scenari di interferenza a seconda dei rispettivi valori di DTE.



**Figura 2** Modello concettuale utilizzato per la rappresentazione grafica dei pattern di interferenza cognitivo-motoria che si delinea nelle situazioni di dual task [3]

#### 4.5. Interpretazione dei risultati

Una volta costruita la rappresentazione grafica di alcune ripetizioni di una performance dual task occorre valutare e interpretare gli eventuali spostamenti della strategia adottata dall'individuo per portare a termine la prestazione e affermare se si tratta di un miglioramento, un peggioramento o semplicemente di una modificazione nell'allocazione delle risorse attentive.

Registrando i valori dei DTE, sia del compito motorio che quello cognitivo, l'uno rispetto all'altro per delineare i pattern di interferenza e considerando i DTE di ogni compito preso singolarmente sarà possibile analizzare i cambiamenti nel tempo dell'interferenza dual task.

Bisogna poi definire l'obiettivo che ci si attende da una determinata proposta di training dual task; per esempio possiamo ipotizzare che l'obiettivo atteso sia una riduzione dell'interferenza nel cammino. Vengono assunti come miglioramenti tutti quegli spostamenti della prestazione verso la zona di No Interference. In maniera più dettagliata possiamo affermare che: affinché una riduzione dell'interferenza sul cammino possa essere definita come un miglioramento non deve essere accompagnata da un concomitante aumento, e quindi peggioramento, dell'interferenza nel compito cognitivo; perché in tal caso significherebbe che è stata adottata una nuova strategia di trade off e non ci sono stati effettivi miglioramenti a livello della prestazione motoria.

Analogamente se quello che ci si attende da un training dual task è una riduzione dell'interferenza nel compito cognitivo, questa potrà essere definita tale solo se l'interferenza motoria non cambia o migliora.

Il grafico qui sotto riportato mostra 4 possibili scenari a cui ci si può trovare di fronte al termine di un training dual task, forniamo ora un esempio pratico di interpretazione dello spostamento delle risorse che si può osservare.

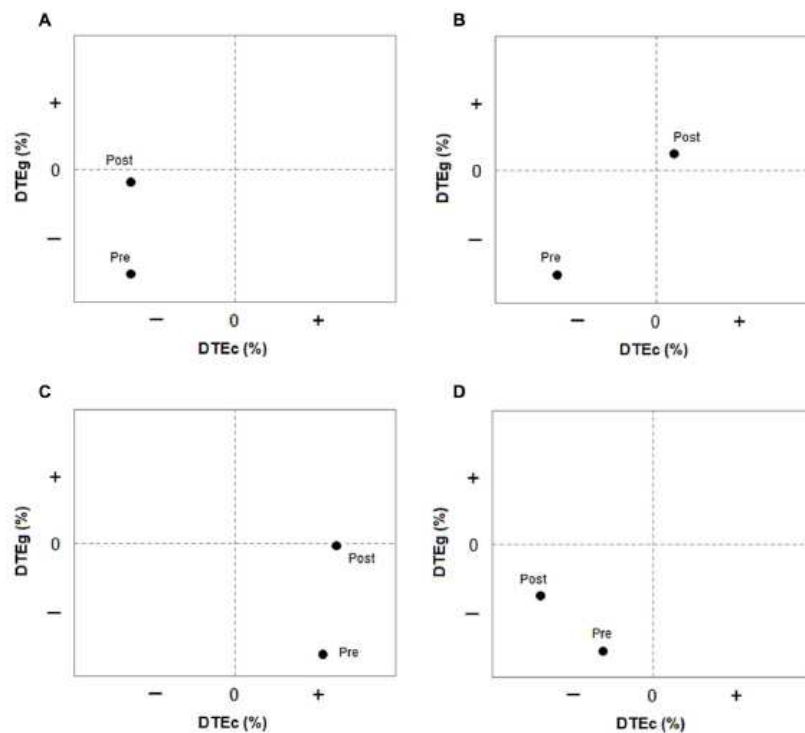
Nella condizione A ci troviamo di fronte a uno spostamento da una situazione di Mutual Interference a un miglioramento dell'interferenza motoria senza cambiamenti in quella cognitiva; per la spiegazione appena fornita questo può essere definito come un miglioramento complessivo della performance.

Nella figura B invece si osserva uno scenario ancora più positivo: infatti da una condizione di Mutual Interference la prestazione si sposta verso un miglioramento non solo della prestazione motoria ma anche di quella cognitiva, andando a definire un pattern di tipo Mutual Facilitation.

Nella situazione rappresentata nella figura C il soggetto presenta all'inizio un pattern di tipo Cognitive- priority trade-off presenta quindi un dual task cost per il motorio e un dual task benefit cognitivo. Al termine del trattamento non è presente un DTE sul cammino ma la facilitazione dual task per il cognitivo è rimasta. Questo suggerisce che l'allocazione dell'attenzione sul compito cognitivo non ha più avuto costo sul cammino, il quale può essere considerato un outcome positivo.

Tutte queste tre condizioni possono essere definite come dei miglioramenti al contrario dell'ultima; la figura D infatti mostra uno scenario in cui da una Mutual Interference il soggetto riduce l'interferenza per quanto riguarda la prestazione motoria ma aumenta quella cognitiva. Nel complesso non si può definire come un miglioramento ma semplicemente come uno spostamento nell'allocazione delle risorse, in quando l'incremento della performance motoria avviene a discapito di quella cognitiva, per cui la Mutual Interference persiste sotto un'altra forma.





**Figura 3** il DTE si riferisce all'effetto Dual Task. DTEg è relativo alla misura sul cammino, il DTEc è relativo all'effetto sulla misura cognitiva. Situazione A= nella condizione il pattern è mutual interference, nel post si registrano un miglioramento per l'interferenza sul cammino (nessun cambiamento per l'interferenza cognitiva). Situazione B= nella condizione pre il pattern è mutual interference, nel post il pattern è mutual facilitation. Situazione C= nel pre si ha interferenza sul cammino con cognitive priority trade off, nel post si ha un miglioramento dell'interferenza sul cammino (nessun cambiamento nel DTE cognitivo). Situazione D= nel pre si ha un pattern di mutual interference, nel post il miglioramento dell'interferenza sul cammino si verifica a spese del compito cognitivo (peggioramento); indica che non c'è un miglioramento ma un cambiamento di strategia per la performance dual-task. [3]

La struttura che abbiamo appena presentato costituisce uno strumento in grado di analizzare come i pattern di interferenza dual task variano nel tempo e nelle differenti situazioni dual task, in modo tale da poter distinguere tra miglioramenti effettivi ed apparenti; avere approfondimenti sui cambiamenti dell'allocazione dell'attenzione così come sulla complessiva performance dual task è fondamentale perché l'abilità di cambiare strategia di allocazione nelle differenti situazioni dual task è probabilmente un aspetto critico della performance dual task al fine di garantire sicurezza nella deambulazione durante la mobilità nella vita di tutti i giorni. [3]

## **5. DESCRIZIONE DEL TRAINING E DELLE MISURE DI OUTCOME**

Lo studio è stato condotto presso la Struttura Organizzativa Dipartimentale della clinica di Neuroriabilitazione di Ancona all'interno dell'Azienda Ospedaliera Universitaria Ospedali Riuniti, per un periodo complessivo di 8 mesi. Dopo una prima fase in cui è stata analizzata la letteratura disponibile in merito all'argomento dual-task è stato stilato un protocollo per la valutazione e la riabilitazione, che ha richiesto la collaborazione del CdL in Fisioterapia e del CdL in Logopedia. Il training è già stato proposto a 6 pazienti che hanno concluso questo iter riabilitativo nell'anno precedente e quest'anno ha previsto il reclutamento di 4 soggetti. Nei paragrafi più avanti si discuteranno i risultati ottenuti comprensivi di tutti e 10 i soggetti coinvolti.

Il training che è stato proposto prevedeva la simultanea esecuzione di un compito motorio e un compito cognitivo in pazienti con esiti di ictus cerebrale con lo scopo di analizzare i meccanismi dell'interferenza cognitivo motoria al fine di migliorare le abilità motorie e le capacità cognitive, oltre che l'incremento dell'abilità dual task nel suo insieme.

### **5.1. Partecipanti**

I partecipanti individuati sono 4 e hanno un'età compresa tra 54 e 78 anni con media aritmetica 66.2 anni e deviazione standard pari a  $\pm 11.7$ . La scolarità va da 5 a 16 anni, con una media aritmetica di 9.2 anni e deviazione standard pari a  $\pm 4.08$ .

Vista l'esiguità del numero affronteremo singolarmente ogni caso clinico completo di anamnesi, valutazioni motorie, valutazioni cognitive, scelta della combinazione degli esercizi e analisi dei relativi pattern di interferenza, presentazione dell'indice dual task e una breve sintesi.

Elenchiamo qui quelli che sono stati i nostri criteri di inclusione per quanto riguarda la selezione dei partecipanti:

- Gli individui dovevano presentare una valutazione della scala Holden pari o superiore a 3
- Un punteggio del test Mini Mental State Examination(MMSE) pari o superiore a 18

E i criteri di esclusione:

- Presenza di una disartria o una afasia severa.
- Presenza di problemi ortopedici vincolanti.
- Presenza di disordini neurologici pregressi.

Nella tabella che riportiamo qui sotto descriviamo brevemente quelle che sono le caratteristiche di ogni singolo individuo per quanto riguarda: l'età, il sesso, gli anni di scolarità, localizzazione dell'ictus e tempo trascorso dall'evento ictale:

<b>Nome</b>	<b>Età</b>	<b>Sesso</b>	<b>Scolarità</b>	<b>Ictus</b>	<b>Tempo dall'evento</b>
M. C.	54	M	5	ictus ischemico lacunare sn	5 mesi
A. V.	78	M	16	ictus ischemico dx	2 mesi
S. G.	78	M	8	ictus emorragico sn	5 mesi
S. M.	54	M	8	ictus emorragico capsulo nucleare dx	3 mesi

**Tabella 2 Descrizione dei partecipanti**

## **5.2. Valutazioni motorie**

In questo paragrafo analizziamo e descriviamo quelle che sono le scale di misura e i test utilizzati per la valutazione motoria. Ogni scala di valutazione è stata somministrata ad ogni paziente a T0, T1 e al follow-up, ad eccezione di un soggetto per cui non è stato possibile effettuare il follow-up.

Le misure di outcome che sono state prese in considerazione per ogni paziente sono: il 6 Minutes Walking Test, il 10 Metres Walking Test, il MiniBest, il Nine Hole Peg Test, il Box and Block, , il Time Up and Go (TUG) e il Time Up and Go cognitivo.

**6 Minutes Walking Test :** Il test di camminata di 6 minuti (6MWT) è un test sottomassimale della capacità di esercizio funzionale utilizzato per valutare la resistenza allo sforzo fisico. Durante il test, ai partecipanti viene chiesto di percorrere la massima distanza possibile mentre camminano su una superficie dura e piana per un periodo di 6 minuti. I pazienti possono scegliere, a propria discrezione, la velocità e possono fermarsi e riposare durante il test. E' permesso l'utilizzo di ausili per la deambulazione se il paziente ne fa normalmente uso. Le prestazioni del 6MWT sono misurate dalla distanza totale percorsa in metri entro 6 minuti su un circuito lineare lungo 30 metri che si ripete. [45]

**10 Meters Walking Test:** Il 10 Meters Walking Test consiste nel registrare in secondi il tempo impiegato da un individuo per compiere un percorso di 10 metri su superficie piana. L'individuo può utilizzare gli ausili per la deambulazione se in condizioni normali ne usufruisce. Il soggetto ha come obiettivo il percorrere il tragitto prefissato impiegando il minor tempo possibile.

**MiniBEST :** Il MiniBESTest costituisce la forma abbreviata del BESTest (sviluppato per identificare i sistemi di controllo posturale) e rappresenta una misura dell'equilibrio e dell'andatura

appropriata per gli individui con vari disturbi neurologici. Il Mini-BESTest valuta quattro aspetti dell'equilibrio dinamico e include quattro sottoscale: transizioni/controllo posturale anticipato, controllo posturale reattivo, orientamento sensoriale e stabilità dell'andatura. Per ogni item possibile attribuire un punteggio da 0 a 2 ( 0= grave a 2=normale). È composto da 14 item, per un punteggio massimo di 28 punti. [46]

Nine Hole Peg Test: Il Nine Hole Peg Test (NHPT) è una misura che quantifica, per mezzo della registrazione temporale del test, la destrezza manuale fine. Durante questo test il paziente è seduto a un tavolo con un contenitore che contiene 9 pioli e un blocco di legno o plastica con 9 fori vuoti. Al paziente viene chiesto di prendere i pioli, uno per volta e con una presa a pinza, e inserirli nei fori vuoti. Una volta riempiti il paziente con la medesima modalità di presa usata precedentemente deve estrarli uno per volta e inserirli di nuovo nel contenitore. Il paziente deve eseguire il test il più rapidamente possibile in quanto si registra il tempo di esecuzione. [45]

Box and Block Test : il Box and Block Test (BBT) è una misura che permette di valutare la destrezza manuale grossolana; dove più alto è il punteggio registrato in questo test migliore è la destrezza. La somministrazione del test prevede che i pazienti siano seduti a un tavolo e l'esaminatore è di fronte a loro per controllare l'esecuzione; i soggetti si trovano davanti una scatola rettangolare che è divisa, per mezzo di un separatore, in due scomparti quadrati di eguale dimensione, e all'interno di un compartimento sono contenuti dei cubi o blocchi di legno da 2,5 cm. Al paziente viene richiesto di spostare il maggior numero possibile di blocchi, in 60 secondi, uno alla volta, da un compartimento all'altro. Il BBT viene valutato contando il numero di blocchi trasportati da un compartimento all'altro durante i 60 secondi. La mano del paziente deve attraversare la partizione senza toccarla per ottenere un punto, e i blocchi che cadono o rimbalzano dal secondo compartimento sul pavimento vengono comunque premiati con un punto. Più blocchi trasportati contemporaneamente, contano come un singolo punto. [45]

Time Up and Go (TUG): Il Time Up and Go valuta la capacità di eseguire compiti motori sequenziali relativi a camminare e girare; rappresenta una misura obiettiva della mobilità di base e della gestione dell'equilibrio. Il TUG richiede ai soggetti di alzarsi da una sedia, camminare per una distanza di 3 metri, girarsi, tornare alla sedia e sedersi. Al soggetto è consentito l'uso di un ausilio per la deambulazione se richiesto normalmente. Il punteggio è costituito dal tempo impiegato per completare l'attività del test in secondi. [45]

Time Up and Go Cognitivo: Questa prova non rappresenta una vera e propria scala ma un item del miniBEST. Si riporta brevemente la descrizione in quanto è stata presa in considerazione per la discussione dei risultati dei partecipanti. Il Time Up and Go Cognitivo o Dual Task consiste nell'esecuzione del TUG in concomitanza a un compito cognitivo di sottrazioni seriali. L'individuo deve quindi alzarsi da una sedia, percorrere un tragitto di 3 metri, girarsi, tornare indietro, sedersi e contemporaneamente applicare sottrazioni di 3 unità a partire da una cifra che gli viene fornita

prima dell'inizio del test. La valutazione consiste nel misurare il tempo di esecuzione in secondi del test e valutare l'eventuale decremento di velocità rispetto al TUG e la presenza di errori cognitivi.

Dobbiamo precisare che nel nostro studio sia il TUG che il TUG Cognitivo sono stati eseguiti su 5 metri anziché 3.

Sono state poi riportate solamente a scopo descrittivo per ogni paziente i valori delle variabili esplicative. Ci limitiamo solamente ad elencarle in quanto per nessuno dei pazienti si sono registrate variazioni degne di nota. Queste sono: la Barthel, la FIM, l'Ashworth, la Holden, la Standing Balance e il Trunk Control Test (TCT). Analogamente alle misure di outcome precedentemente descritte i punteggi delle variabili esplicative sono stati riportati alla valutazione a T0, a T1 e in sede di follow-up, dove è stato possibile effettuarlo.

### 5.3. Valutazioni cognitive

Anche per le prestazioni cognitive riportiamo e descriviamo quelli che sono i test utilizzati per valutare i cambiamenti dei pazienti. Analogamente alla valutazione motoria anche i punteggi della valutazione cognitiva sono stati riportati a T0, T1 e al follow-up, se presente.

La valutazione neuropsicologica ha compreso un processo complesso di indagine conoscitiva con lo scopo di rilevare punti di forza e di debolezza delle funzioni cognitive della persona, ed è composta di diverse fasi strutturate. Con la somministrazione di test standardizzati, è stata definita una linea guida del funzionamento delle funzioni esecutive, dell'attenzione e della working memory, come illustrato di seguito:

<b>Dominio cognitivo</b>	<b>Test utilizzati</b>
<b>Funzionamento cognitivo</b>	Oxford Cognitive Screen (OCS)
<b>Attenzione</b>	Paced Auditory Serial Addition Test (Ciaramelli et al., 2006) [47] Test delle Matrici Attentive (Spinnler, Tognoni, 1987) [48] Trail Making Test (TMT) (Giovagnoli et al., 1996) [49]
<b>Working memory</b>	Test dei Cubi di Corsi (Monaco et al., 2013) Digit Span Forward (Monaco et al., 2013) [50] Digit Span Backward (Monaco et al., 2013) [50]

<b>Funzioni esecutive</b>	Stroop Color Word Interference Test (Barbarotto et al., 1998) [51]
	Wisconsin Card Sorting Test (WSCT) (Heaton R.K. et al., 2000) [52]
	Torre di Londra (ToLDX) (Culbertson, Zillmer et al. 2000) [53]
	Frontal Assessment Battery (FAB) (Apollonio et al., 2005) [54]
	Test di Fluenza fonemica (AFS) (Carlesimo et al., 1996)

**Tabella 3 Test cognitivi utilizzati e relativo dominio cognitivo indagato.**

La Oxford Cognitive Screen (OCS) [55] valuta i principali domini cognitivi: memoria, linguaggio, cognizione numerica, prassie, funzioni esecutive e attenzione. È stata progettata come strumento di screening che consente una rapida valutazione del funzionamento cognitivo del paziente e orienta per un'ulteriore e più dettagliata valutazione del dominio o dei domini cognitivi che dovessero risultare compromessi. È veloce da somministrare e, a differenza di altri strumenti di uso corrente, consente anche la valutazione di pazienti afasici. Gli elementi della prova sono infatti presentati sia visivamente che verbalmente e si offre la possibilità di selezionare una risposta corretta tra scelte multiple. Al fine di ottimizzare la distribuzione delle risorse attentive, gli item della batteria sono presentati centralmente, riducendo la necessità di una scansione visiva. A differenza di altri strumenti di screening, l'OCS permette di valutare la presenza di neglect (sia allocentrico che egocentrico), di aprassia e di deficit di cognizione numerica.

Paced Auditory Serial Addition Task o P.A.S.A.T. (Ciaramelli et al., 2006; Gronwall, 1977). [56] È un test di valutazione dell'attenzione divisa uditivo-verbale; nell'esecuzione del compito sono anche coinvolte l'attenzione selettiva e sostenuta. Nella somministrazione vengono presentati oralmente dei numeri ad un ritmo di circa 1-2 secondi; il soggetto deve sommare coppie di numeri, sommando ogni numero al precedente.

I dati normativi del test si possono ricavare dai lavori di Gronwall (Gronwall, 1977; Gronwall e Wrightson, 1974; Stuss et al., 1987; Gronwall e Sampson, 1974). Si compone di 60 items con una difficoltà progressiva, in quanto da un intervallo di 4000 ms tra la presentazione di due numeri si passa a 3000ms, 2600ms, 2200 ms e 1800ms. Si tratta di un compito di addizioni seriali usato per la valutazione dell'attenzione divisa, della memoria di lavoro e della velocità di processamento delle informazioni. Dal punto di vista dell'attendibilità, il test presenta una consistenza interna molto alta, eccellente tenuta al test-retest e una buona validità ecologica.

Test delle Matrici Attentive (Spinnler e Tognoni, 1987). È un test per la valutazione dell'attenzione selettiva visiva. In esso vengono mostrate al soggetto tre matrici; ciascuna di esse è costituita da 13

righe di 10 numeri da 0 a 9 ciascuna, disposti in una sequenza casuale. Il soggetto deve sbarrare tutti i numeri uguali a quelli stampati in cima alla matrice (“5” nella I, “2-6” nella II, “1-4-9” nella III). Le matrici vanno presentate dalla più semplice alla più difficile. Il tempo massimo per ogni matrice è di 45 sec, ma si permette comunque al soggetto di terminare il compito nel caso in cui gli occorresse un tempo maggiore. Se il soggetto impiega meno di 45sec. per completare le singole matrici, è necessario indicare il tempo impiegato scrivendolo in fondo alla matrice stessa. Viene calcolato il numero di risposte esatte (range 0-60 complessivamente nelle tre matrici); il numero di falsi allarmi (range 0-270 complessivamente nelle tre matrici); le omissioni (range 0-60).

Trail Making Test o TMT-A TMT-B (Giovagnoli et al., 1996). Il TMT valuta la capacità di pianificazione spaziale in un compito di tipo visuo-motorio; è estremamente sensibile nella rilevazione del danno cerebrale. Il TMT è composto da due parti, A e B. Il corretto svolgimento della parte A richiede adeguate capacità di elaborazione visiva, riconoscimento di numeri, conoscenza e riproduzione di sequenze numeriche, velocità motoria. Il corretto svolgimento della parte B, oltre alle predette abilità, necessita di una flessibilità cognitiva e di una capacità di shifting nella norma. La differenza di tempo tra le due prove (B – A) è anch’essa indice di flessibilità cognitiva e abilità di set-switching.

Parte A: il soggetto deve unire in sequenza con una matita i numeri dall’1 al 25 nel più breve tempo possibile. In caso di errore deve essere immediatamente corretto dall’esaminatore (questo contribuisce ad aumentare il tempo impiegato e quindi a determinare un decremento del punteggio).

Parte B: Test di valutazione dell’attenzione divisa visuo-spaziale. Viene presentato al soggetto un foglio dove sono rappresentati numeri e lettere disposti in modo casuale. Il soggetto, per eseguire il test, deve compiere simultaneamente due compiti: collegare sia in ordine progressivo, che alternato, numeri e lettere (cioè: 1-A-2-B-3-C- ecc), unendo, quindi, in maniera alternata i numeri (dall’1 al 13) e le lettere (dalla A alla N). Il punteggio è basato sul numero di secondi impiegati per completare il test. Vengono ottenuti tre punteggi (parte A; parte B; differenza B – A). Per ogni parte il punteggio grezzo ottenuto deve essere corretto in base all’età e alla scolarità del soggetto.

Digit span test (Monaco et al., 2013): il Digit Span è l’unità di misura della misurazione della memoria in Neuropsicologia ed è composto da due test. Il Digits Forward, la memorizzazione di cifre in avanti e il Digits Backward, la memorizzazione di cifre a rovescio, che in particolar modo è indice del funzionamento della working memory. L’esaminatore legge una sequenza numerica (un numero al secondo) e quando la sequenza è ripetuta correttamente dal soggetto, l’esaminatore continua con la sequenza successiva, che è più lunga di un numero rispetto alla precedente.

Test di Corsi (Monaco et al., 2013) Test di misurazione dello "span" di memoria visuo-spaziale, cioè della quantità di informazioni visuo-spaziali che si riescono a trattenere nella memoria recente o MBT. Lo stimolo è costituito da una tavoletta di legno di cm 32 x 25 in cui sono incollati 9 cubetti di 45 mm di lato, disposti in modo asimmetrico. I cubetti sono numerati dal lato rivolto verso l'esaminatore, che è seduto di fronte al soggetto e tocca con l'indice i cubetti in una sequenza standard di lunghezza crescente (da due a dieci cubetti), al ritmo di un cubetto ogni 2 secondi, tornando ogni volta con l'indice sul tavolo alla fine di ogni toccata. Il numero di cubetti relativo alla serie più lunga, per la quale sono state riprodotte correttamente almeno due sequenze, costituisce il punteggio del test che rappresenta lo span di memoria spaziale di quel soggetto.

Stroop Color Word Interference Test (Barbarotto et al., 1998) è un test per la valutazione dell'attenzione visiva. È una prova articolata in tre subtest: leggere una lista di nomi di colori, dire il nome dei colori, e infine al soggetto è richiesto di denominare il colore dell'inchiostro senza tenere conto di cosa c'è scritto, per cui deve inibire la lettura delle parole. Poiché la lettura è una componente fortemente automatizzata, è facile incorrere in interferenze, in quanto il meccanismo sottostante prevede che venga inibita la risposta automatica e che venga selezionata una risposta alternativa che implica un carico attentivo maggiore. Il test si basa su un effetto descritto da Stroop nel 1935. Il test, nell'una o nell'altra delle sue varie forme, appare utile nell'individuazione di lesioni cerebrali, di psicosi, di malattie psicosomatiche; inoltre valuta la capacità del soggetto di inibire risposte impulsive e inappropriate.

Wisconsin Card Sorting Test o WCST, (Heaton R.K. et al., 2000). [57] Il WCST valuta l'abilità di elaborazione di categorie astratte e l'abilità di cambiamento della categoria in funzione di una modificazione della situazione contingente utilizzando 4 cartoncini diversi per una o più caratteristiche di colore, forma e numero. Uno alla volta vengono presentati 128 cartoncini con figure analoghe a tre dei modelli per qualcuno dei caratteri. Il soggetto deve porre ogni cartoncino sotto al modello secondo una regola non comunicata; dopo ogni scelta l'esaminatore lo informa se l'assegnazione è stata corretta o errata. Vengono dapprima dichiarate giuste le assegnazioni effettuate per colore, e, dopo 10 risposte corrette consecutive, quelle eseguite per forma, e infine quelle per numero, senza che nel corso della prova il soggetto sia mai avvertito di quando il criterio cambia. L'esame dura fino a che siano state identificate 6 categorie o fino all'esaurimento dei 128 cartoncini. Si calcolano il numero di categorie identificate dal soggetto, gli errori commessi e gli errori perseverativi.

Test della Torre di Londra –TOL (Tower Of London) (Culbertson, Zillmer et al, 2000). Il test Torre di Londra (TOL) valuta le abilità di decisione strategica e di problem-solving; si basa sull'utilizzo di uno strumento costituito da tre pioli di diversa lunghezza, nei quali sono infilate tre biglie che il soggetto deve spostare in un certo numero di mosse in modo da ottenere la



configurazione indicata dall'esaminatore. Il TOL valuta aspetti fondamentali del funzionamento cognitivo importanti tanto nella vita quotidiana quanto in una serie di apprendimenti complessi. Misura quindi i seguenti costrutti: pianificazione, monitoraggio, decisione strategica, realizzazione di piani secondo obiettivi e quindi la funzionalità del SAS.

Frontal Assessment Battery (FAB) (Apollonio et. al, 2005). La FAB è un batteria di screening breve costituita da 6 sub-test per saggiare alcune abilità controllate dai lobi frontali: classificazione, flessibilità mentale, programmazione motoria, sensibilità all'interferenza, controllo inibitorio e autonomia ambientale. I sei sub-test sono i seguenti:

- 1- Analogie, per valutare la categorizzazione semantica;
- 2- Fluenza lessicale per categoria fonetica, per valutare la flessibilità cognitiva;
- 3- Sequenze motorie che il soggetto deve riprodurre con la mano preferenziale, per valutare la prassia e la programmazione motoria;
- 4- Sequenze motorie invertite in cui il soggetto deve fare al contrario i gesti svolti dall'esaminatore, per valutare la sensibilità all'interferenza;
- 5- Go/no go in cui il soggetto deve a volte imitare i gesti presentati dall'esaminatore, altre volte inibire il programma di imitazione, al fine di valutare il controllo dell'inibizione;
- 6- Inibizione del comportamento di prensione, al fine di valutare l'autonomia ambientale.

Test di Fluenza Verbale (AFS) (Carlesimo et al., 1996). Il test di fluenza permette una rapida ed efficiente valutazione della capacità di evocazione di parole; spesso questa prova è parte integrante del test per l'afasia come nel caso del BDAE ( Boston Diagnostic Aphasia Examination). Questa prova di fluenza utilizza stimoli fonologici; le categorie fonemiche si presentano come stimoli le lettere F, A, S. Questa prova viene frequentemente aggiunta come prova a parte per la valutazione di pazienti lievi o di media gravità. Oltre a valutare il miglioramento dell'afasia, in quanto il numero di parole prodotte aumenta con il regredire del disturbo lessicale, il test di fluenza viene anche usato come test frontale per valutare la capacità del paziente di generare una strategia di ricerca appropriata.

#### **5.4. Valutazione dell'abilità Dual-Task: TUGx5 DUAL TASK**

Per ogni paziente oltre alla singole misure di outcome motorie e cognitive abbiamo riportato un test che cerca di fornire informazioni sull'abilità di esecuzione di una performance dual-task; a differenza dei test motori e cognitivi questo test è stato valutato oltre che a T0, T1 e al follow-up anche a T mezzi. La prova consisteva nel valutare una performance motoria, una cognitiva e l'unione di queste due; dall'unione di questa combinazione abbiamo ricavato l'indice che utilizzeremo come strumento per valutare l'andamento delle performance dual task. Definiremo

questo test da noi ideato e impiegato come TUGx5 DUAL TASK e ne riportiamo qua la descrizione:

La prova in questione consisteva nell'eseguire inizialmente una prova unicamente motoria. Il soggetto doveva eseguire un percorso analogo a quello descritto per il Time Up and Go tradizionale, ma ripetuto per 5 volte di fila ininterrotte; ovvero il soggetto partiva da seduto, si alzava, percorreva un tragitto di 5 metri, si girava, tornava indietro, si risedeva e subito ripartiva per compiere il percorso appena descritto. Lo stop veniva dato dall'operatore e il paziente poteva non tenere a mente i giri percorsi. Quello che si registrava era il tempo in secondi.

Una volta registrato il tempo di questa prova, veniva utilizzato per proseguire con la parte cognitiva del test. Il soggetto doveva ripetere al contrario sequenze di 4 numeri che gli venivano dettate dall'operatore. Il tempo misurato per la precedente prova motoria veniva utilizzato come arco di tempo in cui l'operatore poteva leggere le sequenze e il paziente poteva rispondere. Si registravano il numero di sequenza riportate in maniera corretta su quelle totali lette.

Dopo questa fase iniziale le due prove venivano combinate. Il soggetto doveva ripetere il percorso spiegato inizialmente e contemporaneamente ripetere le sequenze di numeri lette dall'operatore. Il paziente partiva da seduto e poteva alzarsi dopo aver sentito pronunciare il primo numero. Come prima l'individuo poteva non tenere a mente i giri percorsi ma doveva solamente fermarsi allo stop. Anche qui come per le prove eseguite singolarmente si misuravano il tempo e il numero di risposte corrette su quelle totali.

Al termine di questo test si valutavano quelle che erano le variazioni in termini di tempo impiegato per percorrere il tragitto e l'incremento o la diminuzione di risposte corrette e le risposte totali; si calcolava poi l'indice Dual Task che spiegheremo nel paragrafo seguente.

### **5.5. Calcolo dell'indice**

Una volta che veniva eseguito il test appena descritto si procedeva al calcolo dell'indice. L'indice veniva calcolato facendo il rapporto tra il numero di risposte cognitive corrette durante la prestazione in dual task e il tempo impiegato nella prestazione in dual task, espresso in percentuale; si riporta qui sotto la formula del calcolo:

$$i = \frac{n^{\circ} \text{risposte cognitive corrette DT}}{\text{tempo}(s)\text{impiegato DT}} \times 100$$

L'indice è stato poi utilizzato come strumento per valutare l'andamento e l'oscillazione della prestazione dual task. Indici crescenti indicano un miglioramento della prestazione e quindi dell'abilità dual task al contrario di indici decrescenti che simboleggiano un peggioramento.

Con tutti e 4 i valori dell'indice ( a T0, T mezzi, T1e follow-up) è stata costruita una rappresentazione grafica che potesse mostrare in una maniera più immediata quelli che erano gli andamenti dei soggetti.

Purtroppo questa misurazione presenta dei limiti che non possiamo trascurare, infatti non è una misura standardizzata. Come prima cosa l'indice non tiene conto delle risposte cognitive totali e questo può già essere segno di un'informazione parziale: un individuo infatti può mantenere lo stesso numero di risposte corrette tra la prestazione in single task e dual task, ma il numero totale può essere variabile. Per fare un esempio pratico c'è una sostanziale differenza tra rispondere correttamente a 7 risposte su 11 o a 7 risposte su 7, nel primo caso l'individuo infatti ha quasi un 40% di errore mentre nel secondo caso gli errori sono nulli ma se si considera semplicemente il valore assoluto delle risposte corrette questo è identico. Un altro fattore di cui bisogna tenere conto sono le variazioni che si rilevano nel tempo impiegato: un individuo può avere una prestazione quasi ottimale all'inizio del training per la componente cognitiva che a T1 può diventare mediocre ma questo è dovuto al fatto che il tempo di esecuzione tra le due valutazioni può essersi ridotto. Per semplificare il concetto ipotizziamo che un individuo all'inizio del training mostri 9 risposte corrette ( su 12 per esempio) mentre a T1 solamente 7 corrette ( su 7); in questa eventualità bisogna tenere a mente che il tempo motorio possa essere diminuito in maniera tale che il tempo a disposizione per la lettura di altre sequenze non fosse possibile.

Al contempo, la diminuzione del tempo risulterà in un denominatore di valore inferiore (vedere formula), pertanto l'indice complessivo potrebbe, in ultima analisi, considerarsi valido poiché risponde ad un bilanciamento tra numeratore e denominatore, ossia rende un valore ottenuto da un rapporto.

In considerazione delle osservazioni su scritte, si considera indispensabile una standardizzazione accurata di tale parametro al fine di rendere statisticamente significative le rilevazioni ottenute dall'applicazione dello stesso.

Evidenziati quelli che possono essere i limiti di questa misura da noi utilizzata, terminiamo affermando che al momento è l'unica nostra misura per poter evidenziare in maniera più oggettiva possibile i cambiamenti della prestazione dual task.

## **5.6. Descrizione del Training Dual Task**

Il training proposto aveva come obiettivo il miglioramento delle capacità cognitive, dell'abilità motoria in particolare della deambulazione e dell'equilibrio e il potenziamento delle funzioni esecutive al fine di sviluppare una maggiore capacità di far fronte alle situazioni dual task di vita quotidiana.

Il trattamento prevedeva 15 sedute senza interruzioni, di un'ora ciascuna, per ogni paziente distribuite nell'arco di 3 settimane. L'allenamento giornaliero è necessario affinché si garantisca l'intensità e quindi l'efficacia del training.

Per quanto riguarda le prestazioni motorie queste potevano comprendere 3 grossi domini: la deambulazione, l'equilibrio e i passaggi posturali.

Il modo in cui si operava e procedeva era sempre lo stesso: ogni compito motorio e cognitivo veniva registrato in condizioni di single task. Per quanto riguarda la deambulazione e i trasferimenti posturali si registrava il tempo di esecuzione e eventuali errori nei percorsi, mentre per l'equilibrio si faceva una descrizione qualitativa della performance. Per quanto riguarda la parte cognitiva ogni esercizio in single task veniva valutato in posizione seduta e si registrava la percentuale di errori. Una volta individuati i due esercizi da sommare si procedeva alla loro esecuzione simultanea e si registravano gli stessi parametri. Come spiegato nei capitoli precedenti si eseguiva il calcolo del DTE (Dual Task Effect) , secondo la formula che segue:

$$DTE (\%) = \frac{(performance\ dual\ task - performace\ single\ task)}{performance\ single\ task} \times 100$$

sia per la prestazione motoria che per la prestazione cognitiva e si stabiliva il pattern che caratterizzava il soggetto.

Al paziente non venivano fornite informazioni su quale compito prediligere, ma semplicemente si chiedeva di eseguire nel modo migliore possibile entrambi i compiti in modo che la prioritizzazione che risultava fosse quella spontanea e adottata abitualmente dal soggetto.

Per ogni paziente, in base alle sue caratteristiche e alle sue abilità, si ipotizzava quella che poteva essere una combinazione adatta in modo tale che entrambi gli ambiti, motorio e cognitivo, venissero stressati in maniera adeguata. L'ideale infatti era mantenere una percentuale di errore tra la performance in single task e quella in dual task attorno al 20%-30%; percentuali di errore attorno al 40% erano infatti troppo elevate e in tal caso l'esercizio in questione veniva abbandonato, e magari proposto più avanti, o semplificato; mentre percentuali al di sotto del 20% indicavano esercizi scarsamente impegnativi. La percentuale di errore veniva calcolata con la formula seguente:

$$Percentuale\ Errore (\%) = \frac{numero\ di\ errori}{numero\ di\ stimoli} \times 100$$

Ogni abbinamento che risultava essere vincente come percentuali di errore è stato ripetuto circa 3 volte nell'arco delle 3 settimane. Quando un abbinamento o un singolo esercizio, o per la componente motoria o per la componente cognitiva, risultavano essere troppo semplici o appresi si procedeva ad incrementare la difficoltà. Un esercizio veniva considerato semplice da un punto di

vista motorio quando il tempo di esecuzione della prestazione dual task si avvicinava molto o si sovrapponeva a quello della prestazione in single task, oppure da un punto di vista cognitivo quando la percentuale di errore durante l'esecuzione dual task tendeva ad azzerarsi o a sovrapporsi a quella della prestazione single task.

Per la parte motoria l'incremento era segnato da esercizi che potevano ridurre la base d'appoggio e quindi stressare in maniera più importante l'equilibrio oppure l'inserimento di cambi. L'inserimento di cambi per il compito motorio consisteva nell'introdurre cambi di direzione; analogamente anche nell'ambito cognitivo l'inserimento di cambi ( spelling da diretto a inverso, da +1 a -1) segnava un aumento di difficoltà. I primi abbinamenti in genere proposti non prevedevano cambi, questi venivano introdotti solo secondariamente.

L'introduzione di nuovi esercizi avveniva in maniera graduale: ogni volta che si voleva cambiare abbinamento almeno una delle due componenti, o quella motoria o quella cognitiva, doveva rimanere fissa e solo in un secondo momento si procedeva a cambiare anche l'altra. Per fare un esempio concreto : se un individuo aveva appena eseguito deambulazione in tandem + spelling inverso di non parole, per passare a un cammino all'indietro + spelling inverso/diretto di non parole prima si procedeva a cambiare il compito cognitivo e si manteneva il cammino in tandem; solo quando il soggetto aveva familiarizzato con il nuovo esercizio si poteva introdurre il cammino all'indietro.

Per ogni combinazione che ci è sembrata degna di nota sono stati costruiti grafici che mostrino le variazioni in termini di DTE e pattern e saranno discusse più avanti quando saranno analizzati singolarmente i casi clinici.

## **5.7. Esercizi motori proposti**

Le prove motorie proposte durante il training possono essere suddivise in tre grosse categorie a seconda dell'abilità che si voleva allenare: il cammino, l'equilibrio e le variazioni posturali.

Tutti gli esercizi per ogni soggetto sono stati introdotti in maniera graduale e progressiva dai più semplici ai più complessi. Per tutte le prove la durata, in termini di tempo e di metri da percorrere, e la difficoltà erano calibrate sulla base delle abilità del paziente.

Nei casi in cui l'esecuzione del compito motorio risultasse troppo semplice anche in condizioni di dual task si procedeva incrementando la sua difficoltà: la modalità utilizzata era l'introduzione di cambi, principalmente di direzione.

Esercizi per il cammino

per quanto riguarda le prove del cammino queste potevano comprendere:

- Cammino in avanti per tragitti variabili ( 30, 60 metri)
- Cammino all'indietro per tragitti di lunghezza variabile.
- Cammino all'indietro per un percorso di 5 metri e ritorno camminando in avanti.
- Percorso con 3 birilli: venivano posti 3 birilli che individueremo con le lettere A,B,C. la posizione A era quella di partenza, il birillo B distava 5 metri da A e il birillo C distava 5 metri da B. Il soggetto partendo da A doveva raggiungere B, tornare indietro, raggiungere C e tornare alla posizione di partenza. Questo percorso costituiva un giro. La scelta di far compiere 2 o più giri dipendeva dalla resistenza del paziente.
- Percorso con 2 birilli: il soggetto partiva da una posizione iniziale individuata come A; rispetto ad A i birilli erano posti a 5 metri (B) e 3 metri(C). Il soggetto partendo da A raggiungeva il birillo più lontano B, tornava alla posizione iniziale, raggiungeva C e ritornava A. Questo percorso costituiva un giro. La scelta di far compiere 2 o più giri dipendeva dalla resistenza del paziente.
- Cammino in tandem
- Cammino in tandem all'indietro
- Cammino che tentava di stressare la monopodolica: il soggetto doveva camminare eseguendo una flessione d'anca più esagerata del suo cammino usuale, andare a toccare con il calcagno della gamba sollevata il ginocchio contro laterale portare la gamba a terra e completare il passo.
- Cammino laterale: si delimitava con 2 birilli un tragitto di 5 metri. Il soggetto eseguiva il cammino laterale raggiungendo i 5 metri, invertiva la direzione di marcia e tornava alla posizione di partenza. Questo percorso costituiva un giro. La scelta su quanti giri far compiere variava da paziente a paziente.
- Cammino in avanti e indietro: si delimitava un percorso lungo 20 metri con birilli ogni 5 metri. Il soggetto iniziava con un cammino all'indietro e cambiava direzione di marcia ad ogni birillo fino a completamento di tutto il tragitto.
- Quadrato 2 direzioni: si delinea a terra con del nastro adesivo un'area di forma quadrata. Il soggetto posto al centro dell'area doveva compiere un passo in avanti, tornare al centro, compiere un passo laterale verso destra e tornare al centro. Il tempo che si registrava comprendeva 10 ripetizioni di questa alternanza .
- Quadrato 4 direzioni: si delinea a terra con del nastro adesivo un'area di forma quadrata. Il soggetto posto al centro dell'area doveva compiere un passo in avanti, tornare al centro, compiere un passo laterale verso destra e tornare al centro, compiere un passo indietro, tornare al centro, compiere un passo laterale verso sinistra e tornare al centro. Il tempo che si registrava comprendeva 5 ripetizioni di questa alternanza.

Esercizi per l'equilibrio

Per quanto riguarda la funzione dell'equilibrio questa è stata registrata solo in modo soggettivo e qualitativo ad opera dell'osservazione dell'operatore, in quando non si disponeva di strumentazioni per una misurazione più oggettiva. Le prove per l'equilibrio sono quindi state riportate solo a scopo descrittivo: verranno indicate le interruzioni della prova, gli errori e la qualità del gesto.

Gli esercizi volti a migliorare l'equilibrio sono stati svolti su pallone Bobath; purtroppo due dei pazienti dello studio dopo un primo tentativo hanno rifiutato di proseguire questa tipologia di esercizi per il dolore e l'affaticamento sperimentati nei giorni successivi. Per uno di questi sono stati proposti esercizi in stazione eretta sopra una superficie instabile.

Gli esercizi che sono stati proposti con il pallone Bobath erano:

- Mantenere una buona posizione seduta, mani sopra le ginocchia, sguardo verticale. Da questa posizione si potevano chiedere delle oscillazioni massimali in avanti e indietro o lateralmente, esagerando il più possibile il movimento. Nei casi in cui si volesse incrementare la difficoltà dell'esercizio si poteva chiedere che al tocco dell'operatore che si invertisse la direzione dell'oscillazione durante l'esecuzione della combinazione dual task.
- Dalla posizione seduta, base leggermente allargata, si fa tenere un bastone in posizione verticale tra le gambe che servirà da sostegno. Nel caso in cui non fosse necessario il soggetto manterrà le mani sopra le ginocchia. Da questa posizione si chiedeva di alzare in maniera alternata solo i talloni. In un secondo momento si poteva ripetere l'esercizio in maniera uguale ma alzando in maniera alternata solo le punte.  
Nel caso in cui il soggetto non riscontrasse problemi si poteva passare all'esercizio qui sotto riportato:
- Sempre dalla posizione seduta, mani sopra le ginocchia e sguardo verticale si chiedeva una flessione di anca, senza compensi del tronco, in maniera alternata, mantenendo un buon ritmo.
- Partendo dalla posizione seduta, braccia tese e mani incrociate si chiedevano degli sbilanciamenti in avanti verso due mire poste a destra e a sinistra del paziente. Le due mire erano poste ad eguale distanza dalla posizione neutrale del paziente. Veniva chiesto di mantenere un buon ritmo e di non sbagliare l'alternanza.
- Partendo dalla posizione seduta si chiedevano delle inclinazioni laterali del tronco. La mano omolaterale al lato dell'inclinazione doveva scorrere lungo la superficie del pallone e se possibile arrivare a toccare terra.

Per il partecipante che ha rifiutato l'utilizzo del pallone Bobath è stato proposto l'impiego di una di una superficie morbida. Le due proposte che sono state avanzate erano:

- Mantenere la posizione eretta sulla superficie, base leggermente allargata, il soggetto doveva con le braccia in alto fare delle oscillazioni alternate in modo da auto provocarsi delle destabilizzazioni. La progressione di complessità richiedeva di restringere la base di appoggio.
- La seconda alternativa richiedeva 2 superfici morbide e su ognuna delle quali posizionarsi con un piede. L'esercizio prevedeva di spostare il carico da un lato e dall'altro.

Esercizi per le variazioni posturali

Per quanto riguarda le prove incentrate ad allenare i cambi posturali prevedevano percorsi con l'impiego di sedie con una sequenza da rispettare:

- il primo percorso prevedeva che il soggetto partisse dalla posizione supina a letto ( di circa 50 cm di altezza da terra). Due sedie erano collocate l'una affianco all'altra, mentre altre due più distanti da queste erano posizionate in modo tale che gli schienali si toccassero. Il soggetto dalla posizione supina, doveva raggiungere la posizione seduta gambe fuori dal letto, alzarsi, raggiungere e sedersi sulle prime due sedie, raggiungere la sedia più distante e sedersi, raggiungere e sedersi sull'ultima sedia mancante ed infine tornare in posizione supina a letto.
- il secondo percorso prevedeva che il soggetto partisse dalla posizione supina a letto ( di circa 50 cm di altezza da terra). Tre sedie erano poste l'una vicina all'altra, un quarta sedia era collocata più distante. Il soggetto doveva dalla posizione supina raggiungere quella di seduto gambe fuori dal letto e alzarsi; doveva raggiungere le prime tre sedie, sedersi su ognuna di queste, compiere un giro intorno alla quarta sedia prima di sedersi ed infine tornare in posizione supina a letto.
- La terza sequenza prevedeva l'utilizzo di tre sedie, collocate in linea retta ognuna a distanza di 3 metri dall'altra. Il soggetto partiva seduto dalla prima sedia, raggiungeva la terza , si sedeva, si alzava, girava intorno alla seconda prima di sedersi ed infine tornava a sedersi sulla prima sedia. La brevità del percorso ha richiesto per alcune combinazioni con il compito cognitivo che il tempo venisse cronometrato per 2 ripetizioni di questa sequenza.

## **5.8. Esercizi cognitivi proposti**

Analogamente agli esercizi motori anche quelli cognitivi hanno previsto una precisa modulazione sul singolo paziente, per poter permettere una riabilitazione 'sartoriale', che ha dato particolare rilevanza alle peculiarità della persona.



Gli esercizi proposti sono stati prevalentemente rivolti al training dei processi attentivi e di working memory, alcuni dei quali ripresi da studi effettuati in precedenza.

Un esercizio cardine è stato quello improntato sul modello APT [58] (Attention Process Training): APT è un protocollo riabilitativo ideato da Sohlberg e Mateer (1986). Questo programma è stato ideato secondo un approccio funzione-specifico; si basa su un trattamento modulare delle principali funzioni in cui l'attenzione viene divisa in sottocomponenti: Attenzione sostenuta; Attenzione selettiva; Attenzione alternata; Attenzione divisa. Gli esercizi sono stati modulati sulla base dell'esigenza di questo progetto, [59]che richiedeva principalmente esercizi di attenzione sostenuta uditiva: il paziente, ascoltando una serie di stimoli come numeri o lettere presentati ad intervalli regolari, deve segnalare gli stimoli target. Esempi di esercizi sono la detezione di numeri, lettere, parole, serie (giorni della settimana, mesi dell'anno) crescenti e decrescenti, su materiale presentato in maniera acustica. La scelta di questo protocollo ha alla base l'analisi di numerosi studi che hanno riportato l'efficacia di APT anche in altre aree cognitive (ad esempio, la memoria) [60]e collega l'allenamento dell'attenzione all'incremento della performance nella vita quotidiana e al ritorno al lavoro. [61]

Un altro esercizio che implica l'attivazione dell'updating e la manipolazione di informazioni si è basato sull'Alpha Span, in cui il paziente ascolta una lista di parole, la cui lunghezza è stata tarata da 3 a 6 items, che dovrà memorizzare e poi ripetere secondo l'ordine alfabetico.

Sono stati proposti anche esercizi di mirror speaking, che includono lo spelling inverso: al soggetto viene richiesto di mantenere a mente la parola e di eseguire operazioni di updating, in quanto poi avrebbe dovuto risalire alla pronuncia al contrario. La difficoltà del compito è determinata dalla lunghezza della parola. Anche questo esercizio ha previsto la modalità in shifting, richiedendo di alternare spelling diretto e inverso.

Altra tipologia di esercizi che si è utilizzata è stata quella del compito P.A.S.A.T.-like, in quanto la modalità di training differiva dal test: mentre nella somministrazione della valutazione il soggetto deve sommare coppie di numeri, sommando ogni numero al precedente, nello svolgimento del training è stato richiesto anche di effettuare la moltiplicazione, e quando è stato possibile sono stati effettuati esercizi di shifting, dove la somma e la moltiplicazione sono state richieste in maniera alternata. In questo esercizio, la difficoltà è stata modulata attraverso la modifica della velocità di presentazione degli stimoli, e in base alla presenza o assenza di shifting.

Nella seguente tabella si riportano gli esercizi proposti, descritti in ordine crescente di difficoltà:

<b>Compito</b>	<b>Tipologia di esercizio</b>
<b>APT-like</b>	Ascolto numero 2 Ascolto numeri 3,7 Ascolto numeri consecutivi con cambio 8-3; 9-4

	<p>Ascolto numeri ascendenti</p> <p>Ascolto numeri discendenti</p> <p>Ascolto numeri ascendenti e discendenti con cambio</p> <p>Ascolto giorni della settimana ascendenti</p> <p>Ascolto mesi dell'anno discendenti</p> <p>Sommare 3 al numero precedente</p> <p>Sottrarre 2 al numero precedente</p>
<b>P.A.S.A.T.-like</b>	<p>4000ms numeri 0-3 in assenza di shifting</p> <p>4000ms numeri 0-3 con shifting</p> <p>3000ms numeri 0-3 in assenza di shifting</p> <p>3000ms numeri 0-3 con shifting</p> <p>3000ms numeri 0-9 in assenza di shifting</p> <p>3000ms numeri 0-9 con shifting</p> <p>2000ms numeri 0-9 in assenza di shifting</p> <p>2000ms numeri 0-9 con shifting</p>
<b>Spelling inverso di non parole</b>	<p>Parole a 4 lettere</p> <p>Parole a 5 lettere</p> <p>Parole a 6 lettere</p>
<b>Lettura inversa di parole</b>	<p>Parole a 4 lettere</p> <p>Parole a 5 lettere</p> <p>Parole a 6 lettere</p>
<b>Alpha Span</b>	<p>Lista di 3 parole</p> <p>Lista di 4 parole</p> <p>Lista di 5 parole</p> <p>Lista di 6 parole</p>

**Tabella 4** Esercizi cognitivi utilizzati nel training, in ordine di difficoltà.

## **6. ANALISI DEI CASI CLINICI E RISULTATI DEI DATI AGGREGATI**

Per ogni caso clinico riporteremo: l'anamnesi, la valutazione motoria, la valutazione cognitiva, gli esercizi proposti e relativa discussione e il calcolo dell'indice.

### **6.1. Caso Clinico 1**

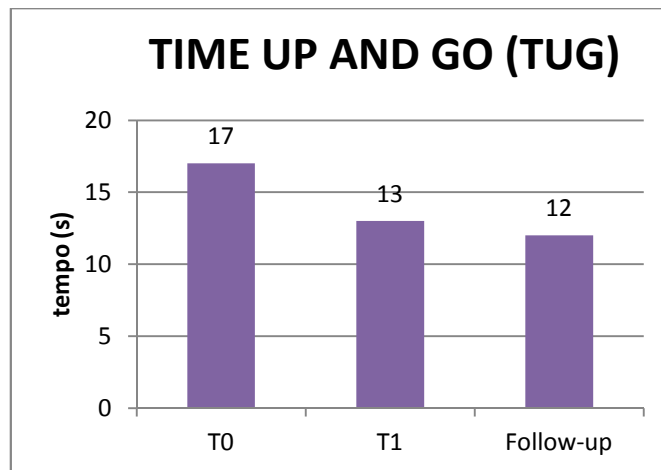
La storia clinica del paziente C.G.M., di età 54 anni, inizia a settembre 2018, in seguito a comparsa acuta di malessere e ipostenia. Dopo essere stato portato al Pronto Soccorso, viene proseguito il percorso diagnostico che porta alla definizione di esiti di ictus ischemico lacunare sinistro, con emiparesi destra e disabilità nella deambulazione. Dal punto di vista cognitivo gli esiti hanno riguardato difficoltà disesecutive con riduzione della flessibilità; a livello della motricità, si osservava andatura emiparetica con caduta del bacino a destra durante la fase di volo.

Viene trasferito in degenza riabilitativa, dove in fase acuta segue un trattamento riabilitativo atto a incrementare il controllo posturale, migliorare la motricità dell'arto superiore destro, ed educare a riconoscere il rischio di caduta. Una volta individuati i fattori prognostici positivi per il recupero dell'autonomia, il progetto riabilitativo all'interno della degenza termina il 10/10/2018. Il paziente viene richiamato con la proposta di un trattamento dual-task cognitivo-motorio il 15/02/2019 a distanza di 5 mesi dall'ictus.

#### **6.1.1.Outcome Motori:**

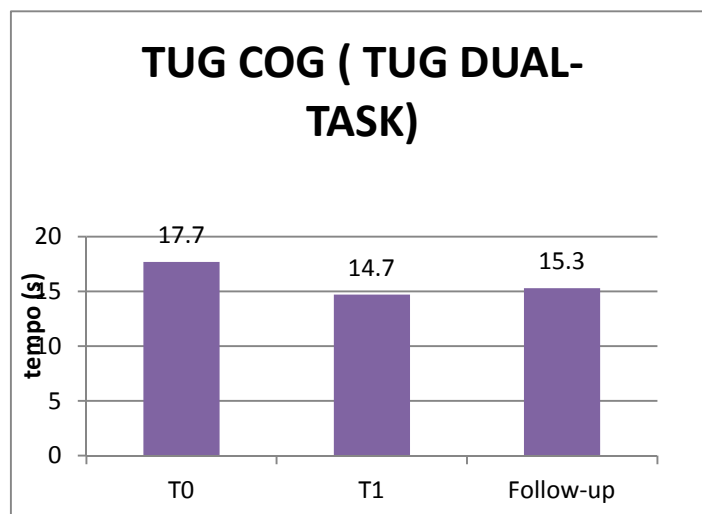
Le misure di outcomes motorie sono state valutate per ogni paziente ai tempi T0, T1 e al follow-up; qui di seguito sono illustrati i punteggi di ogni singola prova.

Per quanto riguarda il Time Up and Go il paziente ha mostrato un netto miglioramento del tempo a T1 rispetto a T0 che si è poi mantenuto anche al follow-up; il paziente è infatti passato da una prestazione iniziale di 17 secondi a una di 13 secondi a fine del trattamento, risultato che si è protratto anche a distanza di 2 mesi con un tempo di esecuzione di 12 secondi.



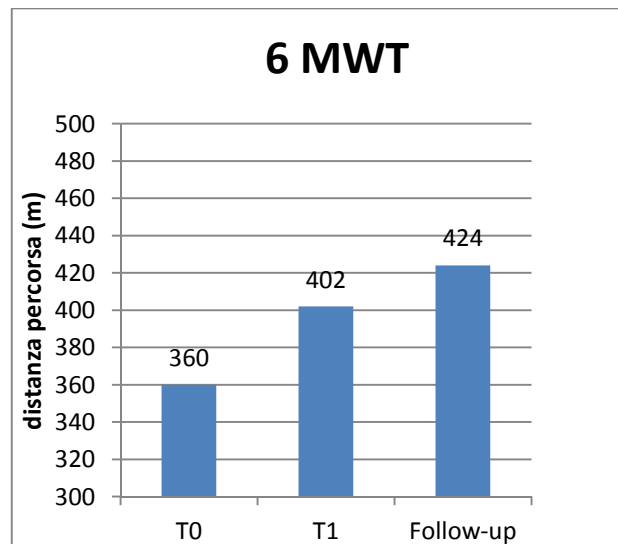
**Figura 4** il grafico mostra l'andamento del tempo impiegato per eseguire il Time Up and Go a T0 ( 17 secondi), T1 ( 13 secondi) e al follow-up ( 12 secondi).

Anche per il Time Up and Go cognitivo (TUG DUAL-TASK) il paziente ha mostrato una riduzione dei tempi di esecuzione tra la condizione pre e post trattamento, che anche in questo caso è stata mantenuta al follow-up. È stato registrato per questa prova un tempo di 17.7 secondi a T0 , un tempo di 14.7 secondi a T1 e un tempo di 15.3 secondi al follow-up. Nonostante il lieve incremento di tempo tra il follow-up e T1 si nota un miglioramento complessivo rispetto la condizione iniziale.



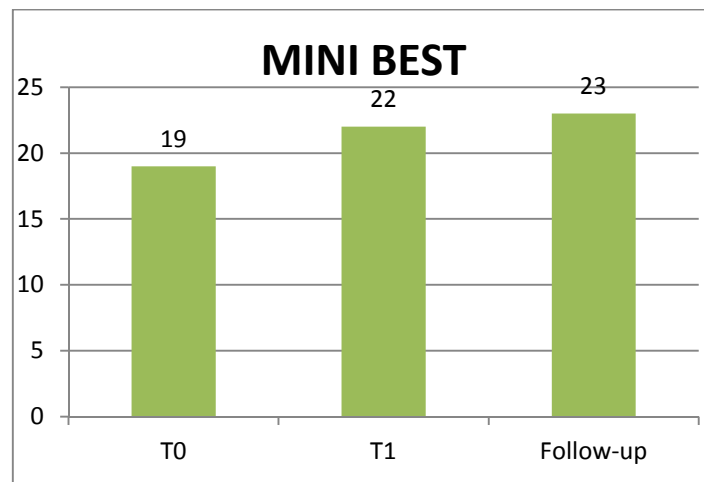
**Figura 5** Il grafico riporta i tempi registrati per l'esecuzione del Time Up and Go Cog ( TUG DUAL-TASK): 17. 7 secondi a T0, 14.7 secondi a T1 e 15.3 al follow-up.

Compatibilmente ai risultati ottenuti l'anno scorso dai pazienti sottoposti al medesimo training anche il 6 Minute Walking Test mostra un miglioramento: il soggetto ha infatti aumentato la resistenza nel cammino, incrementando i metri percorsi. Il paziente era in grado di compiere 360 metri in 6 minuti prima di sottoporsi al training, mentre al termine di quest'ultimo è stato in grado di percorrere 402 metri. Questo miglioramento non solo è stato mantenuto ma ulteriormente incrementato al follow-up in cui il paziente è riuscito a percorrere 424 metri.



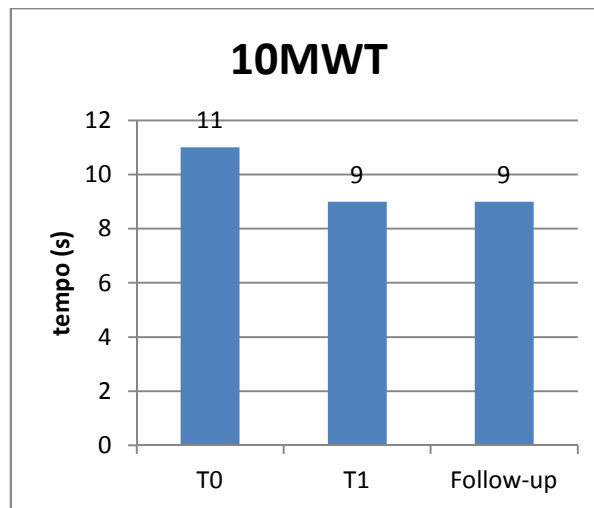
**Figura 6** Nel grafico sono riportati i metri percorsi durante il 6 Minute Walking Test rispettivamente a T0 ( 360 metri), T1 ( 402 metri) e al follow-up ( 424 metri).

Anche il MiniBEST presenta un miglioramento a T1 che è poi stato conservato anche al Follow up. Il soggetto è passato da un punteggio di 19/28 a T0, a un punteggio di 22/28 a T1 e uno di 23/28 al follow-up.



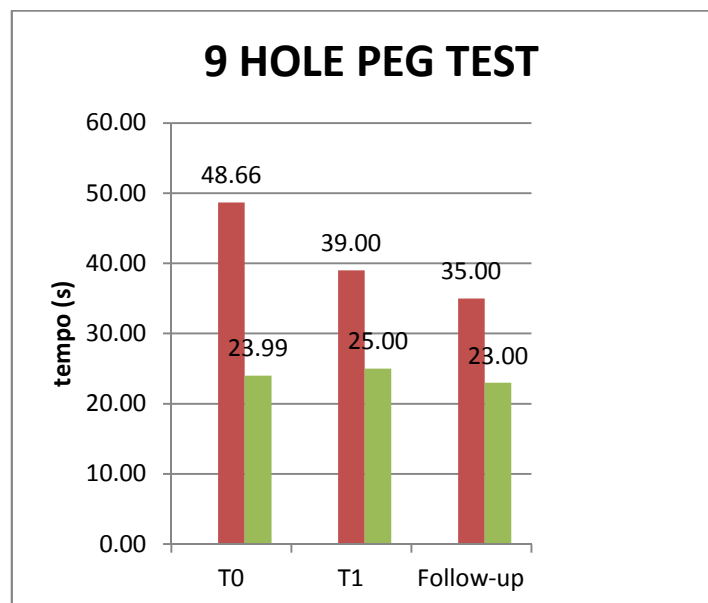
**Figura 7** il grafico mostra i punteggi relativi al MINIBest al momento T0 (19/28), T1 (22/28) e al follow-up (23/28).

Per i 10 Metres Walking Test il paziente presenta un miglioramento di 2 secondi tra la prova eseguita al tempo T0 e T1, risultato che è rimasto invariato al follow-up. La riduzione del tempo è però accompagnata ad un aumento dei semipassi, il paziente è infatti passato da una prova eseguita in 11 secondi e 12 semipassi a T0, ad una eseguita in 9 secondi sia a T1 che al follow-up impiegando rispettivamente 18 semipassi e 17 semipassi.



**Figura 8** Il grafico illustra i tempi impiegati per compiere il 10 Metres Walking Test e sono rispettivamente 11 secondi a T0 e 9 secondi sia a T1 che al follow-up.

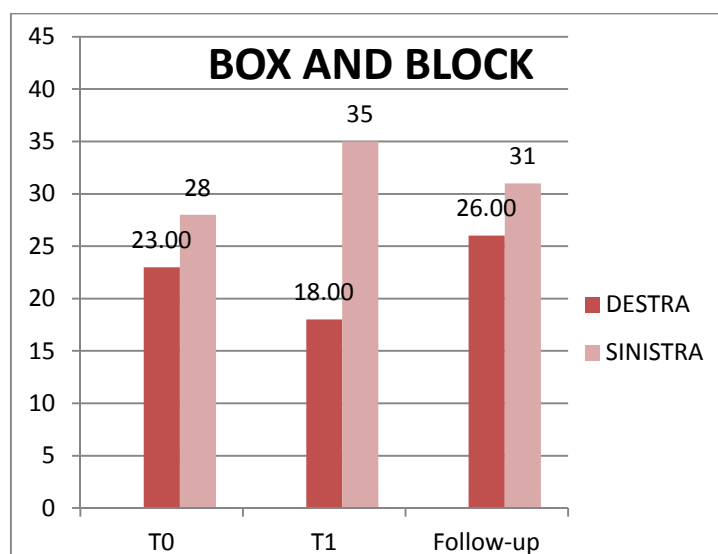
Inaspettatamente rispetto ai risultati registrati l'anno scorso per i pazienti sottoposti al training dual-task, per i quali non sono stati evidenziati miglioramenti per il 9 Hole Peg Test, il paziente qui indicato ha invece ridotto notevolmente il tempo di esecuzione della prova, passando da un tempo di 48.66 secondi a T0, ad uno di 39 secondi a T1 e uno di 35 secondi al follow-up per la mano destra. Non sono invece significative le variazioni temporali registrate con la mano sinistra, che passa da un tempo di esecuzione di 23.99 a T0, a uno di 25 secondi a T1 e uno di 23 al follow-up. Bisogna però tenere a mente che il recupero dell'arto superiore è possibile fino ad un anno dall'evento, per cui in questa esecuzione può esserci stato un parte di recupero spontaneo.



**Figura 9** Il grafico qui riportato mostra i tempi di esecuzione del 9 Hole Peg Test sia per la mano destra che sinistra relativi a T0, T1 e al follow-up. Per la mano destra; 48.66 s a T0, 39 s a T1 e 35 s al follow-up. Per la mano sinistra: 23.99 s a T0, 25 s a T1 e 23 s al follow-up.

Per il Box and Block l'andamento dei risultati è più altalenante sia per quando riguarda la mano destra che la mano sinistra. Il paziente è stato in grado di spostare con la mano destra 23 cubi a T0,

18 a T1 e 26 al follow-up; mentre con la mano sinistra è stato in grado di spostare 28 cubi aT0, 35 a T1 e 31 al follow-up.



**Figura 10** il grafico mostra il numero di cubi che il paziente è stato in grado di spostare nel Box and Block Test sia con la mano sinistra che con la mano destra. Cubi spostati con la mano destra: 23 a T0, 18 a T1 e 26 al follow-up. Cubi spostati con la mano sinistra: 28 a T0, 35 a T1 e 31 al follow-up.

Per quanto riguarda le variabili esplicative non si notano variazioni degne di nota se non per qualche item sulle autonomie, qui di seguito sono riportati i punteggi delle scale ai tempi T0, T1 e al follow-up:

	T0	T1	Follow-up
Data:	15/03/2019	13/03/2019	30/05/2019
<b>VARIABILI ESPLICATIVE:</b>			
FIM	116	117	118
BARTHEL	87	87	94
HOLDEN	4/5	4/5	4/5
ASHWORTH:			
SPALLA	0	0	0
GOMITO	0	0	0
POLSO	1	1	1
DITA MANO	0	0	0
ANCA	0	0	0
GINOCCHIO	0	0	0
CAVIGLIA	1	1	1
DITA PIEDE	0	0	0
STANDING	4	4	4

TCT	100	100	100
-----	-----	-----	-----

**Tabella 5 Variabili Esplicative Caso Clinico 1**

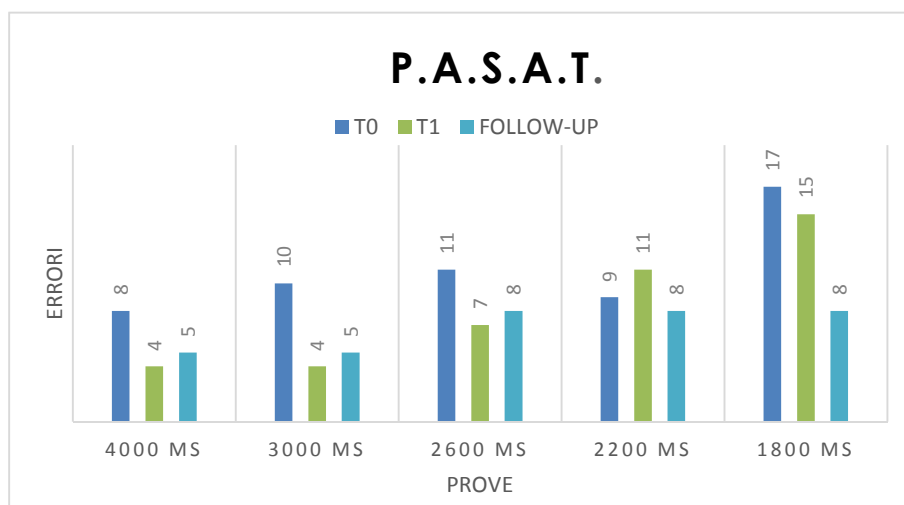
### 6.1.2. Outcome Cognitivi

Alla valutazione cognitiva iniziale, sono presenti deficit attentivi, di velocità di elaborazione delle informazioni e di pianificazione, manifesti in particolar modo nella somministrazione di alcuni dei test previsti quali P.A.S.A.T., Torre di Londra (ToL) e Wisconsin Card Sorting Test; carente anche la sensibilità all'interferenza e la capacità di controllo inibitorio.

Il trattamento ha avuto l'obiettivo di esercitare le abilità di gestione di compiti simultanei (Dual Task) di natura cognitivo-motoria, proponendo training comprendenti esercizi APT-like, Spelling inverso, e attività P.A.S.A.T.-like presentati simultaneamente alla realizzazione di compiti motori. A seguito del trattamento, è stato possibile attestare un incremento delle abilità attentive ed esecutive in diversi domini, miglioramento poi consolidato anche alla valutazione a distanza di due mesi

Tra le funzioni maggiormente potenziate, spicca l'abilità di pianificazione, verificata con il test TdL, la velocità di processamento delle informazioni uditive, emersa nella somministrazione del Paced Auditory Serial Addition Test, e la sensibilità all'interferenza, emersa dal test di Stroop. Il paziente stesso, al termine del training, ha riferito il miglioramento nell'attenzione sostenuta durante lo svolgimento delle mansioni quotidiane e nelle situazioni dual-task in cui precedentemente riscontrava difficoltà

Per illustrare tali risultati, si riporteranno di seguito i grafici maggiormente rappresentativi:



**Figura 11 Paced Auditory Serial Addition Test. Si riportano gli errori di ciascuna prova del test, in ordine crescente di difficoltà, relativi alle tre valutazioni.**



Come osservato nella figura soprastante, il Paced Auditory Serial Addition Test mostra un incremento interessante dell'attenzione divisa uditivo-verbale, in quanto la performance, che risultava patologica alla prima somministrazione del test, ha avuto un rientro del punteggio nella norma, risultato mantenuto anche al follow-up. Anche il test di Stroop, che riflette la correttezza e la velocità nell'inibizione dello stimolo interferente, ha visto un miglioramento, relativo sia alla correttezza che al tempo di interferenza (Cut-off=27,5).

Al Trail Making Test, le prestazioni nelle prime due sezioni (A, B) non hanno mostrato evidenti miglioramenti; diversamente invece dalla terza parte (B-A), in cui il tempo è diminuito significativamente. Ciò è indice di un potenziamento della rapidità esecutiva di set-switching: il soggetto impiega meno tempo nel passaggio dal numero alla lettera e viceversa.

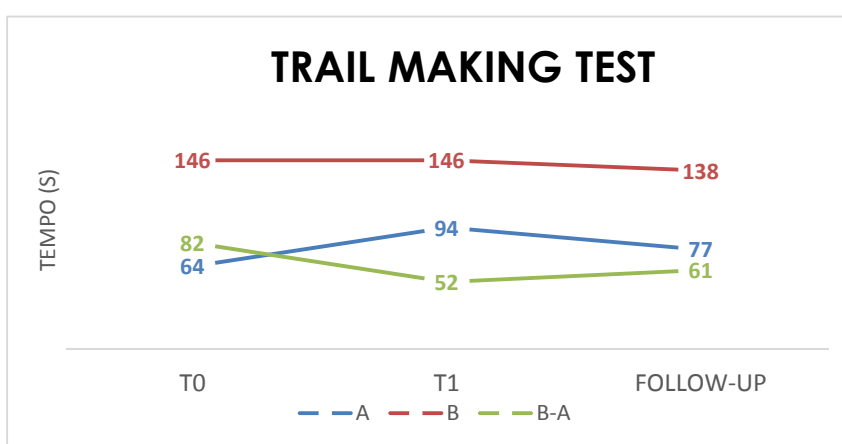
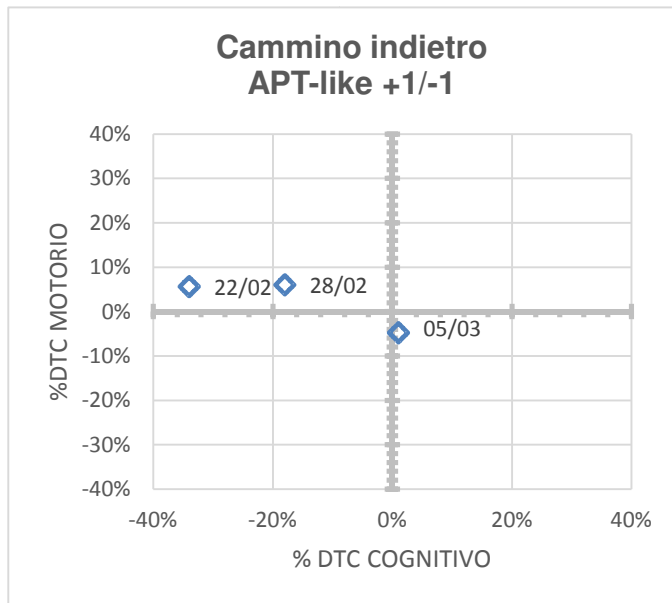


Figura 12 Grafico rappresentante i punteggi ottenuti dalla somministrazione del Trail Making Test

### 6.1.3. Pattern di interferenza dual task durante le combinazioni proposte

Analizzeremo ora gli esercizi proposti durante il training, mostrando se ci sono stati dei miglioramenti o meno e quali pattern di interferenza hanno caratterizzato il paziente durante le 3 settimane. Per ogni combinazione di esercizi si riportano la rappresentazione grafica e la tabella che riporta tutti i valori dei DTC sia motori che cognitivi.



	22-feb	28-feb	05-mar
DCT C	-34%	-18%	1%
DTC M	5.7%	6.1%	-4.7%

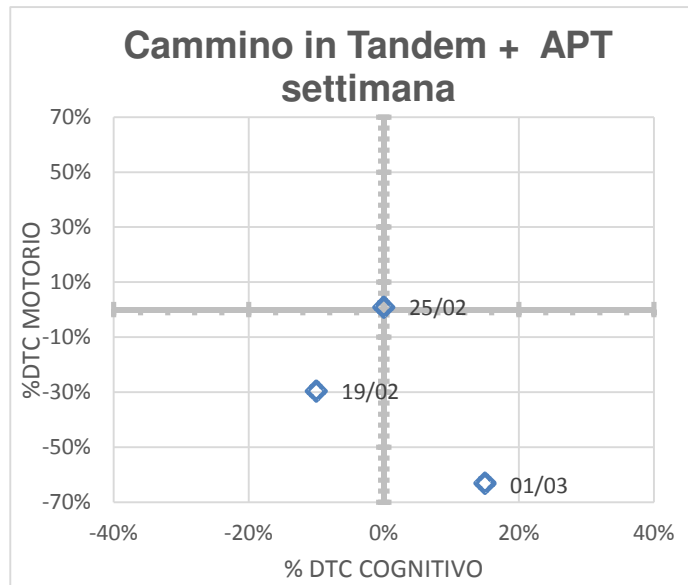
Il compito consisteva in un cammino all'indietro lungo un percorso di 30 metri in concomitanza ad un compito APT like +1/-1 in cui il paziente era chiamato a fare una segnalazione (battere la mano sulla gamba) nel momento in cui, ascoltando una serie di numeri, l'ultimo numero presentato sarebbe stato consecutivo al precedente.; la combinazione è stata eseguita in 3 sedute del trattamento.

Nella prima misurazione, effettuata il 22/02, è stata registrata una condizione di *Gait Priority Trade-Off*, quindi una facilitazione nella prestazione motoria a discapito di quella cognitiva.

Nella seduta successiva, avvenuta il 28/02, il pattern rimane identico ma il quadro si è evoluto positivamente, in quanto vi è stato un miglioramento nella componente attentiva, senza interferire negativamente su quella motoria, che invece è stata leggermente potenziata.

Alla terza presentazione dell'esercizio, il pattern di interferenza coincide con la definizione di *Cognitive Priority Trade Off*, in quanto la prestazione nel cammino è calata rispetto alle sedute precedenti: l'attività motoria presenta un DTC negativo.

Questo cambiamento può essere giustificato dal contemporaneo incremento della performance cognitiva, che è migliorata significativamente raggiungendo un DTC pari a 1. Questa situazione finale nella classificazione di Plummer rappresenta una *Cognitive Priority Trade-Off*. Tale quadro illustra uno spostamento involontario nell'allocazione delle risorse da parte del soggetto, per il quale si può facilmente osservare come la gestione attentiva dei due processi sia migliorata in quanto più prossima alla condizione di *No-nterference*, obiettivo dello studio.



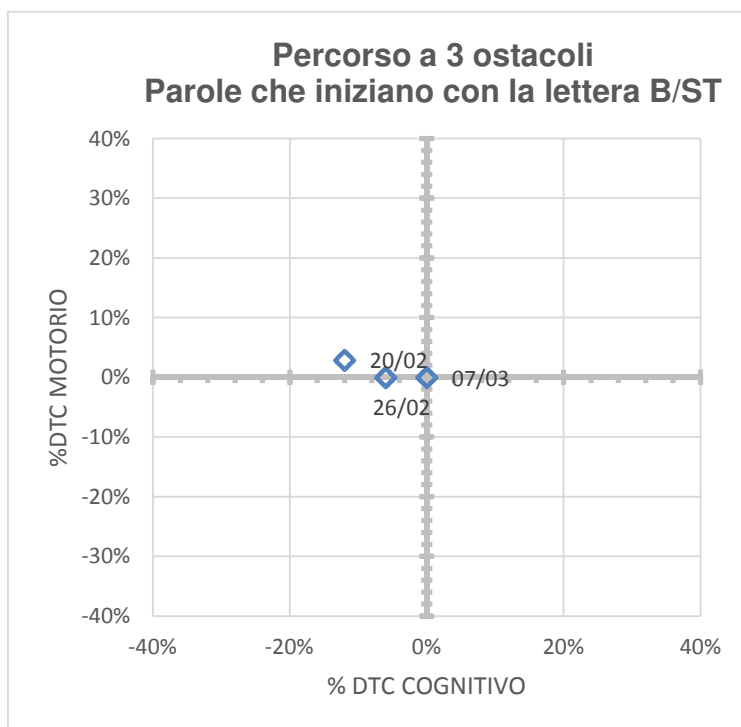
	19-feb	25-feb	01-mar
DCT C	-10%	0%	15%
DCT M	-29.5%	1%	-64.4%

Questa combinazione prevedeva un cammino in tandem per 30 metri da eseguire rispettando una linea posta a terra e un esercizio APT like giorni della settimana. Questa combinazione presentata in 3 sedute del trattamento mostra degli scenari ampiamente variabili.

In primo momento si delinea una situazione di *Mutual Interference* in cui entrambi i compiti presentano un deterioramento rispetto alle loro condizioni di single task. Da questa situazione si passa ad una di *Gait facilitation* in quanto la prestazione motoria migliora e quella cognitiva raggiunge un DTC pari a 0; questa condizione sarebbe quella ottimale ai fini dello studio in quanto le situazioni di dual e single task per entrambi i compiti sono pressoché sovrapponibili, come mostrato anche dal grafico dove la combinazione raggiunge il centro.

I miglioramenti ottenuti non sono però stati mantenuti a distanza di circa una settimana in cui la prestazione presenta un drastico peggioramento motorio. Questo deterioramento motorio è accompagnato da un miglioramento nella performance cognitiva andando a delineare una situazione di *Cognitive Priority Trade-Off*.

Il soggetto ha quindi allocato una maggiore quantità di risorse attentive nel compito cognitivo a spese di quello motorio che è peggiorato in maniera importante. Questa combinazione non può essere considerata complessivamente un miglioramento dell'abilità ma è evidente che per questo soggetto ha avuto un bilanciato allocamento delle risorse che l'ha portato a una performance dual task equiparabile a quella di single task non mantenuto.



	20-feb	26-feb	07-mar
DCT C	-12%	-6%	0%
DCT M	2.9%	0%	0%

La combinazione sopra indicata consisteva nel compiere un tragitto contrassegnato da 3 birilli posti a 5 metri di distanza l'uno dall'altro; uno di questi raffigurava il punto di partenza dell'esercizio e gli altri 2 i punti ai quali il soggetto avrebbe dovuto cambiare direzione e tornare alla base; in concomitanza al compito cognitivo in cui il soggetto avrebbe dovuto cambiare direzione e tornare alla base. Nel compito cognitivo, al paziente è stato richiesto di segnalare, tra diversi stimoli uditivi, la presenza di parole la cui iniziale fosse la lettera 'B' o per 'ST'.

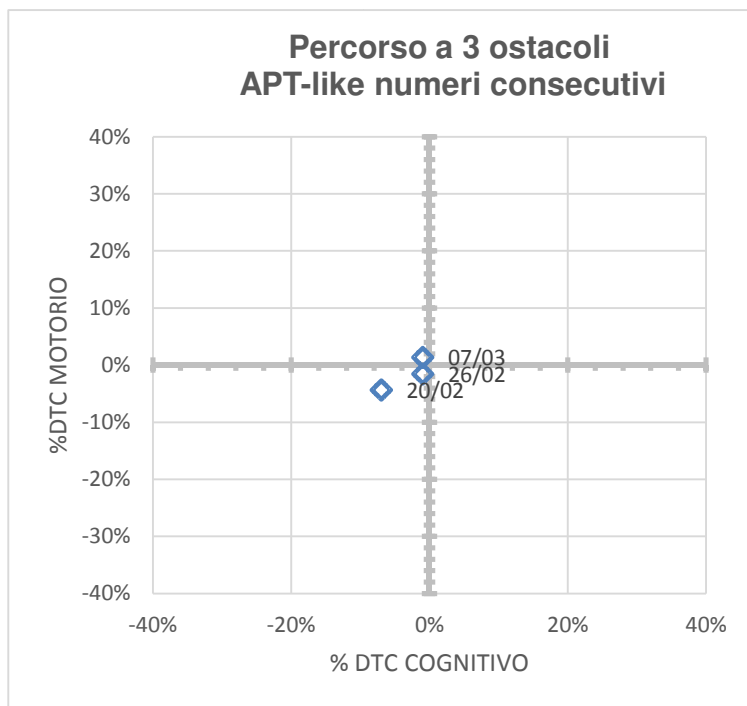
La combinazione è stata ripetuta 3 volte nel corso del training e presenta un andamento ottimale.

In prima seduta il paziente presenta una situazione di *Gait Priority Trade-Off*, in cui la prestazione cognitiva dual task peggiora rispetto alla condizione di single task mentre il compito motorio presenta un lieve miglioramento rispetto alla condizione di single task.

La condizione evolve positivamente verso un pattern di tipo *Gait-Related Cognitive Interference* in quanto la performance motoria dual task presenta un DTC pari a 0 ed è quindi equiparabile alla condizione di single task, mentre la prestazione cognitiva, pur presentando un DTC ancora negativo e quindi un deterioramento, ha un valore assoluto minore rispetto alla prima esecuzione.

Il quadro vira verso una condizione finale di *No Interference* dove entrambi i DTC, sia motorio che cognitivo, si azzerano, consentendo di affermare che le prestazioni dual task e single task di questa combinazione sono sovrapponibili.

L'andamento positivo di questa combinazione è ben evidente anche graficamente; si osserva infatti lo spostamento progressivo della combinazione nelle 3 diverse sedute di trattamento che termina perfettamente al centro del grafico, punto in cui non si assiste all'interferenza cognitivo motoria.



	20-feb	26-feb	07-mar
DTC C	-7%	-1%	-1%
DTC M	-4.3%	-1.5%	1.4%

L'esercizio rappresentato sopra consiste nell'unione di un compito motorio in cui il soggetto doveva compiere un tragitto contrassegnato dai birilli che prevedeva due cambi motori di direzione in concomitanza ad un compito cognitivo APT like segnalando la rilevazione di due o più numeri consecutivi tra diversi stimoli uditivi.

La condizione iniziale presenta un pattern di *Mutual Interference* in quando entrambe le prestazioni dual task mostrano un peggioramento rispetto alla loro esecuzione in single task.

Anche nella seconda situazione il pattern permane di tipo *Mutual Interference*, in quanto entrambi i compiti presentano ancora un DTC negativo con una riduzione però dei valori assoluti. il margine di errore è diminuito sia nel compito motorio (-1.50%) che nel compito cognitivo (-1%), con un avvicinamento alla zona di *No Interference*.

L'andamento termina con una prestazione classificata *Gait Priority Trade-Off*, si assiste infatti a un miglioramento della prestazione motoria dual task rispetto alla condizione di single task mentre la prestazione cognitiva rimane ancora deteriorata rispetto alla condizione di single task. Rispetto alla seconda prestazione però il peggioramento cognitivo non è aumentato ma è rimasto stabile; questo ci permette di affermare che l'abilità dual task del paziente è incrementata in quanto il miglioramento ottenuto nella prestazione motoria non è andato a scapito di quella cognitiva.

Complessivamente si può considerare la combinazione come positiva in quanto si è assistito a un miglioramento progressivo di entrambe le prestazioni, seppur quella cognitiva presenti ancora un minimo grado di interferenza cognitivo motoria.

#### 6.1.4.Indice Dual-Task:

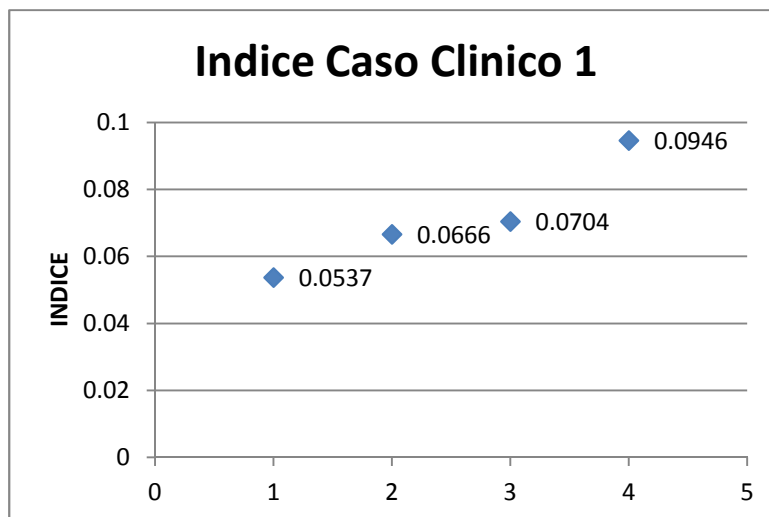


Figura 13 Indice Dual Task Caso Clinico 1

Il grafico sopra illustrato mostra quello che è l'andamento ideale dell'indice. Come spiegato nei paragrafi precedenti l'indice è lo strumento utilizzato per valutare la performance dual task, e il suo incremento in termini di valore assoluto indica un miglioramento. In questo caso ci troviamo di fronte a un miglioramento costante del paziente che non solo perdura a distanza di 2 mesi, ma continua a crescere. Già a T mezzi e quindi a metà del trattamento il soggetto mostra un'abilità dual task migliore di quella misurata a T0. Quello che sorprende è l'aumento che si osserva da T1 al follow-up, infatti rispetto ai risultati conseguiti dai partecipanti l'anno scorso in sede di follow-up si assisteva a un decremento della prestazione che però rimaneva pur sempre migliore dei valori di T0.

#### 6.1.5.Sintesi Caso Clinico 1

Da un punto di vista motorio possiamo affermare che il paziente ha mostrato miglioramenti. Come appena mostrato dalle valutazioni possiamo affermare il paziente ha ricavato dal training un incremento in termini di: resistenza e velocità del cammino, rapidità delle variazioni posturali e equilibrio. Ugualmente, a partire dalla batteria neuropsicologica è stata apprezzata una generalizzazione degli effetti positivi alle abilità esecutive, in particolare nelle abilità di flessibilità mentale, di inibizione delle risposte impulsive, di attenzione selettiva e set-switching. Per quanto riguarda l'abilità dual task anche questa ha mostrato un andamento che ci fa ipotizzare che ci sia stato un potenziamento delle funzioni esecutive; ne sono la dimostrazione i risultati conseguiti per il 9 HPT.

## **6.2. Caso Clinico 2**

Il sig.V.A., di età 78 anni, inizia il suo percorso riabilitativo a seguito di un evento ictale avvenuto in data 19/01/2019, per cui si presenta in Pronto Soccorso, data la comparsa di ipostenia a carico dell'arto superiore sinistro, marcata nella sede distale. Viene ricoverato presso la Clinica di Neurologia per le cure del caso, a seguito della diagnosi di esiti di ictus ischemico destro. I deficit motori sono relativi alla presenza di impaccio motorio nell'esecuzione di movimenti fini con la mano destra, nella flessione della gamba e nella dorsiflessione del piede. In data 25/01/2019 viene trasferito presso la SOD di Degenza Riabilitativa per la realizzazione di un progetto riabilitativo orientato al miglioramento dell'autonomia delle ADL e alla riduzione del carico assistenziale. Durante la degenza, in cui sono stati effettuati esercizi di rieducazione neuromotoria, mobilizzazione passiva ed attivo-assistita e riconoscimento del rischio di caduta, si è osservato un miglioramento della condizione funzionale: la deambulazione avviene autonomamente per brevi tragitti, con supervisione del caregiver, con marcia paretica a piccoli passi. Per tragitti più lunghi, il paziente utilizza un ausilio. Il sig. V.A. è stato richiamato con la proposta di un trattamento dual-task a 2 mesi dall'evento.

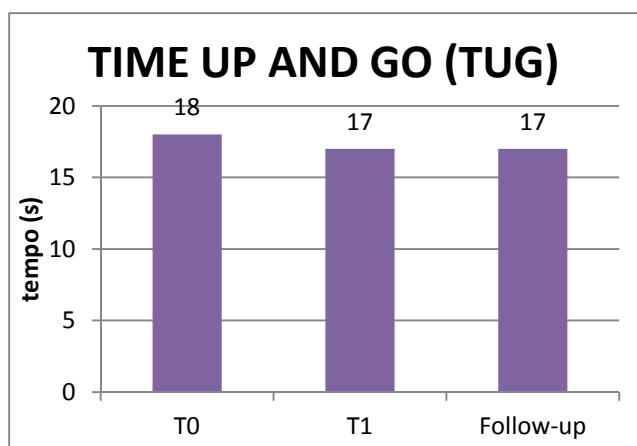
Il trattamento ha avuto l'obiettivo di esercitare le abilità di esecuzione di compiti simultanei cognitivo-motori, con la proposta di training al fine di potenziare le abilità esecutive ed attentive.

Gli esercizi maggiormente utilizzati erano principalmente di tipo P.A.S.A.T.-like, APT-like e Alpha Span, esercizi nei quali è stata inserita anche la componente di shifting. A tali esercizi sono stati combinati compiti motori quali il cammino ad andatura laterale, cammino all'indietro ed esercizi utili a stimolare l'equilibrio, utilizzando il pallone tipo Bobath.

### **6.2.1.Outcome motori**

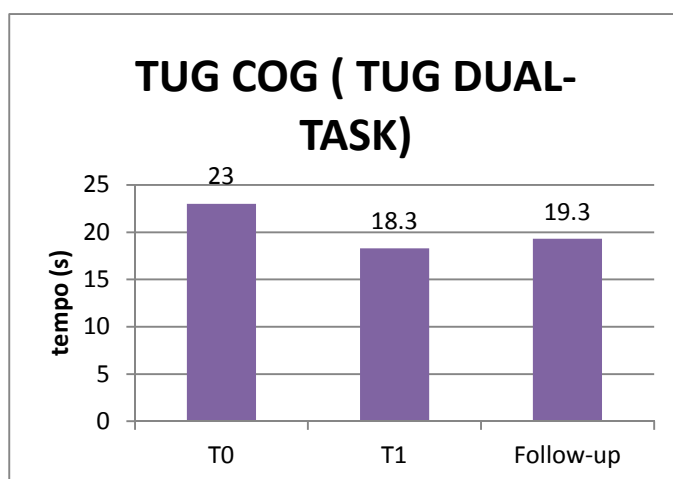
Sono qui descritte singolarmente le misure di outcome motorie. Per ogni scala si riportano i valori misura a T0, T1 e al follow-up.

Per quanto riguarda il Time Up and Go (TUG) non si osservano miglioramenti, in quanto il tempo impiegato per l'esecuzione del test rimane stabile per tutti e tre i momenti di valutazione: il paziente infatti necessita di 18 secondi per compiere il test al tempo T0, mentre 17 secondi a T1 e al follow-up.



**Figura 14** il grafico rappresenta il tempo impiegato per svolgere il Time Up and Go a T0 ( 18 s), T1 (17 s) e al follow-up (17 s).

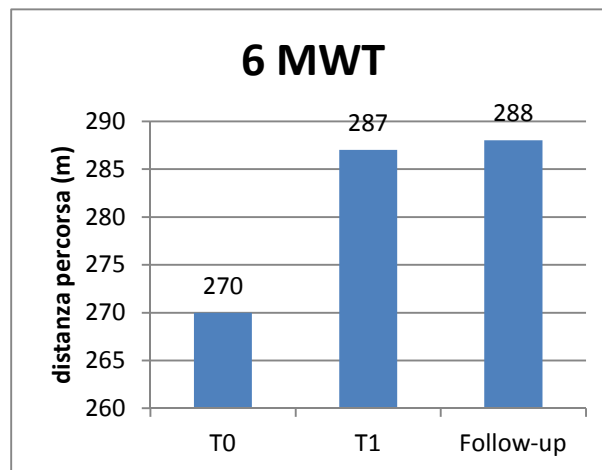
Il Time Up and Go Cognitivo (TUG DUAL-TASK) mostra invece un miglioramento che si traduce in una riduzione del tempo di esecuzione del test tra T0 e T1; il tempo incrementa leggermente tra T1 e il follow-up pur continuando a rappresentare un miglioramento complessivo della performance rispetto alla condizione iniziale. Il paziente necessita di 23 secondi per l'esecuzione a T0, mentre solamente di 18.3 secondi a T1, il tempo si innalza a 19.3 secondi al Follow Up.



**Figura 15** Il grafico illustra i tempi registrati per il Tug Cognitivo: 23 s a T0, 18.3 s a T1 e 19.3 s al follow-up.

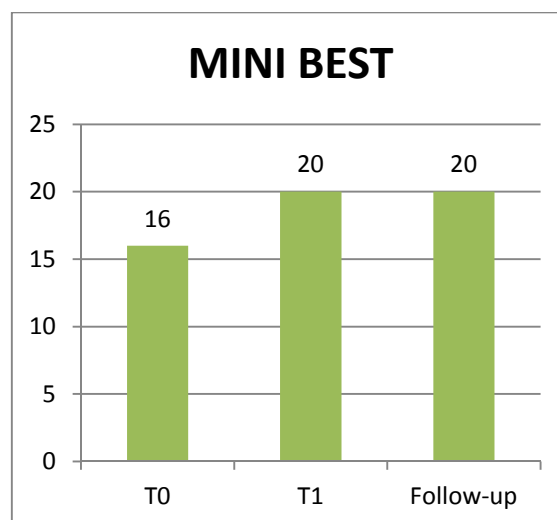
Il 6 Minute Walking Test presenta dei miglioramenti non solo da un punto di vista quantitativo ma anche qualitativo. Il paziente infatti è in grado di compiere 270 metri in 6 minuti a T0 necessitando dell'ausilio dopo solo 1 minuto dall'inizio del test, mentre è in grado di percorrere rispettivamente 287 metri e 288 metri a T1 e al follow-up interamente senza la necessità dell'ausilio.





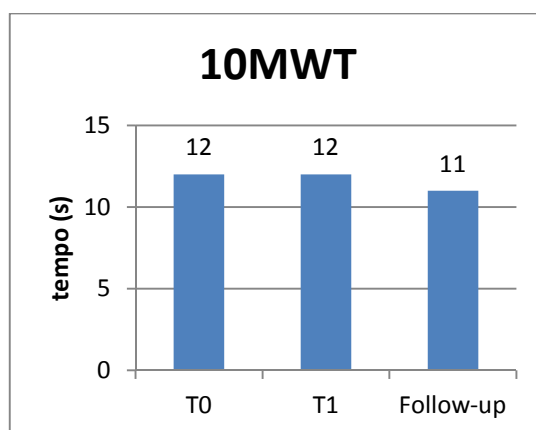
**Figura 16** il grafico mostra i metri percorsi durante il 6 MWT: 270 m a T0, 287 m a T1 e 288 al follow-up.

Il MINIBest mostra un miglioramento che perdura anche al follow-up, il paziente infatti passa da un punteggio iniziale di 16/28 a un punteggi di 20/28 a fine del trattamento e a due mesi di distanza.



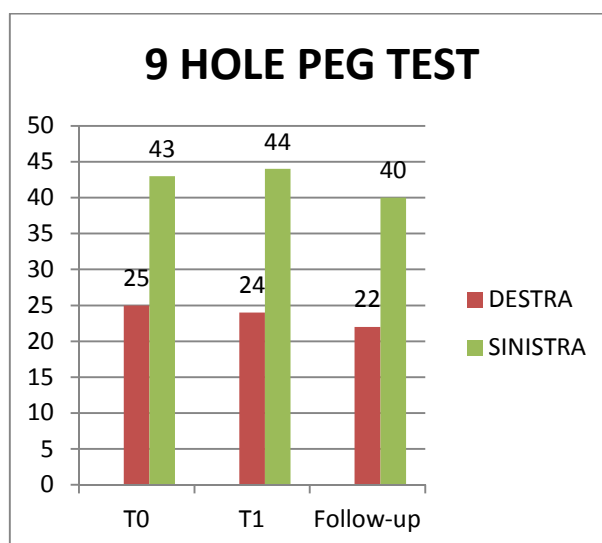
**Figura 17** il grafico mostra il punteggio conseguito dal paziente nello svolgimento del MINIBest: 16/28 a T0, 20/28 a T1 e 20/28 al follow-up.

Non mostra miglioramenti il 10 Metres Walking Test che rimane costante sia a T0, T1 che al follow-up. Si registrano infatti 12 secondi e 18 semipassi per compiere 10 metri sia a T0 che a T1, mentre 11 secondi e 18 semipassi al follow-up.



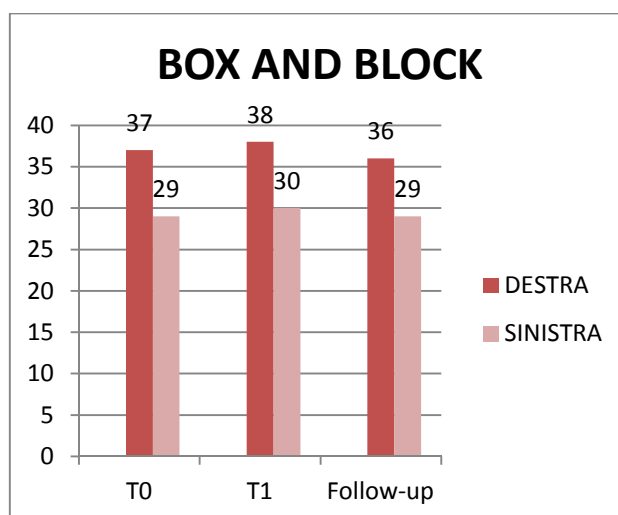
**Figura 18** il grafico mostra i secondi impiegati per svolgere il 10 Metres Walking Test: 12 s a T0 e T1 e 11 s al follow-up.

In analogia ai risultati conseguiti dai pazienti dello scorso anno che sono stati sottoposti al medesimo trattamento il 9 Hole Peg Test non mostra miglioramenti degni di nota, il tempo infatti rimane pressoché invariato sia per la mano destra che per la mano sinistra. Il paziente infatti ha un tempo di esecuzione del test di 25 secondi a T0, 24 secondi a T1 e 22 secondi al follow-up per la mano destra; mentre si registra un tempo di 43 secondi a T0, 44 secondi a T1 e 40 secondi al follow-up per la mano sinistra.



**Figura 19** il grafico mostra il tempo sia per la mano destra che la mano sinistra al 9HPT. Per la mano destra: 25 s a T0, 24 s a T1 e 22 s al follow-up. Per la mano sinistra: 43 s a T0, 44 s a T1 e 40 al follow-up.

Analogamente ai risultati ottenuti l'anno scorso e al test qui sopra descritto anche il Box and Block non mostra miglioramenti. Il paziente è in grado di spostare in un minuto 37 cubi a T0, 38 a T1 e 36 al follow-up con la mano destra, mentre riesce a spostare 29 cubi a T0, 30 T1 e 29 al follow-up con la mano sinistra.



**Figura 20** il grafico riporta in numero di cubi spostati al Box and Block. Per la mano destra: 37 a T0, 38 a T1 e 36 al follow-up. Per la mano sinistra: 29 a T0, 30 a T1 e 29 al follow-up.

Per quanto riguarda le variabili esplicative, che si riportano qui sotto, non si osservano risultati significativi se non qualche lieve incremento di punteggio per le scale FIM e BARTHEL:

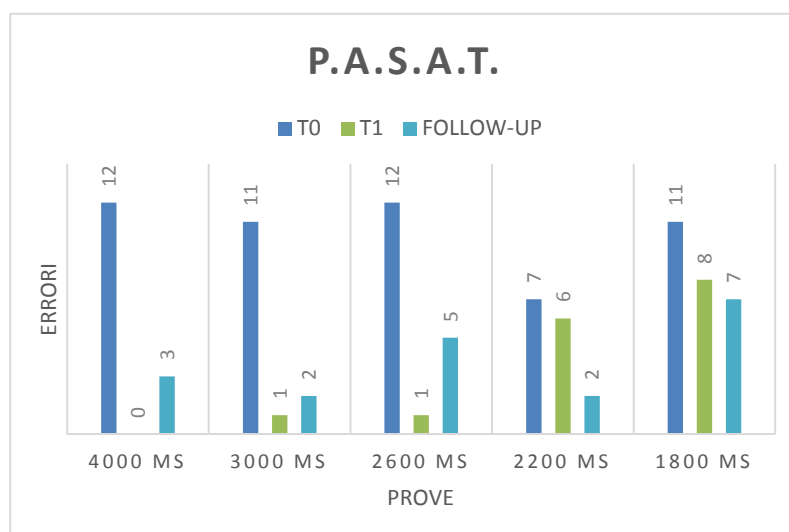
	T0	T1	Follow-up
Data:	25/03/2019	15/04/2019	20/06/2019
<b>VARIABILI ESPLICATIVE:</b>			
FIM	116	117	119
BARTHEL	96	96	100
HOLDEN	4/5	4/5	4/5
ASHWORTH:			
SPALLA	0	0	0
GOMITO	0	0	0
POLSO	0	0	0
DITA MANO	0	0	0
ANCA	0	0	0
GINOCCHIO	0	0	0
CAVIGLIA	0	0	0
DITA PIEDE	0	0	0
STANDING	4	4	4
TCT	100	100	100

**Tabella 6** Variabili Esplicative Caso Clinico 2

### 6.2.2. Outcome cognitivi

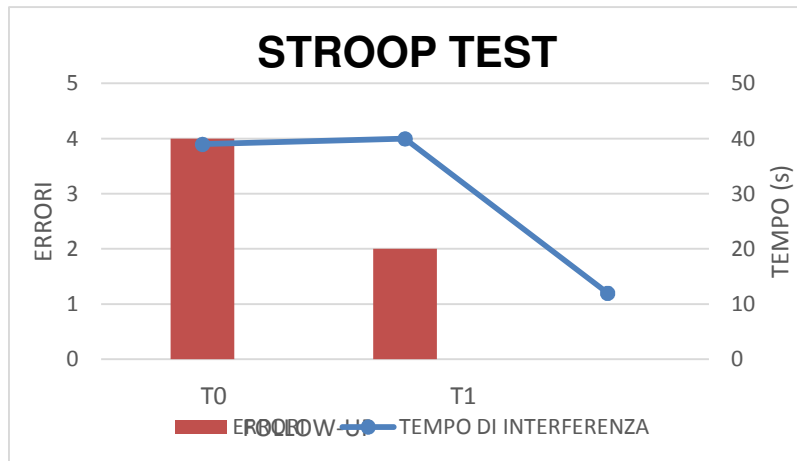
Alla valutazione cognitiva iniziale, le difficoltà emerse erano relative al mantenimento dell'attenzione, alla velocità di processamento delle informazioni, la capacità di memoria e alla capacità di ridirezionare in modo flessibile l'attenzione da un compito all'altro. Dalla somministrazione del Test di Stroop, emergeva in particolar modo un deficit nella gestione dell'interferenza, difficoltà espressa sia dalla velocità che dalla correttezza.

Nel grafico sottostante vengono riportati i punteggi alla prova di attenzione sostenuta selettiva Paced Auditory Serial Addition Test, somministrata prima del trattamento, al termine e a distanza di due mesi; è possibile apprezzare un incremento della performance attentiva, in particolar modo nella dimensione divisa uditivo-verbale: il punteggio, che inizialmente superava il valore di cut-off, è rientrato nella norma, mantenendosi tale anche al follow-up.



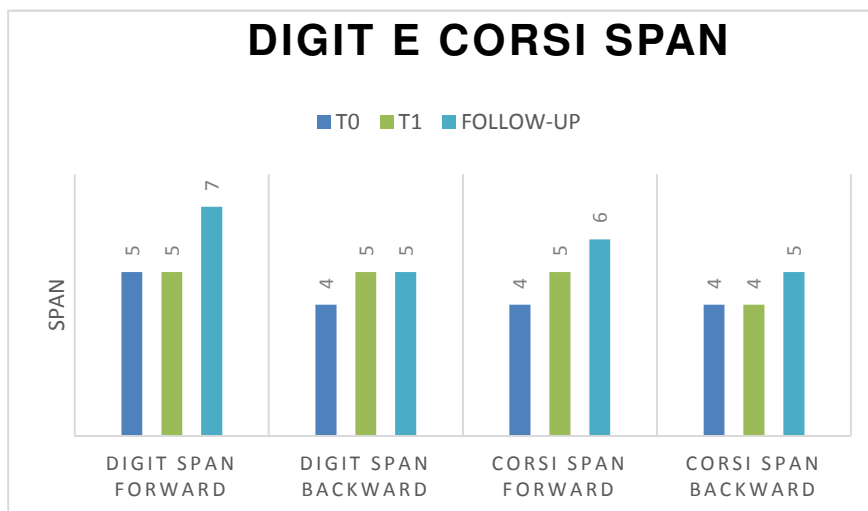
**Figura 21 Test P.A.S.A.T e risultati della valutazione a inizio del trattamento, al termine e a distanza di 2 mesi**

Altro outcome positivo ha sicuramente riguardato la prestazione del soggetto nello svolgimento del Test di Stroop: per quanto riguarda il tempo di interferenza, si è apprezzata una riduzione importante al follow-up; migliorata la performance anche alla luce della quantità di errori commessi, che sono gradualmente diminuiti alla valutazione a T1 e assenti alla valutazione in follow-up.



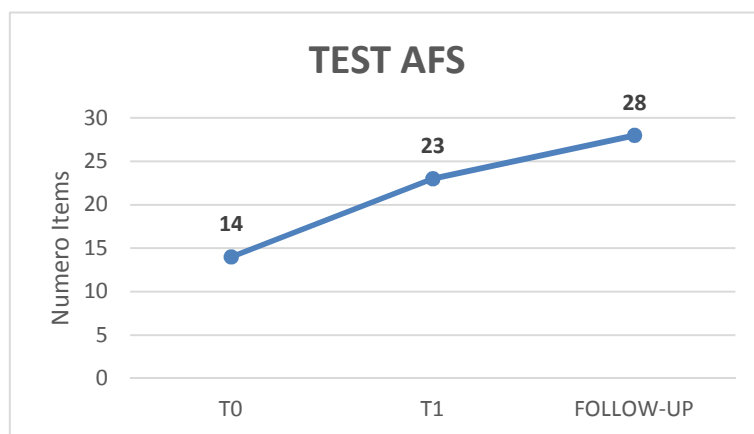
**Figura 22 Performance dello Stroop Test, analizzando il tempo di interferenza e la correttezza.**

A seguito del trattamento è stato rilevato anche un potenziamento della prestazione al Digit Span Task Foward and Backward, test utilizzato per valutare la capacità della working memory: tale miglioramento indica quindi un aumento della capacità di ritenzione e di rielaborazione delle informazioni. Parallele anche le prestazioni al test di Corsi, in cui si registra un incremento delle capacità di memoria visuo spaziale.



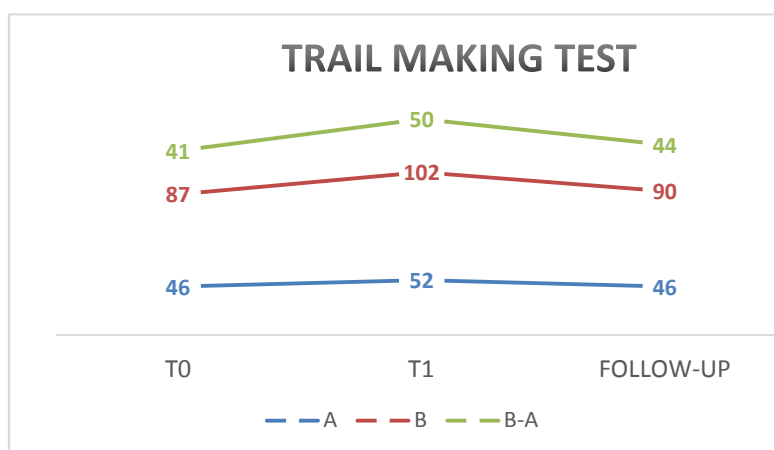
**Figura 23 Valori dello span al test Digit Span e memoria visuo-spaziale al Corsi Span.**

Interessante anche sottolineare l'andamento al test AFS, che misura la capacità di fluency fonemica. Questa prova riflette la capacità di formulare strategie e le abilità di working memory, inerenti al loop fonologico, legate alle funzioni esecutive. In tale valutazione il punteggio, corrispondente alla quantità di parole enunciate in una data finestra di tempo (1'), segna un notevole incremento di queste capacità: nella valutazione iniziale il paziente ha ottenuto un punteggio di 14 item, che è aumentato alla valutazione di fine trattamento (T1=23) e ulteriormente incrementato al follow-up (T2=28).



**Figura 24** Grafico riportante i risultati ottenuti nel test AFS a T0, T1 e al Follow-up

Il Trail Making Test, utile ad indagare le abilità di attenzione visiva e di task switching attraverso il calcolo del tempo di esecuzione, non ha mostrato particolari modifiche: la prestazione è stata mantenuta nel tempo.



**Figura 25** Punteggi ottenuti nel Trail Making Test.

Progressi si sono verificati anche nella prestazione al Wisconsin Card Sorting Test, in cui nonostante non ci fosse una particolare compromissione alla valutazione iniziale, è stato osservato un miglioramento. Tale strumento di testistica permette di indagare la flessibilità nella scelta di una strategia di problem solving, offrendo una misura della capacità di astrazione e di eventuali difficoltà a livello perseverativo. Il test è stato svolto con 64 carte, quindi in forma breve; perciò, i punteggi grezzi vengono riportati esclusivamente in valori percentuali. A fine trattamento, le performance si sono rivelate potenziate, con una diminuzione della percentuale di errori e un annullamento degli errori perseverativi.

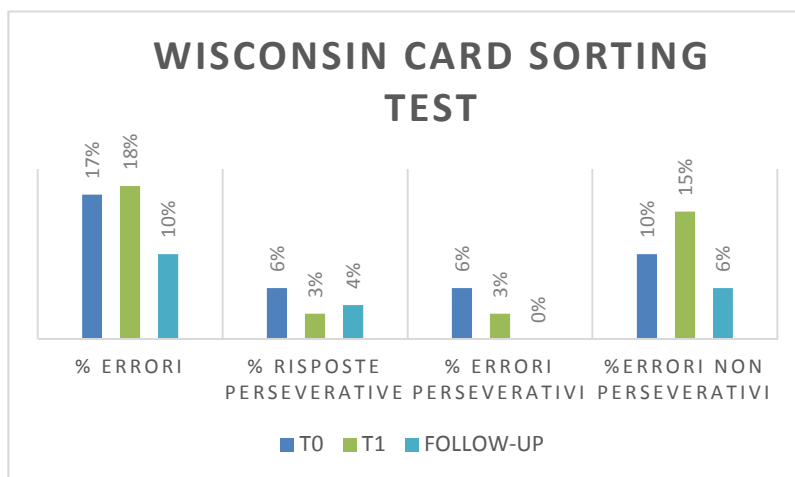


Figura 26 Grafico rappresentante la performance al WCST.

### 6.2.3. Pattern di interferenza dual task durante le combinazioni proposte

Per il paziente di cui si è appena discusso si riportano 4 combinazioni di cui 2 che prevedevano l'utilizzo del pallone Bobath al fine di stressare l'equilibrio. Questi esercizi verranno descritti solo qualitativamente da un punto di vista motorio in quanto non si disponeva di strumenti adeguati per garantire una misurazione oggettiva dei progressi ottenuti. Non sarà possibile nemmeno attribuire un pattern della classificazione ideata da Plummer, per cui si procederà descrivendo quello che è stato registrato dalla semplice osservazione da parte dell'operatore.

PALLONE BOBATH (alzo i piedi) + PASAT +/-x (0-3):

l'esercizio consisteva nel mantenere una buona posizione seduta sul pallone Bobath; una volta ottenuta una buona stabilità si chiedeva di sollevare in maniera alternata gli arti inferiori, mantenendo un buon ritmo, e quindi di compiere una flessione di anca evitando il più possibile compensi dati dall'inclinazione del busto. Le mani erano poste sulle ginocchia e lo sguardo possibilmente dritto a fissare un punto. Contemporaneamente, al soggetto è stato richiesto un esercizio PASAT-like con shifting del compito, dove in modo alternato avrebbe eseguito somma e

moltiplicazione dei numeri ascoltati. La combinazione sopra citata è stata ripetuta per 3 sedute nel corso del training, delle quali si riportano le variazioni del DTC del compito cognitivo:

	29-mar	04-apr	11-apr
DTC C	-4%	10%	12%

In data 29/03 nella prestazione dual task il soggetto interrompe l'esecuzione del compito motorio per dare la risposta del compito cognitivo, per eseguire a mente il calcolo o per chiedere conferma su quale delle 2 operazioni, somma o moltiplicazione, doveva eseguire. Compie una grande pausa per quanto riguarda l'esercizio motorio che riprende solo sotto stimolo dell'operatore.

Il DTC Cognitivo presenta un valore negativo che simboleggia un peggioramento della performance dual task rispetto quella di single task seppur lieve.

In data 04/04 il soggetto ripete la combinazione. Da un punto di vista motorio continuano le pause seppur minori del task per l'equilibrio. Si assiste però a una riduzione della qualità dell'esercizio in quanto le gambe vengono alzate con un'ampiezza minore e le oscillazioni del tronco sono maggiori.

Il DTC Cognitivo invece rileva un importante miglioramento forse a scapito della prestazione motoria.

In data 11/04 il soggetto migliora il ritmo dell'alternanza seppur ancora con dei rallentamenti, sono ancora presenti brevi pause. Ancora non ottimale l'ampiezza con cui vengono sollevati gli arti inferiori.

Il DTC Cognitivo presenta ulteriori miglioramenti rispetto alla ripetizione precedente.

Da questa proposta si può notare come all'inizio il soggetto abbia un'abilità dual task scarsa in quanto le interruzioni del compito motorio avvengono in concomitanza di momenti in cui è richiesto di elaborare sia la risposta, o più in generale di svolgere il compito cognitivo, che di mantenere invariata l'esecuzione motoria. Nelle altre ripetizioni invece sono ancora presenti degli scostamenti tra l'esecuzione dual task rispetto a quella di single task del compito motorio ma sono accompagnati da miglioramenti significativi per la prestazione cognitiva.

Come per l'esercizio appena descritto si propone un'altra combinazione che prevedeva l'utilizzo di pallone Bobath:

PALLONE BOBATH ( mire a destra e sinistra) + PASAT + (0-9):

la combinazione prevedeva un compito motorio in cui il soggetto doveva, mantenendo la posizione seduta su pallone Bobath, sbilanciarsi con le braccia tese e a mani incrociate verso due mire una



destra e a sinistra poste a eguale distanza dalla posizione neutrale della persona. Il soggetto doveva mantenere un buon ritmo, senza sbagliare l'alternanza e senza interruzioni. Il compito cognitivo consisteva nell'eseguire l'esercizio P.A.S.A.T.-like, basato sulla somma degli ultimi due numeri. Si riportano i DTC che sono stati registrati per il compito cognitivo per le 3 ripetizioni della combinazione:

	29-mar	04-apr	11-apr
DTC C	-12%	-1%	3%

In data 29/03 il soggetto riesce a terminare il compito motorio riuscendo a mantenere un buon ritmo nell'alternanza tra le mire. Si registrano due pause in cui il soggetto si sofferma per pensare alla risposta al compito cognitivo.

Il DTC Cognitivo mostra un differenza tra la performance single e dual task a sfavore di quest'ultima.

In data 04/04 il soggetto ripete l'esercizio. Da un punto di vista motorio viene mantenuto un buon ritmo e il soggetto compie solo due pause lievi. Verso il termine dell'esercizio si assiste a un rallentamento generale nell'esecuzione.

Il DTC Cognitivo migliora seppur rimanendo negativo; il valore però è prossimo allo 0 e quindi alla equiparazione tra la performance dual e single task.

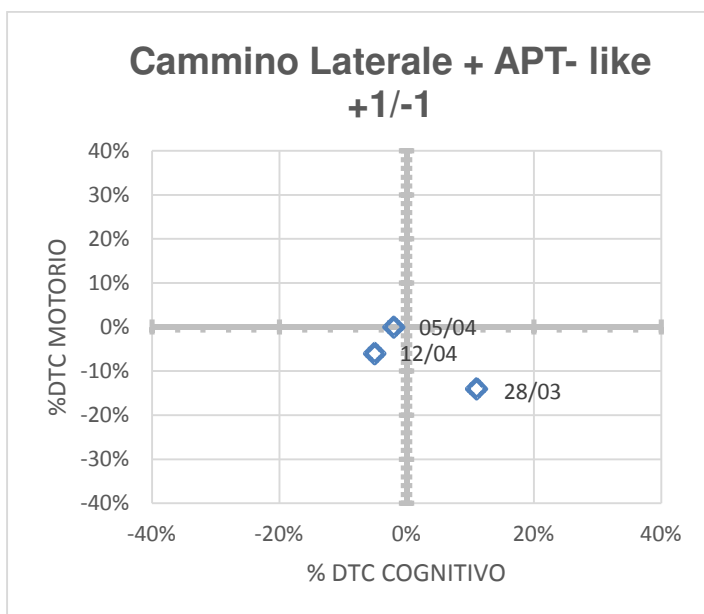
In data 11/04 il task motorio viene completato mantenendo un buon ritmo per tutta la durata dell'esecuzione.

Il DTC Cognitivo migliora ulteriormente raggiungendo valori positivi. La performance cognitiva dual task è da considerarsi migliore di quella eseguita in condizioni di single task.

Dalla descrizione dell'esercizio appena effettuata si può dedurre seppur solo in maniera ipotetica che il soggetto abbia consolidato nel corso delle tre prove il suo equilibrio e la sua stabilità tanto da potersi concentrare di più sul compito cognitivo che è andato progressivamente migliorando.

La combinazione si può considerare positiva in termini di risultati in quanto da un punto di vista qualitativo la prestazione motoria non è stata compromessa e contemporaneamente si è assistito a un miglioramento quantitativo per la prestazione cognitiva.

Si riportano ora le combinazioni che sono state quantificate sia da un punto di vista motorio che cognitivo:



	28-mar	05-apr	12-apr
DTC C	11%	-2%	-5%
DTC M	-14.1%	0%	-6%

Nella seguente combinazione il soggetto doveva eseguire un cammino laterale con cambio di direzione a 5 metri per una distanza totale di 20 metri e contemporaneamente doveva eseguire un compito cognitivo APT like +1/-1, in cui è stato richiesto di segnalare due numeri consecutivi in ordine crescente e, all'occorrenza di un cambio, in ordine decrescente.

In un primo momento il paziente presenta un pattern di tipo *Cognitive Priority Trade-Off*, in quanto la prestazione cognitiva dual task è migliore di quella eseguita in condizioni di single task a differenza di quella motoria che presenta un DTC negativo e quindi risulta deteriorata.

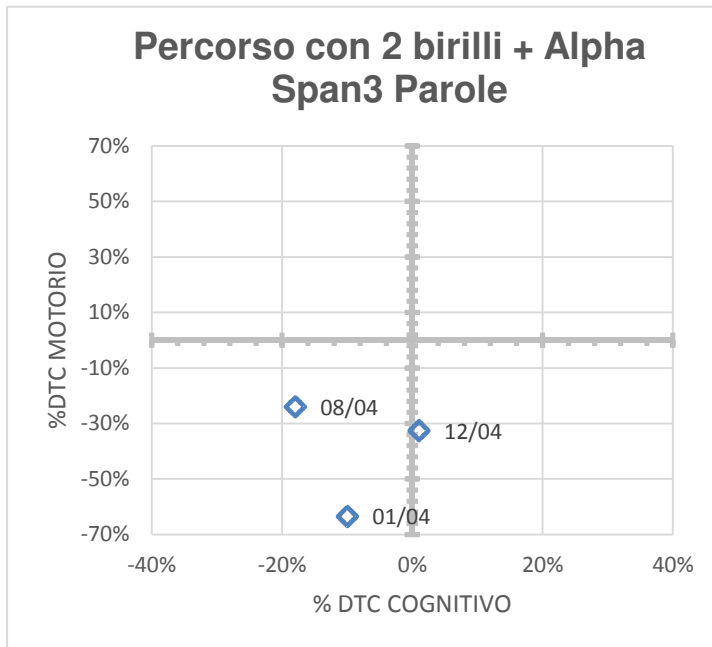
Nella seconda ripetizione si assiste a un rimaneggiamento delle risorse, il soggetto infatti migliora la prestazione motoria dual task che arriva ad eguagliare quella in single task, il DTC motorio è infatti nullo, mentre si assiste ad un calo della prestazione cognitiva, che a differenza della situazione precedente, presenta un DTC negativo. Il soggetto mostra un andamento, dalla prima alla seconda seduta, definibile come *Gait Priority Trade-Off*, che risulta in ultima analisi come un pattern di tipo *Gait- Related Cognitive Interference*.

Questa condizione risulta essere pressoché ottimale come si può notare anche graficamente, i valori di questa combinazione tendono infatti ad un avvicinamento al centro del grafico, a quella che è la condizione senza interferenza.

Questi risultati non sono però mantenuti nell'ultima seduta in cui si assiste ad un lieve peggioramento in entrambe le performance che va a delineare un pattern di tipo *Mutual Interference*.

La combinazione appena descritta non rappresenta l'andamento ottimale dell'obiettivo di questo studio in quanto i risultati misurati nella seconda seduta non vengono mantenuti durante la terza. Si

può ipotizzare che il soggetto abbia modificato l'allocazione delle risorse dalla situazione iniziale in cui sembrano concentrate interamente nel compito cognitivo. Al termine del terzo tentativo le risorse sembrano distribuite in maniera equilibrata in entrambi i compiti che risultano entrambi deteriorati rispetto alle loro rispettive condizioni di single task.



	01-apr	08-apr	12-apr
DTC C	-10%	-18%	1%
DTC M	-63.5%	-24%	-32.6%

L'ultima combinazione che si riporta prevedeva un percorso con due birilli posti rispettivamente a 3 e 5 metri dalla posizione di partenza. Il soggetto doveva raggiungere il più vicino, tornare al punto di partenza, raggiungere il più lontano e tornare al punto di partenza. Il compito cognitivo prevedeva invece di mettere in fila sequenze di 3 parole, dettate dall'operatore, in ordine alfabetico in base alla lettera con cui iniziavano.

La prima ripetizione si presenta con un pattern di tipo *Mutual Interference*, entrambe le prestazioni risultano deteriorate rispetto alle rispettive condizioni di single task in particolar modo quella motoria.

Durante la seconda seduta il quadro rimane invariato da un punto di vista del pattern, ma i valori dei DTC si modificano. Quello del cognitivo peggiora leggermente mentre quello del motorio migliora, seppur rimanendo di segno negativo.

Nell'ultima ripetizione invece si assiste a un peggioramento del DTC Motorio rispetto alla seconda seduta senza però raggiungere i valori registrati in data 01/04. Il compito cognitivo invece migliora significativamente, il DTC infatti raggiunge un valore positivo. Si instaura un quadro di *Cognitive Priority Trade-Off*.

Nel complesso si possono trarre conclusioni positive da questa combinazione, i cui valori registrati in data 12 /04 sono quelli che più si avvicinano al centro del grafico. Si può ipotizzare che il miglioramento finale della performance cognitiva sia dovuta al calo registrato per quella motoria; il peggioramento della prestazione motoria però non ha più raggiunto gli alti valori registrati nella prima ripetizione rispetto alle due successive.

#### 6.2.4.Indice Dual Task:

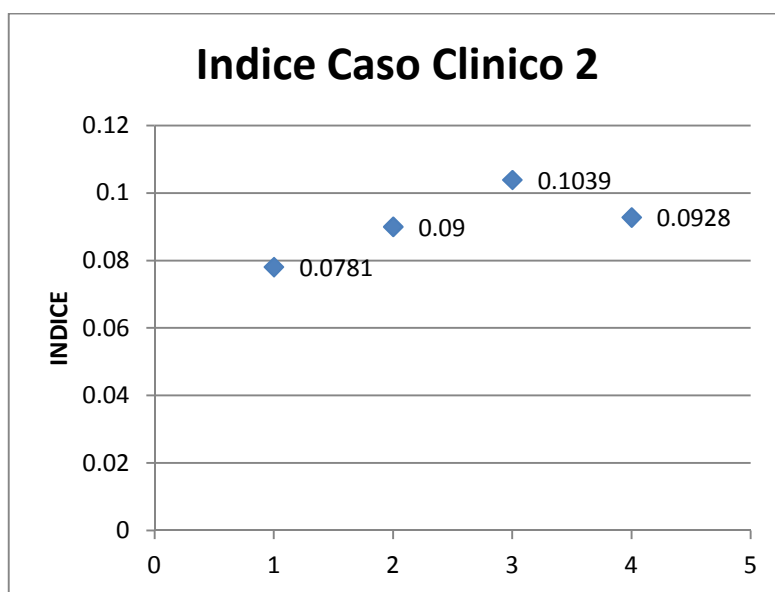


Figura 27 Indice Dual Task Caso Clinico 2

Dall'andamento di quest'indice si nota subito una sostanziale differenza da quello precedentemente descritto, infatti i miglioramenti ottenuti al termine del training non sono perdurati a distanza di 2 mesi. Questo è l'andamento tipico, compatibile anche con i risultati conseguiti dal medesimo studio l'anno scorso. Il calo che si osserva tra T1 e il follow-up però non è così drastico, infatti rispetto a T0 e in minima parte anche a T mezzi può essere ancora considerato un miglioramento.

Questo andamento, così come quelli dell'anno scorso, possono far suggerire la necessità di ripetere un altro ciclo di sedute al fine di mantenere i risultati, in quanto per ora l'effetto di un solo training non sembra così duraturo .

#### 6.2.5.Sintesi Caso Clinico 2

Il paziente appena presentato ha dimostrato da un punto di vista motorio un miglioramento in termini di equilibrio e resistenza. Non è stata però incrementata la velocità del cammino e della variazioni posturali come dimostrano il TUG e il 10 MWT. A livello cognitivo i maggiori risultati sono stati registrati a livello della working memory, flessibilità e scelta di una strategia di problem solving. Anche per questo partecipante possiamo affermare che c'è stato un miglioramento dell'abilità dual task a fine del trattamento come lo dimostrano il TUG DUAL TASK e

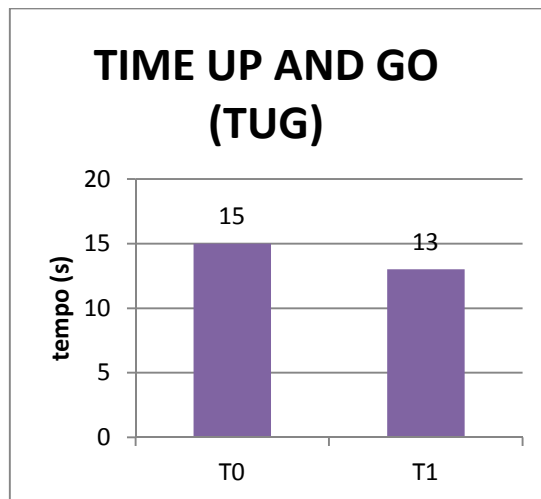
l'andamento dell'indice; miglioramento però che non è perdurato interamente ma ha subito un calo al follow-up.

### **6.3. Caso Clinico 3**

La storia clinica del paziente S.G., di età 78 anni, inizia il 25/12/2018, per comparsa di astenia agli arti di destra e di disartria secondari ad una emorragia intraparenchimale talamica sinistra, per la quale viene posta l'indicazione al ricovero presso la Clinica di Neurologia. Successivamente, è avvenuto il trasferimento presso la SOD Clinica di Neuroriabilitazione per la realizzazione di un progetto riabilitativo orientato al miglioramento dell'autonomia e alla riduzione del carico assistenziale. In fase acuta, vengono effettuati esercizi di mobilizzazione attiva e assistita agli arti di destra, esercizi per l'incremento del controllo del tronco e della postura, verticalizzazione e training della deambulazione. Le funzioni cognitive, valutate alla degenza, mostrano presenza di alterazione, in particolar modo con deficit attentivo e deficit delle funzioni esecutive. Dopo aver identificato i predittori del recupero della deambulazione (conservata motricità dell'arto inferiore destro e il parziale controllo del tronco) e dopo aver individuato gli obiettivi perseguibili nel corso la deamb visti il rischio elevato di cadute e il disturbo cognitivo; è stata consigliata la prosecuzione del trattamento riabilitativo in modalità estensiva. Viene proposto il trattamento dual-task, che ha previsto un training diretto al potenziamento delle abilità di gestione dell'interferenza cognitivo-motoria. A differenza degli altri partecipanti a questo studio, S.G. non ha aderito totalmente alle indicazioni previste nel training, in quanto alcune problematiche di salute ne hanno causato la mancata partecipazione. Ad ogni modo, si riportano di seguito gli outcome motori e cognitivi rilevati ad inizio e a fine trattamento; per questo paziente non è stato possibile ripetere la valutazione al follow-up.

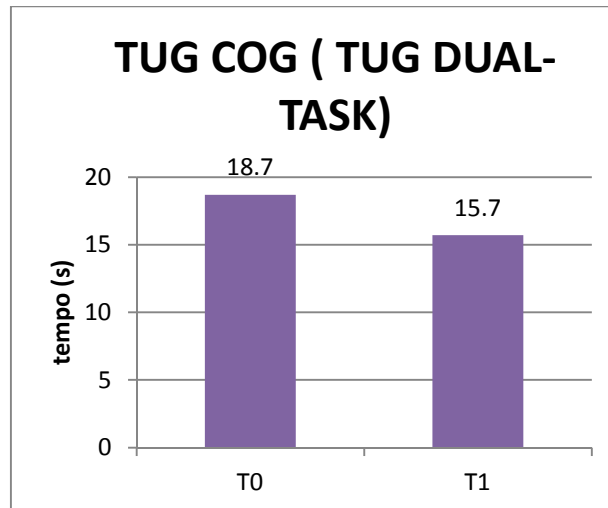
#### **6.3.1. Outcome motori**

Per quanto riguarda il Time Up and Go, analogamente al caso clinico 2, si osservano dei miglioramenti ma non rilevanti, il soggetto infatti passa da un tempo di esecuzione di 15 secondi a un tempo di 13 secondi. Il test è volto a valutare la velocità nel cammino ma anche i tempi di reazione e la rapidità nelle variazioni posturali.



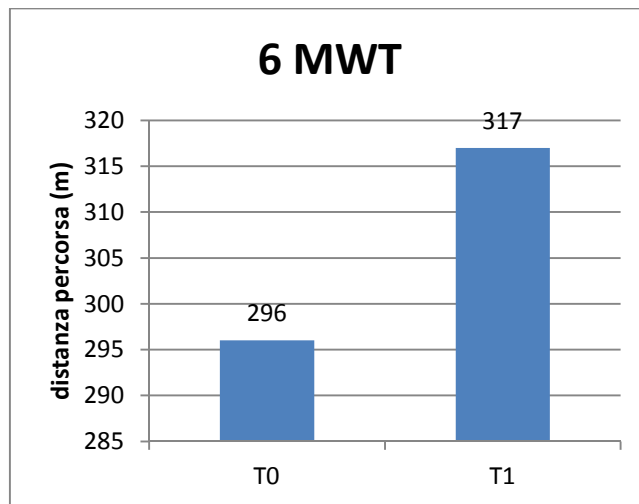
**Figura 28** Grafico rappresentante il tempo impiegato per compiere il TUG. 15 s a T0 e 13 s a T1.

Il Time Up and Go Cognitivo ( TUG DUAL-TASK) invece mostra una riduzione del tempo più significativa. Il soggetto infatti passa da un tempo di esecuzione del test di 18.7 secondi a inizio trattamento a 15.7 secondi a fine trattamento. Questo potrebbe suggerirci che, anche se la velocità nel cammino e nei cambi posturali in condizioni di single task non hanno ottenuto importanti miglioramenti, l'abilità dual task potrebbe essere migliorata; per cui durante l'esecuzione di questa prova il soggetto ha risentito meno dell'interferenza cognitivo motoria rispetto alla condizione iniziale.



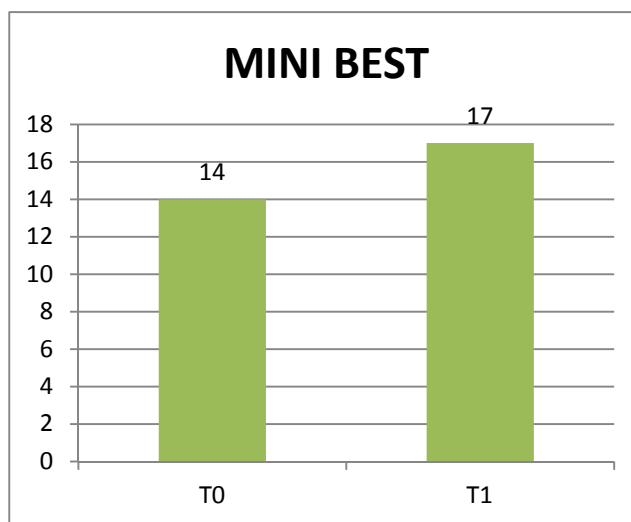
**Figura 29** Il grafico mostra le variazioni temporali in secondi, tra inizio e fine trattamento, registrate per l'esecuzione del TUG DUAL-TASK : 18.7 s a T0 e 15.7 s a T1.

Analogamente a tutti gli altri casi clinici, e in maniera conforme anche ai risultati conseguiti l'anno scorso, il 6 Minutes Walking Test ha subito dei miglioramenti. I metri percorsi tra l'inizio e la fine del trattamento sono aumentati di 21 metri. Questo significa che la resistenza cardio-polmonare durante un sforzo è aumentata.



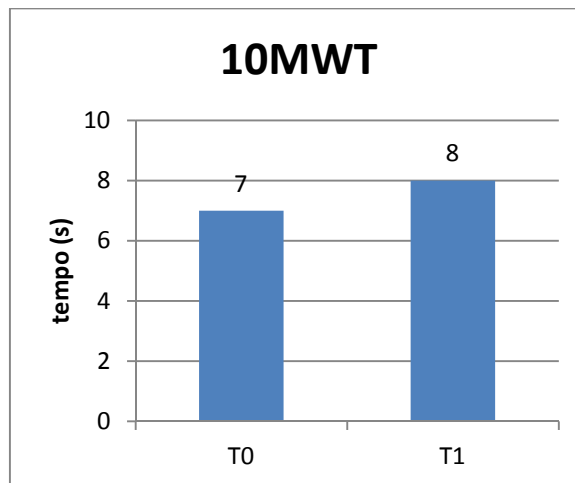
**Figura 30 Metri percorsi nel 6 MWT: 269 m a T0 e 317 m a T1.**

Anche il MINIBEST presenta dei miglioramenti, il soggetto ha incrementato il punteggio di 3 punti dall'inizio del trattamento, passando da un punteggio di 14 a T0 e terminando con uno di 17 a T1.



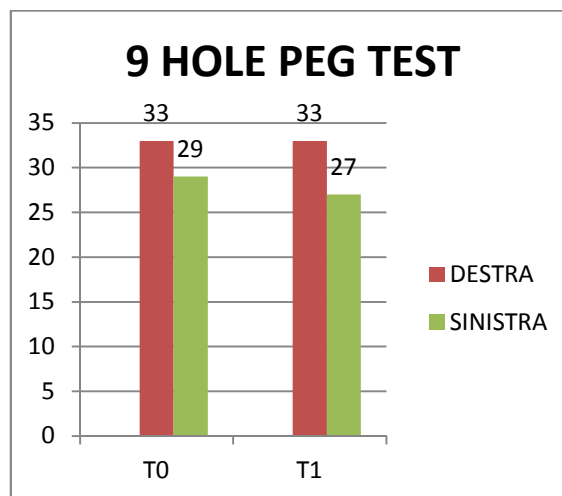
**Figura 31 Il grafico mostra i punteggi del MINIBEST: 14/28 a T0 e 17/28 a T1**

Per quanto riguarda il 10 Metres Walking Test non si osserva una diminuzione dei tempi di percorrenza. Il test, volto a valutare l'incremento nella velocità del cammino su un tragitto di 10 metri, presenta un aumento in termini di tempo di esecuzione di solo 1 secondo; in maniera più dettagliata a T0 il paziente ha percorso 10 metri in 7 secondi e 14 semipassi e ha impiegato per lo stesso percorso a T1 8 secondi e 15 semipassi. Come già evidenziato anche dal TUG, il soggetto non ha incrementato la velocità nel cammino.



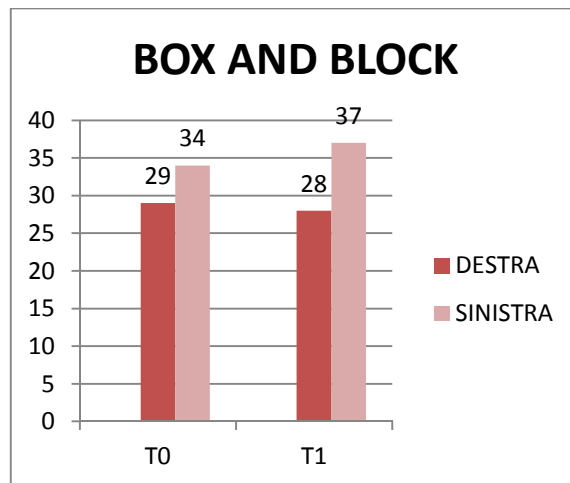
**Figura 32 Il grafico il tempo di esecuzione in secondi del 10 MWT: 7 s a T0 e 8 s a T1**

Per le misure di outcome dell'arto superiore si riportano i grafici per completezza ma non si osservano miglioramenti. Né la motricità fine, né la motricità grossolana dell'arto superiore hanno mostrato variazioni significative. In particolare l'arto superiore destro risulta particolarmente stabile in termini di risultati sia per il 9 Hole Peg Test che per il Box and Block, mentre un leggero miglioramento si osserva per l'arto superiore sinistro sia in termini di tempo di esecuzione nel 9 Hole Peg Test che di quantità di cubi trasportati nel Box and Block.



**Figura 33 Il grafico mostra il tempo impiegato per il 9HPT. Per la mano destra: 33 s a T0 e T1. Per la mano sinistra: 29 s a T0 e 27 a T1.**





**Figura 34** Il Grafico mostra il numero di cubi il soggetto è riuscito a trasportare nel Box and Block. Con la mano destra: 29 a T0 e 28 a T1. Con la mano sinistra: 34 a T0 e 37 a T1.

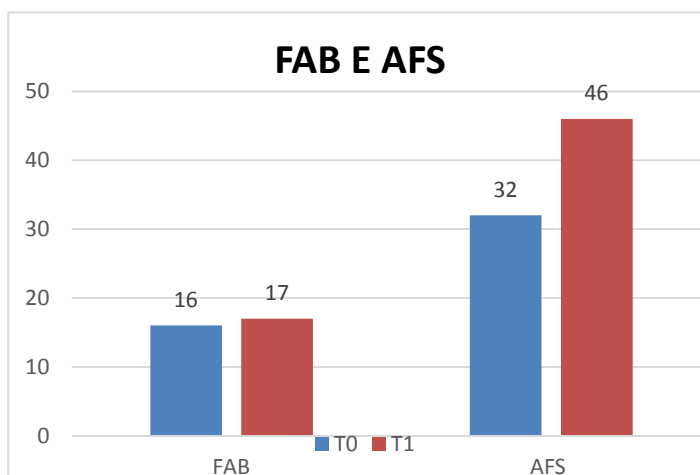
Come per gli altri partecipanti si riportano le variabili descrittive:

<b>VARIABILI ESPLICATIVE:</b>	30/05/2019	24/06/2019
FIM	108	109
BARTHEL	89	89
HOLDEN	4/5	4/5
ASHWORTH:		
SPALLA	0	0
GOMITO	0	0
POLSO	0	0
DITA MANO	0	0
ANCA	0	0
GINOCCHIO	0	0
CAVIGLIA	0	0
DITA PIEDE	0	0
STANDING	4	4
TCT	100	100

**Tabella 7** Variabili Esplicative Caso Clinico 3

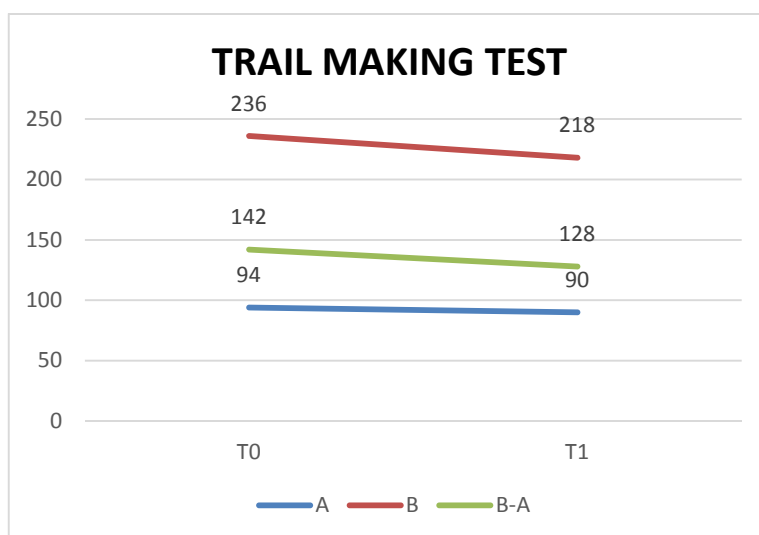
### 6.3.2. Outcome cognitivi

Un risultato importante riguarda il punteggio relativo al test Frontal Assessment Battery e in particolar modo alla prova di fluenza verbale fonemica: si apprezza infatti un incremento della performance nella sezione ‘serie motoria’; significativo inoltre l’aumento del numero di items riportati nella prova di fluenza.



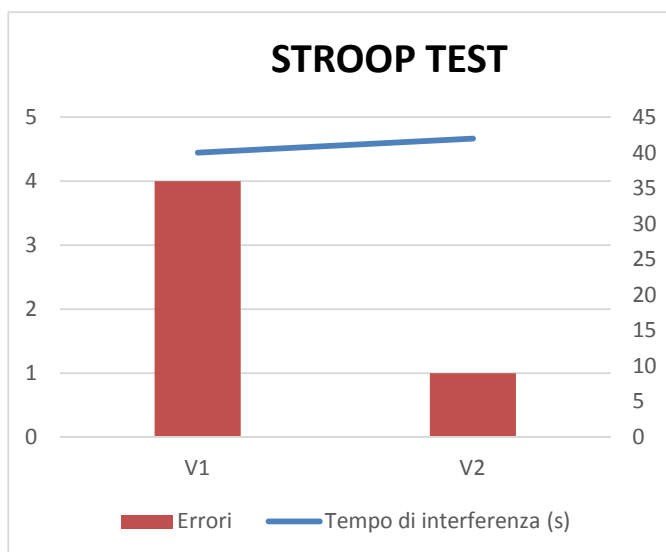
**Figura 35 Risultati del test Frontal Assessment Battery e della prova di fluenza fonemica.**

Come per gli altri partecipanti, anche in questo caso si è potuto apprezzare un miglioramento delle prestazioni al Trail Making Test, che valuta la capacità di pianificazione spaziale in un compito di tipo visuo-motorio l’incremento maggiore è stato rilevato nella parte B-A, indice di flessibilità cognitiva e abilità di swithcing.



**Figura 36 Trail Making Test nelle parti A, B, B-A, rilevate prima e dopo il training.**

Il test riportato sotto valuta l'attenzione selettiva e i processi di inibizione delle informazioni ritenute non rilevanti. La correttezza, fortemente deficitaria alla valutazione iniziale, migliora notevolmente a seguito del training rientrando nella norma. Al contrario, il tempo di interferenza è rimasto pressoché invariato.



**Figura 37 Stroop Test, misurato in rapidità (tempo di interferenza) e correttezza (errori), e i punteggi ottenuti prima e dopo il training.**

Un miglioramento importante riguarda anche il potenziamento delle abilità di pianificazione misurate con il test Torre di Londra, di cui i risultati sono riportati nella tabella che riportiamo qui sotto. Alla prima valutazione, il paziente ha mostrato una prestazione scarsa per quanto riguarda il tempo totale di esecuzione, il tempo totale di risoluzione dei problemi, e il numero di violazioni di tempo e di regole. Alla valutazione T1, al termine del training, le prestazioni sono migliorate, entrando nella fascia average (media). Incrementati anche i punteggi inerenti al numero totale di mosse; stabili il numero di risposte corrette e del tempo totale iniziale.

	<b>T0</b>	<b>T1</b>
<b>total correct score</b>	average	Average
<b>total move score</b>	borderline	low average
<b>total initiation time</b>	average	Average
<b>total execution time</b>	poor	low average
<b>total problem solving time</b>	poor	low average
<b>total time violations</b>	poor	Average
<b>total rule violations</b>	poor	low average

**Figura 38** La tabella riporta gli outcome relativi al test TDL ( torre di Londra), con il punteggio corretto

Alla valutazione post-trattamento è emerso anche un potenziamento delle abilità di working memory, valutate con il Digit Span Backward e Forward; quest'ultimo vede un incremento di Span da 4 a 6 cifre; il Digit Span Backward rimane stabile; incrementa il punteggio al Cubi di Corsi Foward, che subisce invece una deflessione alla parte inversa.

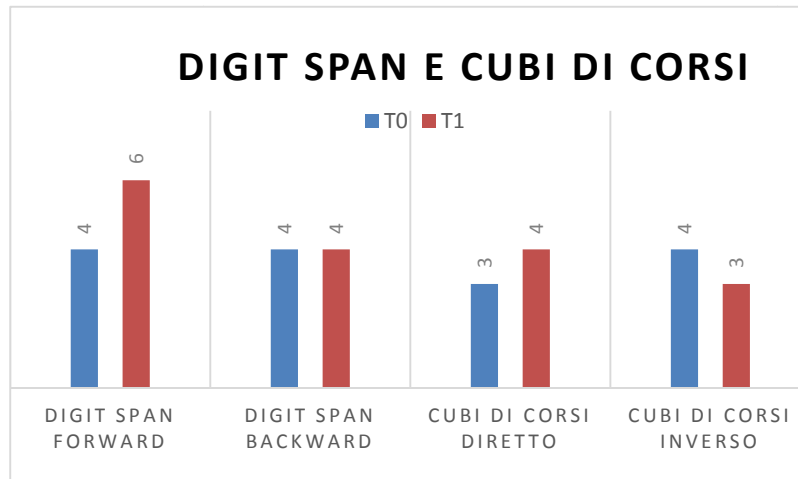
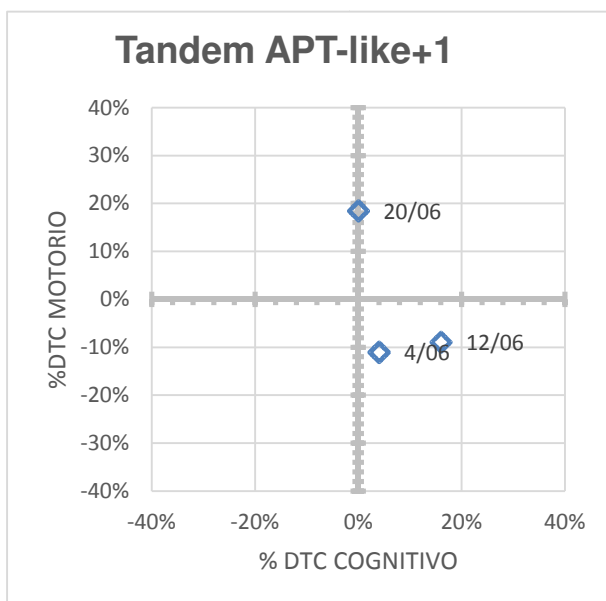


Figura 39 Valori del digit span ai test di working memory uditiva e visuo-spaziale.

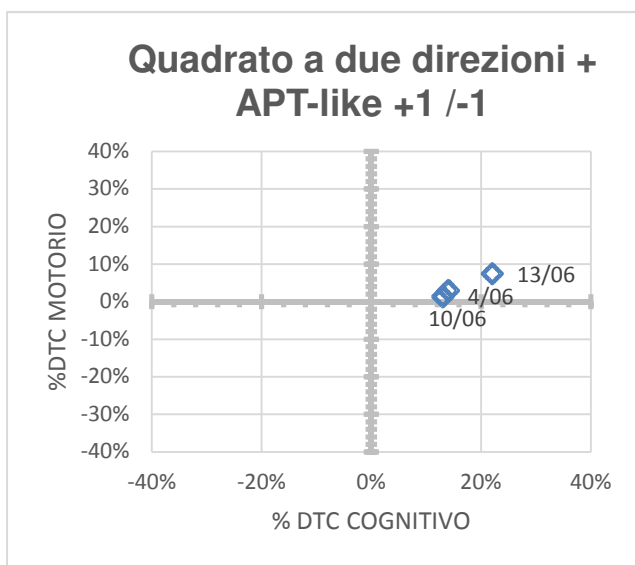
### 6.3.3. Pattern di interferenza dual task durante le combinazioni proposte

Analizziamo tre combinazioni che sono state proposte durante il training, complete di tabella che riporta i DTC motorio e cognitivo e commento dei relativi pattern di interferenza assunti durante le varie performance.



	04-giu	12-giu	20-giu
DTC C	4%	16%	0%
DTC M	-11.60%	-8.90%	18.50%

In questa combinazione erano richiesti un cammino in tandem lungo un percorso di 10 metri e un esercizio di tipo APT-like +1. Questo abbinamento è stato ripetuto 3 volte nel corso della seduta. Il soggetto presenta un pattern iniziale di tipo *Cognitive-Priority Trade Off*, in quanto la prestazione cognitiva dual task migliora rispetto alla condizione di single task mentre quella motoria peggiora. Nella seconda seduta viene mantenuto questo pattern, con un lieve miglioramento: la prestazione cognitiva dual task migliora ulteriormente rispetto alla situazione di single task mentre la prestazione motoria seppur presenti ancora un DTC negativo, è in diminuzione il valore assoluto. La situazione cambia enormemente nell'ultima ripetizione, l'esercizio nel suo complesso assume un pattern di tipo *Gait Facilitation*. Si osserva infatti un spostamento delle risorse, che prima erano concentrate più sul compito cognitivo, su quello motorio. Nel contempo la performance del compito cognitivo peggiora rispetto alle situazioni precedenti ma nel complesso il DTC assume un valore pari a 0 per cui la performance è pari all'esecuzione nella condizione di single task. La combinazione nel complesso risulta molto positiva perché si può osservare che per il compito cognitivo non si ha interferenza cognitivo motoria mentre per il compito motorio si assiste addirittura ad un miglioramento.



	04-giu	10-giu	13-giu
DTC C	14%	14%	22%
DTC M	1.30%	2.90%	7.40%

In questa combinazione erano presenti 2 compiti che prevedevano entrambi dei cambi, che hanno implicato abilità di shifting. L'esercizio motorio ha utilizzato un quadrato, segnato a terra, in riferimento al quale il soggetto avrebbe dovuto effettuare dei passi laterali e in avanti. Simultaneamente, veniva presentato un esercizio APT-like, in cui veniva richiesto di sommare o sottrarre un'unità ad una serie di cifre presentate.

Fin da subito il soggetto mostra un pattern di tipo *Mutual Facilitation*, infatti entrambe le prestazioni dual task migliorano rispetto alla loro condizione di single task, quella cognitiva in maniera maggiore. Il pattern viene mantenuto anche per le ultime due sedute ma si è assistito a progressivo aumento dei valori dei DTC. Nella seconda seduta si osserva questo incremento solo

per la performance motoria e la cognitiva rimane invariata, mentre nell'ultima seduta l'incremento interessa entrambi i compiti.

Questo abbinamento, a differenza di tutti quelli proposti fin'ora, ha fin da subito mostrato un andamento positivo ai fini dell'interferenza cognitivo motoria, ma abbiamo comunque voluto presentarlo perché il pattern si è mantenuto costante in tutte e tre le sedute e i valori del DTC sono migliorati ulteriormente nelle varie ripetizioni.

#### 6.3.4.Indice Dual-Task

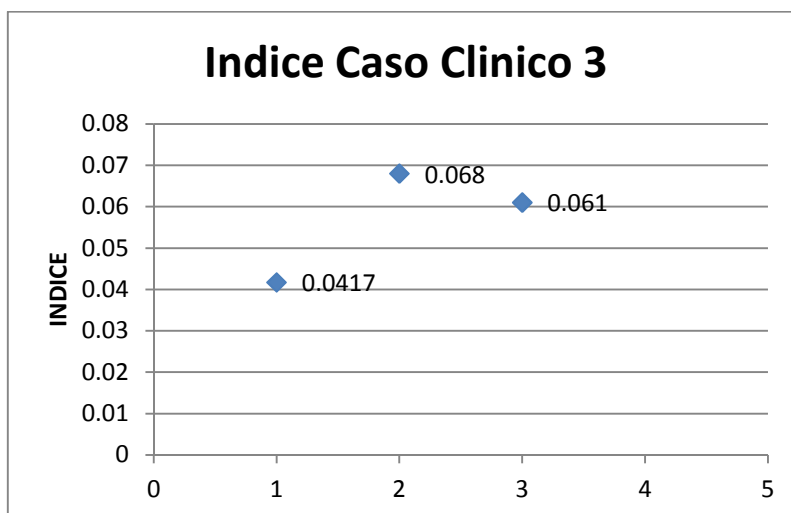


Figura 40 Indice Dual Task Caso Clinico 3

Anche per S.G. riportiamo il grafico che mostra l'andamento dell'indice dual task solamente per i momenti T0, T mezzo e T1. Possiamo notare un importante incremento tra quella che è la valutazione iniziale e la valutazione a metà delle sedute. La prestazione subisce un lieve calo invece alla valutazione che si esegue a fine trattamento. Il decremento non è molto significativo ma rappresenta una differenza rispetto ai pazienti appena descritti che al contrario mostrano un indice in aumento fino a T1, e solo al follow-up presentano un calo della performance. Una spiegazione di questo potrebbe essere la discontinuità con cui il paziente in questione ha eseguito il training; condizione indispensabile perché abbia efficacia infatti è l'intensità costante per tutte e tre le settimane. Possiamo però comunque concludere che un miglioramento per quanto riguarda l'abilità dual task è comunque avvenuto, ed è dimostrato dall'aumento del valore dell'indice tra T0 e T1.

#### 6.3.5.Sintesi Caso Clinico 3

Come già accennato il paziente non si è attenuto in maniera costante alla frequenza delle sedute. I miglioramenti motori registrati interessano, come per tutti gli altri pazienti, la resistenza del cammino e in parte anche l'equilibrio. Non si sono verificati incrementi in termini di velocità del cammino e delle variazioni posturali. Da un punto di vista cognitivo si riscontrano miglioramenti in

termini di pianificazione, problem solving e working memory. Il miglioramento delle abilità dual task che possiamo notare dal TUG DUAL TASK e dall'indice è presente ma in maniera minore rispetto ad altri partecipanti.

#### **6.4. Caso Clinico 4**

Il Sig. S. M., di età 54 anni, è stato preso in carico, presso il reparto di Clinica di Neuroriabilitazione di Ancona Torrette nel mese di marzo 2019, a causa di disabilità multipla in esiti di emorragia capsulo nucleare insulare destra, manifestatasi con esordio acuto di emiplegia sinistra. Il paziente appariva vigile, ipostenico all'emisoma sinistro, con deficit motorio caratterizzato da slivellamento tardivo dell'arto inferiore sinistro. Presso questa SOD è stato progettato un percorso riabilitativo orientato al recupero dell'autonomia e alla riduzione del carico assistenziale, a seguito della valutazione motoria da cui emerge la presenza di emiparesi facio-brachio-crurale sinistra, e dato l'esito del bilancio cognitivo da cui risultano lacune attentive, eminegligenza spaziale unilaterale a sinistra e deficit delle funzioni esecutive.

Durante la degenza, vengono effettuati esercizi di mobilizzazione attivo-assistita ai 4 arti, e posizionamento in stazione seduta per tempi progressivamente crescenti. Gli obiettivi a breve termine hanno previsto l'incremento del controllo del tronco, il recupero del controllo posturale, il recupero della deambulazione e delle abilità esecutive e attentive. La buona conservazione della motricità ai quattro arti, il buon controllo del tronco e l'assenza di deficit sensitivi e di comorbidità hanno rappresentato fattori prognostici positivi nel recupero dell'autonomia delle attività di vita quotidiane, che hanno permesso di osservare un miglioramento della condizione funzionale durante la degenza in fase acuta. Sono stati posti anche obiettivi a lungo termine, che comprendono l'uso fine della mano e l'autonomia completa nella cura della propria persona, il cammino autonomo e sicuro su tutti i terreni ed il ritorno all'attività lavorativa.

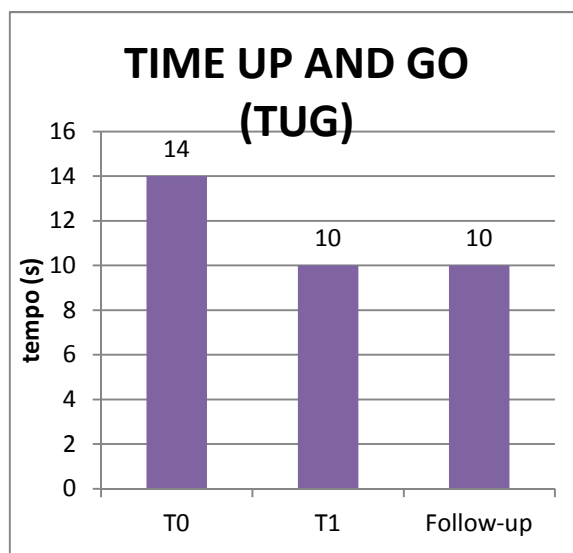
Nel mese di giugno, a 3 mesi dall'evento, viene effettuato il trattamento dual-task, al fine di esercitare le abilità di gestione di compiti simultanei di natura cognitivo-motoria, proponendo training cognitivi combinati ad esercizi motori. A seguito del training, è stato possibile attestare il potenziamento delle abilità esecutive, che poi ha mostrato di consolidarsi anche nel follow-up.

Tra le funzioni maggiormente potenziate, spicca la sensibilità all'interferenza, l'abilità di pianificazione e la velocità di processamento delle informazioni uditive. Al termine del training, il sig. M.S. ha riferito una maggiore consapevolezza dell'ambiente esterno e una più efficace partecipazione alle attività dual-task.

##### **6.4.1. Outcome motori**

Vengono qui presentate e argomentate le singole misure di outcome motorie relative al paziente sopra citato.

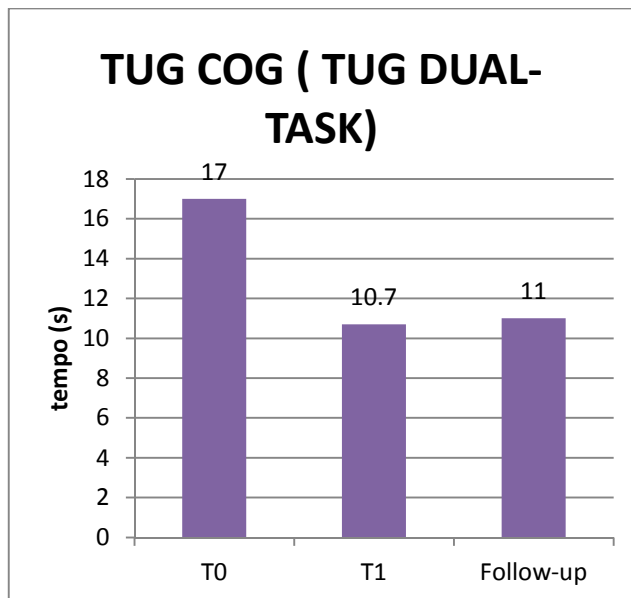
Per quanto riguarda il Time Up and Go il paziente mostra un miglioramento in termini di tempi e quindi di velocità. Si è infatti registrato un tempo di 14 secondi alla prima valutazione che si è modificato positivamente di 4 secondi al termine del training e che si è poi mantenuto costante al follow-up. Questo indica che il paziente ha incrementato la velocità del cammino, delle variazioni posturali e dei cambi di direzione.



**Figura 41 Il grafico mostra i tempi in secondi del TUG: 14 s a T0, 10 s a T1 e follow-up.**

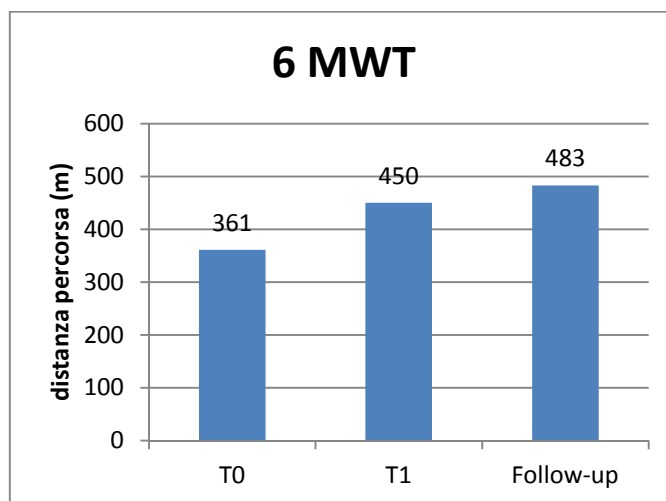
Anche il Time Up and Go Cognitivo mostra un miglioramento per quanto riguarda il tempo di esecuzione. Ai fini dello studio questa è un'importante misura di outcome perché simboleggia il miglioramento delle abilità dual task; al soggetto infatti viene chiesto di eseguire un TUG e contemporaneamente fare delle sottrazioni seriali. Per questa misura di outcome il paziente è passato da un tempo di esecuzione di 17 secondi registrato alla prima valutazione a uno tempo di 10.7 secondi al termine del training. Il tempo viene mantenuto al follow-up in cui si registra un tempo di 11 secondi.





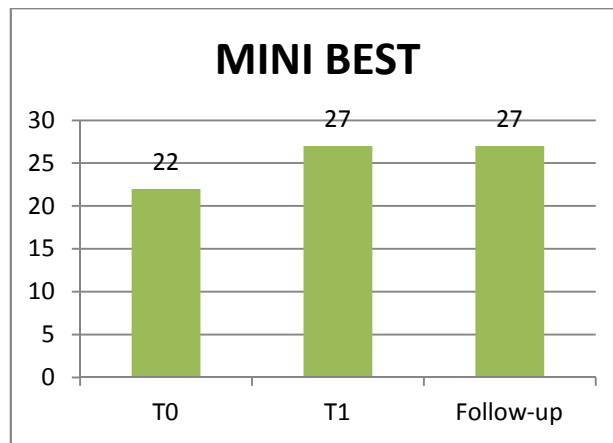
**Figura 42** Il grafico mostra i tempi in secondi per il TUG Cognitivo: 17 s a T0, 10.7 s a T1 e 11 s al follow-up.

Il 6 Minute Walking Test mostra dei miglioramenti in termini di metri percorsi. Il soggetto ha incrementato la sua resistenza durante l'esecuzione di questo test di cammino a intensità sub massimale di quasi 100 metri tra la valutazione iniziale e quella al termine del training. Il miglioramenti acquisiti non si sono solo mantenuti costanti ma sono ulteriormente aumentati come mostra la registrazione in sede di follow-up in cui il soggetto passa dal percorrere 450 metri a T1 a 483 metri al follow-up.



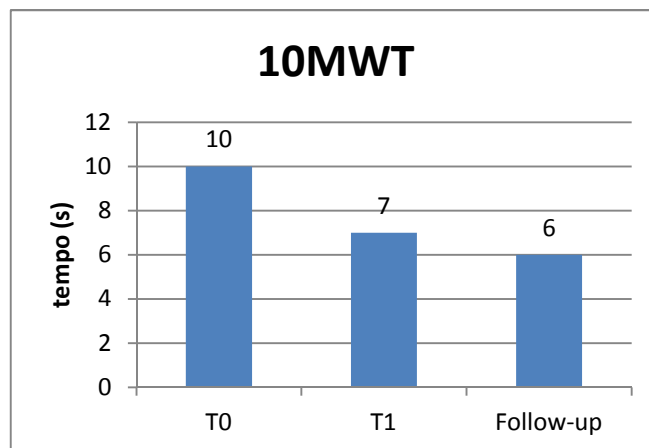
**Figura 43** Il grafico mostra i metri percorsi durante il 6 MWT: 361 m a T0, 450 m a T1 e 483 m al follow-up.

il MiniBEST è la scala di valutazione che è stata utilizzata per valutare le variazioni dell'equilibrio. Il paziente mostra un incremento di 5 punti tra T0 e T1 e il risultato ottenuto, quasi massimale, è stato mantenuto anche al follow-up. Questo risultato simboleggia un aumento della stabilità e della sicurezza durante la deambulazione e nelle reazioni posturali, (risultato ulteriormente confermato dalla percezione soggettiva del paziente di aver acquisito maggiore sicurezza nel cammino).



**Figura 44** Punteggi ottenuti al MINIBEST: 22/28 a T0, 27/28 a T1 e follow-up.

Anche il 10 Metre Walking Test mostra dei miglioramenti che simboleggiano un aumento della velocità del cammino che sono perdurati anche al follow-up. Il soggetto è passato dal percorrere 10 metri in 10 secondi e 15 semipassi a T0 per passare a 7 secondi e 12 semipassi a T1. Questo risultato è stato mantenuto anche in sede di follow-up in cui il soggetto ha mantenuto invariato il numero dei semipassi e ha impiegato 6 secondi.



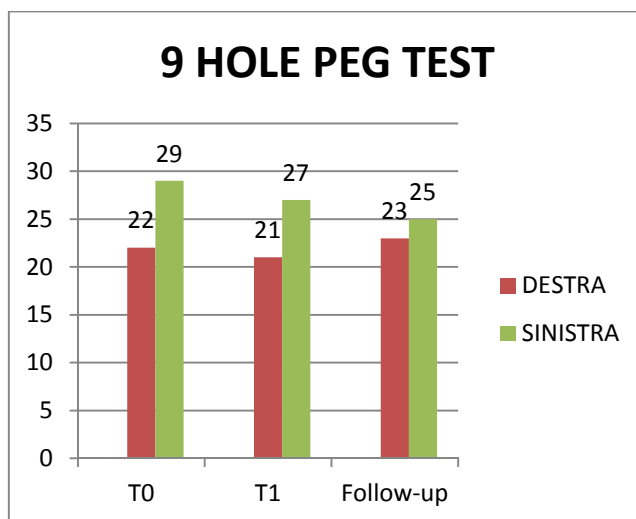
**Figura 45** Il grafico illustra il tempo in secondi impiegato per l'esecuzione del 10 MWT: 10 s a T0, 7 s a T1 e 6 s al follow-up.

Per quanto riguarda le misure di outcome che riguardano l'arto superiore queste abitualmente non hanno mostrato risultati significativi né per i pazienti trattati l'anno scorso né per quelli di quest'anno, fatta eccezione per il paziente M.C.G. Anche nel caso del paziente S.M. possiamo registrare dei miglioramenti in particolare per il Box and Block.

Il 9 Hole Peg Test mostra miglioramenti per l'arto superiore sinistro e rimane all'incirca stabile per l'arto superiore destro.

Il tempo di esecuzione del test del test per la mano sinistra si riduce da 29 secondi al momento della prima valutazione, a 27 secondi a T1 fino a un tempo di 25 secondi al follow-up. Si notano quindi dei miglioramenti graduali e progressivi che sono perdurati anche al termine del training.

Per quanto riguarda l'arto superiore destro passa da un tempo di esecuzione di 22 secondi a T0, per passare a 21 secondi a T1 e terminare con una prestazione eseguita in 23 secondi al follow-up.

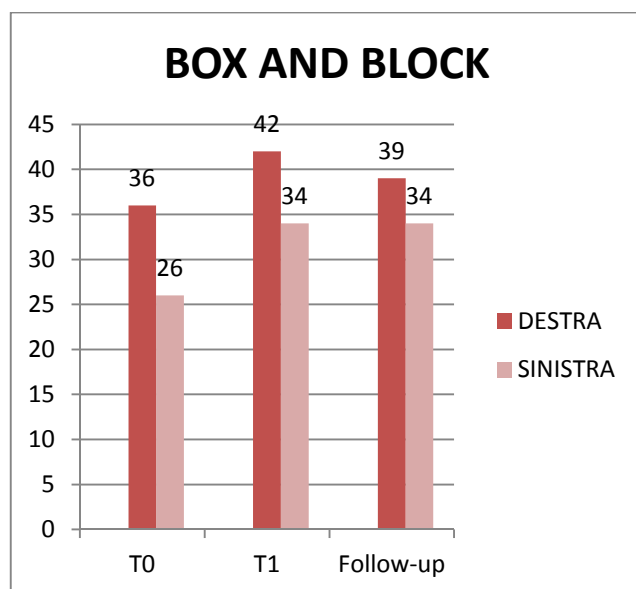


**Figura 46** Il grafico mostra i tempi registrati per l'esecuzione del 9 HPT. Per la mano destra: 22 s a T0, 21 a T1 e 23 s al follow-up. Per la mano sinistra: 29 s a T0, 27 s a T1 e 25 s al follow-up.

Anche per il Box and Block si notano dei miglioramenti per l'arto superiore sinistro, mentre ha un andamento più altalenante l'arto superiore destro.

Il soggetto è stato infatti in grado di trasportare 26 cubi con l'arto superiore sinistro a T0 per poi incrementare fino a 34 cubi a T1 e al follow-up.

L'altro superiore destro ha avuto un andamento più irregolare ma nel complesso mostra un miglioramento seppur lieve. Il soggetto infatti è stato in grado di spostare 36 cubi a T0, aumentare questa quantità fino a 42 a T1 per poi tornare a 39 cubi al follow-up.



**Figura 47** Il grafico mostra i cubi spostati al Box and Block. Per l'arto superiore destro: 36 a T0, 42 a T1 e 39 al follow-up. Per l'arto superiore sinistro: 26 a T0, 34 a T1 e follow-up.

I miglioramenti evidenziati per queste due misure di outcome sono limitati a questi due pazienti che rappresentano quindi un campione troppo piccolo per trarre delle conclusioni più generalizzate; un'ipotesi che potrebbe sostenere il miglioramento delle misure di outcome dell'arto superiore ,che nel training non viene allenato, è che il potenziamento delle funzioni esecutive si sia rivelato anche su compiti che non riguardano solo la deambulazione. Bisogna però ricordare anche che, come per il Caso Clinico 1 , il miglioramento della funzionalità dell'arto superiore può venire fino ad un anno dall'evento e quindi gli incrementi registrati possano essere dovuti in parte dal recupero spontaneo; inoltre il paziente in questione riferiva all'inizio del trattamento dolore all'arto superiore sinistro, la cui intensità è diminuita al termine del training.

Vengono qui sotto riportate anche le variabili esplicative che vengono riportate a scopo descrittivo in quanto nella maggior parte dei casi non hanno mostrato miglioramenti significativi.

L'incremento nel punteggio di FIM e BARTHEL sono imputabili al miglioramento della funzionalità e riduzione del dolore dell'arto superiore sinistro.

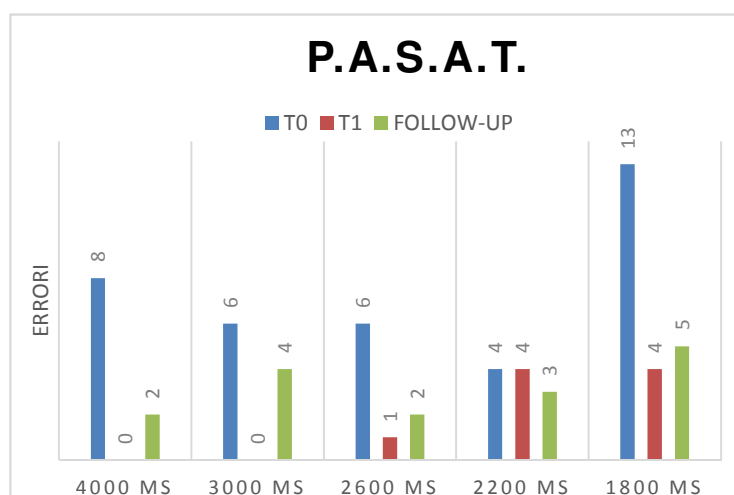
L'aumento della HOLDEN è invece dovuto all'aumento della sicurezza , stabilità e fluidità nella deambulazione.

Scala di valutazione:	T0	T1	Follow-up
Data:	10/06/2019	05/07/2019	12/09/2019
<b>VARIABILI ESPLICATIVE:</b>			
FIM	113	118	121
BARTHEL	96	98	100
HOLDEN	4/5	5	5
ASHWORTH:			
SPALLA	0	0	0
GOMITO	0	0	0
POLSO	0	0	0
DITA MANO	0	0	0
ANCA	0	0	0
GINOCCHIO	0	0	0
CAVIGLIA	0	0	0
DITA PIEDE	0	0	0
STANDING	4	4	4
TCT	100	100	100

**Tabella 8 Variabili Esplicative Caso Clinico 4**

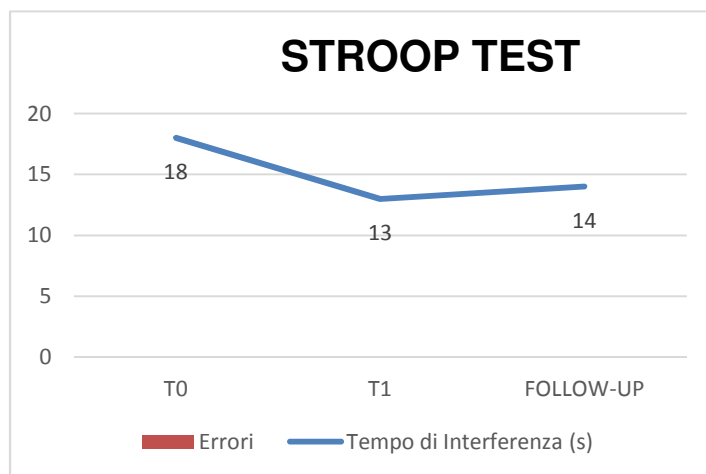
## 6.4.2. Outcome cognitivi

Uno dei risultati più significativi in questo paziente è un incremento nella rapidità di processamento di informazioni uditive rilevabili a livello testistico attraverso il Paced Auditory Serial Addition Test, in cui ad una prima valutazione precedente il training il punteggio risultava oltrepassare il cut-off nelle prove 4000ms , 2200 ms e 1800 ms. Alla seconda valutazione il margine di errore è drasticamente diminuito; nella terza rilevazione è stata osservata una performance di minore correttezza, ma comunque migliore rispetto alla valutazione iniziale. Ciò indica un incremento della velocità di elaborazione delle informazioni e una maggiore durata attentiva.



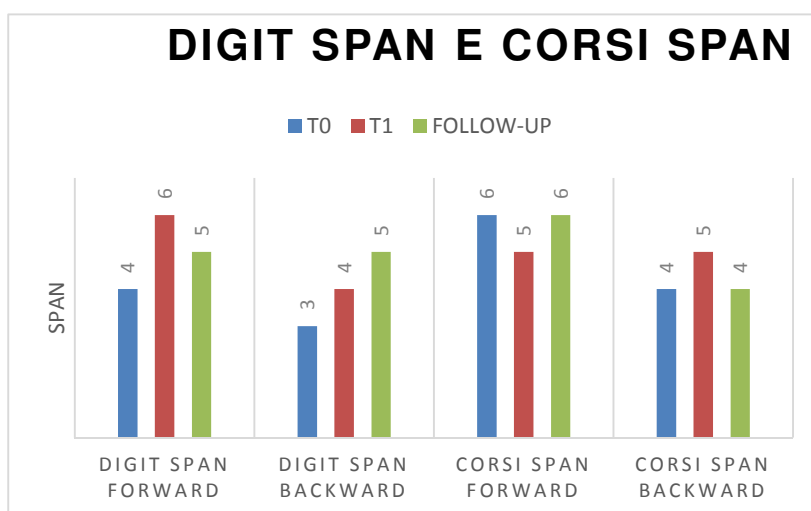
**Figura 48** Grafico riportante il punteggio ottenuto nelle prove P.A.S.A.T. a T0, T1 e al follow-up.

Anche lo Stroop Test evidenzia il potenziamento delle abilità esecutive, in particolar modo legate alla gestione dell'interferenza, tramite la diminuzione del tempo di interferenza dopo il training, mantenuto al follow-up.



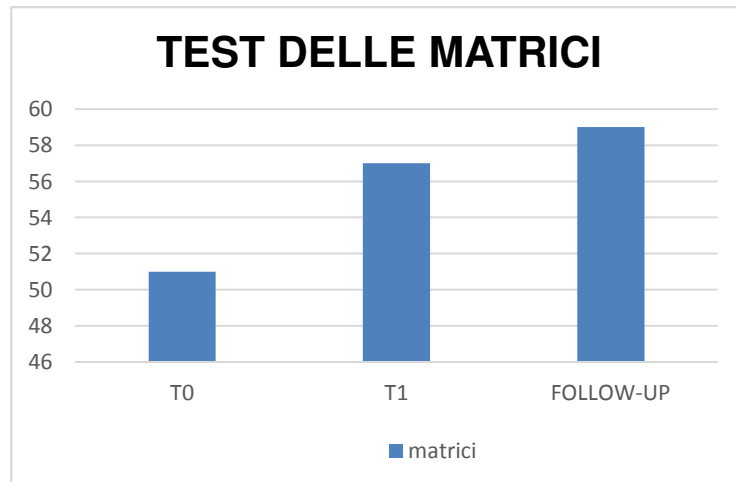
**Figura 49** Prestazioni del quarto partecipante allo Stroop Test. T1=18”; T2=13”; T3=14”.

Altro outcome rilevante ha riguardato la capacità di memoria verbale e visuospaziale: lo span infatti è aumentato nel Digit Span Forward (T0=4; T1=6; follow-up=5) e Digit Span Backward (T0=3; T1=4; follow-up=5); è rimasto stabile invece al test dei Cubi di Corsi.



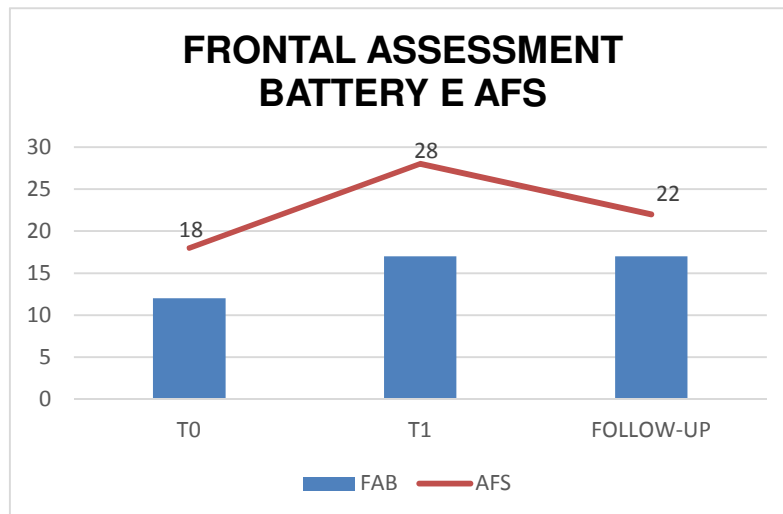
**Figura 50** Andamento del test Digit Span e Corsi Span ai tempi T0, T1 e follow-up.

Il test delle matrici attentive permette di verificare l’attenzione selettiva focalizzata, quindi la capacità di selezionare una fonte di stimolazione, di concentrarsi su di essa e di escludere dall’elaborazione cosciente tutti gli altri stimoli compresenti. Il punteggio grezzo è dato dal numero di item che il soggetto ha riconosciuto. Questa abilità ha dimostrato essere potenziata anche nel medio termine.



**Figura 51** Prestazione a T0, T1e follow-up al Test delle Matrici.

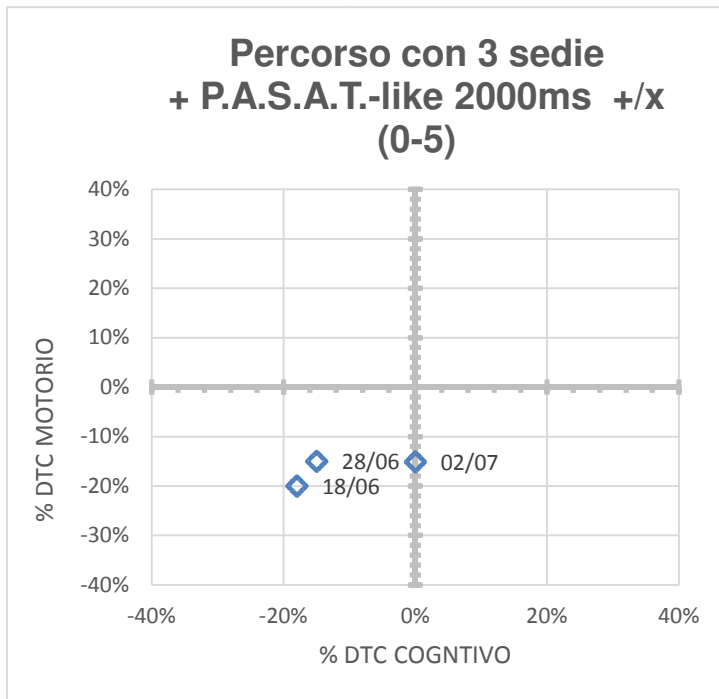
Altri importanti miglioramenti sono relativi alla Frontal Assessment Battery in cui il soggetto passa da una prestazione deficitaria di 12/18 con carenze nella fluenza fonemica, nella serie motoria e nelle istruzioni contrastanti a un punteggio di 17/18 (nella norma) migliorando il punteggio della serie motoria (da 1 a 3) e nelle istruzioni contrastanti. Anche al follow-up, allo stesso modo, si verifica il mantenimento del miglioramento; per quanto riguarda la prova AFS, si è osservata una regressione della performance, (da 28 a 22), che tuttavia è comunque migliore della prima valutazione a T0.



**Figura 52** Punteggio ottenuto nella batteria FAB (Frontal Assessment Battery) a T0, T1 e al follow-up.

### 6.4.3. Pattern di interferenza Dual-Task durante le combinazioni proposte

Per questo paziente si è scelto di riportare 6 combinazioni che sono state proposte e ripetute ciascuna 3 volte nel corso di tutta la durata del training.



	18-giu	28-giu	02-lug
DTC C	-18%	-15%	0%
DTC M	-20.8%	-14.8%	-15.1%

La combinazione presentata prevedeva un percorso con 3 sedie poste lungo lo stesso asse a distanza di 3 metri l'una dall'altra; il soggetto partiva da seduto doveva raggiungere la più lontana, sedersi, alzarsi, girare intorno a quella centrale prima di sedersi sopra, alzarsi e tornare seduto su quella di partenza. Questo compito motorio prevede numeri cambi e frequenti variazioni posturali. Il compito cognitivo concomitante consisteva nell'eseguire l'esercizio P.A.S.A.T.-like che prevedeva l'esecuzione di somma o moltiplicazione di cifre comprese da 0 a 5, con un cambio che veniva indicato con comando vocale. Tale abbinamento è stato ripetuto per tre volte nel corso del training, periodo nel quale è stato possibile apprezzare un'ottimizzazione delle risorse attentive.

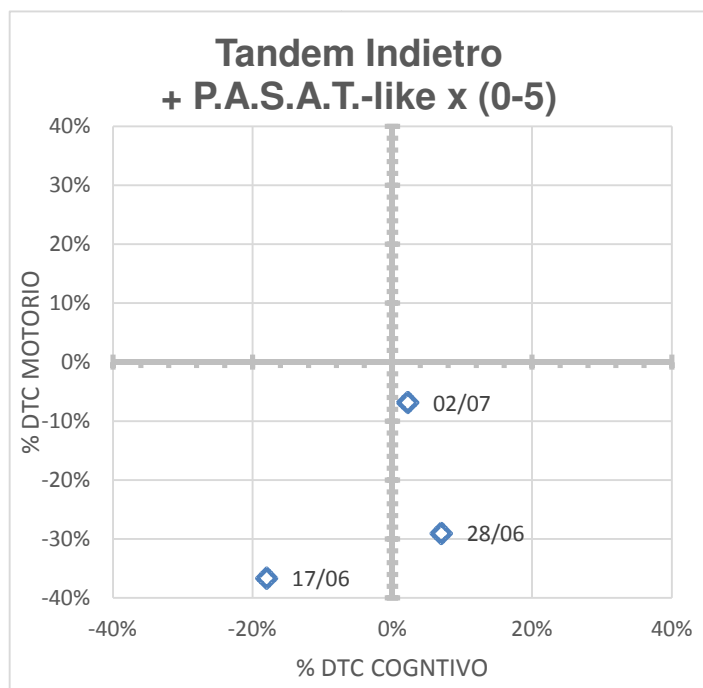
L'abbinamento è stato ripetuto per 3 volte nel corso del training. nella prima seduta il soggetto presenta un pattern di tipo *Mutual Interference*, entrambi i compiti subiscono un deterioramento rispetto alla loro condizione iniziale.

Questo pattern viene mantenuto anche durante la seconda seduta ma con un lieve calo in termini di valori assoluti di entrambi i DTC.

Nella ripetizione finale il DTC cognitivo raggiunge un valore pari a 0, per cui la prestazione cognitiva dual task è diventata equiparabile a quella in single task. Il compito motorio risulta ancora deteriorato ma in maniera simile alla ripetizione avvenuta in data 28/06. Si viene quindi a stabilire un pattern definiti *Cognitive-Related Motor Interference*.



Complessivamente si può concludere che l'abilità di svolgimento delle attività del paziente sia migliorata in quanto il compito cognitivo in dual task è diventato sovrapponibile a quello in single task, mentre il compito motorio presenta una situazione stabile: ciò indica che le risorse non sono state spostate dal compito motorio a quello cognitivo, ma c'è stato un miglioramento globale dell'attenzione.



	17-giu	28-giu	02-lug
DTC C	-18%	7%	2.2%
DTC M	-36.6%	-29.8%	-6.8%

Questa combinazione prevedeva l'esecuzione di un percorso di 10 metri di cammino in tandem e contemporaneamente lo svolgimento di moltiplicazioni di cifre da 0 a 5, in una modalità P.A.S.A.T.-like.

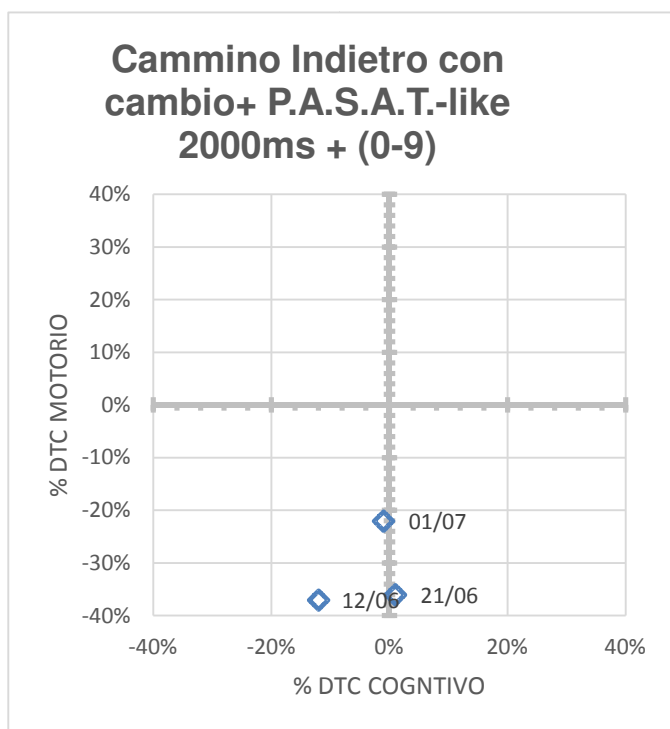
Durante la prima seduta si delinea un pattern di tipo *Mutual Interference*; le prestazioni di entrambi i compiti peggiorano rispetto alle condizioni single task.

Nella seconda seduta si assiste a un miglioramento della prestazione cognitiva, il DTC è di segno positivo e la prestazione dual task risulta migliore di quella eseguita in single task. La prestazione motoria invece risulta ancora deteriorata seppur il valore assoluto del DTC diminuisca. Si viene ad instaurare un pattern di tipo *Cognitive Priority Trade-Off*.

Nell'ultima ripetizione viene mantenuto invariato il pattern in quanto il DTC cognitivo mantiene il segno positivo anche se si assiste ad un calo della performance rispetto a quella della seconda seduta. Il compito motorio invece seppur risultando ancora compromesso diminuisce di molto il valore dell'interferenza.

La combinazione presenta risultati buoni per l'obiettivo dello studio, il soggetto infatti vira da una performance di tipo *Mutual Interference* ad una di *Cognitive Priority Trade-Off*; migliora la

prestazione cognitiva e seppur la performance motoria non sia sovrapponibile a quella in single task.



	12-giu	21-giu	01-lug
DTC C	-12%	1%	-1%
DTC M	-36.7%	-36%	-21.7%

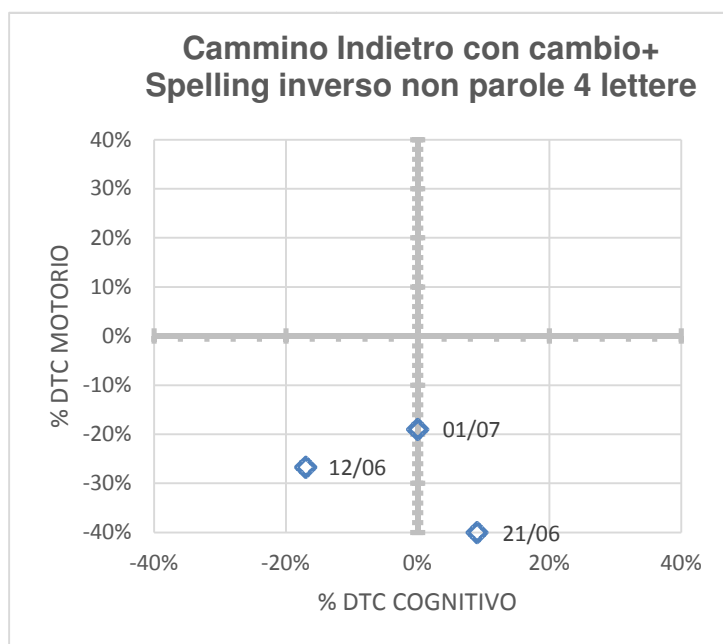
L'esercizio qui sopra raffigurato consisteva in un cammino lungo un percorso di 20 metri; il soggetto partiva camminando all'indietro e ogni 5 metri erano presenti dei riferimenti ai quali doveva invertire la direzione di marcia. Il compito cognitivo concomitante richiedeva di eseguire delle somme con cifre da 0 a 9, secondo la modalità P.A.S.A.T.

La combinazione è stata ripetuta 3 volte nel corso del trattamento. Nella prima ripetizione si osserva un pattern di tipo *Mutual Interference*, in quanto entrambe le prestazioni, in particolare quella motoria, subiscono un peggioramento rispetto alle loro esecuzioni in condizione di single task.

Nel secondo caso si osserva che il compito motorio rimane pressoché invariato mentre si assiste a un miglioramento della performance cognitiva, che raggiunge un DTC positivo. Si viene a delineare un quadro di *Cognitive Priority Trade-Off*.

I miglioramenti cognitivi non vengono mantenuti nell'ultima ripetizione in cui si assiste a un lieve calo del DTC cognitivo che torna negativo. La prestazione motoria seppur ancora deteriorata, riduce il valore assoluto del DTC. Nel complesso si instaura nuovamente un quadro di *Mutual Interference*.

Il quadro finale non si può considerare interamente positivo in quanto si viene a ristabilire il pattern iniziale di Mutual interference, però si può notare che i valori di entrambi i DTC si siano ridotti dalla prima seduta e quindi avvicinati alla posizione 0, obiettivo del nostro training.



	12-giu	21-giu	01-lug
DTC C	-17%	9%	0%
DTC M	-26.7%	-40%	-19%

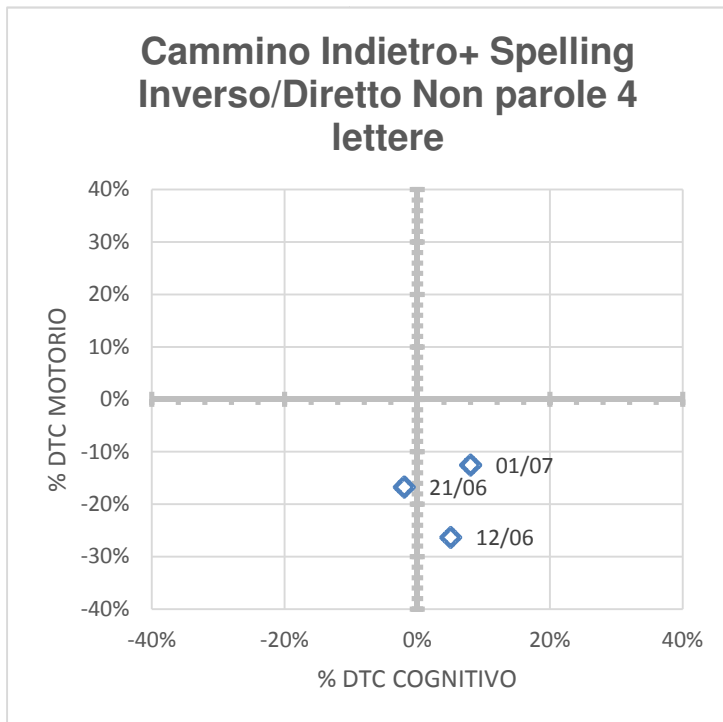
L'abbinamento qui raffigurato consisteva nel compiere un tragitto di 20 metri, il soggetto partiva con un cammino all'indietro e ogni 5 metri erano presenti dei riferimenti ai quali doveva invertire la direzione di marcia. Il compito cognitivo prevedeva di eseguire un spelling inverso di alcune parole, senza alcun significato e composte da 4 lettere.

Durante la prima seduta si instaura un quadro di *Mutual Interference*, entrambe le prestazioni risultano compromesse rispetto alla condizione di single task.

Nella seconda seduta il pattern che si viene a creare è quello di un *Cognitive Priority Trade-Off*, che porta a un grande miglioramento della performance cognitiva che raggiunge un DTC positivo accompagnato però da un importante calo nelle performance motoria. Il miglioramento a cui si assiste potrebbe essere dovuto a un ricollocamento delle risorse attentive, che si spostano dal compito motorio e si focalizzano su quello cognitivo. Non può essere quindi considerato un miglioramento veritiero.

Nell'ultima seduta il quadro che si presenta è quello di *Cognitive-Related Gait Interference*. La prestazione cognitiva infatti subisce un lieve calo rispetto alla situazione precedente fino a raggiungere un DTC pari a 0; la performance cognitiva dual e single task sono equiparabili. La prestazione motoria invece risulta ancora compromessa, seppur il valore registrato per il DTC sia il migliore rispetto a tutte e tre le sedute.

Graficamente si può osservare uno spostamento dell'ultima ripetizione verso il centro del grafico, zona di assenza di interferenza. Seppur ancora presente un deterioramento per la prestazione motoria si può comunque affermare che c'è stata una riduzione dei costi dual task per entrambe le performance.



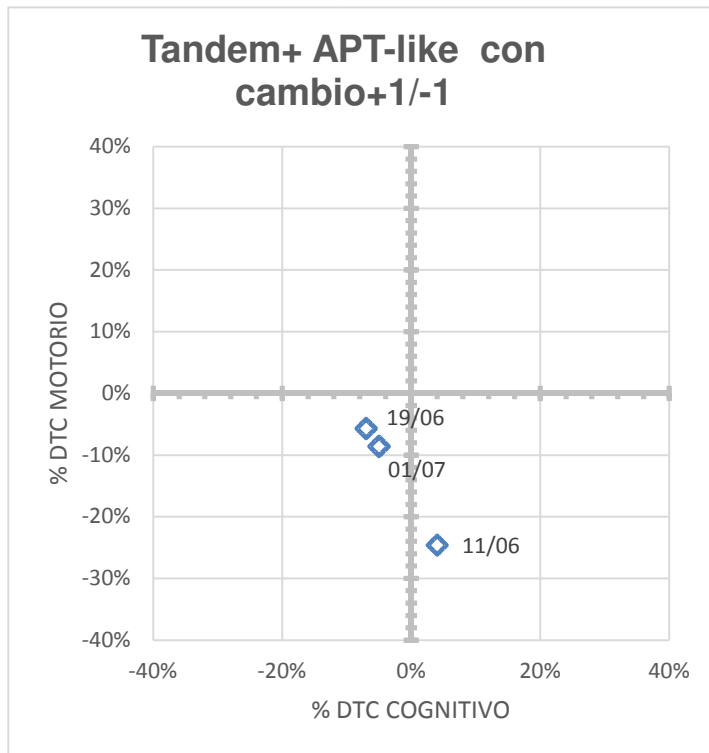
	12-giu	21-giu	01-lug
DTC C	5%	-2%	8%
DTC M	-26.3%	-16.7%	-12.5%

L'abbinamento sopra indicato era composto da un cammino all'indietro indietro lungo un percorso di 25 metri e da un compito di spelling di parole prive di significato composte da 4 lettere; lo spelling doveva essere eseguito in maniera diretta o inversa a seconda del comando che veniva impartito dall'operatore durante l'esecuzione.

Nella prima seduta si assiste ad un pattern di *Cognitive Priority trade- Off*; la prestazione cognitiva dual task migliora rispetto alla sua esecuzione in single task, mentre quella motoria peggiora.

Nella seconda seduta il quadro è quello di *Mutual Interference*; entrambe le prestazioni sono caratterizzate da un dual task cost. In particolare il costo dual task per il motorio si riduce rispetto a quella del 12/06, mentre quello cognitivo aumenta.

Nell'ultima condizione si ristabilisce il pattern iniziale di *Cognitive Priority Trade-Off*. La performance cognitiva migliora superando l'esecuzione della prima seduta e la performance motoria seppur deteriorata presenta il più basso costo dual task rispetto le altre tre ripetizioni.



	11-giu	19-giu	01-lug
DTC C	4%	-7%	-5%
DTC M	-24.6%	-5.7%	-8.6%

La combinazione qui presentata era composta da un cammino in tandem per 20 metri e da un esercizi APT-like in cui era prevista la somma e la sottrazione, con l’inserimento del cambio al comando vocale.. È stato proposto in 3 sedute del training.

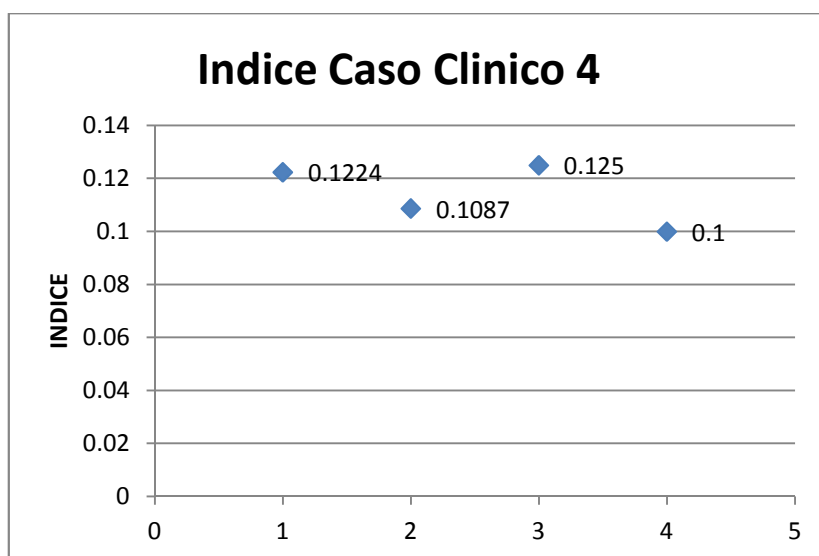
La condizione iniziale è di un *Cognitive Priority Trade-Off*. La performance cognitiva dual task è migliore di quella single task mentre la prestazione motoria dual task risulta deteriorata.

Il secondo pattern che si viene a instaurare è quello di *Mutual Interference*. Il peggioramento che si assiste per l’attività cognitiva e accompagnato da una significativa riduzione del dual task cost per il compito motorio.

Questo quadro viene mantenuto anche per l’ultima seduta con qualche variazione; il costo dual task cognitivo si riduce a discapito di quello motorio che aumenta rispetto ai valori registrati il 19/06.

Questa combinazione nel complesso non può essere considerata un vero è proprio miglioramento, perché ogni perfezionamento che si otteneva per un compito andava a discapito dell’altro. Siamo di fronte a quello che può essere un rimaneggiamento delle risorse attentive in quanto rispetto alla condizione iniziale ,nella quale erano più spostate sul compito cognitivo, si sono ripartite in maniera più equa tra entrambi i compiti.

#### 6.4.4.Indice Dual-Task



**Figura 53 Indice Dual Task Caso Clinico 4**

Sulla base dell'osservazione clinica di questo paziente, sia da un punto di vista fisioterapico e logopedico, e sulla base di quanto il paziente stesso ci ha riferito non riteniamo del tutto rappresentativo della situazione reale l'andamento di questo indice. Come affermato in precedenza l'indice è uno strumento da noi introdotto per quantifica la performance dual task e non è una misura standardizzata e validata.

Come ci mostra il grafico il paziente sembrerebbe subire un calo dell'abilità dual task tra T0 e T mezzi, che poi incrementa a T1, dove l'indice assume un valore leggermente maggiore di quello misurato a T0. Al follow-up questi risultati non si mantengono e l'indice risulta al di sotto del valore misurato a T0.

Per completezza di questo paziente riportiamo anche quelli che sono i valori del test TUGx5 DUAL TASK:

	T0	T mezzi	T1	Follow-up
TUGx5 MONOTASK	78''	71''	56''	57''
COG. MONOTASK	9/10	9/10	7/9	8/8
TUXx5 DUAL TASK	98'' e 12/12	92'' e 10/11	64'' e 8/8	70'' e 7/8

**Tabella 9 Valori del TUG x 5 DUAL TASK Caso Clinico 4**

Durante l'esecuzione del test a T0 il paziente soffriva di problemi di labirintite, che ha reso difficoltosa l'esecuzione del TUG in quanto richiedeva diverse variazioni posturali. Questo problema ha portato ad aumento del tempo di esecuzione, in particolar modo durante la prestazione

del test in condizioni di dual task, e contemporaneamente ha permesso al soggetto di concentrarsi sul compito cognitivo.

Quello che si vuole mostrare è che nonostante l'indice porti a conclusioni diverse, il soggetto è andato in progressivo miglioramento; si può notare infatti che il tempo in dual task è diminuito in maniera rilevante e la percentuale di risposte cognitive corrette è sempre stata tra 88% e 100%.

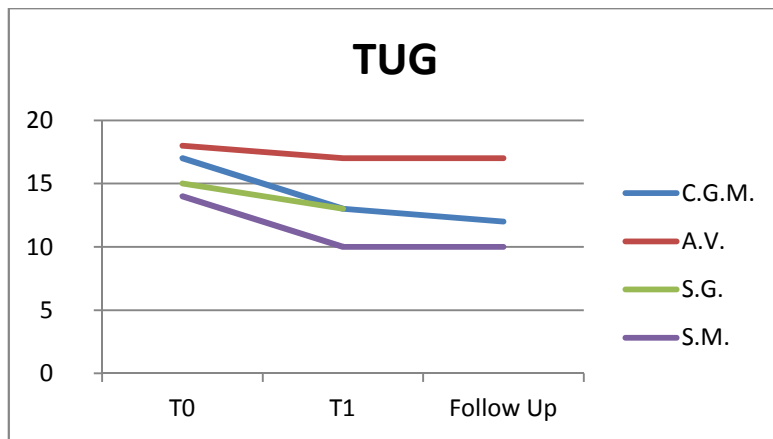
#### **6.4.5. Sintesi Caso Clinico 4**

Il soggetto appena illustrato è quello che ha rivelato i miglioramenti più importanti. Si registrano infatti un incremento quantitativamente importante sia per la resistenza al cammino che per l'equilibrio; miglioramenti più lievi per quanto riguarda la velocità nel cammino e nelle variazioni posturali. Analogamente al caso clinico 2 si registrano potenziamenti delle funzioni esecutive che secondo la nostra ipotesi sono stati generalizzati anche all'arto superiore, come mostrano i risultati del 9 HPT e del Box and Block; tuttavia senza dimenticare che fino a 12 mesi dall'evento è ancora possibile il recupero spontaneo. Dalla valutazione cognitiva emergono risultati positivi per quanto riguarda le abilità di flessibilità mentale, di programmazione motoria, di sensibilità all'interferenza e di controllo inibitorio. L'abilità dual task è notevolmente migliorata, nonostante l'andamento dell'indice non sia ottimale per i motivi che abbiamo spiegato, ed è inoltre il paziente che più ha percepito in maniera positiva nella vita di tutti i giorni l'effetto di questo training.

### **6.5. Analisi Dati Aggregati**

Finora, i partecipanti al training dual-task sono stati descritti e rappresentati separatamente. Al termine di questo studio, si ritiene opportuno riportare un quadro conclusivo che ponga trasversalmente a confronto le misure di outcome analizzate, includendo anche i partecipanti allo studio svolto l'anno precedente. Il training ha portato a risultati che presentano degli effetti positivi sia dal punto di vista motorio, che cognitivo, che nelle abilità di gestire il doppio compito.

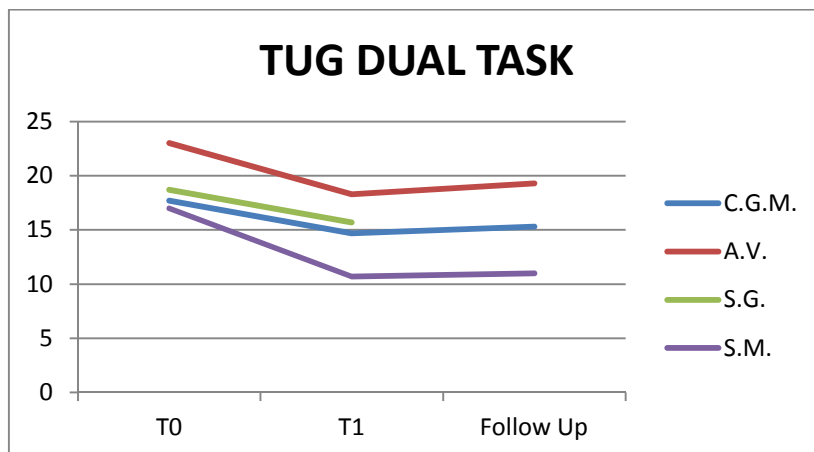
Da un punto di vista motorio riteniamo opportuno presentare l'andamento di tutti e 4 i pazienti per le misure di outcome: TUG, TUG DUAL TASK, MINIBEST e 6 MWT. Non riteniamo significativi i risultati ottenuti per il 10 MWT.



**Figura 54 Andamento del TUG a T0, T1 e follow-up dei 4 partecipanti**

Per quanto riguarda il TUG questo ha subito una riduzione del tempo di esecuzione per 3 pazienti su 4; il paziente A.V., come si può notare anche dal grafico, ha mantenuto costante la sua performance.

Il grafico quindi mostra che c'è stato un miglioramento per le abilità del cammino e delle variazioni posturali tra T0 e T1. Al follow-up questi miglioramenti vengono mantenuti stabili e per il paziente C.G.M. si nota un'ulteriore diminuzione del tempo.

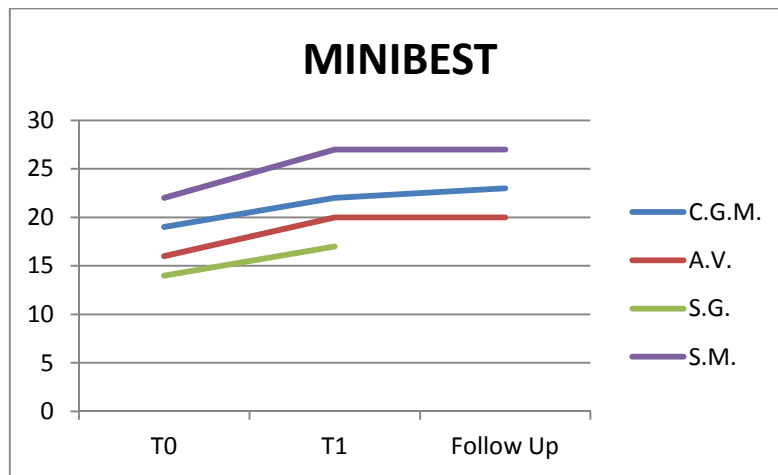


**Figura 55 Andamento del TUG DUAL TASK dei 4 pazienti a T0, T1 e follow-up.**

Il grafico sopra rappresentato ci permette di notare un andamento pressoché simile in tutti e 4 i soggetti. Si può osservare infatti una deflessione dei tempi di esecuzione tra l'inizio e la fine del trattamento. Tra T1 e il follow-up si nota però un incremento dei tempi per tutti e tre i soggetti, che però in nessun caso raggiungere i valori di T0.

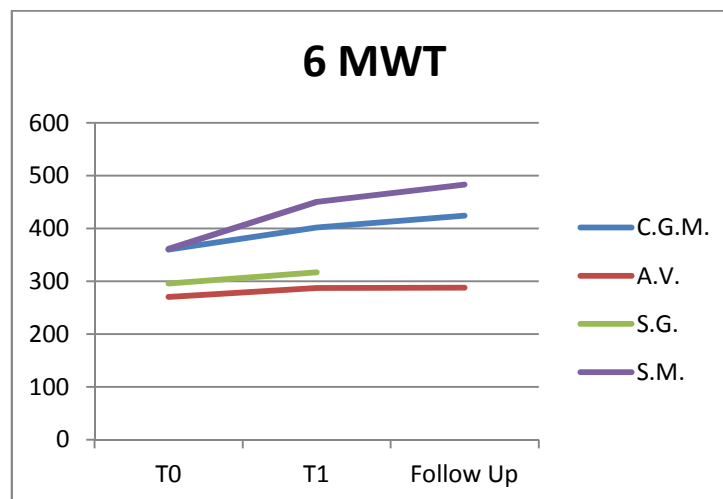
Questo indica che le abilità del cammino e delle variazioni posturali sono migliorate nella condizione dual-task.





**Figura 56** Punteggio ottenuto al MINIBEST dai 4 pazienti a T0, T1 e al follow-up.

Anche per il MINIBEST si può osservare un andamento piuttosto sovrapponibile per tutti e 4 i soggetti. Si nota infatti che il punteggio migliora tra T0 e T1. Durante il follow-up i miglioramenti vengono mantenuti e per il paziente C.G.M. si registra un ulteriore incremento. Questo suggerisce che c'è stato un miglioramento per le capacità di equilibrio.

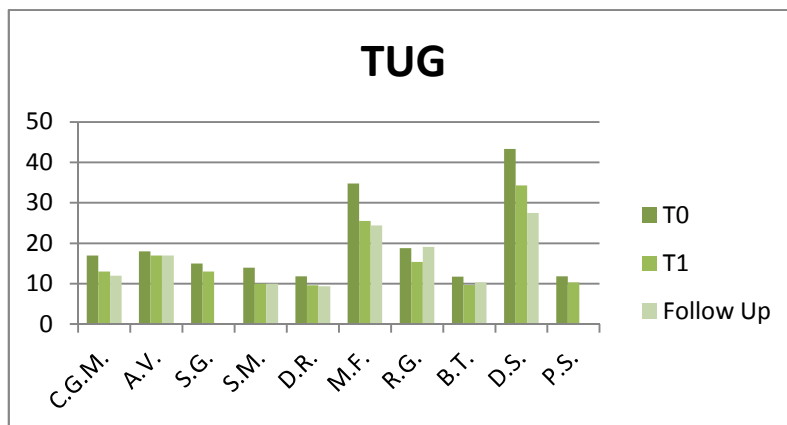


**Figura 57** Distanza percorsa in metri dai 4 partecipanti nel 6 MWT a T0, T1 e follow-up.

Per quanto riguarda il 6 MWT si registrano miglioramenti per tutti e 4 i soggetti tra l'inizio e la fine del trattamento; questo indica che c'è stato un incremento della capacità della resistenza fisica allo sforzo. In 2 casi, C.G.M. e S.M., si registra la differenza minima clinicamente significativa (34.4 m) indicata dalla letteratura (Tang, Eng & Rand, 2012) [62]. Tale incremento viene mantenuto tra T1 e il follow-up, anzi aumentano ulteriormente.

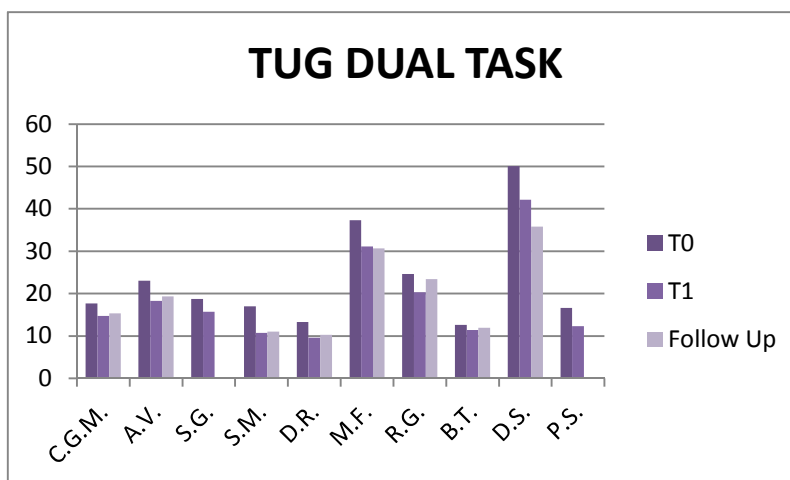
Per gli altri 2 individui i miglioramenti sono minori in termini di metri percorsi, ma bisogna ricordare che per il soggetto A.V. c'è stato un miglioramento della qualità del cammino (a T1 e follow-up il test è stato eseguito interamente senza bastone).

Riportiamo ora i risultati dei test appena presentati considerando anche le prestazioni dei 6 pazienti che sono stati sottoposti al medesimo trattamento l'anno scorso ( si veda tesi di KEVIN BORIELLO).



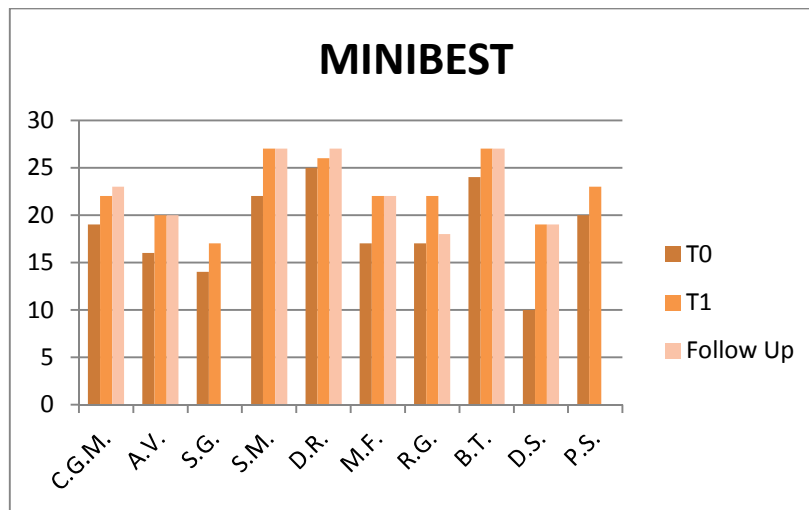
**Figura 58** Andamento del TUG per i 10 pazienti a T0, T1 e follow-up.

Il grafico mostra come per tutti e 10 i pazienti siano avvenuti dei cambiamenti positivi nell'esecuzione del TUG tra l'inizio e la fine del trattamento. Questi miglioramenti sono stati mantenuti stabili, e in alcuni caso ulteriormente migliorati, in tutti i pazienti ad eccezione di R.G. che mostra al follow-up un ritorno ai valori di T0.



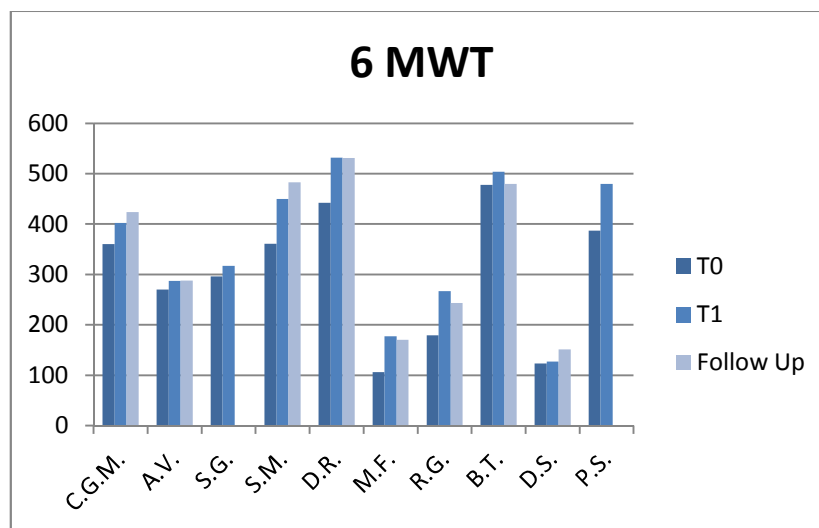
**Figura 59** Andamento del TUG DUAL TASK a T0, T1 e follow-up di tutti e 10 i pazienti.

Anche il TUG DUAL TASK ha mostrato una riduzione dei tempi di esecuzione per tutti e 10 i pazienti tra T0 e T1. A differenza del TUG però i risultati non sono stati mantenuti in sede di follow-up. Si assiste infatti a 2/3 mesi di distanza dalla fine del training un aumento nel tempo di esecuzione che però non raggiunge i valori di T0. Solamente il paziente R.G sembra raggiungere una performance equiparabile a quella precedente al training.



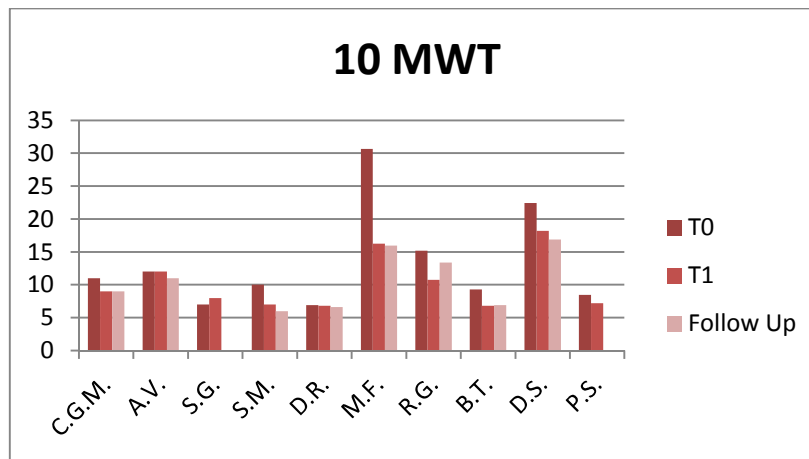
**Figura 60** Punteggi conseguiti nel MINIBEST dai 10 soggetti a T0, T1 e al follow-up.

Anche l'andamento del MINIBEST è ben evidente. Tutti i partecipanti ottengono un miglioramento della prestazione tra T0 e T1. Questi incrementi in termini di punteggio vengono mantenuti anche in sede di follow-up e in alcuni caso aumentano ulteriormente. Fatta eccezione del paziente R.G. che a distanza di 3 mesi dal training peggiora la sua performance, senza raggiungere il punteggio registrato a T0.



**Figura 61** Distanze percorse in metri in 6 minuti dai 10 pazienti a T0, T1 e al follow-up.

Nel 6 Minutes Walking Test tutti e 10 i soggetti mostrano un incremento nei metri percorsi durante i 6 minuti. Al follow-up lo scenario che si presenta è piuttosto variabile: 3 pazienti (C.G.M., S.M., D.S.) incrementano la loro resistenza allo sforzo, 2 soggetti (A.V., D.R.) mantengono stabile la loro prestazione, mentre i restanti presentano una riduzione dei metri che sono in grado di percorrere.



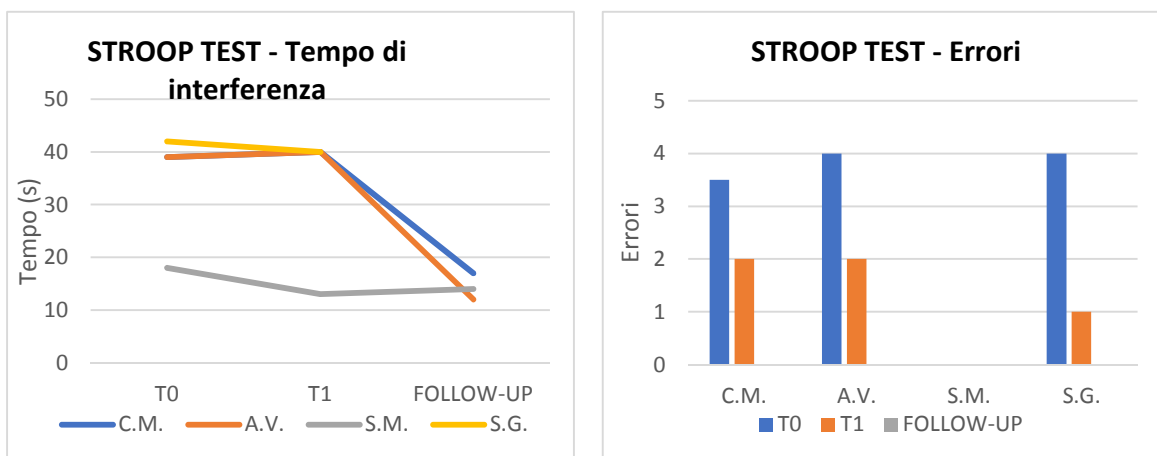
**Figura 62 Tempi registrati per l'esecuzione del 10 MWT per i 10 partecipanti**

Il grafico sopra riportato mostra i tempi registrati per il 10 MWT per tutti e 10 i partecipanti dello studio. Questa misura non è risultata significativa per i 4 candidati presentati in questo studio verosimilmente perché i soggetti erano già veloci (circa 1m/sec); il tempo infatti è rimasto pressoché invariato in tutte e tre le valutazioni verosimilmente per effetto soffitto. Solo il soggetto S.M. tra quelli reclutati quest'anno mostra dei miglioramenti. Tra gli altri 6 partecipanti solo il soggetto D.R. non presenta variazioni, mentre per gli altri si registrano dei miglioramenti; che solo in R.G. non vengono mantenuti al follow-up.

Il quadro che ci si presenta è che la metà dei soggetti presenta dei miglioramenti e l'altra no; per trarre delle conclusioni circa i miglioramenti nell'incremento della velocità che si possono ottenere da questo training è suggeribile ampliare il campione.

Per quanto riguarda le misure sull'arto superiore queste non vengono riportate come rilevanti in quanto tra i soggetti reclutati l'anno scorso 3 su 6 presentavano un'emiplegia tale da non poter permettere l'esecuzione del 9 Hole Peg Test e il Box and Block. Ricordiamo solamente i miglioramenti ottenuti da C.G.M e S. M in queste misure di outcome, le quali però rappresentano un campione troppo ridotto per portare a delle conclusioni o generalizzazioni sull'effetto del training; sottolineando anche il fatto che i 2 soggetti presentano un ictus in fase subacuta e che il recupero dell'arto superiore è ancora possibile ad un anno dell'evento, per cui non è possibile quantificare quanto abbia influito il recupero spontaneo in queste prestazioni.

In merito ai quattro soggetti osservati quest'anno, alcune linee di cambiamento sono risultate comuni a tutti i soggetti, rilevate specificamente nei test Trail Making Test, Digit Span Backward, test della Torre di Londra e Stroop Test. Quest'ultimo, che riflette la correttezza e la velocità nell'inibizione dello stimolo interferente, ha registrato un potenziamento in tutti i soggetti, con un incremento della performance sia dal punto di vista della velocità, che della correttezza: al follow-up non sono stati effettuati errori. Si riporta di seguito il grafico risultante dall'analisi complessiva dei dati raccolti.

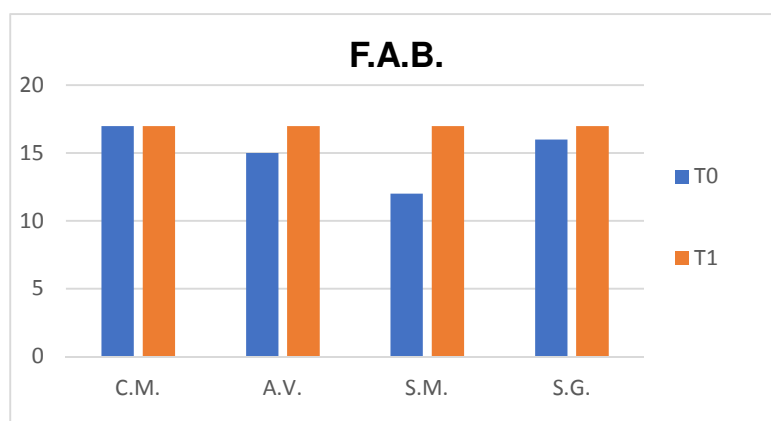


C.G.M.	39	40	17
A.V.	39	40	12
S.M.	18	13	14
S.G.	40	42	

C.G.M.	3.5	2	0
A.V.	4	2	0
S.M.	0	0	0
S.G.	4	1	

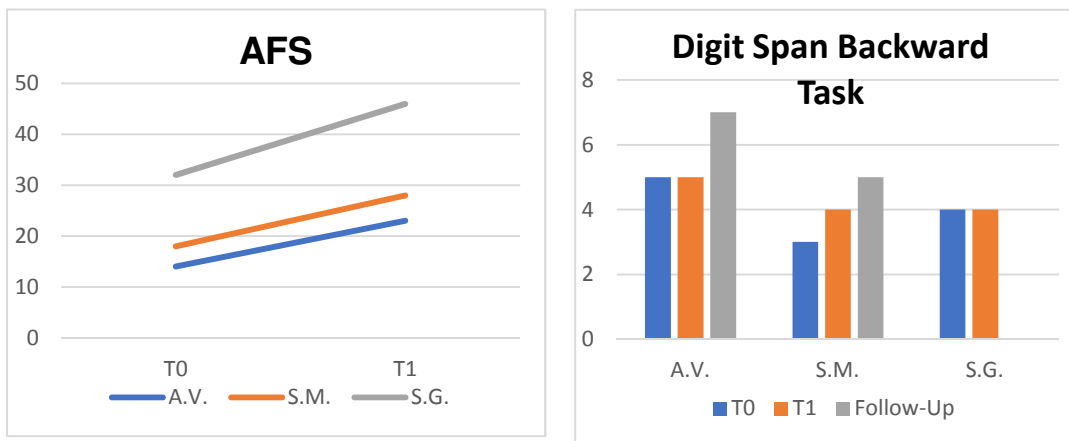
**Figure 63 Stroop Test nei criteri di velocità e correttezza analizzati nei partecipanti allo studio in dual-task, e valutati a T0, T1 e al follow-up.**

Dall'analisi dei dati emerge anche l'incremento nella batteria F.A.B., che valuta le abilità controllate dai lobi frontali, di cui si riporta il grafico comprendente i risultati di tutti i partecipanti. Il punteggio totale è aumentato in tutti i pazienti, con un miglioramento maggiormente evidente nel soggetto S.M. (T0= 12, T1=17).



**Figura 64 Frontal Assessment Battery a T0 e T1.**

Inoltre risultati notevoli sono stati osservati anche nei test AFS e Digit Span Backward, che si sono rivelati essere sensibili al training dual-task: il miglioramento delle funzioni misurate in queste prove è stato apprezzato in tutti i soggetti madrelingua italiani, a differenza di C.M., madrelingua arabo, che coerentemente non ha riportato outcome positivi come negli altri partecipanti.

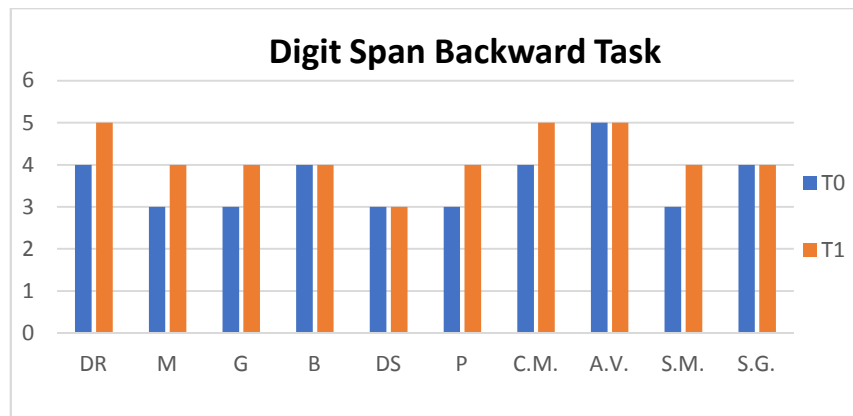


A.V.	14	23
S.M.	18	28
S.G.	32	46

A.V.	5	5	7
S.M.	3	4	5
S.G.	4	4	

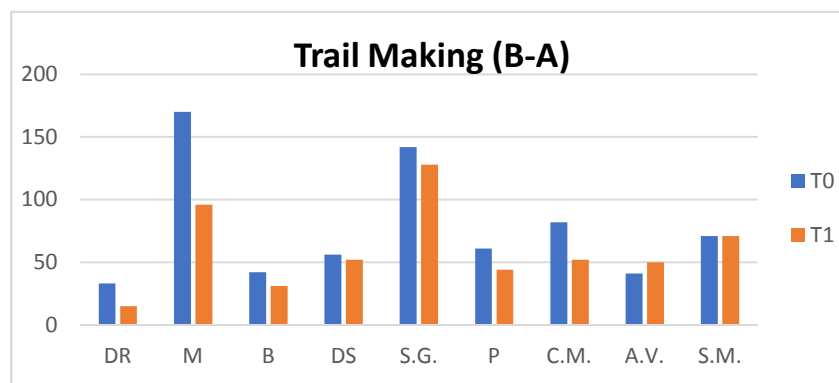
**Figure 65 AFS e Digit Span Backward Test a T0, T1, Follow Up per i 3 soggetti madrelingua italiani**

Si è poi confrontato l'esito del training dual-task svolto nello studio corrente con quello intrapreso l'anno scorso da tale analisi è stato possibile osservare un incremento prestazionale nelle prove inerenti alla working memory ed alla flessibilità cognitiva, risultati perdurati anche nella misurazione al follow-up. Come è possibile osservare nei grafici seguenti, il training dual-task si è rivelato efficace non solo nella gestione del doppio compito cognitivo-motorio, ma ha conseguito risultati generalizzati alle abilità esecutive, consistenti nel potenziamento delle prestazioni misurate nei test Digit Span Backward, Trail Making B-A e AFS tra T0 e T1.



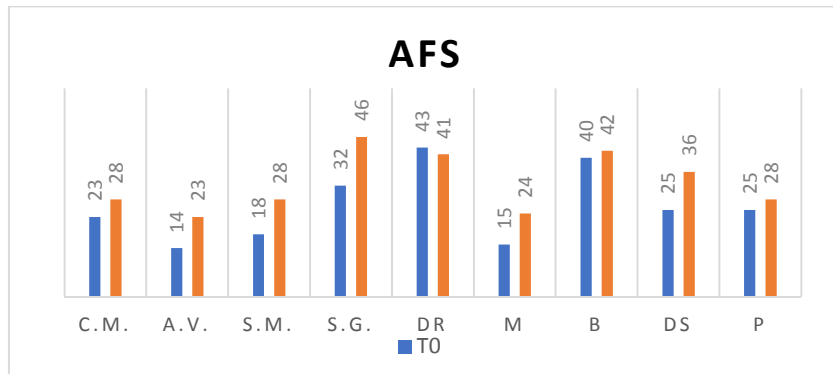
**Figura 66 Digit Span Backward a T0 e T1 nei 10 partecipanti al training dual-task.**

Dal grafico si osserva l'andamento nel Digit Span Backward dei 10 partecipanti al training dual-task svolto in questi due anni, con le misurazioni precedenti e seguenti il training. . Si osserva che lo Span aumenta in più della metà dei partecipanti (6 soggetti), e rimane costante negli altri (4 soggetti); in alcuni partecipanti, da valori patologici della prima somministrazione è stato raggiunto un valore in norma (M., G, P, S.M.).



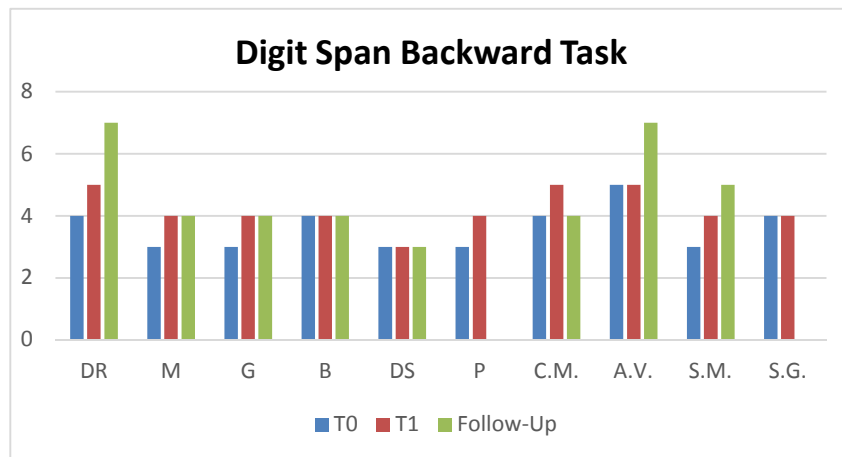
**Figura 67 Trail Making (B-A) misurato prima e dopo il training dual-task.**

Il Trail Making è un altro strumento testistico che si è rivelato sensibile al trattamento dual-task. Il risultato ottenuto in 8 soggetti su 9 (escluso il soggetto con valutazione parziale S.G.) è un decremento del tempo necessario per il passaggio da un tipo di compito ad un altro, quindi l'aumento della velocità di set switching da T0 a T1. Questo potenziamento sottolinea la generalizzazione degli effetti del training, con risultati significativi per quanto riguarda le funzioni esecutive.



**Figura 68 Test AFS a T0 e T1.**

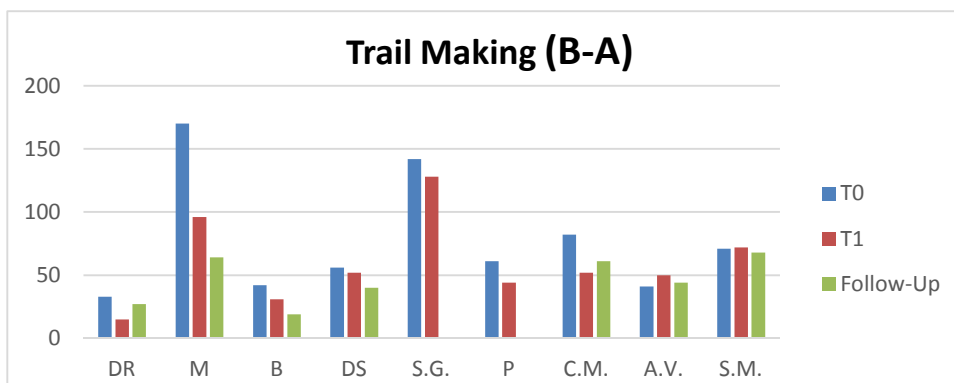
Anche il test di fluenza verbale fonemica ha mostrato un potenziamento della capacità di generare una strategia di ricerca appropriata: il grafico riporta il numero di item che i partecipanti hanno evocato in corso di valutazione a T0 e T1. Questa abilità è stata potenziata in quanto il numero di parole è aumentato, ad eccezione del mantenimento osservato in D.R., in cui la condizione iniziale era di una prestazione molto al di sopra della norma. Questi ultimi test (Digit Span Backward, Trail Making Test, AFS) hanno mostrato, inoltre, il potenziamento delle funzioni esecutive anche a distanza di due mesi, ove l'incremento è stato mantenuto, e in alcuni partecipanti è stato aumentato ulteriormente. Si riportano quindi gli outcome relativi alla al Digit Span Backward misurato a inizio trattamento, al termine e a distanza di due mesi, nei soggetti in cui è stato rilevato.



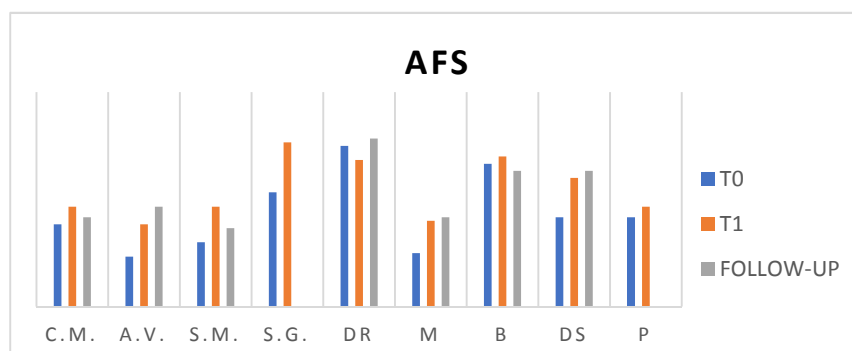
**Figura 69 Digit Span Backward a T0, T1 e al follow-up.**



Lo stesso andamento è stato osservato anche nel test Trail Making (B-A): la misurazione a distanza due mesi dal termine del training ha permesso di attestare un miglioramento, in alcuni casi (M., B., D.S.), o un mantenimento, in altri (D.R., A.V., S.M.), della velocità di task-switching e dell'efficienza delle funzioni esecutive, in quanto questa componente del test è considerata indice prettamente del controllo esecutivo. Il risultato della valutazione è illustrato nel grafico seguente:



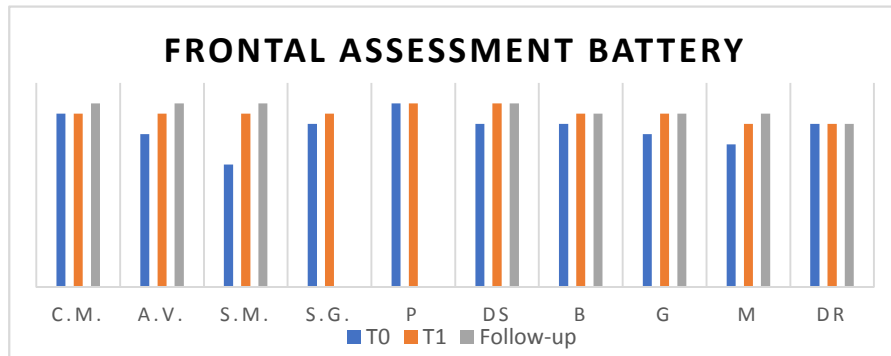
**Figura 70** Indici riportati dall'analisi dei risultati dai pazienti nel Trail Making (B-A).



**Figura 71** Prova AFS a T0, T1 e follow-up.

Tra le misure di outcome maggiormente rilevanti, è sicuramente da annoverare il test AFS, i cui risultati mostrano in tutti i casi un incremento della fluenza verbale anche a due mesi di distanza dal termine del training dual-task, rispetto a T0. Nel grafico sottoriportato è osservabile l'andamento della prova lungo le tre misurazioni, effettuate ai partecipanti allo studio sia di quest'anno, che dell'anno precedente.

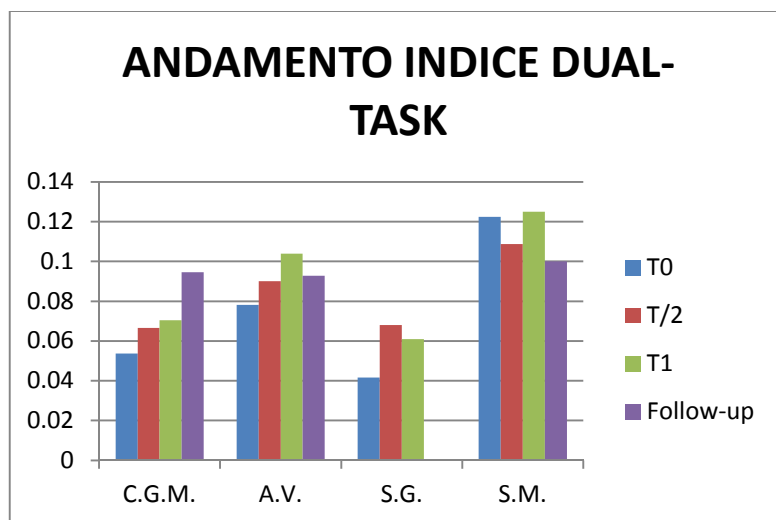
Infine, un risultato interessante è stato registrato anche nella misurazione dell'efficienza delle abilità esecutive tramite la batteria neuropsicologica F.A.B, dove ad eccezione di DR, che ha mantenuto stabile la performance nel range di norma, è stato registrato un miglioramento nelle prove di serie motoria e delle istruzioni contrastanti.



**Figura 72 Frontal Assessment Battery a T0, T1 e follow-up.**

Per quanto riguarda l'indice dual task possiamo notare che a T1 è incrementato rispetto alla situazione T0 in tutti i partecipanti fatta eccezione di S.G., il quale abbiamo già precisato che non ha mantenuto una frequenza e quindi un'intensità del training adeguata. Per C.G.M. l'incremento è stato costante, anche al termine del training mentre per il soggetto A.V. l'indice presenta una deflessione al follow-up, pur rimanendo più elevato rispetto a T0.

L'andamento più inaspettato è quello di S.M. in quanto l'indice risulta più basso a T mezzi rispetto alla valutazione a T0 e al follow-up cala in enorme misura fino a raggiungere il valore più basso da lui conseguito. Anche per questo paziente abbiamo già analizzato nel dettaglio l'andamento di questo indice e ipotizzato il fatto che è rappresentativo dell'andamento clinico di questo paziente, che nelle settimane di trattamento ha sperimentato episodi di vertigini.

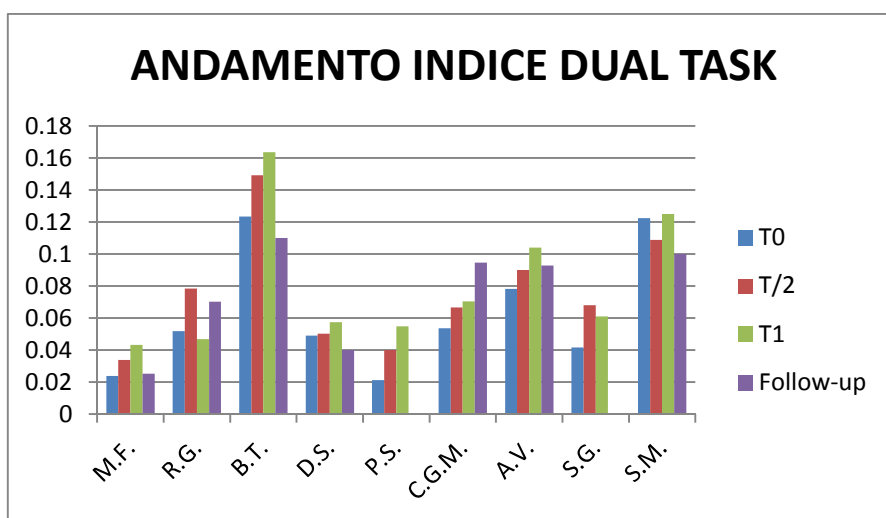


**Figura 73 Andamento indice dual task dei 4 pazienti a T0, T1 e follow-up.**

Il grafico mostrato sotto presenta l'andamento dell'indice dual task di 9 pazienti reclutati per questo studio ( la mancanza di un caso clinico è dovuto al fatto che nell'anno precedente non eseguì il test

dual task). Sommaricamente possiamo concludere che la performance dual task presenta dei miglioramenti tra T0 e T1 per 7 pazienti su 9, fanno eccezione G.R. e S.G., il quale abbiamo più volte ripetuto non essersi attenuto in maniera adeguata alle richieste del training. Tra T1 e il follow-up la maggior parte dei soggetti, 5 su 7, presenta un calo della prestazione dual task; questo sottolinea che l'effetto del trattamento non è duratura perciò non viene mantenuto a distanza di 2 mesi e forse questo sottende la necessità di ripetere l'allenamento.

Solamente il paziente C.G.M. presenta un continuo miglioramento della prestazione dual task e quindi un incremento dell'indice anche al follow-up. L'andamento più anomalo è quello del paziente R.G. che non avendo un incremento dell'indice tra T0 e T1, presenta inaspettatamente un miglioramento della prestazione dual task tra T1 e follow-up.



**Figura 74** Andamento indice dual task dei 10 pazienti a T0, T1 e follow-up

## 7. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'analisi complessiva degli outcome cognitivi e motori e l'osservazione dell'andamento dell'indice Dual-Task nel corso di questo training hanno permesso di constatare risultati positivi. Le valutazioni in ambito motorio hanno registrato un incremento della resistenza fisica allo sforzo, un miglioramento in termini di equilibrio e di trasferimenti posturali. Analogamente, è stato attestato dal punto di vista cognitivo un incremento prestazionale a carico delle funzioni esecutive particolarmente evidente, pertanto interessante, negli effetti di generalizzazione. In particolare, i miglioramenti sono stati rilevati in prove inerenti alla flessibilità mentale ed alle abilità di working memory, di inibizione delle interferenze esogene e di set-switching. Ciò è coerente con recenti studi di fMRI sul multitasking [38] dai quali è emerso che la capacità di svolgere più compiti simultaneamente è strettamente legata alla velocità di task-switching, quindi all'efficienza del sistema attentivo nel passaggio rapido da un compito all'altro. L'abilità di gestire più compiti simultanei, oggetto di questo studio, si è rivelata sensibile di miglioramento: l'esercizio ha comportato l'ottimizzazione delle risorse attentive, con la conseguente riduzione del Dual-Task Cost, come è stato possibile riscontrare nei grafici illustranti l'andamento dei pattern di interferenza. Il test Dual-Task, inoltre, ha permesso di rilevare miglioramenti nell'abilità dei pazienti di gestire il doppio compito cognitivo-motorio, nonostante le prestazioni raggiunte al termine del training non siano state sempre mantenute a distanza di due mesi dal termine del periodo di trattamento. Sarebbe quindi opportuno proseguire questo progetto, al fine di ottenere un mantenimento duraturo dei risultati. Da quanto emerso dall'analisi dell'indice Dual-Task e dall'osservazione dei pattern di interferenza è possibile affermare che il test Dual-Task sia sensibile ai cambiamenti nell'esecuzione di un doppio compito cognitivo-motorio; è perciò auspicabile la prosecuzione nell'utilizzo della prova, con l'obiettivo di eseguire un'analisi appropriata. A tale scopo, per dare il corretto significato ai dati ottenuti dai pazienti, è senz'altro necessario la standardizzazione di questo test sulla popolazione sana, per garantire il confronto con la normalità. I risultati conseguiti sono stati qualitativamente confermati dai partecipanti stessi, che hanno riportato un beneficio nello svolgimento delle attività nella vita quotidiana; in particolar modo è stata osservata una maggiore dimestichezza in situazioni definite precedentemente problematiche. La limitatezza del tempo a disposizione ha comportato il coinvolgimento di un gruppo esiguo di soggetti, con risultati non ancora significativi nella ricerca statistica. È perciò suggeribile, per i prossimi studi, l'ampliamento del campione di partecipanti.

## BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- [1] L. YANG, F. LAM, M. HUANG, C. HE e M. PANG, «Dual-task mobility among individuals with chronic stroke: Changes in cognitive-motor interference patterns and relationship to difficulty level of mobility and cognitive tasks,» *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2017 Sep 15.
- [2] E. AL-YAHYA, H. DAWES, S. L., A. DENNIS, K. HOWELLS e J. COCKBURN, «Cognitive motor interference while walking: A systematic review and meta-analysis,» *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, vol. 35, pp. 715-728, 2011.
- [3] P. PLUMMER e G. ESKES, «Measuring treatment effects on dual-task performance: a framework for research and clinical practice,» *frontiers in Human Neuroscience*, vol. 9, n. 225, 28 April 2015.
- [4] S. A. BRIDENBAUGH e R. W. KRESSIG, «Motor cognitive dual tasking. Early detection of gait impairment, fall risk and cognitive decline.,» *Zeitschrift fur Gerontologie und Geriatrie*, vol. 48, n. 1, pp. 15-21, 2015.
- [5] P. PATEL, M. LAMAR e T. BHATT, «Effect of type of cognitive task and walking speed on cognitive-motor interference during dual-task walking,» *Neuroscience*, vol. 260, pp. 140-148, 2014.
- [6] F. LOEB, *Neurologia di FAZIO LOEB, IV a cura di*, vol. 1, Roma: Seu, 2003, p. 913.
- [7] M. HOFHEINZ, M. MIBS e B. ELSNER, «Dual task training for improving balance and gait in people with stroke (Protocol),» *Cochrane Database of Systematic Reviews*, n. 10, 2016.
- [8] H. AN, J. KIM, Y. KIM, K. LEE, D. KIM, K. YOO e J. CHOI, «The Effect of Various Dual Task Training Methods with Gait on the Balance of Patients with Chronic Stroke,» *Journal of Physical Therapy Science*, vol. 26, pp. 1287-1291, 2014.
- [9] C. ARIENTI, S. G. LAZZARINI, A. POLLOCK e S. NEGRINI, «Rehabilitation interventions for improving balance following stroke: An overview of systematic reviews,» *PLOS ONE*, vol. 14, n. 7, 2019 Jul 19.
- [10] J. H. CHOI, B. R. KIM, E. Y. HAN e S. M. KIM, «The Effect of Dual-Task Training on Balance and Cognition in Patients with Subacute Post-Stroke,» *Annals of Rehabilitation Medicine*, vol. 39, n. 1, pp. 81-90, 2015.
- [11] F. TAMBURELLA, J. C. MORENO, D. S. HERRERA VALENZUELA, I. PISOTTA, M. IOSA, F. CINCOTTI, D. MATTIA, J. L. PONS e M. MOLINARI, «Influences of the biofeedback content on robotic post-stroke gait rehabilitation: electromyographic vs joint torque biofeedback,» *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 16, n. 95, 2019 Jul 23.

- [12] G. Y. KIM, M. R. HAN e H. G. LEE, «Effect of Dual-task Rehabilitative Training on Cognitive and Motor Function of Stroke Patients,» *Journal of Physical Therapy Science*, vol. 26, n. 1, pp. 1-6, 2014.
- [13] P. HAGGARD, J. COCKBURN, J. COCK, C. FORDHAM e D. WADE, «Interference between gait and cognitive tasks in a rehabilitating neurological population,» *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, vol. 69, pp. 479-486, 2000.
- [14] E. P. SHAW, J. C. RIETSCHER, B. D. HENDERSHOT, A. L. PRUZINER, M. W. MILLER, B. D. HATFIELD e R. J. GENTILI, «Measurement of attentional reserve and mental effort for cognitive workload assessment under various demands during dual-task walking,» *Biological Psychology*, vol. 134, pp. 39-51, 2018.
- [15] W. KUSUMANINGSIH, K. TRIANGTO e H. SALIM, «Gait turning patterns in chronic ischemic stroke males and its relationship to recovery: A cross-sectional study,» *Medicine*, vol. 98, n. 38, 2019 Sep .
- [16] F. S. CHIA, S. KUYSS e N. LOW CHOY, «Sensory retraining of the leg after stroke: systematic review and meta-analysis.,» *Clinical Rehabilitation*, vol. 33, n. 6, pp. 964-979, 2019.
- [17] K. B. LEE, Y. HONG, J. S. KIM, B. SUL, S. C. YOON, E.-K. JI, D. B. SON, B. Y. HWANG e S. H. LIM, «Which brain lesions produce spasticity? An observational study on 45 stroke patients.,» *PLOS ONE*, vol. 14, n. 1, 2019 Jan 24.
- [18] W. TAO, D. YAN, J.-H. LI e Z.-H. SHI, «Gait improvement by low-dose botulinum toxin A injection treatment of the lower limbs in subacute stroke patients.,» *Journal of Physical Therapy Science*, vol. 27, n. 3, pp. 759-762, 2015 Mar .
- [19] Q. PENG, H.-S. PARK, P. SHAH, N. WILSON, Y. REN, Y.-N. WU, J. LIU e D. J. Z. L.-Q. GAEBLER-SPIRA, «Quantitative evaluations of ankle spasticity and stiffness in neurological disorders using manual spasticity evaluator,» *Journal of Rehabilitation research and development*, vol. 48, n. 4, pp. 473-481, 2011.
- [20] A. DATTA GUPTA, R. VISVANATHAN, I. CAMERON, S. A. KOBLAR, S. HOWELL e D. WILSON, «Efficacy of botulinum toxin in modifying spasticity to improve walking and quality of life in post-stroke lower limb spasticity - a randomized double-blind placebo controlled study.,» *BMC Neurology*, vol. 19, n. 96, 2019 May 11.
- [21] B. E. BASSOE GJELSVIK e L. SYRE, *Il Concetto BOBATH nella Neurologia dell'Adulto, Seconda Edizione a cura di*, Roma: Verducci Editore, 2019, p. 91 e 96.
- [22] A. HUGUES, J. DI MARCO, S. RIBAUT, H. ARDAILLON, P. JANIAUD, Y. XUE, J. ZHU, J. PIRES, H. KHADEMI, L. RUBIO, P. HERNANDEZ BERNAL, Y. BAHAR, H. CHARVAT, P. SZULC, C. CIUMAS, H. WON, M. CUCHERAT, I. BONAN, F. GUEYFFIER e G. RODE, «Limited evidence of physical therapy on balance after stroke: A systematic review and meta-analysis,» *PLOS ONE*, vol. 14, n. 8, 2019 Aug 29.
- [23] D. KUMAR, N. SINHA, A. DUTTA e U. LAHIRI, «Virtual reality-based balance training system augmented with operant conditioning paradigm.,» *BioMedical Engineering OnLine*,

vol. 18, n. 90, 2019 Aug 28.

- [24] N. CHEN, X. XIAO, H. HU, Y. CHEN, R. SONG e L. LI, «Identify the Alteration of Balance Control and Risk of Falling in Stroke Survivors During Obstacle Crossing Based on Kinematic Analysis.,» *frontiers in Neurology*, vol. 10, n. 813, 2019 Jul 30.
- [25] J. M. ROGERS, J. DUCKWORTH, S. MIDDLETON, B. STEENBERGEN e P. H. WILSON, «Elements virtual rehabilitation improves motor, cognitive, and functional outcomes in adult stroke: evidence from a randomized controlled pilot study.,» *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 16, n. 56, 2019 May 15.
- [26] C. LEONE, F. Peter, L. MOUMDJIAN, E. D'AMICO, M. ZAPPIA e F. PATTI, «Cognitive-motor dual-task interference: A systematic review of neural correlates.,» *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, vol. 75, pp. 348-360, 2017.
- [27] G. YOGEV-SELIGMANN, J. M. HAUSDORFF e N. GILADI, «The Role of Executive Function and Attention in Gait.,» *Movement Disorders*, vol. 23, n. 3, pp. 329-342, 2008.
- [28] S. FALBO, G. CONDELLO, C. L., R. FORTE e C. PESCE, «Effects of Physical-Cognitive Dual Task Training on Executive Function and Gait Performance in Older Adults: A Randomized Controlled Trial.,» *BioMed Research International*, vol. 2016, 2016.
- [29] A. J. SZAMEITAT, T. SCHUBERT, K. MULLER e D. Y. VON CRAMON, «Localization of Executive Functions in Dual-Task Performance with fMRI.,» *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 14, n. 8, pp. 1184-1199, 2002.
- [30] J. M. POVROZNIK, J. E. OZGA, V. HAAR e E.-C. E. B., «Executive (dys)Function after Stroke: Special Considerations for Behavioral Pharmacology.,» *Behavioural Pharmacology*, vol. 29, n. 7, pp. 638-653, 2018 Oct.
- [31] S. SAGNIER, P. RENOU, S. OLINDO, S. DEBRUXELLES, M. POLI, F. ROUANET, F. MUNSCH, T. TOURDIAS e I. SIBON, «Gait Change Is Associated with Cognitive Outcome after an Acute Ischemic Stroke.,» *Frontiers in aging neuroscience*, vol. 9, n. 153, 2017 May 18.
- [32] S. SPACCAVENTO, C. V. MARINELLI, R. NARDULLI, L. MACCHITELLA, U. BIVONA, L. PICCARDI, P. ZOCCOLOTTI e P. ANGELELLI, «Attention Deficits in Stroke Patients: The Role of Lesion Characteristics, Time from Stroke, and Concomitant Neuropsychological Deficits.,» *Behavioural Neurology*, vol. 2019, 2019 May 23.
- [33] S. FINSTERWALDER, N. DEMEYERE e C. R. GILLEBERT, «Deficit in feature-based attention following a left thalamic lesion.,» *NEUROPSYCHOLOGIA*, vol. 102, pp. 1-10, 2017 Jul 28.
- [34] N. E. FRITZ, F. M. CHEEK e D. S. NICHOLS-LARSEN, «Motor-Cognitive Dual-Task Training in Persons With Neurologic Disorders: A Systematic Review.,» *Journal of Neurologic Physical Therapy*, vol. 39, pp. 142-153, 2015 July.
- [35] P. PLUMMER- D'AMATO, L. J. ALTMANN, D. SARACINO, E. FOX, A. L. BEHRMAN e M. MARSISKE, «Interactions between cognitive tasks and gait after stroke: A dual task

study.,» *Gait Posture* , vol. 27, n. 4, pp. 683-688, 2008 May.

- [36] H. PASHLER, «Dual-Task Interference in Simple Tasks: Data and Theory.,» *Psychological Bulletin*, vol. 116, n. 2, pp. 220-244, 1994 Sep.
- [37] H. PASHLER e J. C. JOHNSTON, «Attentional Limitations in Dual-task Performance.,» 2003. [Online]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/CHAPTER-FOUR-Attentional-Limitations-in-Dual-task-Pashler-Johnston/6ba03a92916408d65c630da1f78ad0b2b6cee24b>.
- [38] M. S. GAZZANIGA, R. B. IVRY e G. R. MANGUN, *Neuroscienze cognitive*, Seconda edizione italiana condotta sulla quarta edizione americana a cura di, A. Zani e A. Mado Proverbio, A cura di, traduzione italiana 2017, pp. 560-561.
- [39] G. YOGEV-SELIGMANN, J. M. HAUSDORFF e N. GILADI, «Do We Always Prioritize Balance When Walking? Towards an Integrated Model of Task Prioritization.,» *Movement Disorders*, vol. 27, n. 6, pp. 765-770, 2012.
- [40] B. R. BLOEM, V. V. VALKENBURG, M. SLABBEKOORN e M. D. WILLEMSSEN, «The Multiple Tasks Test Development and normal strategies.,» *Gait and Posture*, vol. 14, pp. 191-202, 2001.
- [41] E. AL-YAHYA, H. JOHANSEN-BERG, U. KISCHKA, M. ZAREI, J. COCKBURN e H. DAWES, «Prefrontal Cortex Activation While Walking Under Dual-Task Conditions in Stroke: A Multimodal Imaging Study.,» *Neurorehabilitation and Neural Repair*, vol. 30, n. 6, pp. 591-599, 2016 July.
- [42] T. OHZUNO e S. USUDA, «Cognitive-motor interference in post-stroke individuals and healthy adults under different cognitive load and task prioritization conditions.,» *Journal of Physical Therapy Science*, vol. 31, n. 3, pp. 255-260, 2019 Mar 19.
- [43] P. PLUMMER, G. ESKES, S. WALLACE, C. GIUFFRIDA, M. FRAAS, G. CAMPBELL, K. CLIFTON, E. R. SKIDMORE e o. b. o. t. A. C. o. R. M. S. N. G. C. T. Force, «Cognitive-Motor Interference During Functional Mobility After Stroke: State of the Science and Implications for Future Research.,» *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 94, pp. 2565-2574, 2013.
- [44] P. PLUMMER, R. M. VILLALOBOS, M. S. VAYDA, M. MOSER e E. JOHNSON, «Feasibility of dual-task gait training for community-dwelling adults after stroke: a case series.,» *Stroke Research and Treatment* , vol. 2014, 2014.
- [45] K. SALTER, N. CAMPBELL, M. RICHARDSON, S. MEHTA, J. JUTAI, L. ZLETTER, M. MOSES, A. McCLURE, R. MAYS, N. FOLEY e R. TEASELL, «Outcome Measures in Stroke Rehabilitation.,» 2013. [Online]. Available: <http://www.ebrsr.com/evidence-review/20-outcome-measures-stroke-rehabilitation>.
- [46] K. BRANDFASS e K. POTTER, «The Mini-Balance Evaluation Systems Test (Mini-BESTest),» *Journal of Physiotherapy*, vol. 61, p. 225, 2015 Oct.
- [47] E. CIARAMELLI, A. SERINO, M. BENASSI e M. BOLZANI, «Standardizzazione di tre test di memoria di lavoro [ Standardization of three tests of working memory],» *Giornale Italiano*



*di Psicologia*, vol. 33, n. 3, pp. 607-624, 2006.

- [48] H. SPINLER e G. TOGNONI, Standardizzazione e taratura italiana di test neuropsicologici, Milano: Masson Italia Periodici, 1987.
- [49] A. GIOVAGNOLI, M. PESCE, S. MASCHERONI, M. SIMONCELLI, M. LAIACONA e E. CAPITANI, «Trail making test: normative values from 287 normal adult controls.,» *Italian Journal of Neurological Sciences*, vol. 17, n. 4, pp. 305-309, 1996 Aug.
- [50] M. MONACO, A. COSTA, C. CALTAGIRONE e G. CARLESIMO, «Forward and backward span for verbal and visuo-spatial data: standardization and normative data from an Italian adult population.,» *Neurological Sciences: official journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*, vol. 34, n. 5, pp. 749-754, 2013.
- [51] R. BARBAROTTO, M. LAIACONA, R. FROSIO, M. VECCHIO, A. FARINATO e E. CAPITANI, «A normative study on visual reaction times and two Stroop colour-word tests.,» *Italian Journal of Neurological Sciences*, vol. 19, n. 3, pp. 161-170, 1998 Jun.
- [52] R. K. HEATON, G. J. CHELUNE, J. L. TALLEY, G. G. KAY e G. CURTISS, WCST Wisconsin Card Sorting Test- Forma Completa revisionata., Adattamento Italiano a cura di Maria Carolina Hardoy, Mauro Giovanni Carta, Maria Julieta Hardoy, Pier Luigi Cabras, Firenze: O.S. ORGANIZZAZIONI SPECIALI- FIRENZE, 2000.
- [53] W. CULBERTSON e E. ZILLMER, The Tower of London, Drexel University, research version: Examiner's manual., North Tonawanda, NY: Multi-Health Systems, 2000.
- [54] I. APOLLONIO, M. LEONE, V. ISELLA, F. PIAMARTA, T. CONSOLI, M. VILLA, E. FORAPANI, A. RUSSO e P. NICHELLI, «The Frontal Assessment Battery (FAB): normative values in an Italian population sample.,» *Neurological sciences: official journal of the Italian Neurological Society and oh the Italian Society of Clinical Neurophysiology*, vol. 26, n. 2, pp. 108-116, 2005 Jun.
- [55] M. MANCUSO, V. VARALTA, L. SARDELLA, D. CAPITANI, P. ZOCCOLOTTI, i. G. ANTONUCCI e &. Italian OCS Group., «Italian normative data for a stroke specific cognitive screening tool: the Oxford Cognitive Screen (OCS).,» *Neurological Sciences*, vol. 37, n. 10, pp. 1713-1721, 2016 Oct.
- [56] D. GRONWALL, «Paced auditory serial-addition task: a measure of recovery from concussion.,» *Perceptual and Motor Skills*, vol. 44, n. 2, pp. 367-73, 1977 Apr.
- [57] R.K. HEATON, G.J. CHELUNE, J.L. TALLEY e e. al., «Wisconsin Card Sorting Test manual.,» *Odessa, Florida: Psychological Assessment Resources*, 1993.
- [58] M. M. SOHLBERG e C. A. MATEER, ATP Attention Process Training, Washington (USA): ASSOCIATION FOR NEUROPSYCHOLOGICAL RESEARCH AND DEVELOPMENT , 1986.
- SOHLBERG, JOHNSON, PAULE, RASKING & MATEER, 1994
- [59] S. BARKER-COLLO, V. FEIGIN, C. LAWES, V. PARAG, H. SENIOR e A. RODGERS, «Reducing attention deficits after stroke using attention process training: a randomized

controlled trial.,» *Stroke*, vol. 40, pp. 3293-3298, 2009.

[60] R. RUFF, C. BASER, J. JOHNSON, L. MARSHALL, M. KLAUBER e M. MINTEER, «Neuropsychological rehabilitation: An experimental study with head injured patients.,» *the Journal of Head Trauma Rehabilitation*, vol. 4, n. 3, pp. 20-36, 1989.

[61] C. MATEER, M. SOHLBERG e P. YOUNGMAN, «The Management of Acquired Attention and Memory Deficits,» in WOOD Rodger Ll., ed. *Cognitive Rehabilitation in Perspective*, London, Taylor & Francis Group, 1990, pp. 68-96.

[62] A. TANG, J. ENG e D. RAND, «Relationship between perceived and measured changes in walking after stroke.,» *Journal of Neurologic Physical Therapy*, vol. 36, n. 3, pp. 115-121, 2012 Sep.

Si specifica che la stesura della parte sperimentale della tesi ( capitoli 5, 6, 7) è stata condivisa con la laureanda in logopedia ALICE CARDONI nell'elaborazione della tesi:

Titolo: «COGNITIVE-MOTOR INTERFERENCE: DEFINIZIONE E PROPOSTA DI TRATTAMENTO IN SOGGETTI CON STROKE ».

Relatore: Dr. MICHELA COCCIA

Correlatore: Dott. LAURA VILLANI

Anno Accademico 2018/2019

Si specifica che per l'analisi dei dati aggregati (paragrafo 6.5) sono stati consultati i risultati della tesi di laurea, ottenuti dallo studio analogo, svolta l'anno scorso dallo studente KEVIN BORIELLO.

Titolo: INTERFERENZA COGNITIVO-MOTORIA IN PAZIENTI CON ESITI DI ICTUS CEREBRALE: EFFETTO DI UN DUAL TASK TRAINING

Relatore: Dott.ssa MARIANNA CAPECCI

Correlatore: Dott.ssa PAOLA CASOLI

Anno Accademico: 2017/2018