

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Biomedica

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica

Classe n. LM-21

**IMITAF: SVILUPPO DI UN'INTERFACCIA
COMPUTERIZZATA PER IL RECUPERO DI
DEFICIT LINGUISTICI ACQUISITI**



Relatore:

Prof.ssa Gabriella Olmo

Tesi di Laurea Magistrale di

Anna Cirigliano

Matricola n. 240169

ANNO ACCADEMICO 2018 / 2019

Indice

Introduzione	10
1. Capitolo 1	11
1.1. Che cos'è l'afasia?	11
1.2. Trattamenti per il recupero dell'afasia	12
1.2.1. Action Observation Therapy	13
1.2.2. Da IMITATE ad IMITAF	14
2. Capitolo 2	16
2.1. IMITAF	16
2.2. IMITAF: ipotesi di partenza	18
2.3. IMITAF: costruzione del programma	19
2.4. IMITAF: i partecipanti	20
2.5. IMITAF: valutazione delle abilità linguistiche di base dei partecipanti	21
2.6. IMITAF: disegno sperimentale	23
2.7. IMITAF: colloquio familiari	25
3. Capitolo 3	27
3.1. RISULTATI: parametri per valutare l'efficacia del trattamento e analisi statistiche	27
3.2. RISULTATI: batterie comportamentali	28
3.3. RISULTATI: segnale NIRS	31
3.3.1. Risultati NIRS durante la prova di denominazione	32
3.3.2. Risultati NIRS durante la prova di descrizione	36
3.4. RISULTATI: fMRI	36
3.5. RISULTATI: osservazioni dei familiari	36
3.6. RISULTATI: discussione	37
4. Capitolo 4	40
4.1. La riabilitazione del paziente a domicilio	40
4.2. Proposta riabilitativa	41
4.3. Teleriabilitazione con IMITAF	42
4.4. Software: specifiche da soddisfare	42
5. Capitolo 5	46

5.1.	SOFTWARE SPEAK a TO: introduzione	46
5.2.	SOFTWARE SPEAK a TO: primo login.....	51
5.2.1.	Realizzazione della cartella dell'utente	52
5.2.2.	Valutazione iniziale.....	54
5.3.	SOFTWARE SPEAK a TO: login successivo al primo	62
5.3.1.	Selezione della cartella utente.....	62
5.3.2.	Esercizio di orientamento	64
5.3.3.	Seduta	67
5.3.4.	Funzione “mySpeech.m”	72
5.3.5.	Esercizi di fine seduta.....	72
5.4.	SOFTWARE SPEAK a TO: ultimo login.....	97
5.5.	SOFTWARE PARLA – TO	97
6.	Capitolo 6	99
6.1.	Modalità d'uso: il neuropsicologo	99
6.2.	Modalità d'uso: l'utente	103
7.	Conclusioni	104
	Ringraziamenti.....	110
	Bibliografia	113

Indice delle figure

Figura 1: Esempio di azioni mostrate durante l'AOT training.....	14
Figura 2: Screenshot di uno stimolo del software.....	18
Figura 3: risultati relativi al QA rilevato dalla Western Aphasia Battery nei tre tempi di valutazione. L'asterisco evidenzia l'incremento statisticamente significativo delle prestazioni dei pazienti.	28
Figura 4: risultati relativi al linguaggio spontaneo rilevato dalla Western Aphasia Battery nei tre tempi di valutazione. L'asterisco indica un incremento rilevante nelle prestazioni del paziente.	29
Figura 5: risultati relativi al test di ripetizione della Western Aphasia Battery nei tre tempi di valutazione. L'asterisco evidenzia incrementi statisticamente significativi nelle prestazioni dei pazienti.....	29
Figura 6: risultati relativi al test di denominazione della Western Aphasia Battery nei tre tempi di valutazione. L'asterisco indica un incremento statisticamente significativo delle prestazioni dei partecipanti.	30
Figura 7: risultati relativi al BNT nei tre tempi di valutazione. L'asterisco indica un incremento significativo delle prestazioni dei pazienti.	30
Figura 8: risultati relativi alla descrizione delle immagini nei tra tempi di valutazione. L'asterisco evidenzia variazioni significative statisticamente delle prestazioni dei pazienti.....	31
Figura 9: Segnale medio di emoglobina ossigenata (in rosso) ed emoglobina deossigenata (in blu) nel tempo necessario a denominare una parola in T0.	34
Figura 10: Segnale medio di emoglobina ossigenata (in rosso) ed emoglobina deossigenata (in blu) nel tempo necessario a denominare una parola in T1.	35
Figura 11: Segnale medio di emoglobina ossigenata (in rosso) ed emoglobina deossigenata (in blu) nel tempo necessario a denominare una parola in T2.	35
Figura 12: Flow-chart con i principali passi dell'algoritmo implementato.....	49
Figura 13: Flow-chart riassuntivo della cartella utente.	50
Figura 14: Schermata di benvenuto in cui dopo aver posto la domanda i tasti "SI" e "NO" risultano essere abilitati.....	51

Figura 15: Schermata di benvenuto successiva: l'utente ha risposto alla domanda, i tasti "SI" e "NO" risultano disabilitati.	51
Figura 16: Interfaccia grafica al momento della prima acquisizione dei dati dell'utente. [1] Pushbutton "help", premendolo comparirà una spiegazione dettagliata su come utilizzare l'interfaccia. [2] Finestra di dialogo in cui compaiono le direttive da dare all'utente. [3] Campi "text" utili a guidare l'utente nella compilazione. [4] Campi "edit" destinati all'inserimento dei dati da tastiera.	52
Figura 17: Interfaccia grafica al momento della seconda acquisizione. [1] e [2] compaiono dopo aver premuto il tasto "help", il primo è una casella "text" contenente istruzioni per l'utilizzo dell'interfaccia, tali istruzioni sono principalmente destinate al caregiver, [2] Pushbutton utile a chiudere e rendere invisibile le istruzioni in [1]. [3] Campi "edit" destinati all'inserimento dei dati da tastiera.	53
Figura 18: Flow-chart riassuntivo primo login.	53
Figura 19: Interfaccia contenente il pushbutton "VALUTAZIONE INIZIALE".	54
Figura 20: Flow-chart riassuntivo della sezione "valutazione iniziale".	55
Figura 21: Interfaccia esercizio attentivo della valutazione iniziale con alcune risposte corrette.	56
Figura 22: Interfaccia dell'esercizio di memoria. La sequenza da riprodurre è già stata mostrata, in questo caso viene richiesto all'utente di riprodurla.	58
Figura 23: Interfaccia dell'esercizio di linguaggio dopo aver collegato correttamente due immagini a due audio.	59
Figura 24: Interfaccia iniziale del secondo esercizio di linguaggio presente nella sezione valutazione.	60
Figura 25: Interfaccia grafica dell'esercizio: "Cosa vedi in figura?" della sezione Valutazione Iniziale.	60
Figura 26: Interfaccia grafica esercizio di denominazione della sezione Valutazione Iniziale.	61
Figura 27: Interfaccia grafica che si presenta subito dopo aver premuto "SI" o "NO", i due tasti risultano infatti disabilitati. Per procedere l'utente deve premere un tasto qualsiasi da tastiera.	62
Figura 28: Interfaccia dedicata all'inserimento dei dati.	63
Figura 29: Flow-chart inserimento dati per un qualsiasi login successivo al primo. .	64

Figura 30: Report esercizio orientamento.....	65
Figura 31: Interfaccia dedicata alla scelta del giorno per la composizione della data.	65
Figura 32: Interfaccia dedicata alla scelta del mese per la composizione della data.	66
Figura 33: Interfaccia dedicata alla scelta dell'anno per la composizione della data.	66
Figura 34: Interfaccia dedicata all'inserimento del giorno della settimana per la composizione della data.....	66
Figura 35: Interfaccia in cui viene mostrata la data completa.	67
Figura 36: Schermata successiva all'esercizio di orientamento con il tasto "INIZIO SEDUTA"......	67
Figura 37: Interfaccia che permette l'accesso ai livelli. In questo caso l'utente è chiamato a svolgere il livello 1, tutti gli altri tasti risultano disabilitati.	68
Figura 38: Interfaccia grafica utile alla scelta dell'immagine dopo aver visto e ascoltato lo stimolo.....	69
Figura 39: Interfaccia finalizzata alla scelta della parola corrispondente allo stimolo.	70
Figura 40: Flow-chart riassuntivo dell'algoritmo dedicato alla seduta.	71
Figura 41: Interfaccia di apertura della sezione esercizi. L'utente può scegliere quale modulo svolgere.	73
Figura 42: Interfaccia contenente tutti gli esercizi della sfera attentiva. Il tasto “INDIETRO” permette all’utente di tornare alla schermata di partenza presentata in figura 41.....	74
Figura 43: Esercizio matrici sezione attenzione.	75
Figura 44: Passaggio 1 dell'esercizio dedicato ai colori.	76
Figura 45: Passaggio 2 dell’esercizio dedicato ai colori.	76
Figura 46: Interfaccia grafica esercizio: "seleziona tutte le parole che cominciano per...". Nel caso specifico è stata selezionata correttamente un'immagine.....	77
Figura 47: Interfaccia grafica dell'esercizio: riordina la sequenza. Nel caso specifico il primo tassello è stato posizionato.	78
Figura 48: Esercizio “trova le differenze” con alcune risposte date.	79
Figura 49: Interfaccia esercizio "trova l'intruso".	79

Figura 50: Interfaccia grafica esercizio: "collega l'immagine alla parola corrispondente". In questo caso una parola è già stata associata correttamente.	80
Figura 51: Interfaccia grafica esercizio: "trova le lettere in comune".	81
Figura 52: Interfaccia grafica esercizio "percezione visiva".	81
Figura 53: Interfaccia grafica mostrata a fine modulo attenzione. Il tasto "ATTENZIONE" è disabilitato.	82
Figura 54: Interfaccia grafica con i tasti utili ad accedere ai singoli esercizi della sezione linguaggio. In questo caso l'utente non è abilitato a svolgere l'esercizio "nomi e aggettivi".	82
Figura 55: Interfaccia grafica per selezionare la categoria di esercizio di denominazione da svolgere.	83
Figura 56: Tasto <i>tab</i>	84
Figura 57: Interfaccia grafica esercizio denominazione.	84
Figura 58: Interfaccia grafica utile a scegliere l'esercizio di associazione da svolgere.	85
Figura 59: Interfaccia grafica esercizio "associazioni con parole".	86
Figura 60: Interfaccia grafica esercizio "cos'è?".	86
Figura 61: Interfaccia grafica esercizio "sinonimi e contrari".	87
Figura 62: Interfaccia grafica esercizio "nomi e aggettivi".	87
Figura 63: Interfaccia grafica esercizio "a cosa si riferiscono le seguenti parole". ...	88
Figura 64: Interfaccia grafica utile a selezionare il testo bucato da completare.	88
Figura 65: Interfaccia grafica esercizio "testo bucato".	89
Figura 66: Interfaccia grafica esercizio "rapporti verbali".	90
Figura 67: Interfaccia grafica utile a selezionare il modulo "MEMORIA".	90
Figura 68: Interfaccia grafica contenente tutti gli esercizi di memoria.	91
Figura 69: Passo di osservazione dell'esercizio "memory".	91
Figura 70: Passo in cui l'utente deve riconoscere l'immagine mancante.	92
Figura 71: Esempio vero/falso esercizio memoria visiva a breve termine.	93
Figura 72: Passo 1 esercizio memoria visiva a lungo termine.	93
Figura 73: Passo intermedio dell'esercizio memoria visiva a lungo termine.	94
Figura 74: Passo 3 dell'esercizio memoria visiva a lungo termine.	94
Figura 75: Passo 1 working memory, esercizio 1.	95

Figura 76: Passo 2 working memory, esercizio 1.	95
Figura 77: Passo 3 working memory, esercizio 1.	96
Figura 78: Passo 1 working memory, esercizio 2. L'utente deve memorizzare quante più informazioni possibili.	96
Figura 79: Passo 2 working memory, esercizio 2. L'utente deve riconoscere i passaggi prima memorizzati in questa lista.	96
Figura 80: Passo 3 working memory, esercizio 2. L'utente deve riconoscere i passaggi memorizzati prima in questa seconda lista.	97
Figura 81: Screenshot di una parte del file Excel utile a gestire un livello.	100
Figura 82: Screenshot del file "abilitazionelivelli.xlsx".	101
Figura 83: Screenshot file "abilitazioneesercizi.xlsx".	102
Figura 84: File Excel "abilitazionelivelli.xlsx", la terza colonna è dedicata alla durata del trattamento espresso in secondi, nel caso specifico il trattamento ha una durata di 10 minuti.	105
Figura 85: Screenshot interfaccia grafica del quinto esercizio di valutazione iniziale. E' stata aggiunta l'icona che denota l'inizio della registrazione audio.	106
Figura 86: Screenshot interfaccia dedicata alla ripetizione dello stimolo.	106
Figura 87: Screenshot interfaccia utile ad accedere alla sezione esercizi.	107
Figura 88: Screenshot esercizio "colori".	108

Indice delle tabelle

Tabella 1: Risultati del test di normalità [2].	27
Tabella 2: valori riassuntivi del parametro tempo (s).....	32
Tabella 3: valori riassuntivi del parametro [O ₂ Hb] media.	33
Tabella 4: valori riassuntivi del parametro [HHb] media.	33
Tabella 5: valori riassuntivi dei picchi di concentrazione di emoglobina ossigenata.	33
Tabella 6: valori riassuntivi della differenza media tra le concentrazioni di emoglobina ossigenata e deossigenata.	33
Tabella 7: valori riassuntivi del valor quadratico medio della concentrazione di emoglobina ossigenata.....	34
Tabella 8: Specifiche da soddisfare per lo sviluppo dei software.....	45

INTRODUZIONE

Lo scopo principale di questa tesi di laurea è la stesura di un algoritmo computerizzato che soddisfi le specifiche stilate nel protocollo IMITAF già elaborato dagli operatori della Cooperativa Puzzle. L'obiettivo di tale protocollo è il recupero di deficit linguistici, e non solo, acquisiti in seguito ad un trauma. Il programma computerizzato prende spunto dal software inglese IMITATE, ma differisce da questo per alcuni aspetti che non riguardano solamente la lingua, il protocollo italiano risulta essere più flessibile e adattabile ad ogni tipo di utente. Questo nuovo training non vuole sostituirsi alle tecniche logopediche tradizionali bensì va ad accostarsi ad esse. L'approccio innovativo risiede proprio in un'idea di riabilitazione che sfrutta i neuroni specchio tramite la somministrazione di stimoli audio-visivi. Già utilizzando una prima versione demo gli operatori hanno ottenuto dei risultati che provavano gli effetti benefici del nuovo trattamento, questi li ha spinti ad investire sempre più in questo progetto richiedendo una vera e propria *App* che possa essere facilmente scaricabile da ogni utente ed utilizzabile ad esempio da casa, evitando spostamenti continui presso il centro riabilitativo che spesso possono risultare scomodi e costosi se l'utente non si trova nelle vicinanze della struttura. In questo elaborato verrà descritta una "versione zero", si potrebbe definire così, del software IMITAF. Per la stesura dell'algoritmo è stato utilizzato l'ambiente Matlab, versione R2018b. Si è cercato di soddisfare tutte le specifiche richieste dal protocollo: l'algoritmo risulta essere coerente con l'idea di seduta stilata dai neuropsicologi del Centro Puzzle ed è dotato di un'interfaccia semplificata, con lo scopo di essere facilmente utilizzabile da utenti non normodotati.

1. CAPITOLO 1

1.1. Che cos'è l'afasia?

L'Afasia è una delle possibili conseguenze di una cerebrolesione acquisita. Le aree del cervello coinvolte sono per lo più quelle primariamente deputate all'elaborazione del linguaggio (area di Broca e area di Wernicke) [1] oppure aree di connessione con diversi centri del cervello allo stesso modo implicati nella funzione. Queste aree sono generalmente collocate nell'emisfero sinistro per soggetti destrimani. Nei soggetti mancini, invece, nel 60% dei casi si trovano nell'emisfero destro, mentre nel restante 40% nell'emisfero sinistro o in entrambi.

Gli esiti di questo disturbo possono coinvolgere diversi aspetti, quali: comprensione, produzione, ripetizione e strutturazione del linguaggio. Pertanto, il fenomeno può manifestarsi in vari modi: può venire meno la capacità di riconoscere una parola o di scegliere la parola più adatta. Una parola può essere sostituita da un'altra della stessa famiglia (ad esempio 'ora' invece di 'orologio'), oppure può essere utilizzata una parola dal suono simile a quella adatta in un contesto sbagliato (ad esempio 'zuccotto' al posto di 'cappotto'), o ancora può essere utilizzata una parola completamente diversa e senza alcun legame apparente con quella corretta.

Il disturbo provoca difficoltà nella ripetizione di frasi, nella strutturazione di un discorso di senso compiuto, o ancora la capacità di scrivere.

Spesso l'afasia è accompagnata da altri disturbi, come la *disartria*, e l'*aprassia*. Nel primo si hanno problemi inerenti alla muscolatura coinvolta nella produzione del linguaggio; nel secondo, l'incapacità di compiere gesti coordinati e diretti ad un determinato fine.

È stato inoltre osservato su molti individui affetti da afasia che la dimenticanza delle parole segue un ordine ben preciso. Le prime ad essere dimenticate sono i nomi propri, seguiti dai nomi comuni, poi gli aggettivi ed infine i verbi e le preposizioni [1].

Quando una lesione cerebrale colpisce una delle aree legate al complesso circuito della sfera linguistica, vi sono conseguenze devastanti nella vita di un soggetto. Diventa complicato esprimere anche solo concetti base, che pur essendo chiari in mente, non possono essere espressi verbalmente. Tutte le tecniche riabilitative mirano, in primo luogo, a fare in modo che il soggetto possa condurre una vita quanto più dignitosa possibile e che non si senta inadeguato nel confrontarsi con gli altri. Infatti, non poter verbalizzare un concetto che pure si ha in mente o al tempo stesso non comprendere quanto detto dall'interlocutore, produce nel soggetto afasico senso di inadeguatezza, questa sensazione di disagio ha poi ripercussioni molto pesanti nella vita quotidiana [2].

1.2. Trattamenti per il recupero dell'afasia

Negli anni, i trattamenti volti al recupero dell'afasia hanno avuto un'attenzione crescente. È possibile suddividere questi in due grandi sottogruppi. Il primo mira a riabilitare i meccanismi neurali precedentemente coinvolti nel processo linguistico. Questo include trattamenti logopedici e cognitivi che trovano fondamento nel concetto di plasticità, ovvero la capacità delle cellule del sistema nervoso centrale di modificare la loro struttura e funzione in risposta a stimoli esterni [3]. Il secondo invece tende a reclutare sistemi alternativi che sono stati risparmiati dalla lesione cerebrale [4]. Tra i trattamenti appartenenti a questo secondo macro-gruppo sono emersi approcci che utilizzano una strategia gestuale [5]. Da studi recenti è emerso che il linguaggio corporeo è utilizzato maggiormente da persone aventi difficoltà nel recupero di termini target del magazzino semantico mentre è meno utilizzato da coloro che riescono a comporre un discorso fluente [2].

A tal proposito è giusto citare l'*Action Observation Therapy* [6]. L'ipotesi alla base di questo approccio è che osservare e successivamente imitare un gesto effettuato da una terza persona possa favorire un recupero più veloce ed efficace dei deficit motori e linguistici causati dalla lesione cerebrale. Pertanto, linguaggio e gestualità sembrano essere fortemente interconnessi tra loro al punto che alcuni autori pensano che il linguaggio possa proprio derivare da essa [7]. In supporto a tale ipotesi si ha la scoperta dei neuroni specchio, una specifica classe di cellule cerebrali attivate sia

dall'osservazione sia dalla produzione dei movimenti. Questi neuroni possono essere importanti per la comprensione delle azioni di altre persone e quindi nell'apprendimento attraverso imitazione. Questi dati sono confermati da prove anatomiche e archeologiche, infatti è evidente che il linguaggio sia emerso solo con l'Homo Sapiens, quando è stato definitivamente sostituito il linguaggio prevalentemente gestuale.

Se la filogenesi del discorso dipende da una stretta corrispondenza tra osservazione ed esecuzione, allora è possibile pensare che anche il recupero dell'afasia possa trarre vantaggio da questa connessione.

Sulla base di quanto appena affermato, la riabilitazione di un paziente afasico potrebbe essere facilitata dall'uso dei gesti durante la fase di recupero delle parole. Più recentemente, nel 2012 [6], è stato chiesto ad alcuni soggetti con deficit linguistici di osservare dei video – clip di azioni umane (ad esempio ballare, mordere ecc.) e non umane (ad esempio abbaiare, miagolare) e di riprodurre il nome dell'azione corrispondente. I risultati ottenuti hanno mostrato come le prestazioni dei pazienti miglioravano solo osservando le azioni umane, confermando così che i neuroni specchio vengono attivati solo dall'osservazione di gesti che potrebbero essere riprodotti dal sistema motorio. Questi dati dunque mostrano come l'*Action Observation Therapy* potrebbe essere una strategia utile per la riabilitazione linguistica di pazienti afasici [8].

1.2.1. Action Observation Therapy

L'Action Observation Therapy (AOT) è un approccio riabilitativo che sfrutta il meccanismo specchio e il suo ruolo nell'apprendimento o riapprendimento di schemi motori [9].

Durante la terapia ai soggetti vengono mostrate azioni quotidiane svolte da alcuni attori. Le azioni svolte sono ad esempio: bere il caffè, leggere il giornale, ecc. Il trattamento dura solitamente quattro settimane con 5 incontri a settimana.



Figura 1: Esempio di azioni mostrate durante l'AOT training.

I comportamenti linguistici chiamano in causa per lo più le funzioni corticali dell'emisfero sinistro nelle stesse aree in cui i sistemi neuronali specchio sembrano essere più diffusi e in stretta sinergia con le aree motorie. L'evoluzione del linguaggio è dovuta all'area motoria di Broca e alla sua importanza cognitiva e linguistica. Questa è infatti responsabile dei movimenti laringei, oro – faciali e braccio – manuali, è anche sede delle più importanti strutture del sistema Mirror [10].

Per questo motivo osservare azioni da riprodurre può essere considerata una fase importante nella riabilitazione anche dell'afasia, in quanto oltre a fornire una comprensione immediata di ciò che il soggetto sta vedendo, permette un accesso facilitato all'apparato motorio, fondamentale soprattutto nella fase di produzione.

Concludendo: il ruolo del sistema specchio fornisce quindi un approccio potenziale per il recupero del linguaggio in seguito a lesione cerebrale.

1.2.2. Da IMITATE ad IMITAF

Sulla base di questi risultati, Lee e colleghi (2010) hanno pensato di proporre una stimolazione audiovisiva per migliorare la funzione linguistica dopo l'ictus. Gli autori hanno sviluppato un programma computerizzato chiamato IMITATE basato sull'osservazione e l'imitazione di parole e frasi pronunciate da sei attori. L'ipotesi alla base di tale approccio presuppone che osservare una persona che pronuncia una parola e ripetere successivamente la stessa, produca l'attivazione dello stesso

substrato neuronale, si ha quindi corrispondenza tra osservazione ed esecuzione. Il cervello sembra avere circuiti particolarmente attivi durante l'imitazione. Questi circuiti possono svolgere un ruolo particolare nelle attività motorie e quindi nella produzione linguistica.

Il protocollo IMITATE prevede le seguenti fasi:

1. Il soggetto osserva silenziosamente gli stimoli audio – visivi, caratterizzati da brevi filmati in cui sei attori pronunciano ad alta voce verbi, parole e frasi.
2. Al termine della fase di osservazione i partecipanti sono invitati a ripetere ad alta voce quanto hanno visto e sentito.
3. Ogni settimana il livello di difficoltà cresce, partendo da parole monosillabiche, per poi passare a quelle bisillabiche, alle trisillabiche ed infine alle frasi.

Gli studi sui primi gruppi sperimentali, a cui veniva somministrato lo stimolo audio-visivo, hanno mostrato un aumento significativo nella capacità di produzione rispetto ai gruppi di controllo, a cui veniva somministrato solamente lo stimolo uditivo.

Sulla base dei risultati ottenuti dal software di Lee, IMITATE, nasce nel 2015 IMITAF.

Il programma computerizzato in lingua italiana nasce con lo scopo di permettere ai soggetti con deficit linguistici di effettuare una riabilitazione incentrata sulle proprie esigenze e al tempo stesso facilmente fruibile anche da casa [2].

2. CAPITOLO 2

2.1. *IMITAF*

L'afasia è da sempre uno dei campi di ricerca presso il centro Puzzle. Al fine di potenziare e intensificare gli effetti della riabilitazione logopedica è stato sviluppato IMITAF che è un programma computerizzato finalizzato al potenziamento delle capacità di accesso al lessico e di produzione linguistica di soggetti affetti da afasia, attraverso il processo imitativo.

Il software sottopone il paziente a una serie di stimoli audio-visivi. Ogni stimolo è costituito da un video di circa 30 secondi, in cui sei attori si susseguono e pronunciano la parola inerente allo stimolo stesso. Lo stimolo è così strutturato:

- Ogni personaggio pronuncia la parola.
- Tra un personaggio e il successivo c'è una pausa di pochi secondi.
- Quando tutti i personaggi hanno pronunciato la parola appare la schermata "Ed ora prova a ripetere la parola", la frase viene letta da una voce registrata.
- La schermata si blocca per qualche secondo per dare al paziente la possibilità di ripetere.

Nella versione demo, utilizzata in questo momento dai pazienti, è possibile fermare il filmato in qualsiasi momento, e allo stesso modo esso può essere riavviato.

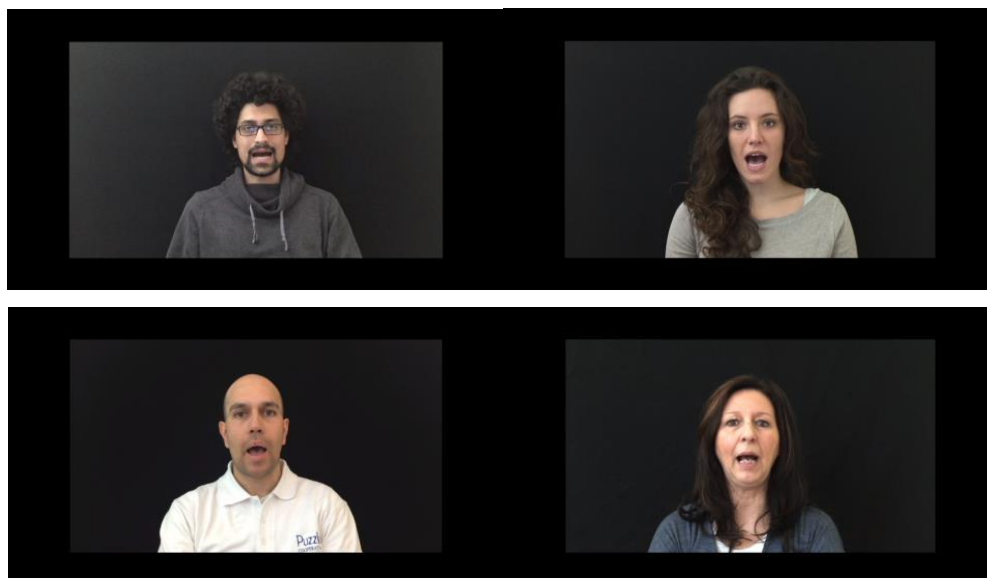
Il programma prevede la suddivisione degli stimoli in 16 livelli; questa divisione è stata pensata anche in relazione alle parti del discorso, e segue in dettaglio le regole grammaticali italiane, a differenza della versione inglese che prevedeva una divisione in 12 livelli basata unicamente sul numero di sillabe.

La divisione definitiva prevede i seguenti livelli:

- 1) PAROLE BISILLABICHE
- 2) PAROLE TRISILLABICHE
- 3) VERBI I PERSONA SINGOLARE
- 4) VERBI II PERSONA SINGOLARE
- 5) VERBI III PERSONA SINGOLARE

- 6) VERBI I PERSONA PLURALE
- 7) VERBI II PERSONA PLURALE
- 8) VERBI III PERSONA PLURALE
- 9) FRASI I PERSONA SINGOLARE (transitive e intransitive)
- 10) FRASI I PERSONA PLURALE (transitive e intransitive)
- 11) FRASI II PERSONA SINGOLARE (transitive e intransitive)
- 12) FRASI II PERSONA PLURALE (transitive e intransitive)
- 13) FRASI III PERSONA SINGOLARE (transitive e intransitive)
- 14) FRASI III PERSONA PLURALE (transitive e intransitive)
- 15) FRASI COMPLESSE (frasi con due proposizioni e frasi riflessive)
- 16) MACRO LIVELLO (contiene tutti gli elementi dei livelli precedenti).

Il passaggio da un livello al successivo avviene in base alla risposta del paziente: se risulta padrone del livello appena svolto, può passare al successivo. Questa decisione viene presa dal neuropsicologo dopo aver fatto gli opportuni accertamenti. Nel software IMITATE il cambio di livello avveniva ogni settimana senza tener conto dei risultati del paziente. A fine seduta viene utilizzato materiale figurativo ed esercizi mirati alla generalizzazione dei risultati.



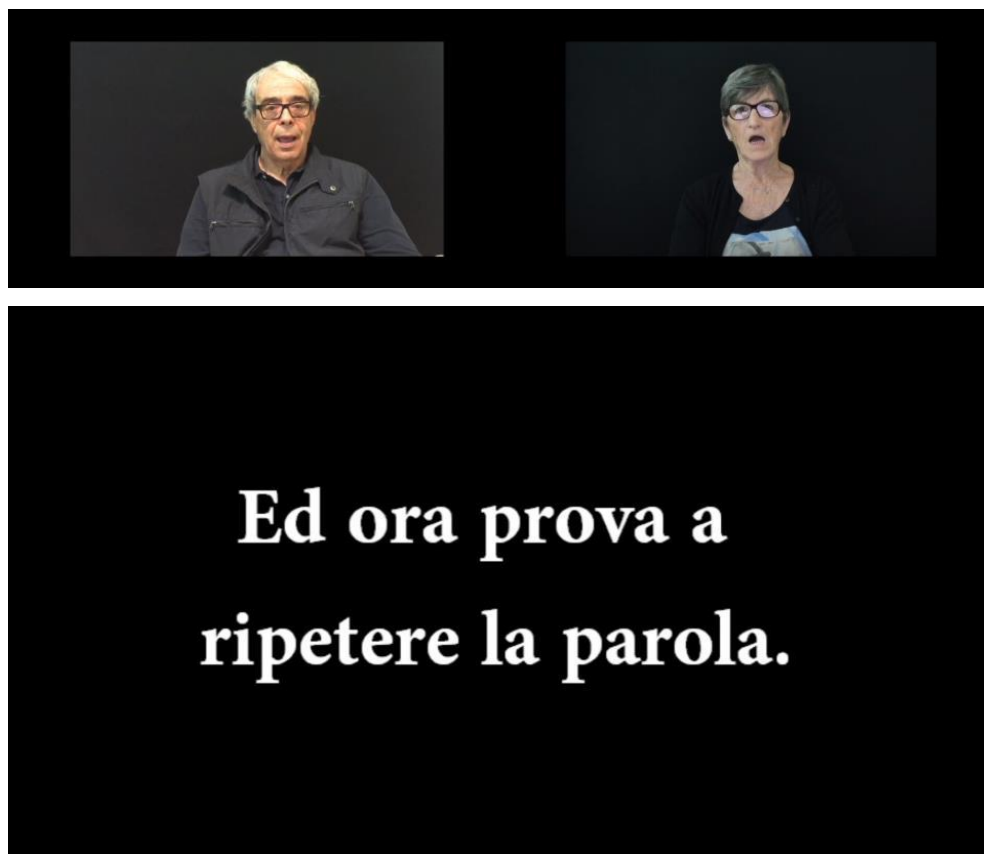


Figura 2: Screenshot di uno stimolo del software

2.2. *IMITAF: ipotesi di partenza*

La riabilitazione linguistica dei soggetti afasici prevede test informatici e cartacei sulla denominazione, completamento di frasi ed esercizi sulla descrizione delle immagini. Tutti gli esercizi sono volti al recupero della lingua. Quindi, l'ipotesi degli operatori del Centro Puzzle è che un uso continuo e massiccio del trattamento IMITAF, della durata di 90 minuti al giorno, avrebbe portato ad un miglioramento significativamente maggiore del linguaggio rispetto alla terapia tradizionale somministrata con la medesima frequenza. Se tale ipotesi dovesse essere confermata, porterà nuove conoscenze nel campo della riabilitazione linguistica, rendendola più accessibile e facile da usare.

2.3. IMITAF: costruzione del programma

In un primo momento sono stati svolti tutti i video per la costruzione degli stimoli. La selezione dei sei attori prevedeva che questi fossero il più diversi possibile l'uno dall'altro, al fine di migliorare la validità ecologica del software. Per questa ragione sono stati scelti tre uomini e tre donne di diverse fasce d'età e di diverse regioni italiane. Ogni attore è stato videoregistrato mentre pronunciava i singoli stimoli della lista nel modo più spontaneo possibile. In una fase successiva questi video sono stati perfezionati e ottimizzati al fine di essere il più efficienti possibile per il trattamento. Attraverso l'utilizzo di Adobe Premier Pro CC, uno dei software contenuti in Photoshop, è stato possibile correggere alcuni errori rilevati da un'attenta analisi iniziale. Ci si è concentrati sulla parte grafica e attraverso la funzione "taglio", presente in Adobe, sono stati eliminati tutti gli elementi che potevano essere fonte di distrazione per il paziente, come ad esempio parti di sfondo non coperte dal telo nero, arti dei soggetti visibili alla telecamera o riprese poco centrate. Il setting infatti è caratterizzato da sfondo nero per fare in modo che l'attenzione del paziente ricada esclusivamente sul soggetto che parla; l'attore risulta essere seduto, l'inquadratura è a mezzo busto ed esclude la visione delle braccia e delle mani al fine di indirizzare l'attenzione del paziente proprio sui movimenti bucco-facciali, oltre che sugli stimoli uditivi.

Si è passati poi al perfezionamento del suono e successivamente alla sincronizzazione video – audio.

Per quanto riguarda la scelta degli stimoli da somministrare al paziente, è stato utilizzato ColFis. Si tratta di una banca dati lessicale dell'Italiano scritto che calcola la frequenza d'uso delle parole sulla base di valori ISTAT aggiornati annualmente, è basato su un database di oltre 3 milioni di parole che riflette le abitudini di lettura della popolazione italiana. Le parole sono state selezionate secondo criteri di frequenza e comprensibilità. Come indice di misura è stata presa in considerazione la frequenza assoluta totale letta direttamente del sito ColFis, pertanto in seguito parlando di frequenza ci si aspetta un numero puro. Le parole la cui frequenza è superiore a 100 sono state considerate come "termini ad altissima frequenza", quelle la cui frequenza era compresa tra 99 e 20 sono state valutate come "termini ad alta

frequenza” ed infine quelle con una frequenza inferiore a 20 sono state valutate come “termini a bassa frequenza” e non sono state incluse nell’elenco definitivo. L’elenco risultante è stato poi aumentato aggiungendo ulteriori termini comunemente usati nel linguaggio quotidiano. I livelli finali, da 9 a 14, includono frasi contenenti verbi transitivi ed intransitivi. Queste sono state costruite combinando le parole precedentemente selezionate con i verbi. Si tratta di frasi molto brevi, lunghe fino a 10 sillabe come ad esempio “Passami il sale”. È stato poi aggiunto il livello 15 contenente frasi grammaticali complesse, con una proposizione principale ed una subordinata, come ad esempio “Penso che verrei”, oppure pronomi riflessivi “Mi lavo”. Il numero di stimoli in questo livello è inferiore rispetto agli altri livelli poiché la mole di lavoro per ogni stimolo è maggiore di quella necessaria per gli stimoli dei livelli precedenti.

Infine, l’ultimo livello (livello 16) combina gli stimoli di tutti i livelli precedenti. Questo livello è stato progettato per consentire al paziente che lavora a tutti i livelli di essere in grado di eseguire una ripetizione generale. Per questo motivo gli stimoli vengono presentati al paziente in maniera casuale e variano tra parole, verbi e frasi.

Dopo aver effettuato tutte le modifiche necessarie, gli operatori del centro Puzzle assieme ad una Docente del Dipartimento di Informatica dell’Università di Torino hanno definito i criteri con cui si intende creare il software, in maniera tale che questo risponda alle esigenze specifiche del paziente.

Gli utenti di tale software necessitano di maggiori facilitazioni rispetto ad un utente normodotato, come ad esempio la presenza di input visivi semplici e immediati oppure parti sonore guidate che possano accompagnare il paziente nel percorso riabilitativo. L’intento di IMITAF è proprio quello di permettere a chiunque di poter lavorare in autonomia sul proprio deficit.

2.4. IMITAF: i partecipanti

Il campione finale sottoposto al trattamento è composto da 25 soggetti adulti con ictus e una diagnosi di grave afasia in fase di dimissione ospedaliera. L’età di campionamento varia da 34 a 57 anni ($m = 46,14$ e $sd = 7,69$), mentre il livello di istruzione va da 8 a 18 anni ($m = 10,85$ e $sd = 4,87$). L’insorgenza dell’insulto varia

da 13 a 108 mesi prima dell'inizio dello studio ($m = 49,71$ e $sd = 35,71$). Il numero dei pazienti nella fase iniziale era pari a 29, ma 4 di questi non sono risultati idonei allo studio. Al fine di valutare l'idoneità, ad ogni paziente è stato effettuato l'Aachner Aphasie Test (AAT) [11] da un logopedista, analizzando in questo modo il linguaggio spontaneo, la ripetizione, il linguaggio scritto, la denominazione e la comprensione.

I criteri di inclusione sono i seguenti:

- Buona comprensione orale ($S.N. \geq 5$).
- Buona capacità di ripetizione di stimoli a due sillabe ($S.N. \geq 4$).
- Anomia dovuta a deficit di tipo fonologico e non semantico, per cui le caratteristiche dello stimolo sono correttamente conservate e riconosciute.
- Età compresa tra i 18 e i 65 anni.
- L'evento lesivo deve essere avvenuto almeno 12 mesi prima del trattamento, al fine di assicurare stabilità al profilo cognitivo.
- Madrelingua italiana.
- Assenza di deterioramento dementigeno, provato da un punteggio superiore a 24/30 al test di screening Mini Mental State Examination.

Sono stati esclusi i soggetti con ulteriori danni cerebrali oltre a quelli riportati, con un passato di dipendenza o con storia pregressa di disturbi psichiatrici.

Per poter prendere parte a questo studio, tutti i partecipanti hanno dato il loro consenso informato. Prima del trattamento è stato fatto firmare alle famiglie e al medico legale dei pazienti un consenso informato scritto, perché fossero al corrente degli obiettivi e delle finalità dello studio. Il progetto è stato inoltre sottoposto ed approvato dal comitato etico locale.

2.5. IMITAF: valutazione delle abilità linguistiche di base dei partecipanti

Le abilità linguistiche dei partecipanti sono state valutate attraverso la *Western Aphasia Battery* (WAB), il *Boston Naming Test* (BNT), un compito di denominazione delle immagini e tecniche di indagine funzionale.

La WAB viene utilizzata per valutare le abilità di linguaggio scritte e orali. La valutazione di tali abilità permette al medico di classificare la tipologia e il grado di afasia. Questo test è suddiviso in diverse sessioni mirate all'indagine delle varie componenti del linguaggio come: linguaggio spontaneo, comprensione orale, ripetizione, denominazione, scrittura e lettura, aprassia. Questi subtest permettono di calcolare due quozienti: il *quoziente di afasia* e il *quoziente corticale*. Il primo dà informazioni riguardanti le abilità di produzione/comprendimento orale, il secondo permette di classificare l'andamento complessivo del soggetto esaminato. Nello studio effettuato dal Centro Puzzle è stato preso in considerazione unicamente il *Quoziente di Afasia* ottenuto dalla somma dei punteggi delle prove di Linguaggio Spontaneo, Comprensione verbale, Ripetizione e Denominazione.

Il BNT ha lo scopo di misurare le abilità lessicali e di denominazione in soggetti con deficit linguistici di varia tipologia. È composto da 60 immagini in bianco e nero di difficoltà crescente; viene chiesto al soggetto di denominarle spontaneamente o seguendo spunti semantici (ad esempio dandogli indizi) o fonetici (mostrandogli la prima lettera della parola).

L'attività di denominazione e descrizione delle immagini viene utilizzata per valutare il linguaggio spontaneo e le abilità narrative. La valutazione dei campioni di linguaggio spontaneo è stata effettuata secondo l'analisi di coerenza globale della Wright [12]. Per ogni campione di linguaggio si è contato il numero delle "parole funzione" (closed-class words: articoli, preposizioni, congiunzioni) e delle "parole contenuto" (open-class words: nomi, aggettivi, pronomi, verbi e avverbi) semanticamente coerenti con la storia. Sono stati esclusi dal contenuto tutti quei termini che non avevano nulla a che fare con quanto rappresentato nelle immagini. Il dato ottenuto è stato diviso per il numero massimo di unità tematiche per storia al fine di ottenere un indice relativo del grado di informatività di ogni campione linguistico.

Le tecniche di indagine funzionale utilizzate sono: NIRS (Near Infrared Spectroscopy) e fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging).

La NIRS, spettroscopia nell'infrarosso vicino, sfrutta la proprietà dell'emoglobina di non essere trasparente alle radiazioni infrarosse. Ovvero, i tessuti biologici vengono illuminati da una sorgente esterna con raggi infrarossi, tutti i tessuti risultano essere

trasparenti a tali radiazioni eccetto l'emoglobina. In questo modo è possibile analizzare la variazione di emoglobina nel volume di interesse. Inoltre, è importante sapere che l'emoglobina ha un comportamento spettrale diverso a seconda che si leghi con l'ossigeno o con l'anidride carbonica; pertanto, analizzando tale segnale si è in grado di risalire all'ossigenazione tissutale in tempo reale. Questo test è stato affiancato da una prova di denominazione che prevedeva 20 stimoli provenienti dall'Aachener Aphasia Test; si trattava di immagini in bianco e nero rappresentanti oggetti, seguita dalla descrizione di due immagini in bianco e nero, la prima raffigurante una scena singola e la seconda una storia.

La fMRI utilizza la risonanza magnetica per evidenziare la variazione di flusso ematico e di conseguenza capire se vi è stata o meno attività cerebrale [2] [8].

2.6. *IMITAF: disegno sperimentale*

L'intero progetto è durato tre mesi ed ha incluso l'utilizzo di due trattamenti: training tradizionale ed IMITAF. Ogni fase di riabilitazione è durata 30 giorni (45 giorni a eccezione dei fine settimana, quando i pazienti sono stati invitati a riposare) ed è stata suddivisa in tre sedute giornaliere. Ogni sessione giornaliera da 90 minuti è stata suddivisa in tre sedute da 30 minuti ciascuna, al fine di prevenire una riduzione dell'attenzione e della concentrazione del paziente.

Il training tradizionale consisteva nella somministrazione di compiti preparati da un logopedista. Tali attività avevano il fine di fornire una stimolazione complessiva del linguaggio. Sono stati utilizzati in modo specifico compiti di: denominazione per categoria, completamento di frasi, descrizione di immagini. Ogni paziente è stato sottoposto a sessioni neuropsicologiche della stessa durata e frequenza con cui è stato sottoposto il training IMITAF il mese successivo.

Il training IMITAF prevedeva che i partecipanti fossero affiancati da uno psicologo esperto o da un caregiver, nel caso in cui il trattamento fosse svolto a casa. Queste figure avevano il compito di garantire la corretta osservanza delle procedure del trattamento e supportare il paziente. Nel caso in cui il training fosse svolto a casa, il

caregiver doveva assicurarsi che il paziente eseguisse la sessione correttamente; ogni eventuale difficoltà vissuta dal paziente o dal caregiver stesso è stata segnalata e discussa con uno degli psicologi coinvolti nello studio. Ogni partecipante ha eseguito un allenamento specifico in base alle proprie abilità linguistiche residue. Ogni partecipante si è seduto davanti allo schermo di un computer e gli è stato chiesto di osservare attentamente i sei attori mentre pronunciavano ad alta voce una parola o una frase. Ogni parola o frase è stata pronunciata da tutti gli attori, quindi è stata ripetuta sei volte consecutivamente. Dopo aver osservato gli attori, al partecipante è stato chiesto di ripetere ciò che ascoltava. Le istruzioni prevedevano la ripetizione dello stimolo solo una volta alla fine del video e non mentre veniva pronunciato dagli attori. Durante la riproduzione del filmato il paziente doveva osservare attentamente gli attori e prestare attenzione ai movimenti bucco-facciali. Inoltre, il paziente è stato invitato a provare a pensare al concetto, immaginando mentalmente l'oggetto (nei primi livelli del trattamento) o le azioni nel caso dei verbi. Per evitare effetti di apprendimento gli stimoli di uno stesso livello venivano presentati al paziente in maniera casuale e non seguendo un ordine ben preciso. Durante l'ultima parte della sessione (della durata di 5 minuti), ogni partecipante ha eseguito una serie di esercizi volti a migliorare la sua capacità di utilizzo degli stimoli ascoltati all'interno di diversi contesti. Gli esercizi proposti andavano dalla denominazione per categoria, al completamento delle frasi o alla produzione di semplici enunciati usando alcune parole che il paziente aveva ascoltato nella seduta stessa. Questo passo finale è stato di fondamentale importanza perché ha permesso di valutare il lavoro dell'utente e di assicurarsi che la ripetizione dello stimolo non fosse fine a se stessa.

Il passaggio da un livello al successivo è stato deciso dal neuropsicologo clinico che era abituato a lavorare con il paziente, in base al livello di miglioramento alla risposta al trattamento. Più precisamente, la transizione al livello successivo può verificarsi solo quando il paziente dimostra buon familiarità con il livello corrente ed è in grado di ripetere gli stimoli target senza alcuno sforzo. Inoltre, il paziente deve dimostrare sufficienti capacità di generalizzazione, essere cioè in grado di utilizzare i termini ripetuti durante le sedute all'interno degli esercizi svolti a fine sessione.

Riassumendo, il disegno sperimentale è stato suddiviso in 4 fasi:

- 1) *Condizione base (T0)*: un mese prima del trattamento sono state valutate le abilità linguistiche e di denominazione dei partecipanti attraverso la WAB, i BNT e la descrizione di immagini di Marini; sono rappresentazioni in bianco e nero, una prima immagine singola (Casa Smith), poi una storia (Il litigio). Sono state effettuate anche le analisi funzionali mediante NIRS.
- 2) *Periodo di controllo*: periodo compreso tra la fase T0 e la fase T1 (Pre-Training), durato un mese e mezzo. In questo periodo i pazienti sono stati sottoposti ad attività logopediche e cognitive volte a fornire una stimolazione complessiva del linguaggio. Ogni partecipante ha ricevuto 90 minuti di stimolazione al giorno, 5 giorni a settimana.
- 3) *Pre-Training (T1)*: prima dell'inizio del trattamento le abilità linguistiche del paziente sono state rivalutate seguendo lo stesso protocollo utilizzato in T0 con lo scopo di escludere qualsiasi tipo di miglioramento tra la fase T0 e la fase T1 dovuto al training tradizionale. Per alcuni di loro è stato anche possibile effettuare una fMRI.
- 4) *Training*: è stato effettuato il training IMITAF 5 giorni alla settimana per 6 settimane. Ogni sessione è durata 90 minuti ed è stata suddivisa in tre parti da 30 minuti, per assicurarsi che l'eccessiva stanchezza non compromettesse le prestazioni dei pazienti.
- 5) *Post-Training (T2)*: subito dopo la fine del training IMITAF son state valutate nuovamente le capacità linguistiche del paziente utilizzando le stesse modalità della fase T1.

2.7. IMITAF: colloquio familiari

Prima dell'inizio del trattamento è stata data ai familiari la possibilità di effettuare colloqui con lo psicologo di riferimento del progetto. Solo 12 familiari hanno accettato di essere seguiti in colloqui di sostegno.

Prima dell'inizio del training, ai caregiver è stato somministrato un questionario dettagliato che permettesse di rilevare la qualità di vita del paziente allo stato attuale e quanto il deficit linguistico fosse invalidante per loro.

Alla fine del trattamento IMITAF è stato riproposto il medesimo questionario con lo scopo di percepire se il trattamento avesse portato a miglioramenti nella vita quotidiana del paziente.

3.CAPITOLO 3

3.1. RISULTATI: parametri per valutare l'efficacia del trattamento e analisi statistiche

Terminate le prove ed effettuate le misure necessarie alla fine di questi, è stato effettuato il test di normalità sulle variabili calcolate, ovvero su: WAB, BNT e descrizione immagini (parametri descritti nel paragrafo 2.5):

- il BNT, per valutare l'efficacia del trattamento sulle abilità di denominazione;
- il WAB, per valutare il profilo linguistico complessivo di ciascun partecipante, con lo scopo di capire se vi fossero effetti collaterali su funzioni linguistiche non direttamente coinvolte nel training IMITAF;
- il compito di descrizione dell'immagine, per indagare se IMITAF comportasse miglioramenti anche nel linguaggio parlato e non si limitasse alle singole parole.

Tutte le variabili sono distribuite normalmente, ad eccezione della denominazione in T0 e della descrizione di immagini in T2 (Tabella 1) [8].

Test di normalità						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistica	gl	Sign.	Statistica	gl	Sign.
WABaqT0	,169	10	,200*	,926	10	,406
WABlingT0	,185	10	,200*	,917	10	,332
WABcomprT0	,202	10	,200*	,889	10	,164
WABripT0	,204	10	,200*	,959	10	,772
WABdenT0	,295	10	,014	,822	10	,027
BOSTON_T0	,195	10	,200*	,914	10	,311
descrlmmT0	,247	10	,083	,878	10	,122
WABaqT1	,220	10	,185	,859	10	,075
WABlingT1	,193	10	,200*	,881	10	,133
WABcomprT1	,221	10	,183	,892	10	,180
WABripT1	,216	10	,200*	,948	10	,645
WABdenT1	,202	10	,200*	,939	10	,538
BOSTON_T1	,223	10	,171	,890	10	,170
descrlmmT1	,199	10	,200*	,916	10	,325
WABaqT2	,238	10	,114	,875	10	,115
WABlingT2	,186	10	,200*	,923	10	,382
WABcomprT2	,191	10	,200*	,858	10	,072
WAB_ripT2	,227	10	,154	,939	10	,537
WAB_denT2	,204	10	,200*	,912	10	,298
BOSTON2	,146	10	,200*	,934	10	,493
descrlmmT2	,268	10	,040	,821	10	,026

Tabella 1: Risultati del test di normalità [2].

A seguire è stata effettuata l'analisi statistica. Per ogni misura linguistica che rispettasse la distribuzione normale (Test di Shapiro Wilk > 0.05) è stata eseguita un'ANOVA (Analysis of Variance) a misure ripetute con fattore intra-soggetti. La valutazione è stata effettuata sui tre livelli temporali: T0 basale, T1 Pre – trattamento, T2 Post – trattamento. Solo per quanto riguarda la denominazione e l'analisi narrativa è stato eseguito il test Friedman [13], test non parametrico alternativo al test della varianza, questo perché le variabili non erano distribuite in modo normale (Test di Shapiro Wilk < 0.05).

3.2. **RISULTATI: batterie comportamentali**

Il quoziente di afasia globale (QA) ottenibile mediante la somma dei punteggi dei subtest per la valutazione delle abilità linguistiche è espresso in forma percentuale [14]. I risultati relativi al QA mostrano una differenza significativa tra i tre punti temporali. Il confronto parallelo ha evidenziato un importante miglioramento delle prestazioni dei pazienti in T2, rispetto ad entrambe le valutazioni precedenti (T0 e T1), mentre lo stesso test non ha mostrato alcun effetto tra T0 (basale) e T1 (Figura 3) [2].

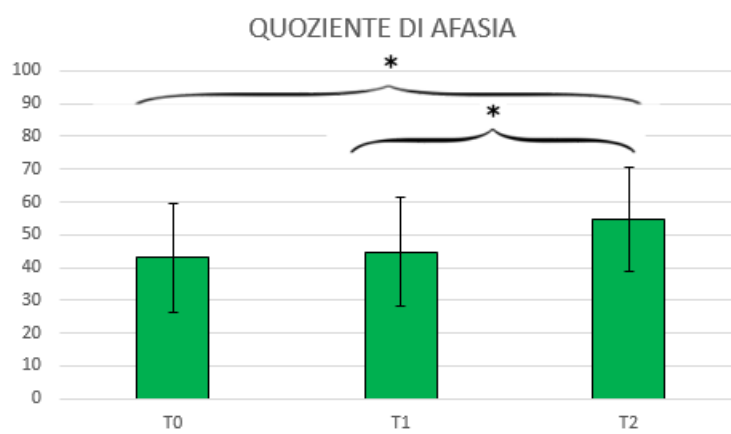


Figura 3: risultati relativi al QA rilevato dalla Western Aphasia Battery nei tre tempi di valutazione.

L'asterisco evidenzia l'incremento statisticamente significativo delle prestazioni dei pazienti.

I risultati relativi al linguaggio spontaneo della WAB hanno evidenziato una significativa differenza tra i tre punti temporali. Emerge un miglioramento

significativo delle prestazioni del paziente in T2, sia rispetto alle condizioni basali (T0), che alle condizioni rilevate nel pretrattamento (T1). Lo stesso test non ha mostrato variazioni significative tra T0 e T1 (Figura 4) [2].

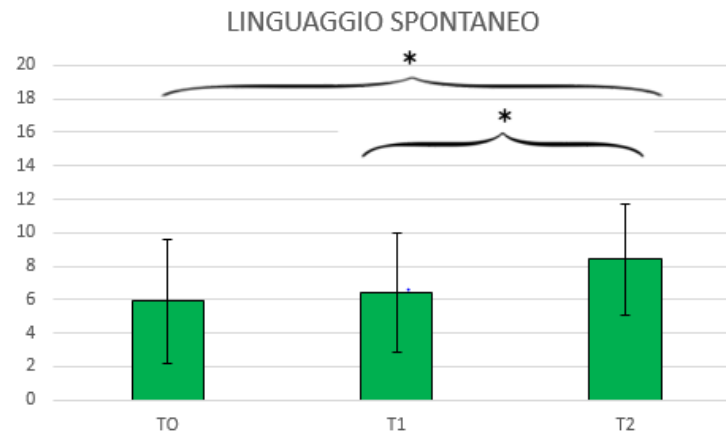


Figura 4: risultati relativi al linguaggio spontaneo rilevato dalla Western Aphasia Battery nei tre tempi di valutazione. L'asterisco indica un incremento rilevante nelle prestazioni del paziente.

Le indagini relative al subtest di ripetizione della WAB mostrano una significativa differenza tra i tre punti temporali. Anche in questo caso emerge un miglioramento significativo delle prestazioni del paziente nella fase T2, sia rispetto alla valutazione iniziale T0, che a quelle in T1 (Figura 5) [2].

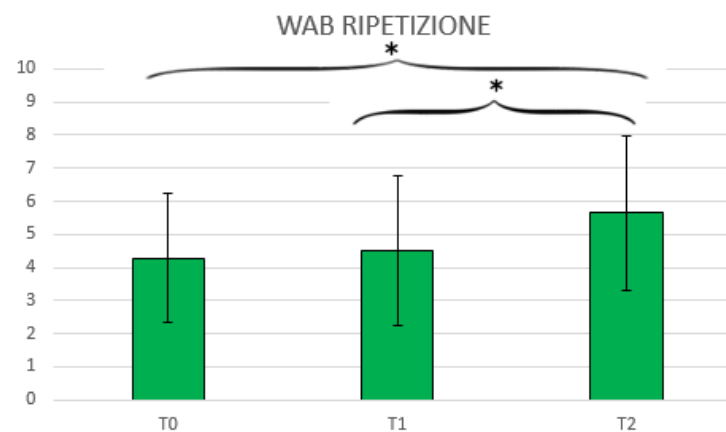


Figura 5: risultati relativi al test di ripetizione della Western Aphasia Battery nei tre tempi di valutazione. L'asterisco evidenzia incrementi statisticamente significativi nelle prestazioni dei pazienti.

Per la valutazione del subtest relativo alla denominazione della WAB si è ricorsi al test di Friedman. Anche in questo caso i risultati hanno evidenziato una differenza significativa tra i tre punti temporali, con un miglioramento significativo in T2, rispetto ad entrambe le fasi precedenti. Non vi è invece alcun effetto tra la fase T0 e la fase T1 (Figura 6) [2].

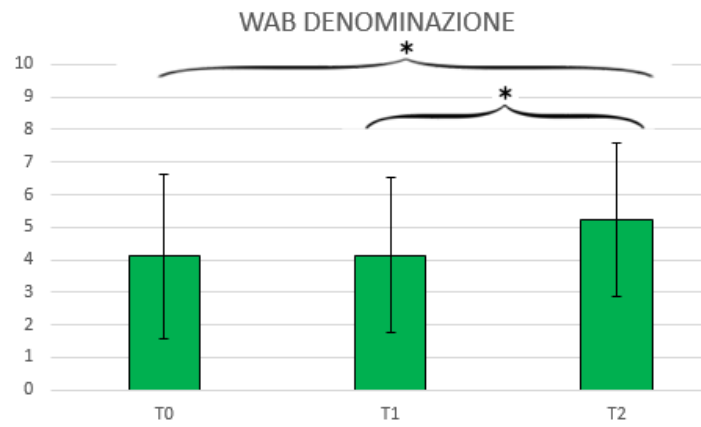


Figura 6: risultati relativi al test di denominazione della Western Aphasia Battery nei tre tempi di valutazione. L'asterisco indica un incremento statisticamente significativo delle prestazioni dei partecipanti.

Per quanto riguarda il Boston Naming Test l'andamento conferma i risultati precedenti: si hanno prestazioni migliori nella fase T2 (post-trattamento) rispetto alle condizioni basali (T0) e alle condizioni pretrattamento (T1). Al contempo non si hanno variazioni significative tra T0 e T1 (Figura 7) [2].

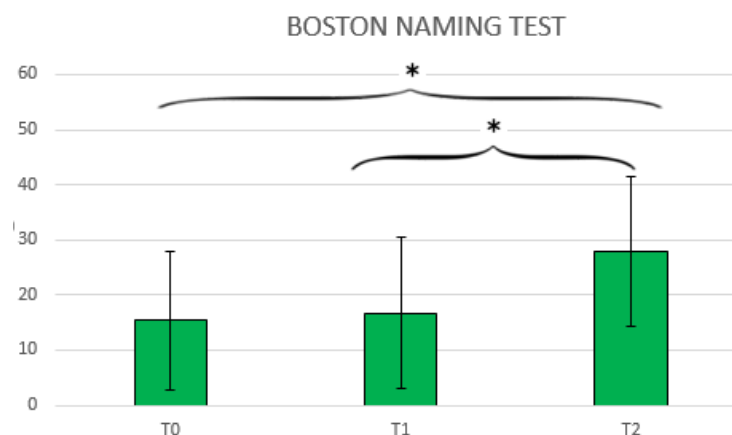


Figura 7: risultati relativi al BNT nei tre tempi di valutazione. L'asterisco indica un incremento significativo delle prestazioni dei pazienti.

Per quanto riguarda la descrizione delle immagini, le indagini fatte tramite test di Friedman dimostrano un significativo miglioramento delle prestazioni dei pazienti in T2, rispetto ad entrambe le condizioni precedenti, mentre lo stesso test non mostra alcun incremento significativo tra le fasi T0 e T1 (Figura 8) [2].

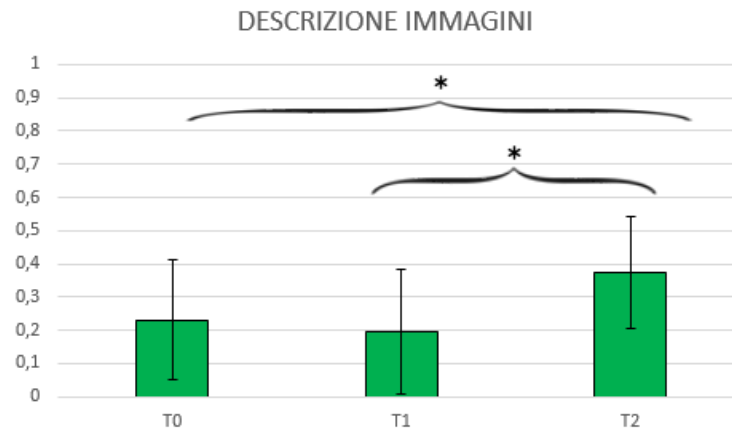


Figura 8: risultati relativi alla descrizione delle immagini nei tra tempi di valutazione. L'asterisco evidenzia variazioni significative statisticamente delle prestazioni dei pazienti.

3.3. **RISULTATI: segnale NIRS**

Il segnale NIRS è stato registrato a livello dell'area prefrontale sinistra, deputata alla fluidità verbale e all'apprendimento [15]. I segnali prelevati sono stati opportunamente filtrati per rimuovere gli artefatti da movimento.

Per ogni prova, sono stati registrati i seguenti segnali:

- Variazione di concentrazione di emoglobina ossigenata O₂Hb (μmol/l)
- Variazione di concentrazione di emoglobina deossigenata HHb (μmol/l)

Il segnale NIRS è stato registrato nel dominio del tempo ed il prelievo è avvenuto durante le seguenti fasi:

- Prova di denominazione; questa prevedeva stimoli semplici e parole composte secondo il test AAT. Al paziente venivano mostrate figure con oggetti semplici, poi figure con i colori, in una terza parte figure contenenti oggetti con nomi composti [16].

- Prova di descrizione, ovvero al paziente venivano somministrate delle vignette: “il litigio” e “casa Smith”, ed egli doveva descrivere ciò che queste raffiguravano [2].

3.3.1. Risultati NIRS durante la prova di denominazione

I segnali O₂Hb e HHb sono stati normalizzati rispetto al valore iniziale di ogni parola, le parole in esame erano 20 [2]. Per ogni parola sono stati misurati i seguenti parametri:

- Tempo (s): tempo necessario a denominare una parola;
- O₂Hb media (μmol/l): concentrazione media di emoglobina ossigenata;
- HHb media (μmol/l): concentrazione media di emoglobina deossigenata;
- Valore picco O₂Hb (μmol/l): valore massimo emoglobina ossigenata;
- O₂Hb RMS (μmol/l): valore quadratico medio emoglobina ossigenata.

È stato rilevato il segnale medio di O₂Hb e di HHb tra tutte le parole. Fatto ciò i segnali sono stati confrontati nelle tre fasi di studio, da T0 a T2.

I dati ottenuti confermano un aumento di emoglobina ossigenata (in rosso nei grafici) rispetto all'emoglobina deossigenata (in blu), sintomo di attivazione cerebrale a livello frontale.

Di seguito si mostrano delle tabelle riassuntive contenenti i parametri sopra descritti calcolati in ogni fase temporale (T0, T1, e T2).

Esame	Durata media parole (s)
T0	33.55
T1	33.35
T2	46.02

Tabella 2: valori riassuntivi del parametro tempo (s).

Esame	Concentrazione media O ₂ (μmol/l)
T0	-0.35
T1	-0.05
T2	0.38

Tabella 3: valori riassuntivi del parametro [O₂Hb] media.

Esame	Concentrazione media H (μmol/l)
T0	-0.84
T1	-0.02
T2	0.19

Tabella 4: valori riassuntivi del parametro [HHb] media.

Esame	Massimo O ₂ (μmol/l)
T0	2.16
T1	1.25
T2	3.22

Tabella 5: valori riassuntivi dei picchi di concentrazione di emoglobina ossigenata.

Esame	([O ₂ Hb] – [HHb]) media (μmol/l)
T0	0.49
T1	-0.03
T2	0.19

Tabella 6: valori riassuntivi della differenza media tra le concentrazioni di emoglobina ossigenata e deossigenata.

Esame	Valor RMS [O ₂ Hb] ($\mu\text{mol/l}$) ²
T0	3.048
T1	0.947
T2	2.148

Tabella 7: valori riassuntivi del valor quadratico medio della concentrazione di emoglobina ossigenata.

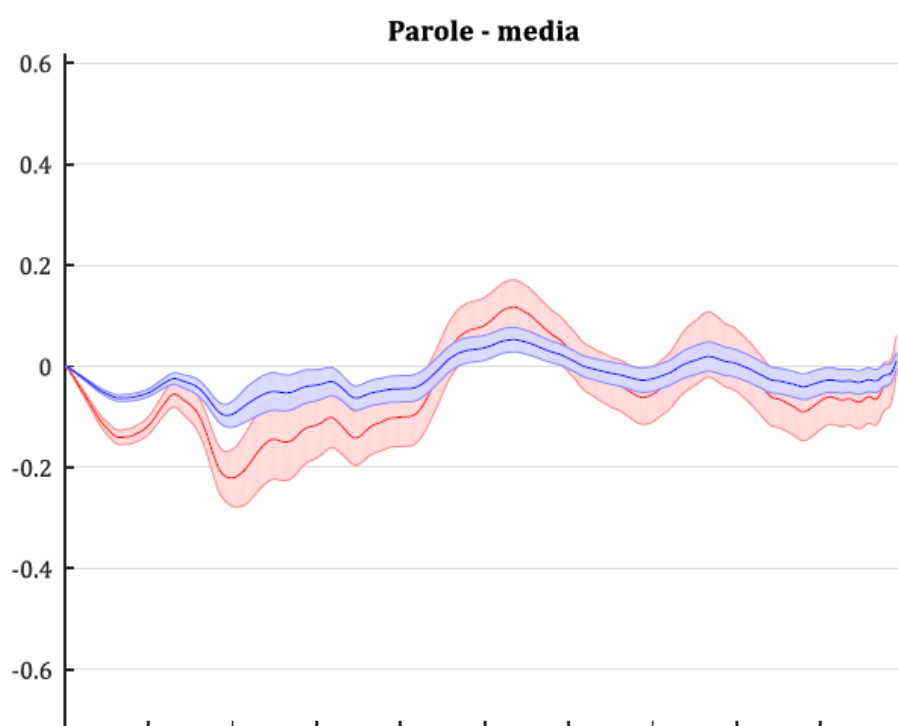


Figura 9: Segnale medio di emoglobina ossigenata (in rosso) ed emoglobina deossigenata (in blu) nel tempo necessario a denominare una parola in T0.

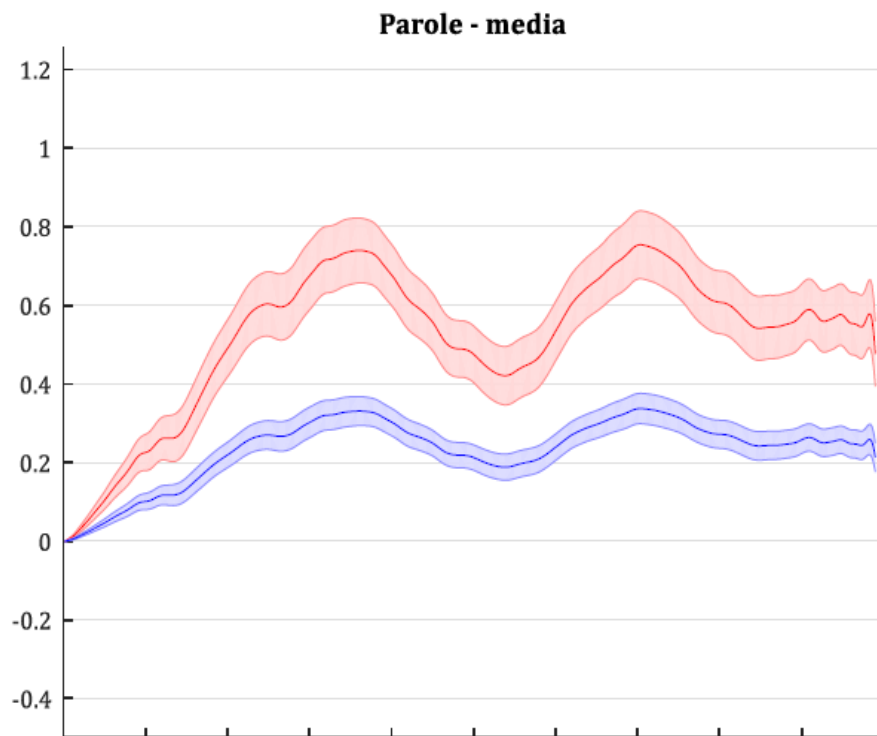


Figura 10: Segnale medio di emoglobina ossigenata (in rosso) ed emoglobina deossigenata (in blu) nel tempo necessario a denominare una parola in T1.

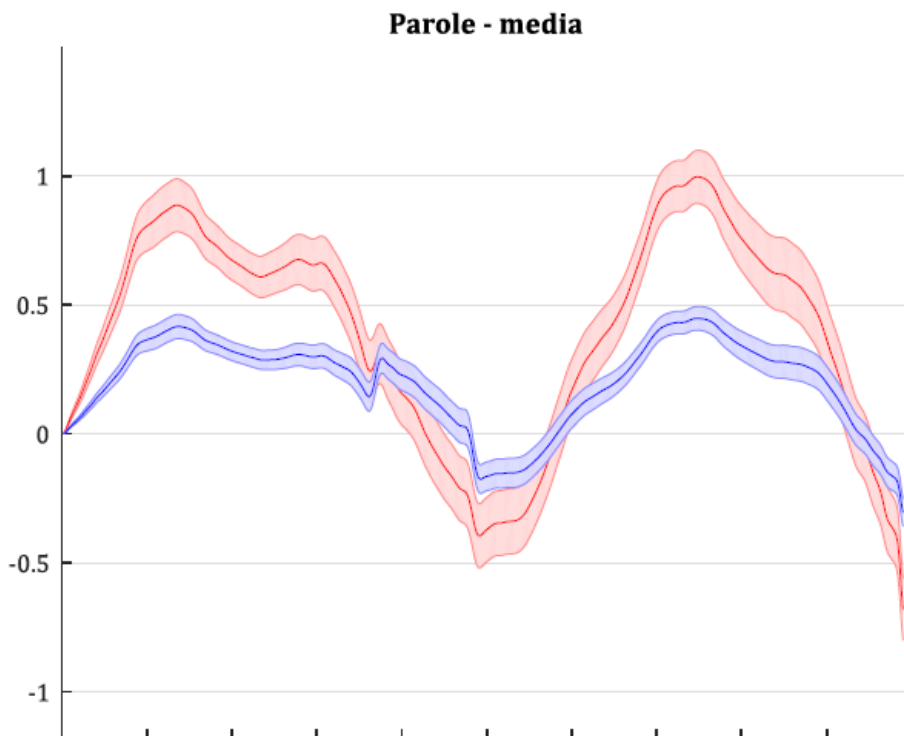


Figura 11: Segnale medio di emoglobina ossigenata (in rosso) ed emoglobina deossigenata (in blu) nel tempo necessario a denominare una parola in T2.

3.3.2. Risultati NIRS durante la prova di descrizione

I segnali O₂Hb e HHb sono stati normalizzati rispetto all'inizio di ogni vignetta (6 vignette) [2]. Per ogni vignetta sono stati misurati gli stessi parametri utilizzati nella sessione precedente, ovvero:

- Tempo (s): tempo necessario a denominare una parola;
- O₂Hb media (μmol/l): concentrazione media di emoglobina ossigenata;
- HHb media (μmol/l): concentrazione media di emoglobina deossigenata;
- Valore picco O₂Hb (μmol/l): valore massimo emoglobina ossigenata;
- O₂Hb RMS (μmol/l): valore quadratico medio emoglobina ossigenata.

È stato rilevato il segnale medio di O₂Hb e di HHb tra tutte le parole. Fatto ciò i segnali sono stati confrontati nelle tre fasi di studio, da T0 a T2.

I dati analizzati confermano un maggiore consumo di emoglobina ossigenata rispetto alla deossigenata, prova di attivazione cerebrale.

3.4. RISULTATI: fMRI

Non tutti i pazienti hanno effettuato la risonanza magnetica ma solo 8 di essi; 9 pazienti non rispettavano i criteri di inclusione e i restanti 7 non hanno dato il consenso [2]. A causa del ridotto numero di immagini a disposizione non è stato possibile effettuare analisi statistiche.

Dalle risonanze effettuate dopo il training emerge un'attivazione meno diffusa rispetto alle valutazioni precedenti. Si nota però un'attivazione maggiore nell'area frontale. Sembrerebbe che il training IMITAF, coinvolgendo i processi di imitazione, vada a potenziare le zone frontali permettendone un'attivazione maggiore.

3.5. RISULTATI: osservazioni dei familiari

Dopo il trattamento IMITAF sono state incontrate nuovamente le famiglie per valutare se il training avesse provocato miglioramenti anche nella vita quotidiana. Il colloquio conferma ciò che è emerso nei risultati: i pazienti sembrano fare meno fatica a pronunciare parole nel quotidiano per esprimere le loro necessità o affrontare un semplice colloquio. Inoltre è stata notata una forte motivazione durante il

trattamento, questo perché per alcuni di loro è stato stimolante vedersi lavorare in autonomia davanti al pc. Altri invece hanno acquisito più sicurezza svolgendo gli esercizi di fine sessione e notando i miglioramenti ottenuti. Infatti, proprio grazie a questi esercizi di fine sessione i pazienti sono stati più padroni degli stimoli ascoltati e ripetuti durante la seduta essendo in grado di utilizzarli quotidianamente.

3.6. *RISULTATI: discussione*

Concludendo questo capitolo dedicato ai risultati ottenuti da un primo studio, è possibile confermare un miglioramento generale dei pazienti sottoposti ad IMITAF. I partecipanti hanno ottenuto un punteggio notevolmente superiore nel:

- BNT;
- WAB;
- Prove di denominazione.

L'incremento del Boston Naming Test è prova del fatto che le difficoltà di denominazione sono diminuite, con un maggiore recupero delle parole target. Anche i punteggi relativi ai subtest della Western Aphasia Battery confermano quanto detto poco prima; infatti si ha un aumento del quoziente di afasia, indice di potenziamento di tutte le abilità linguistiche.

Il miglioramento nelle prove di denominazione era tra le ipotesi di partenza; infatti, numerosi esperimenti in letteratura hanno mostrato come un training basato sull'imitazione possa contribuire al recupero delle abilità linguistiche, in particolar modo nella diminuzione dell'anomia [17].

Un effetto secondario ottenuto dal training riguarda il potenziamento della ripetizione; questo risultato potrebbe dipendere da un potenziamento implicito della memoria di lavoro. Numerosi studi hanno dimostrato come l'afasia possa intaccare quest'ultima, causando un errore nella ripetizione delle informazioni verbali della memoria a breve termine [18]. Pertanto, un potenziamento dello schema fonologico, sottocomponente della memoria di lavoro [19], può portare ad una migliore capacità di mantenere ed integrare le informazioni verbali in memoria, provocando un miglioramento delle abilità di ripetizione.

Per quanto riguarda la descrizione delle immagini, i risultati hanno mostrato un miglioramento significativo del livello di coerenza espresso dai pazienti. I partecipanti hanno potenziato la capacità di esprimersi, si sono mostrati capaci di reperire parole pertinenti all'immagine mostrata e abili nell'utilizzare un vocabolario piuttosto vario [2]. Nei soggetti che hanno effettuato il training fermandosi ai primi livelli, il risultato si è tradotto in un aumento della produzione di sostantivi coerenti col testo; i pazienti che invece hanno seguito i livelli più elevati sono stati in grado di produrre frasi efficaci per la descrizione dell'immagine.

In generale questi risultati evidenziano che un trattamento basato sull'imitazione può contribuire alla riduzione delle difficoltà linguistiche provocate da un danno cerebrale.

Uno dei punti di forza di questo protocollo risiede nella possibilità di essere adattato al singolo paziente, in base alle proprie esigenze, permettendo di partire da livelli differenti a seconda della gravità della tipologia di disturbo afasico. È possibile scegliere il livello da cui partire e il momento in cui il paziente è idoneo per passare al livello successivo. Il protocollo IMITAF nasce con l'intento di soddisfare la necessità di effettuare un trattamento in autonomia. Infatti, come descritto in numerosi articoli, la riabilitazione linguistica sta sempre più avvalendosi dell'utilizzo della tecnologia promuovendo l'indipendenza del soggetto [20]. In questo modo il paziente è stimolato e motivato in quanto, oltre a lavorare sui propri deficit linguistici, riacquista anche una propria autonomia.

Incontrando i familiari, questo aspetto del training, è emerso come il più motivante per il paziente.

IMITAF è stato pensato con l'intento di effettuare una riabilitazione di tipo ecologico: la terapia incorpora stimoli ambientali, che vengono continuamente diversificati e presentati in modo casuale per evitare ogni tipo di automatismo. La possibilità di avere davanti a sé uno schermo dinamico e interattivo da cui ricevere gli stimoli, permette al paziente di utilizzare due canali sensoriali, quello uditivo e quello visivo, che lo stimolano a simulare la fase di produzione come se avesse davanti a sé dei soggetti reali [2].

Il training proposto dal Centro Puzzle non vuole sostituirsi alla riabilitazione tradizionale, ma è stato pensato per diventare un trattamento complementare a quello

logopedico tradizionale, da effettuare anche a casa in autonomia ed in maniera intensiva. Lo studio dimostra che una riabilitazione intensiva è strettamente collegata all'aumento del successo terapeutico. Una pratica più intensa concentrata in tempi più brevi, come nel caso di IMITAF, sembra essere più efficace di una pratica effettuata in un tempo più lungo ma con intensità minore [21].

I risultati ottenuti dalle batterie comportamentali provano come il trattamento con IMITAF provochi miglioramenti al paziente afasico. Allo stesso tempo le analisi funzionali, segnale NIRS e fMRI, testimoniano cambiamenti fisiologici nel cervello dei soggetti sottoposti al trattamento. Dalle analisi emerge infatti un aumento della quantità media di emoglobina ossigenata nella zona frontale, e un tempo minore necessario per recuperare le parole richieste dal task. Le risonanze funzionali hanno evidenziato la presenza di un'attivazione molto meno diffusa in seguito al training IMITAF se confrontata con quella iniziale [2].

Dopo aver evidenziato dai risultati un miglioramento sotto qualsiasi punto di vista, dalla denominazione, alla ripetizione e ancora nella descrizione delle immagini, ed aver avuto ulteriori conferme nelle analisi funzionali, i promotori del progetto risultano essere sempre più motivati nella realizzazione di un software da poter somministrare ai pazienti, permettendo loro di eseguire il trattamento in autonomia senza dover necessariamente recarsi al centro riabilitativo.

4. CAPITOLO 4

4.1. *La riabilitazione del paziente a domicilio*

La riabilitazione a domicilio è una soluzione che prevede l'utilizzo di un dispositivo telematico che metta in comunicazione l'utente da casa, o da qualsiasi altro posto che non sia l'ospedale o il centro di riabilitazione, con un terapeuta collocato in ospedale o nel centro di riabilitazione. Tale metodica innovativa negli ultimi anni sta crescendo sempre più, grazie anche all'avvento delle nuove tecnologie, come ad esempio software che ormai ti permettono di comunicare via internet tramite una semplice chat o una videochiamata. È proprio attraverso questi strumenti che il terapeuta può permettere all'utente di effettuare il training in autonomia, monitorandone giornalmente l'andamento o nei casi più gravi fornendo indicazioni utili per lo svolgimento della seduta riabilitativa.

Tramite l'approccio telematico si ha una misurazione oggettiva e quantitativa dell'efficacia del trattamento ed in corso d'opera è possibile aggiornare il programma riabilitativo [22].

È possibile elencare una serie di vantaggi strettamente legati alla teleriabilitazione:

- Deospedalizzazione e continuità di cura. Il paziente può svolgere la seduta ovunque, non è necessario che si sposti per raggiungere l'ospedale o il centro di riabilitazione, in questo modo può effettuare il trattamento tutti i giorni in qualsiasi momento.
- Ottimizzazione dello spazio e del tempo.
- Intensità del trattamento.
- Misurazione oggettiva e quantitativa dell'efficacia del trattamento.
- Aggiornamento e personalizzazione del programma riabilitativo sulle esigenze del paziente.
- Diminuzione dei costi.
- Maggiore scambio comunicativo e l'invio di feedback online, fondamentali all'interno del training riabilitativo.

In molti affermano che l'uso di iPad e di altri dispositivi tecnologici offra numerosi vantaggi, tra cui quello di far acquisire gradualmente maggiore autonomia al paziente attraverso esercizi che possono essere svolti anche al di fuori del contesto ospedaliero, senza che nessuno specialista lo supervisioni [23]. Agli utenti vengono proposti esercizi compito-specifici stimolanti sia dal punto di vista grafico che acustico. Con queste nuove metodiche sembra che gli utenti abbiano un atteggiamento più positivo e propositivo verso le sedute riabilitative [24].

4.2. Proposta riabilitativa

È in questo ambito che il Centro Puzzle si propone con l'intento di mettere a disposizione le competenze scientifiche e riabilitative della propria equipe per stilare un protocollo di riabilitazione da proporre ad ogni utente per garantire l'efficacia del trattamento. In tal senso, il Centro vuole fornire il software IMITAF, strumento già sperimentato, come ampiamente discusso nei capitoli precedenti, che ha permesso un recupero efficace dei deficit linguistici su soggetti con gravi cerebrolesioni acquisite. Il software nasce con l'intento di stimolare i neuroni specchio, fondamentali nell'uomo per il processo di produzione verbale. Nato come potenziamento linguistico, ad oggi risulta efficace per stimolare anche altre funzioni cognitive come attenzione, linguaggio e memoria che necessitano di stimolazione costante in seguito a gravi cerebrolesioni acquisite.

Per potenziare le abilità attentive, gli esercizi proposti prevedono la ripetizione di parole o frasi associate ad attività che stimolino la sfera attentiva. Tra questi gli operatori propongono: contare il numero di lettere all'interno di una matrice, riordinare sequenze di azioni, trovare l'intruso, trovare il collegamento tra parole.

Per quanto riguarda la sfera dedicata al linguaggio, l'obiettivo è quello di migliorare le capacità comunicative del paziente e la sua abilità di recuperare parole coerenti con il contesto. Gli esercizi prevedono: denominazione di immagini, uso di una o più parole per costruire una frase, comprensione del testo ed infine la sezione dedicata al potenziamento della memoria di lavoro, con esercizi che prevedono la ripetizione di parole e frasi da riconoscere dopo qualche minuto [24].

4.3. Teleriabilitazione con IMITAF

L'aspetto fondamentale e innovativo della riabilitazione con IMITAF riguarda la possibilità di usufruire del trattamento anche da casa, dal momento che si tratta di un programma che può essere installato sul computer personale degli utenti. Questi possono effettuare il training monitorati online dal neuropsicologo. Come già visto in precedenza, numerosi sono stati i risultati ottenuti in seguito al training con IMITAF. Come conseguenza diretta del processo tele-riabilitativo si ha un maggior grado di autonomia. Infatti, l'utilizzo di dispositivi computerizzati, che permettono al soggetto di interagire con il programma in autonomia, fa sentire il paziente parte integrante del percorso riabilitativo stimolando la sfera motivazionale. Proprio per questo motivo, negli anni i partecipanti hanno mostrato un grado di collaborazione e gratificazione maggiore rispetto ai trattamenti tradizionali, aspetto riportato dai familiari stessi.

La creazione di un vero e proprio software utilizzabile a domicilio, permette a tutti gli utenti di effettuare un training finalizzato al recupero del proprio deficit da casa, senza la necessità di spostamenti che risultano spesso dispendiosi. Tra i vari obiettivi che il Centro Puzzle propone c'è quello di rispondere alle esigenze dei familiari, permettendo da un lato di garantire ai pazienti un lavoro quotidiano, dall'altro di ridurre i costi cui i familiari devono far fronte. Questa tipologia di trattamento porta ad un miglioramento significativo della qualità di vita dell'utente e dell'umore [25].

4.4. Software: specifiche da soddisfare

Attualmente il programma è costituito da video-clip suddivisi in 16 livelli. La mole di dati da trasferire da un pc all'altro è elevata, gli stimoli occupano circa 235 GB. A tal proposito, per rendere il trattamento personalizzato, l'utente deve recarsi al centro e di volta in volta prelevare i video relativi al livello da svolgere. Gli operatori della Cooperativa intendono sviluppare un'App vera e propria che possa essere scaricata dall'utente e che possa essere utilizzata in autonomia.

Affinché l'idea di partenza venga rispettata, è necessario che il neuropsicologo possa mettersi in contatto con la postazione del paziente e possa gestire il training andando a valutare i risultati ottenuti dal paziente ad ogni sessione.

Gli operatori del Centro Puzzle hanno pensato a due applicazioni distinte del protocollo; queste prendono forma in PARLA-TO e SPEAK a TO. La prima prevede il trattamento IMITAF vero e proprio, pertanto provvederà alla riproduzione degli stimoli ed alle registrazioni delle ripetizioni dell'utente; la seconda invece oltre al training base include una parte di training cognitivo mediante la somministrazione di esercizi. Questa seconda applicazione ha un bacino di utenza diverso, non saranno i pazienti afasici ad usufruirne, ma geriatrici o altri senza disordini primari nel linguaggio.

Di seguito vengono elencate le specifiche da soddisfare per essere coerenti con il protocollo e fare in modo che SPEAK a TO continui ad apportare benefici ai propri utenti:

- Compressione della mole di dati. Poiché l'applicazione deve essere facilmente installabile, è necessario che questa possa essere trasferita da un dispositivo all'altro senza l'ausilio di hardware esterni.
- Abilitazione dei livelli in remoto. Affinché il trattamento possa continuare a definirsi "personalizzato", il neuropsicologo deve poter sbloccare dalla postazione della Cooperativa il livello da far eseguire all'utente.
- Cartella Personale. Ogni paziente deve avere la propria cartella, per questo motivo la denominazione prevede il susseguirsi di nome, cognome e data di nascita per prevenire eventuali casi di omonimia.
- Esercizi di valutazione iniziale. I risultati ottenuti da questi sono utili per poter decidere il livello di partenza del singolo utente.
- Upload dei dati inerenti alla valutazione iniziale nella cartella dedicata al paziente, passaggio necessario perché alla fine del trattamento l'utente verrà sottoposto ai medesimi esercizi per poterne verificare i progressi.
- Prima che cominci la seduta vera e propria, breve esercizio che permetta di valutare le capacità orientative del paziente.

- Sessione giornaliera di 30 minuti. Questi vengono suddivisi in tre sedute da 10 minuti, quindi il programma deve avviare un timer interno di 10 minuti; allo scadere di questi deve bloccarsi e non proiettare ulteriori stimoli.
- Gli stimoli devono essere presentati all'utente in ordine casuale, per evitare qualsiasi forma di automatismo.
- Upload dei dati di fine sessione nella cartella dedicata unicamente al paziente, condivisa con il centro di riabilitazione. Questo passaggio è necessario poiché gli operatori devono analizzare i progressi dell'utente e in base a questi valutare se sbloccare o meno il livello successivo.
- Sessione dedicata agli esercizi. Questa si deve attivare allo scadere dei 10 minuti. Gli esercizi sono suddivisi per funzione cognitiva (attenzione, linguaggio e memoria) e per ognuna di esse l'utente ha a disposizione 10 minuti. I dati sono salvati nella cartella dedicata all'utente
- Perché il software possa essere utilizzato in autonomia dal paziente è necessario che i passaggi per l'avvio del training siano semplici e chiari e che l'interfaccia grafica sia semplice da interpretare.

PARLA-TO risulta essere una versione semplificata della precedente, pertanto le specifiche da soddisfare saranno identiche a quelle di SPEAK a TO con la differenza che in questo caso all'utente non vengono richiesti gli esercizi di valutazione iniziale e finale e gli esercizi di fine seduta per la stimolazione delle funzioni cognitive. Pertanto, i dati da salvare si riducono agli audio contenenti le ripetizioni dei pazienti dopo aver ascoltato lo stimolo ed un mini report riassuntivo della seduta. In questo caso la seduta vera e propria, quella dedicata alla successione dei video-clip, si svolge in 30 minuti, come stilato nel protocollo IMITAF.

SPECIFICHE	PARLA-TO	SPEAK a TO
GESTIONE RIABILITAZIONE IN REMOTO	SI	SI
ESERCIZI DI VALUTAZIONE INIZIALE	NO	SI
ESERCIZIO ORIENTAMENTO	SI	SI
SEDUTA CON STIMOLI AUDIO-VISIVI	SI	SI
RIPETIZIONE DELLO STIMOLO PRESENTATO	SI	SI
CONCRETIZZARE LO STIMOLO ASCOLTATO TRAMITE IL RICONOSCIMENTO DI IMMAGINE O PAROLA CORRISPONDENTE	NO	SI
TEMPO SEDUTA	30 MINUTI	10 MINUTI
ESERCIZI DI ATTENZIONE, LINGUAGGIO E MEMORIA	NO	SI
ESERCIZI DI VALUTAZIONE FINALE	NO	SI

Tabella 8: Specifiche da soddisfare per lo sviluppo dei software.

5. CAPITOLO 5

5.1. SOFTWARE SPEAK a TO: introduzione

Il software illustrato nel seguente capitolo nasce da IMITAF e si concretizza in una nuova applicazione: SPEAK a TO.

L'obiettivo del progetto è la realizzazione di un software che automatizzi le sedute per evitare che il paziente sia costretto a recarsi periodicamente nell'apposita sede di riabilitazione. Il software deve essere facile da trasferire da un dispositivo ad un altro. A tal proposito, prima di scrivere l'algoritmo tutti gli stimoli sono stati compressi mediante il programma "Digital Media Converter 4". La mole di dati è diminuita sensibilmente e si è passati da 235 GB a circa 9 GB. Una volta compressi, ci si è assicurati che i video non perdessero eccessivamente di qualità. È stato notato che lo sfondo nei nuovi video, perfettamente nero in quelli di partenza, presentava un colore leggermente più chiaro con dei puntini bianchi. Ciò non è critico, poiché il labiale degli attori risulta preservato ed è questo l'aspetto importante per cui è stato creato lo stimolo audio-visivo.

Il software è dotato di interfaccia grafica e tramite questa l'utente viene guidato in tutti i passi della seduta. L'interfaccia è realizzata in modo da essere facilmente intuibile, inoltre, si predispone una finestra di dialogo ed una voce audio che, passo dopo passo, fornisce semplici istruzioni per agevolare l'utente. Viene messo a disposizione un ulteriore aiuto, un vero e proprio tasto "help" che contiene spiegazioni ancor più dettagliate che possono facilitare il compito del caregiver.

L'utente deve effettuare il log in. Se risulta essere il suo primo accesso viene creata una cartella avente nome nel seguente formato "nomecognomeggmmaaaa" (esempio: "MARIOROSSI15061990"): il nome del paziente è seguito dalla data di nascita per discriminare i casi di omonimia. Nel caso in cui il paziente abbia già effettuato in passato il primo accesso viene direttamente indirizzato alla propria cartella dopo aver inserito i suoi dati (nome, cognome e data di nascita). Se i dati non vengono inseriti

correttamente, il software non troverà la cartella preesistente e sarà quindi possibile inserirli nuovamente.

Completato il primo login, al paziente vengono presentati degli esercizi utili ad una valutazione iniziale. Al termine di ogni esercizio i risultati vengono salvati in una cartella dedicata a questa sezione, che a sua volta viene caricata nella cartella personale dell'utente. Il neuropsicologo analizza tali risultati e a sua volta può decidere quale deve essere il livello di partenza del training e quali sono gli esercizi che quell'utente è in grado di svolgere. In tal senso, mediante due file Excel, uno per l'abilitazione dei livelli e l'altro per l'abilitazione degli esercizi, è in grado di poter personalizzare il trattamento per l'utente. Terminati gli esercizi di valutazione viene chiesto all'utente di chiudere il programma e di non continuare con il training vero e proprio poiché questi esercizi richiedono un importante dispendio di energie.

Se invece il login non risulta essere il primo, il percorso presentato dal software è differente. Completato l'inserimento dei dati, all'utente viene presentato un breve esercizio di orientamento, in cui deve comporre la data odierna. Al termine di questo si passa all'interfaccia contenente tutti i livelli. L'interfaccia conterrà i "pushbutton" relativi ai singoli livelli, ma non saranno tutti abilitati, rimanendo coerenti con quanto deciso precedentemente dal neuropsicologo. L'utente preme il tasto relativo al livello abilitato e così comincia la sua seduta. Al tempo stesso si avvia un timer interno di 10:00 minuti, pertanto l'utente svolgerà il training fino allo scadere di questi. Al termine della seduta comparirà sull'interfaccia un "pushbutton" che permetterà all'utente di aprire la sezione dedicata agli esercizi di fine seduta. Anche la sezione esercizi è temporizzata, per evitare che l'utente si blocchi su un esercizio e non passi ai successivi. Gli esercizi sono suddivisi in tre macro-gruppi: esercizi di attenzione, linguaggio e memoria. Per ognuno di questi vengono messi a disposizione 10 minuti, pertanto allo scadere del tempo si passa al modulo successivo: dagli esercizi di attenzione si passa a quelli di linguaggio e da questi ultimi agli esercizi di memoria. Al termine della sezione dedicata agli esercizi al paziente viene chiesto di chiudere il programma.

Durante lo svolgimento della seduta e degli esercizi, il software è in grado di realizzare dei report che appuntano tutti i risultati dell'utente. Questi report vengono

salvati in una cartella dedicata alla seduta corrente, che a sua volta viene poi spostata nella cartella dedicata all'utente.

Infine, se il login risulta essere l'ultimo, è necessario valutare se terminato il training ci sono stati dei miglioramenti o meno. All'utente vengono presentati gli stessi esercizi svolti nella sezione "valutazione iniziale" e anche in questo caso i risultati vengono salvati in una cartella che a sua volta viene caricata nella cartella personale dell'utente.

Il neuropsicologo ha la possibilità di accedere alla cartella del paziente e valutare i dati relativi alle sedute. Per rendere possibile questo collegamento in remoto, dopo aver consultato l'informatico della Cooperativa Puzzle, si è utilizzato il protocollo FTP (File Transfer Protocol). Questo sistema di trasferimento dati, basato su un sistema client-server, consente di caricare, spostare e scaricare file all'interno di un sistema di directory. FTP per lavorare richiede autenticazione del client attraverso nome utente e password, noti questi diventa facile condividere e trasferire efficacemente dati in remoto [20].

È importante che ogni paziente abbia la propria cartella contenente sia i file che permettono al neuropsicologo di gestire il training, sia i file relativi ai risultati ottenuti durante gli esercizi e le sedute.

La cartella dell'utente conterrà quindi:

- Due file Excel utili alla personalizzazione del training: "abilitazionelivelli.xlsx" e "abilitazioneesercizi.xlsx";
- La cartella contenente i risultati degli esercizi svolti durante la valutazione iniziale. Questi file sono di tipo .txt e .mp4. Tale cartella avrà il nome in questo formato: "Valutazione gg-mm-aaaa". La data è necessaria così permette al neuropsicologo di risalire al momento in cui è stato effettuato il primo login ed evita che la cartella venga sovrascritta nel momento in cui verrà creata la directory relativa alla valutazione finale.
- Le cartelle delle singole sedute contenenti: il file con i risultati dell'esercizio di orientamento, tutti i dati raccolti nei 10 minuti di seduta e i file contenenti i risultati degli esercizi svolti a fine seduta. Anche in questo caso i file sono di tipo .txt ed .mp4. La cartella avrà il nome così strutturato: "seduta del *data* alle ore *ore*". L'orario è utile per non sovrascrivere le cartelle relative alle

sedute effettuate nello stesso giorno proprio perché il protocollo prevede che l'utente svolga tre sedute da 10 minuti al giorno.

- La cartella contenente i risultati degli esercizi svolti durante la valutazione finale. Si tratta di file .txt e .mp4. La cartella avrà il nome in questo formato “Valutazione gg-mm-aaaa”, in questo modo il neuropsicologo ha nota la data di fine training ed ha in due cartelle ben distinte i risultati degli esercizi di inizio e fine trattamento.

Per avere un quadro più chiaro, si riporta di seguito un flow chart con i principali passi dell'algoritmo implementato ed uno con l'organizzazione della cartella del singolo utente.

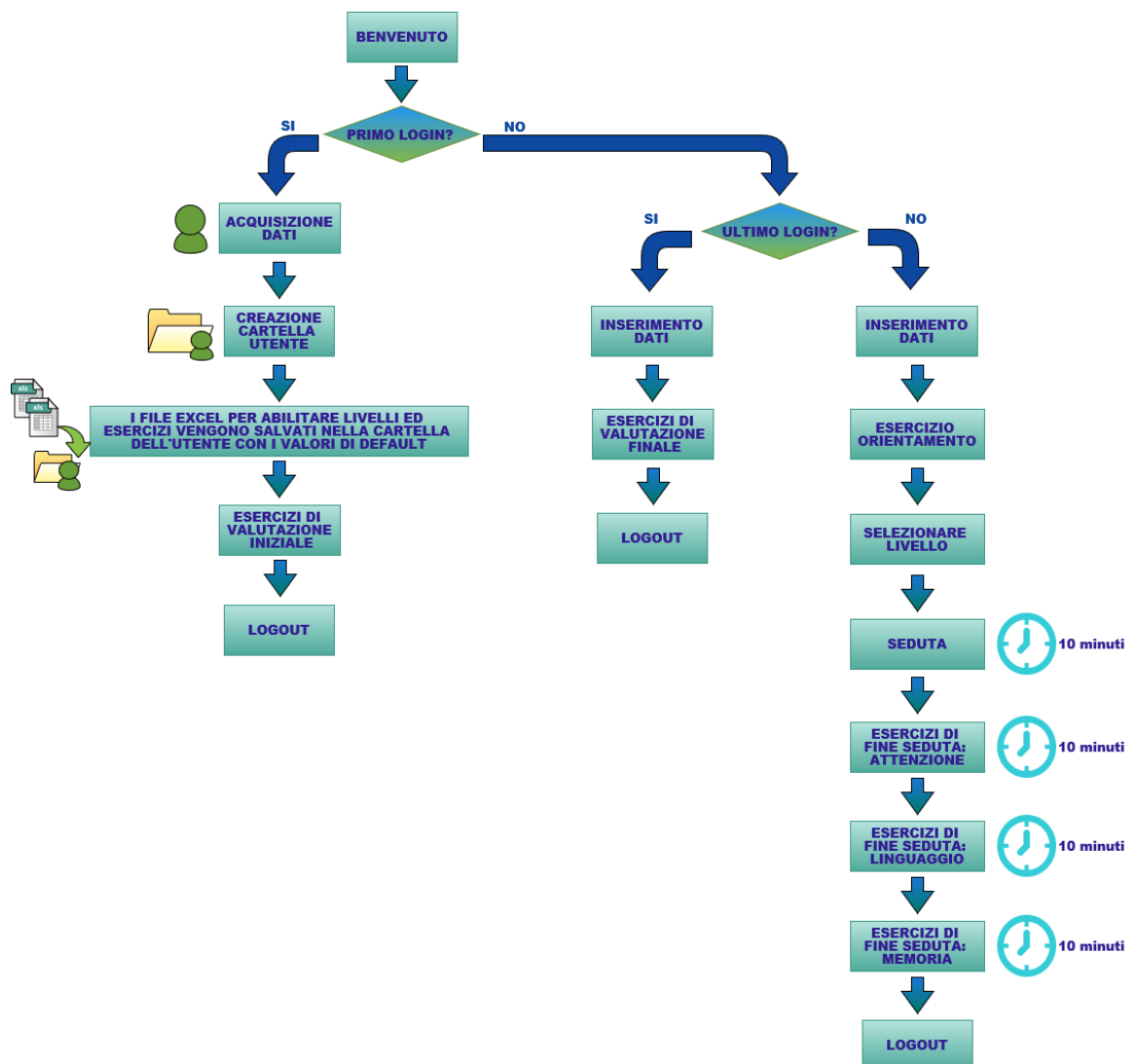


Figura 12: Flow-chart con i principali passi dell'algoritmo implementato.

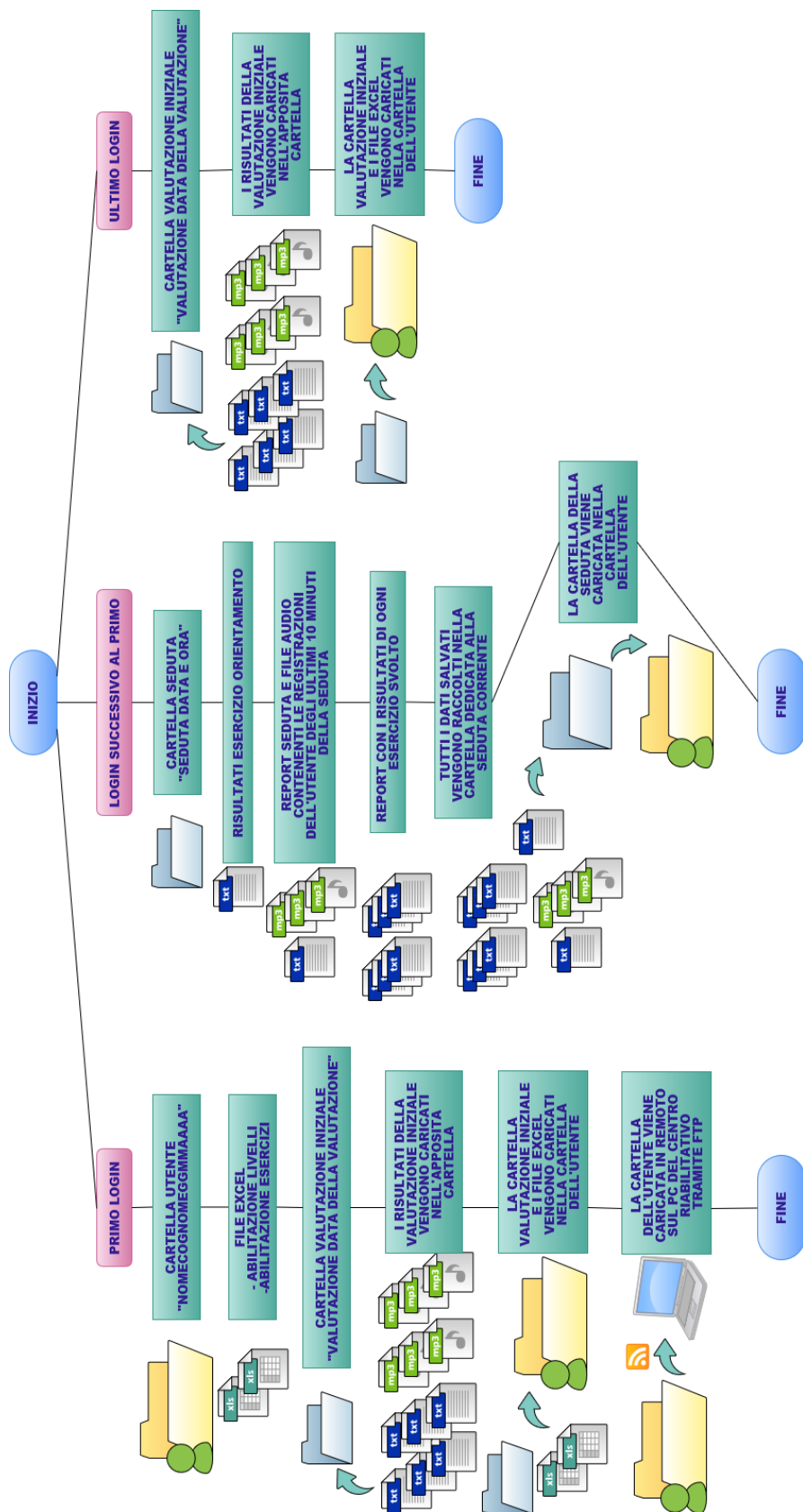


Figura 13: Flow-chart riassuntivo della cartella utente.

5.2. SOFTWARE SPEAK a TO: primo login

L'utente avvia l'applicazione. Dopo un messaggio di benvenuto gli viene chiesto se risulta essere il primo login o meno, proprio perché in base alla risposta vi saranno percorsi differenti. Alla domanda può rispondere premendo gli appositi "pushbutton" presenti nell'interfaccia: "SI" o "NO". Dopo averne premuto uno, questi si disabiliteranno, non sarà più possibile tornare indietro e rispondere nuovamente alla domanda. Per andare avanti e passare al passo successivo sarà necessario premere un tasto qualsiasi da tastiera. Si riporta di seguito come si presenta la schermata di benvenuto.



Figura 14: Schermata di benvenuto in cui dopo aver posto la domanda i tasti "SI" e "NO" risultano essere abilitati.



Figura 15: Schermata di benvenuto successiva: l'utente ha risposto alla domanda, i tasti "SI" e "NO" risultano disabilitati.

5.2.1. Realizzazione della cartella dell'utente

Il passaggio successivo prevede la creazione della cartella dedicata unicamente all'utente. La cartella deve essere univoca per ogni paziente. Per evitare ambiguità il nome deve essere così costituito: nome, cognome e data di nascita ("nomecognomeggmmaaaa", es. "MARIOROSSI19011990"). La cartella viene creata automaticamente nell'host dedicato al training, creato dall'informatico della Cooperativa Puzzle, e facilmente accessibile dal neuropsicologo. I dati vengono trasmessi direttamente tramite interfaccia grafica dall'utente. Nell'interfaccia compariranno dei campi "*edit*" dedicati all'inserimento dei dati, in un primo momento viene chiesto al paziente di inserire: nome, cognome e data di nascita nel formato specificato, ovvero "ggmmaaaa". Terminata questa prima trascrizione, all'utente viene chiesto nuovamente di inserire i dati per accertarsi che questi siano corretti e che la cartella venga creata con il nome giusto. Se l'utente dovesse inserire le proprie generalità in modo impreciso verrebbe creata una cartella con un nome scorretto che sarebbe difficile recuperare negli accessi successivi. Quindi viene chiesto di effettuare questo passaggio fintanto che i primi dati inseriti ed i secondi non siano perfettamente uguali, quindi l'algoritmo controlla l'uguaglianza delle due stringhe lettera a lettera. Nel momento in cui le due stringhe risultano essere perfettamente uguali viene creata la cartella. A seguire si mostra come appare l'interfaccia grafica in questi passaggi.

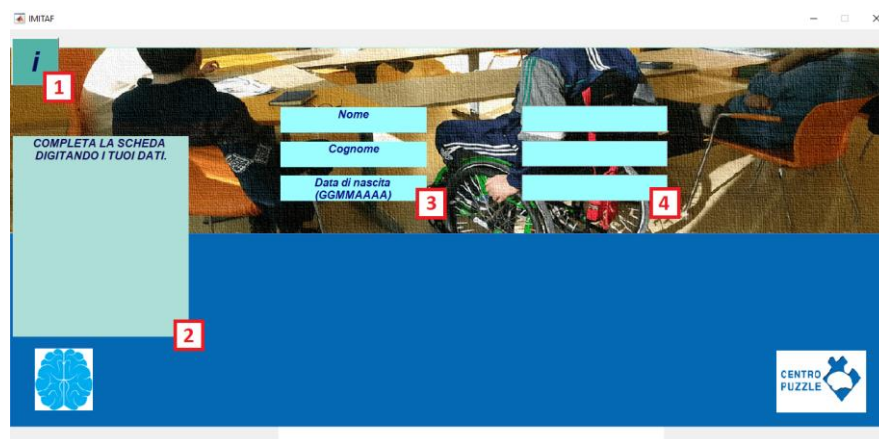


Figura 16: Interfaccia grafica al momento della prima acquisizione dei dati dell'utente. [1] Pushbutton "help", premendolo comparirà una spiegazione dettagliata su come utilizzare l'interfaccia. [2] Finestra di dialogo in cui compaiono le direttive da dare all'utente. [3] Campi "text" utili a guidare l'utente nella compilazione. [4] Campi "edit" destinati all'inserimento dei dati da tastiera.

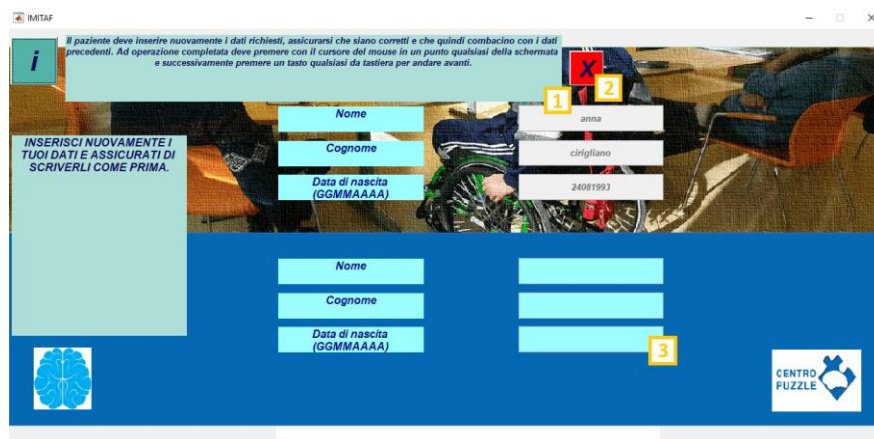


Figura 17: Interfaccia grafica al momento della seconda acquisizione. [1] e [2] compaiono dopo aver premuto il tasto "help", il primo è una casella "text" contenente istruzioni per l'utilizzo dell'interfaccia, tali istruzioni sono principalmente destinate al caregiver, [2] Pushbutton utile e chiudere e rendere invisibile le istruzioni in [1]. [3] Campi "edit" destinati all'inserimento dei dati da tastiera.

Per avere un'idea più chiara del procedimento, di seguito viene mostrato un flow-chart illustrativo dell'algoritmo.

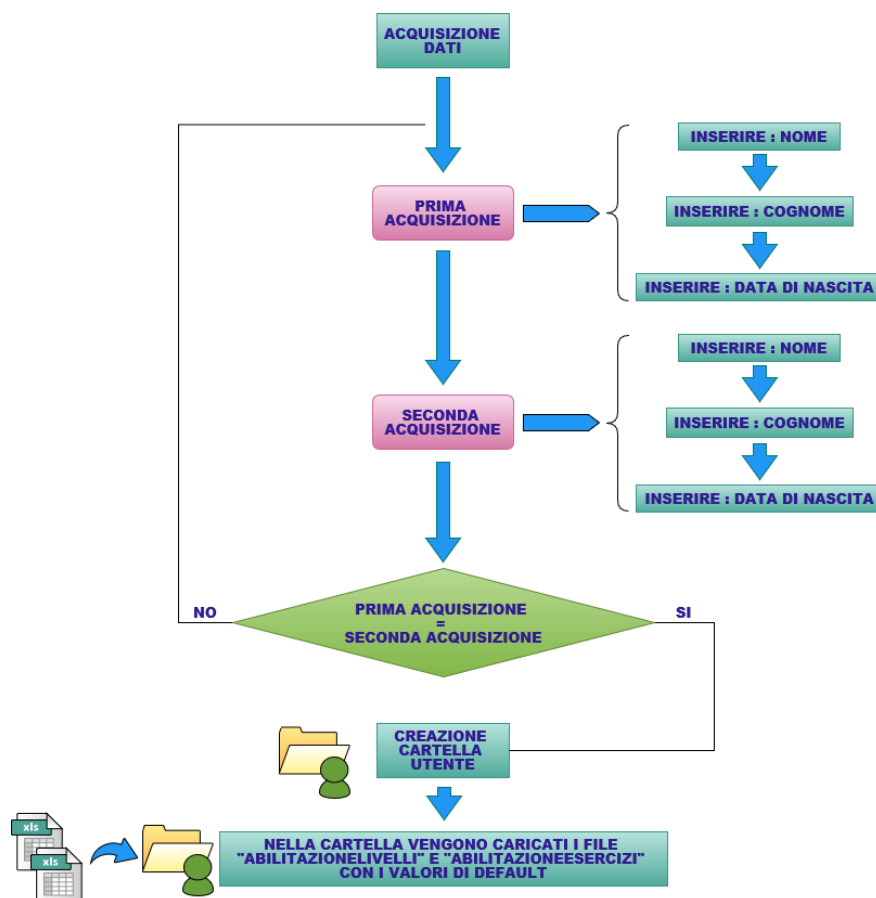


Figura 18: Flow-chart riassuntivo primo login.

5.2.2. Valutazione iniziale

Concluso il passaggio dedicato alla trascrizione dei dati si passa alla valutazione iniziale. L'utente deve sottoporsi ad una serie di esercizi, i cui risultati permetteranno al neuropsicologo di valutare la gravità del soggetto e di comporre un training personalizzato per quest'ultimo. Gli esercizi sono mirati alla valutazione delle seguenti funzioni cognitive: attenzione, memoria e linguaggio. L'utente deve premere il pushbutton "VALUTAZIONE INIZIALE" per procedere con la seduta. In questa sezione non vi sono timer interni, all'utente non vengono date scadenze proprio perché il neuropsicologo vuole valutare le abilità dell'utente e quindi è utile per lui sapere quanto tempo utilizza per portare a termine un determinato compito. A seguire viene mostrato il flow-chart che mostra come è strutturata questa sezione di esercizi e l'interfaccia che si presenta all'utente per poter accedere alla valutazione iniziale. Molto semplicemente l'algoritmo prevede l'esecuzione sequenziale degli esercizi e di volta in volta il salvataggio dei risultati nella cartella dedicata alla valutazione iniziale.



Figura 19: Interfaccia contenente il pushbutton "VALUTAZIONE INIZIALE".

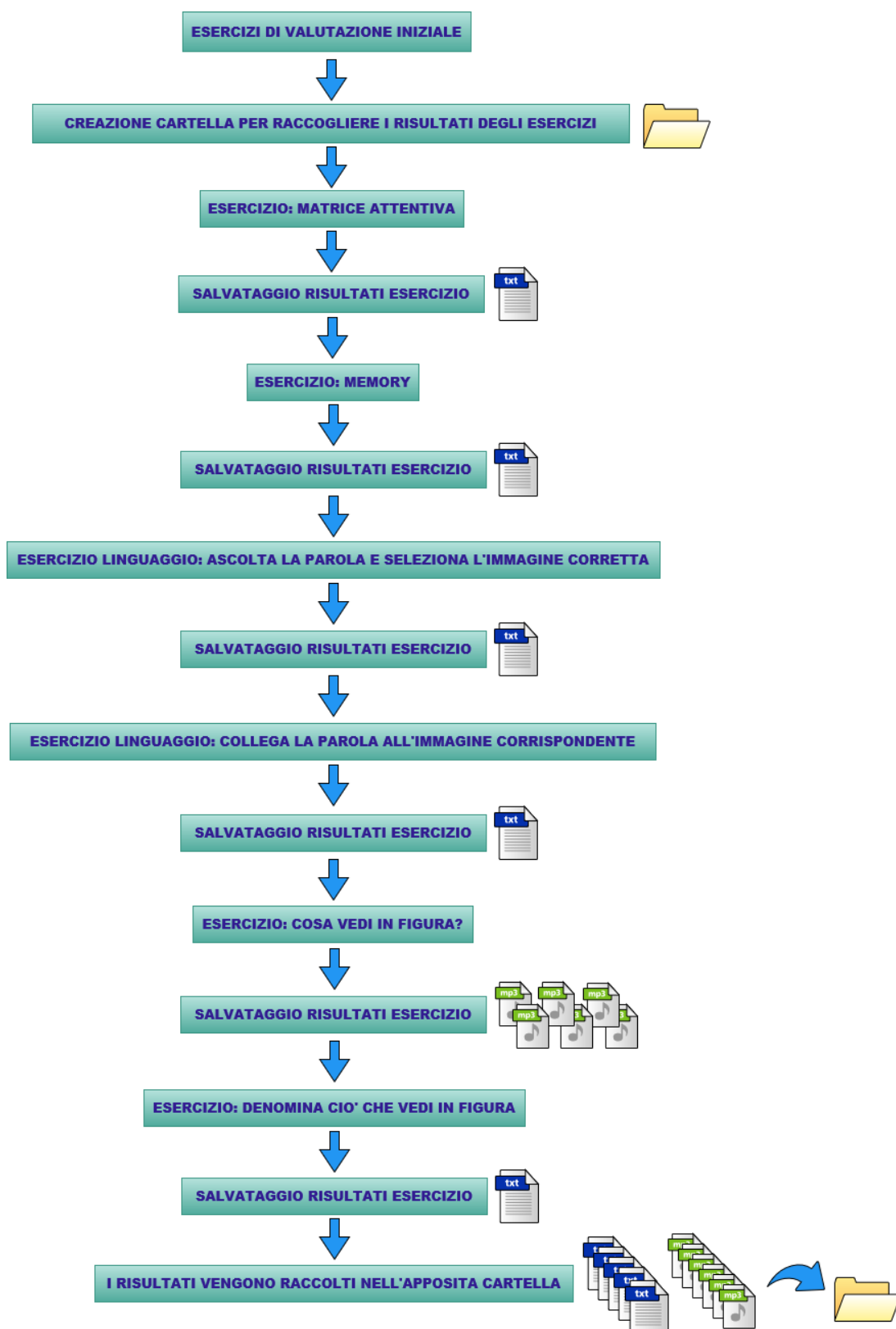


Figura 20: Flow-chart riassuntivo della sezione "valutazione iniziale".

Il primo esercizio è dedicato alla sfera attentiva. All'utente viene mostrata una matrice di numeri in bianco e nero e gli viene chiesto di selezionare tutti i numeri 7. Al solito l'interfaccia prevede una finestra di dialogo che indirizza l'utente, ed il tasto "help" utile a guidare il caregiver. Per poter svolgere l'esercizio l'utente deve premere con il cursore del mouse sul numero che ritiene opportuno e premere il tasto "INVIO" da tastiera. In caso di risposta corretta sul numero selezionato comparirà un pallino verde, utile a contrassegnare i numeri già selezionati ed evitare che l'utente torni sugli stessi, accompagnato dal messaggio: "Ben fatto!" in caso di risposta sbagliata comparirà il messaggio di errore: "Prova ancora.". È inoltre possibile che l'utente prema "INVIO" senza aver prima selezionato alcun numero con il mouse, allora in quel caso comparirà un altro messaggio d'errore, o ancora l'utente potrebbe premere con il cursore in un punto esterno alla matrice, o come ultima ipotesi, l'utente potrebbe selezionare due o più numeri della matrice con il cursore senza di volta in volta premere "INVIO", in questo caso comparirà ancora una volta un messaggio di errore. In questa sezione il feedback viene solamente riportato nella finestra di dialogo e non accompagnato da una voce audio. Viene mostrata di seguito l'interfaccia che si presenta all'utente durante lo svolgimento dell'esercizio attentivo.

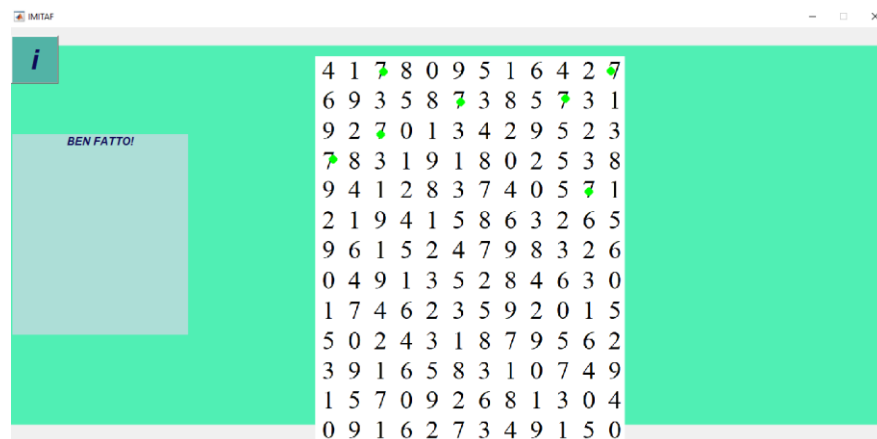


Figura 21: Interfaccia esercizio attentivo della valutazione iniziale con alcune risposte corrette.

Per poter realizzare un esercizio di questo tipo è stata creata una maschera vera e propria della matrice. La maschera risulta essere bianca nelle porzioni di spazio corrispondenti ai numeri 7, nera altrove. In questo modo il cursore del mouse troverà "1" quando l'utente selezionerà i numeri 7, "0" altrove. Diventa così facile

discriminare tra risposta corretta e risposta sbagliata. Al termine dell'esercizio viene stilato un report e salvato su file "esercizio di valutazione matrice.txt" che a sua volta viene spostato nella cartella dedicata alla sezione "Valutazione Iniziale". Il report contiene: la consegna dell'esercizio, il tempo impiegato a terminare l'esercizio, il numero totale di numeri 7 presenti nella matrice. I dati memorizzati nel report sono stati concordati con la dottoressa del Centro Puzzle. È importante stabilire quante volte l'utente ha sbagliato, per cercare di capire se ha terminato la matrice procedendo per tentativi (alto numero di risposte sbagliate) e quanto tempo è stato impiegato per portare a termine l'esercizio.

Il secondo esercizio è utile a valutare le capacità mnemoniche. All'utente viene mostrata una matrice 4 x 4 di tasti gialli. L'esercizio è strutturato su tre livelli di difficoltà. Il primo, più semplice, prevede uno span di memoria pari a due, ovvero, seguendo una sequenza del tutto casuale, due tasti della matrice 4 x 4 si accenderanno e spegneranno. L'utente deve essere in grado di ricomporre la medesima sequenza. Se l'utente riesce a ricomporre la sequenza che coinvolge due tasti passa al livello successivo, che prevede uno span di memoria pari a 3, altrimenti l'esercizio termina e si passa al seguente. Il terzo livello, abilitato solo se il secondo è portato a termine con successo, prevede uno span di memoria pari a 4. Il livello è strutturato in questo modo: in maniera del tutto casuale uno dei tasti gialli scompare per 2 secondi e ricompare; dopo 3 secondi diventa invisibile un altro dei tasti gialli, resta tale per 2 secondi e poi ricompare. L'utente deve osservare attentamente i tasti gialli e cercare di riprodurre la medesima sequenza. Per svolgere l'esercizio deve premere con il cursore del mouse sul tasto giallo opportuno e poi premere un tasto qualsiasi da tastiera. Una volta selezionato il tasto, questo rimarrà invisibile; continuare così fintanto che la sequenza non è completata. Di seguito si riporta l'interfaccia presentata all'utente per lo svolgimento del secondo esercizio.

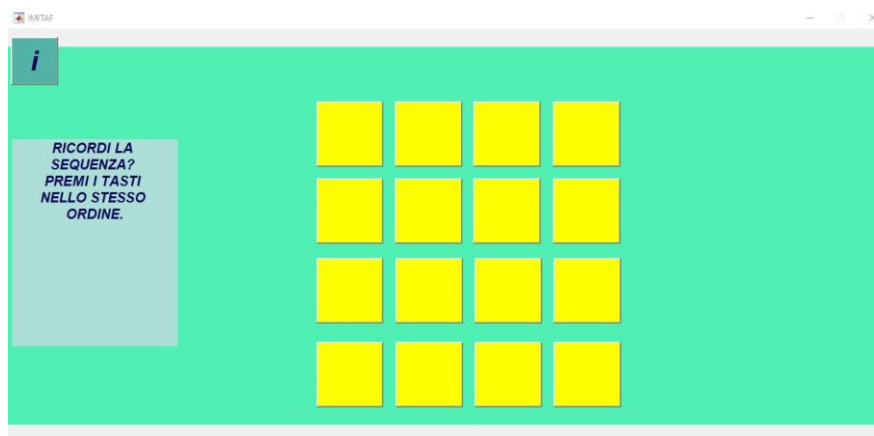


Figura 22: Interfaccia dell'esercizio di memoria. La sequenza da riprodurre è già stata mostrata, in questo caso viene richiesto all'utente di riprodurla.

Il report viene salvato su file “esercizio di valutazione memoria.txt”, anche questo memorizzato nella cartella destinata alla valutazione iniziale. Il report contiene: la consegna dell’esercizio, il tempo impiegato e lo span di memoria a cui si è arrivati. Quest’ultimo dato può variare da un numero pari a 1, l’utente non è riuscito a ricostruire nemmeno la sequenza del livello più semplice, ad un numero pari a 4, le sequenze sono state ricostruite tutte correttamente.

L’esercizio successivo è dedicato alla sezione linguaggio. All’utente vengono mostrate delle immagini e nello stesso tempo una voce audio pronuncia uno dei nomi degli oggetti contenuti nelle immagini visualizzate. Il paziente deve selezionare l’immagine corretta. Per poter selezionare l’immagine desiderata, l’interfaccia è dotata di pulsanti, ogni immagine ha il proprio pulsante; l’utente deve premere il tasto opportuno e successivamente un tasto qualsiasi da tastiera per passare alla parola successiva. In caso di risposta corretta comparirà il messaggio: “Ben fatto!” e il tasto appena premuto rimarrà disabilitato. In caso di risposta sbagliata il tasto appena premuto verrà riabilitato e comparirà il messaggio: “Prova ancora!”. L’esercizio procede fintanto che tutti gli audio vengono riprodotti, nel caso specifico 8 audio. Di seguito viene mostrata l’interfaccia dell’esercizio.

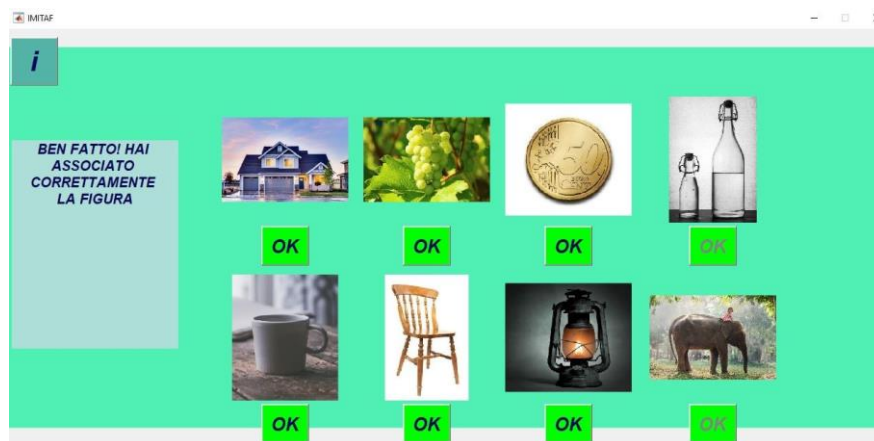


Figura 23: Interfaccia dell'esercizio di linguaggio dopo aver collegato correttamente due immagini a due audio.

Il report viene salvato sul file: “esercizio di valutazione linguaggio 1.txt” a sua volta caricato nella cartella opportuna. Le informazioni presenti sono: la consegna dell’esercizio, il tempo impiegato a terminarlo, il numero di risposte corrette sul totale e il numero di volte in cui il paziente ha sbagliato.

Segue un altro esercizio per valutare le abilità di linguaggio. In questo caso viene chiesto all’utente di collegare l’immagine alla parola corrispondente che, in questo caso, può leggere sull’interfaccia. Per svolgere l’esercizio l’utente deve premere il testo corrispondente all’immagine da selezionare e il tasto contenente la parola da scegliere; una volta premuti, questi verranno disabilitati. Fatto ciò deve premere un tasto qualsiasi da tastiera. In caso di risposta corretta, la parola selezionata comparirà sotto l’immagine, altrimenti verrà visualizzato e ascoltato un messaggio di errore e i tasti appena premuti torneranno abilitati. Si procede così fino al termine dei collegamenti. Il report, salvato su file “esercizio di valutazione linguaggio 2.txt” e anch’esso spostato nella cartella dedicato alla valutazione iniziale, contiene: la consegna dell’esercizio, il tempo impiegato a completarlo, il numero di volte in cui il paziente ha sbagliato per capire se è giunto al termine dell’esercizio procedendo per tentativi (numero elevato) ed infine il numero di collegamenti possibili.

A seguire viene mostrata l’interfaccia grafica con l’esercizio appena illustrato.

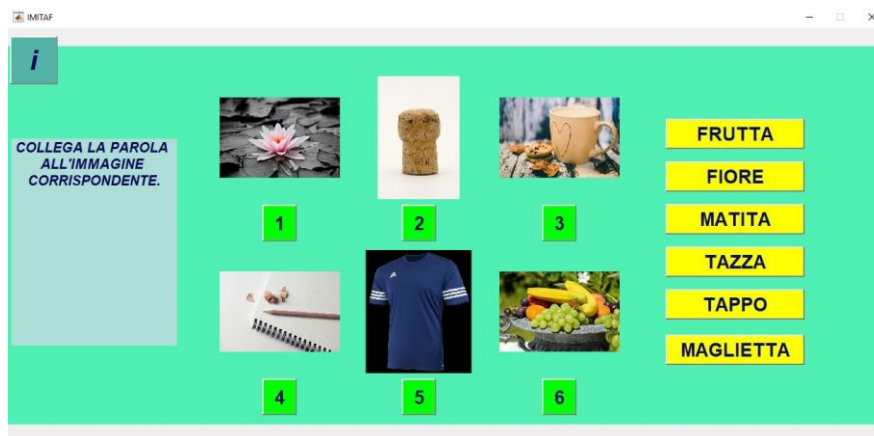


Figura 24: Interfaccia iniziale del secondo esercizio di linguaggio presente nella sezione valutazione.

L'esercizio seguente mostra all'utente delle immagini che devono essere denominate vocalmente ed è strutturato in questa maniera: viene mostrata a video un'immagine, all'utente vengono dati 7 secondi di tempo per denominare vocalmente quanto visto; al contempo il software registra la prestazione dell'utente mediante il microfono del pc. Allo scadere dei 7 secondi viene salvato un file .mp4 contenente l'audio. Il nome dell'audio coincide con il nome dell'immagine visualizzata; in tal modo, quando il neuropsicologo riproduce l'audio, sa quale parola aspettarsi e quanto il contenuto della registrazione si discosta dal termine corretto. I file .mp4 vengono salvati nella cartella dedicata alla sezione "Valutazione Iniziale". Si riporta di seguito l'interfaccia grafica dell'esercizio appena descritto.



Figura 25: Interfaccia grafica dell'esercizio: "Cosa vedi in figura?" della sezione Valutazione Iniziale.

Per terminare viene proposto all'utente un esercizio di denominazione simile al precedente. Le immagini da denominare sono le stesse, però è richiesto di inserire il nome dell'oggetto da tastiera, in una casella "edit" dedicata alla composizione della parola. Per svolgere l'esercizio l'utente deve premere con il cursore del mouse all'interno di tale casella, posizionata proprio al di sotto dell'immagine, digitare la parola da tastiera, premere nuovamente con il cursore del mouse in un punto qualsiasi della schermata ed infine premere un tasto qualsiasi da tastiera. Si passa così all'immagine successiva. L'esercizio termina una volta denominate tutte le immagini. Terminato l'esercizio viene stilato un report e salvato come file "esercizio di denominazione.txt", a sua volta spostato nella directory della valutazione iniziale. Il file conterrà: la consegna dell'esercizio, il tempo impiegato a svolgerlo e l'elenco delle parole inserite dall'utente. Di seguito viene mostrata l'interfaccia grafica relativa all'esercizio di denominazione.

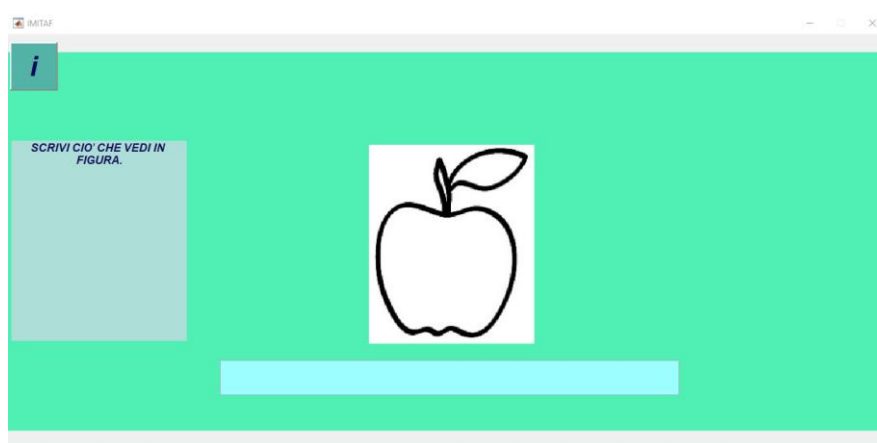


Figura 26: Interfaccia grafica esercizio di denominazione della sezione Valutazione Iniziale.

Quando la sezione "Valutazione Iniziale" è terminata, all'utente viene chiesto di chiudere il programma. In questo momento entra in gioco il neuropsicologo, che analizza i risultati degli esercizi e decide da quale livello far partire il training e quali esercizi abilitare. La personalizzazione del training viene effettuata mediante due file Excel: "abilitazionelivelli.xlsx" e "abilitazioneesercizi.xlsx" salvati direttamente nella directory dell'utente appena viene creata; questi due file contengono dei valori di default che il neuropsicologo può cambiare se lo ritiene opportuno. La struttura di questi due file verrà spiegata in seguito.

5.3. SOFTWARE SPEAK a TO: login successivo al primo

L'utente avvia l'applicazione ed anche in questo caso si parte dallo stesso messaggio di benvenuto. Avendo effettuato già la prima registrazione, alla domanda: "Sei un nuovo utente?" risponde premendo il tasto "NO" (Fig. 14 e 15). Nel passo successivo dovrà rispondere ad una seconda domanda, gli verrà chiesto se risulta essere l'ultimo login o semplicemente uno dei login successivi al primo. Anche in questo caso, a seconda che l'utente risponda "SI" o "NO" il percorso presentato dal software sarà differente. In questo paragrafo tratteremo l'evoluzione di uno dei login successivi al primo, pertanto siamo nel caso in cui l'utente afferma di non essere al suo ultimo login. Precisamente la domanda è formulata in questo modo: "È la seduta finale? Premi SI o NO". Dopo aver premuto il tasto "NO", i due pushbutton si disabilitano e viene chiesto all'utente di premere un tasto qualsiasi da tastiera per procedere con il training. La schermata presentata all'utente viene mostrata di seguito.



Figura 27: Interfaccia grafica che si presenta subito dopo aver premuto "SI" o "NO", i due tasti risultano infatti disabilitati. Per procedere l'utente deve premere un tasto qualsiasi da tastiera.

5.3.1. Selezione della cartella utente

Andando avanti all'utente vengono richiesti i dati per poter accedere e puntare alla propria cartella creata durante la prima registrazione. I dati richiesti sono: nome, cognome e data di nascita, gli stessi richiesti durante il primo login. L'interfaccia utile a tale passaggio è mostrata di seguito.



Figura 28: Interfaccia dedicata all'inserimento dei dati.

Anche in questo caso l'utente deve compilare i campi "edit" inserendo le proprie generalità da tastiera, dopo aver compilato tutti i campi per poter procedere deve premere con il cursore del mouse in un punto qualsiasi della schermata e successivamente premere un tasto qualsiasi da tastiera. Come al solito, premendo il tasto "help", in alto a sinistra, il caregiver troverà una spiegazione dettagliata sull'utilizzo della schermata. Anche in questo caso è necessario che i dati vengano inseriti correttamente per essere sicuri che l'utente punti alla propria cartella e non a quella di qualcun altro. A tal proposito l'algoritmo confronta i dati inseriti in questo step con l'elenco delle cartelle presenti nell'host. Il software effettua un confronto stringa a stringa, se la stringa appena digitata coincide con uno dei nomi delle cartelle presenti si continua con lo step successivo, altrimenti viene chiesto di inserire nuovamente i dati. Per avere un'idea più chiara dell'algoritmo viene mostrato di seguito un flow-chart riassuntivo.

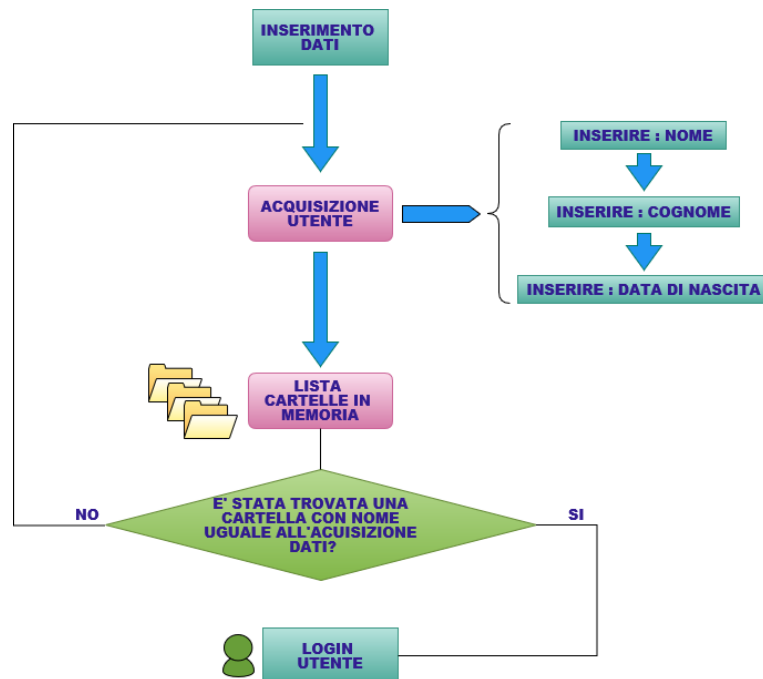


Figura 29: Flow-chart inserimento dati per un qualsiasi login successivo al primo.

5.3.2. *Esercizio di orientamento*

Effettuato il login con successo, all'utente viene presentato un esercizio di orientamento. Quest'ultimo prevede la composizione della data odierna; l'utente deve scegliere tra più opzioni: giorno, mese, anno e giorno della settimana. In un primo momento deve selezionare il giorno corrente tra 3 opzioni; ha a disposizione due tentativi. Terminati questi, si passa alla scelta del mese. Per poter scegliere una delle varie opzioni, l'utente deve premere con il cursore del mouse il tasto contenente la risposta che vuole scegliere e successivamente deve premere un tasto qualsiasi da tastiera. In caso di risposta corretta, l'algoritmo procede così: il giorno viene trascritto nello spazio ad esso dedicato nella composizione della data, tutti i tasti delle possibili opzioni vengono disabilitati e si passa alla scelta del mese premendo un qualsiasi tasto da tastiera. Se invece la risposta è sbagliata, la domanda viene nuovamente riformulata e il tasto della scelta precedente, essendo quest'ultima sbagliata, viene riabilitato. Si continua nello stesso modo fintanto che la data non è composta. Ovviamente durante tutto l'esercizio il campo dedicato alle istruzioni si aggiorna in automatico, accompagnato da comandi audio, Allo stesso modo anche il tasto "help" si aggiorna e il caregiver può usufruirne in qualsiasi momento. Al termine dell'esercizio la data viene stampata a video in modo tale che l'utente la

legga bene. Per lo sviluppo di questo passaggio Matlab è in grado di prelevare la data odierna tramite un'apposita funzione. Per implementare l'esercizio e quindi effettuare i diversi confronti è stato necessario tradurre in italiano tutti i mesi e i giorni della settimana, perché la data prelevata dal compilatore risulta essere in inglese, mentre IMITAF nasce come versione italiana di un training riabilitativo. Anche in questo caso, terminato l'esercizio, viene stilato un report che raccoglie le prestazioni dell'utente. Il report è salvato su file "esercizio di orientamento.txt" che a sua volta viene salvato nella cartella dedicata alla seduta corrente.

```
esercizio orientamento: componi la data odierna
tentativi per selezionare il giorno 2
risposta esatta? (legenda: 1 = si, 0 = no) 1
tentativi per selezionare il mese 2
risposta esatta? (legenda: 1 = si, 0 = no) 1
tentativi per selezionare l'anno 1
risposta esatta? (legenda: 1 = si, 0 = no) 1
tentativi per selezionare il giorno della settimana 2
risposta esatta? (legenda: 1 = si, 0 = no) 0
```

Figura 30: Report esercizio orientamento.

Si riportano di seguito le interfacce utili allo svolgimento dell'esercizio.

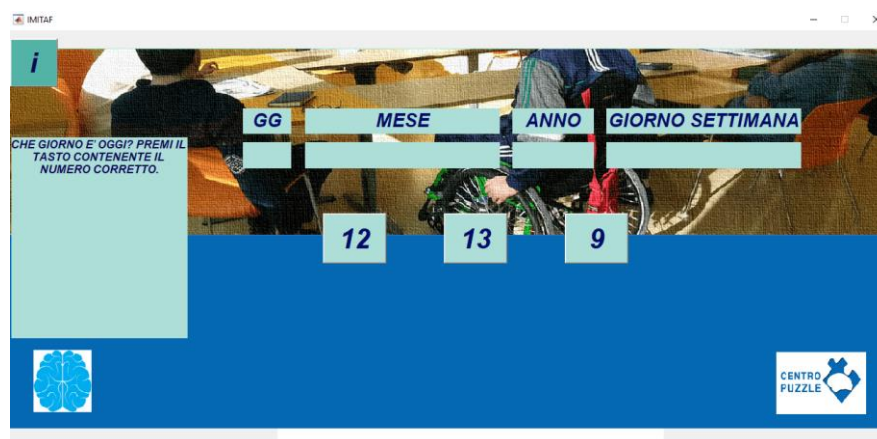


Figura 31: Interfaccia dedicata alla scelta del giorno per la composizione della data.



Figura 32: Interfaccia dedicata alla scelta del mese per la composizione della data.



Figura 33: Interfaccia dedicata alla scelta dell'anno per la composizione della data.



Figura 34: Interfaccia dedicata all'inserimento del giorno della settimana per la composizione della data.



Figura 35: Interfaccia in cui viene mostrata la data completa.

5.3.3. Seduta

Terminato l'esercizio di orientamento l'utente può cominciare il training vero e proprio. Sull'interfaccia comparirà un tasto "INIZIO SEDUTA", dopo aver premuto questo gli verrà mostrata l'interfaccia contenente tutti i tasti per accedere ai singoli livelli. I tasti non saranno tutti abilitati, al contrario risulteranno tutti disabilitati eccetto quello relativo al livello che il neuropsicologo ha deciso di fargli svolgere. Di seguito si riportano le due interfacce appena descritte.



Figura 36: Schermata successiva all'esercizio di orientamento con il tasto "INIZIO SEDUTA".

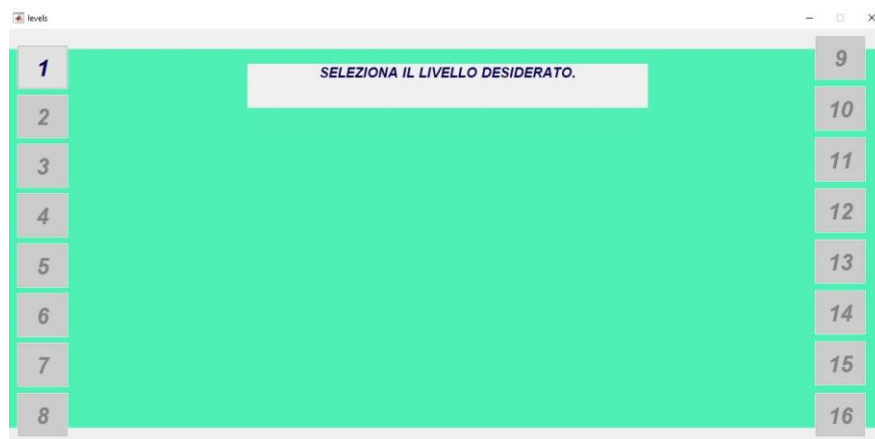


Figura 37: Interfaccia che permette l'accesso ai livelli. In questo caso l'utente è chiamato a svolgere il livello 1, tutti gli altri tasti risultano disabilitati.

Ogni livello si avvia dopo aver correttamente letto il file Excel contenente tutti i dati utili al corretto svolgimento della seduta (questi file verranno descritti in seguito).

Per rimanere coerenti con le specifiche richieste e con il protocollo IMITAF stilato dagli operatori del Centro Puzzle, viene avviato un contatore interno di 30 minuti, per assicurarsi che la durata della seduta non prosegua oltre. Fatto ciò viene mandato a video uno degli stimoli del livello selezionato, gli stimoli vengono presentati in ordine casuale. Per fare ciò, il codice, mediante la funzione *randperm*, genera una sequenza di numeri casuali. I numeri all'interno di tale sequenza sono compresi tra 1 e il numero di stimoli presenti all'interno di un singolo livello, estremi compresi. È stata effettuata questa scelta per fare in modo che un numero non si ripeta due volte, quindi che uno stesso stimolo non venga riprodotto più di una volta e per assicurarsi che i video riproducibili all'interno di un determinato livello appartengano effettivamente ad esso. Lo stimolo viene riprodotto a tutto schermo. Terminato il video, all'utente vengono dati 7 secondi di tempo per ripetere quanto ascoltato durante la riproduzione dello stimolo. Durante i 7 secondi viene effettuata una registrazione audio tramite il microfono del pc. Subito dopo, tramite la funzione "*mySpeech.m*", si discrimina tra silenzio e non silenzio. Se il paziente risulta in silenzio gli viene rimostrato lo stesso stimolo e ancora una volta gli viene richiesto di ripetere, altrimenti si procede al prossimo step della seduta. Per evitare di fossilizzarsi su un determinato stimolo, se il silenzio dovesse persistere anche al secondo tentativo, si procede ugualmente con la seduta. A tal proposito viene

utilizzato un contatore interno (*cont*) che appunto si aggiorna ogni volta che lo stimolo viene riprodotto. Nello step successivo all'utente si presenta una schermata contenente due opzioni, tra le due una sola è corretta, l'utente deve selezionare quella giusta. Le situazioni che si possono presentare sono due: la scelta da effettuare è tra due immagini oppure tra due parole. Nel primo caso ci sarà un'immagine inerente allo stimolo appena ascoltato e un'altra presa in maniera casuale dal database inerente ad uno degli stimoli presenti nello stesso livello. L'utente ha tre tentativi prima di poter passare allo stimolo successivo. Per completare questo mini-esercizio deve premere sul "check-box" inerente all'immagine da scegliere e successivamente un tasto qualsiasi da tastiera. In caso di risposta corretta la seduta continuerà con lo stimolo successivo, altrimenti l'immagine sbagliata verrà sostituita in maniera casuale da un'altra immagine corrispondente ad un altro stimolo del medesimo livello e l'immagine corretta rimarrà nella sua posizione. Se l'utente sbaglia al primo tentativo gli viene proposto ancora una volta lo stimolo audio-visivo senza la parte finale "Ed ora prova a ripetere la parola", questo perché potrebbe capitare che abbia perso le informazioni appena acquisite. Per avere un'idea più chiara riportiamo di seguito un esempio di interfaccia grafica.



Figura 38: Interfaccia grafica utile alla scelta dell'immagine dopo aver visto e ascoltato lo stimolo.

Ci sono degli stimoli che si riferiscono a concetti astratti, per questo motivo è stato complicato selezionare delle immagini che riproducessero chiaramente quanto detto nel video. A tal proposito si è pensato di mostrare all'utente due parole, tra queste una corretta che coincide con quanto detto nel video e l'altra pescata in maniera casuale tra le parole rappresentanti gli altri stimoli del medesimo livello. Anche in

questo caso l'utente ha tre tentativi, e si procede seguendo lo stesso algoritmo esposto prima. L'unica accortezza risiede nell'alternativa proposta al primo tentativo, in questo caso la prima scelta ricade tra la parola inerente allo stimolo e una parola simile per assonanza (ad esempio: altro con atrio, bravo con breve ecc.). Di seguito si riporta l'interfaccia in cui è possibile effettuare la scelta tra le due parole.



Figura 39: Interfaccia finalizzata alla scelta della parola corrispondente allo stimolo.

Prima di passare allo stimolo successivo il software controlla che non siano trascorsi i 10 minuti, perché in tal caso la seduta viene terminata e sull'interfaccia compare un tasto che permette all'utente di accedere alla sezione dedicata agli esercizi.

Durante la seduta viene stilato un report e salvato come "report.txt" contenente le seguenti informazioni:

- Data e orario della seduta;
- Livello svolto;
- Numero di stimoli ascoltati nei 10 minuti; questo può variare in base a quante volte l'utente rimane in silenzio oppure quante volte sbaglia a selezionare l'opzione corretta tra le due proposte a fine video;
- Volte in cui il paziente rimane in silenzio dopo aver visto lo stimolo una sola volta;
- Volte in cui il paziente rimane in silenzio dopo aver visto lo stimolo una seconda volta;
- Volte in cui il paziente seleziona l'immagine/ la parola sbagliata.

Durante gli ultimi 5 minuti di seduta, vengono salvate le registrazioni effettuate nei 7 secondi dedicati alla riproduzione dello stimolo ascoltato. I file vengono salvati in

formato .mp4 ed hanno il nome dello stimolo corrispondente. In questo modo quando il neuropsicologo ascolta le registrazioni sa che cosa aspettarsi e quanto il contenuto si discosta dalla performance considerata corretta. Sia il report che le registrazioni vengono salvati nella cartella dedicata alla seduta che a sua volta viene caricata nella cartella personale dell'utente.

Di seguito si riporta un flow-chart riassuntivo della seduta.

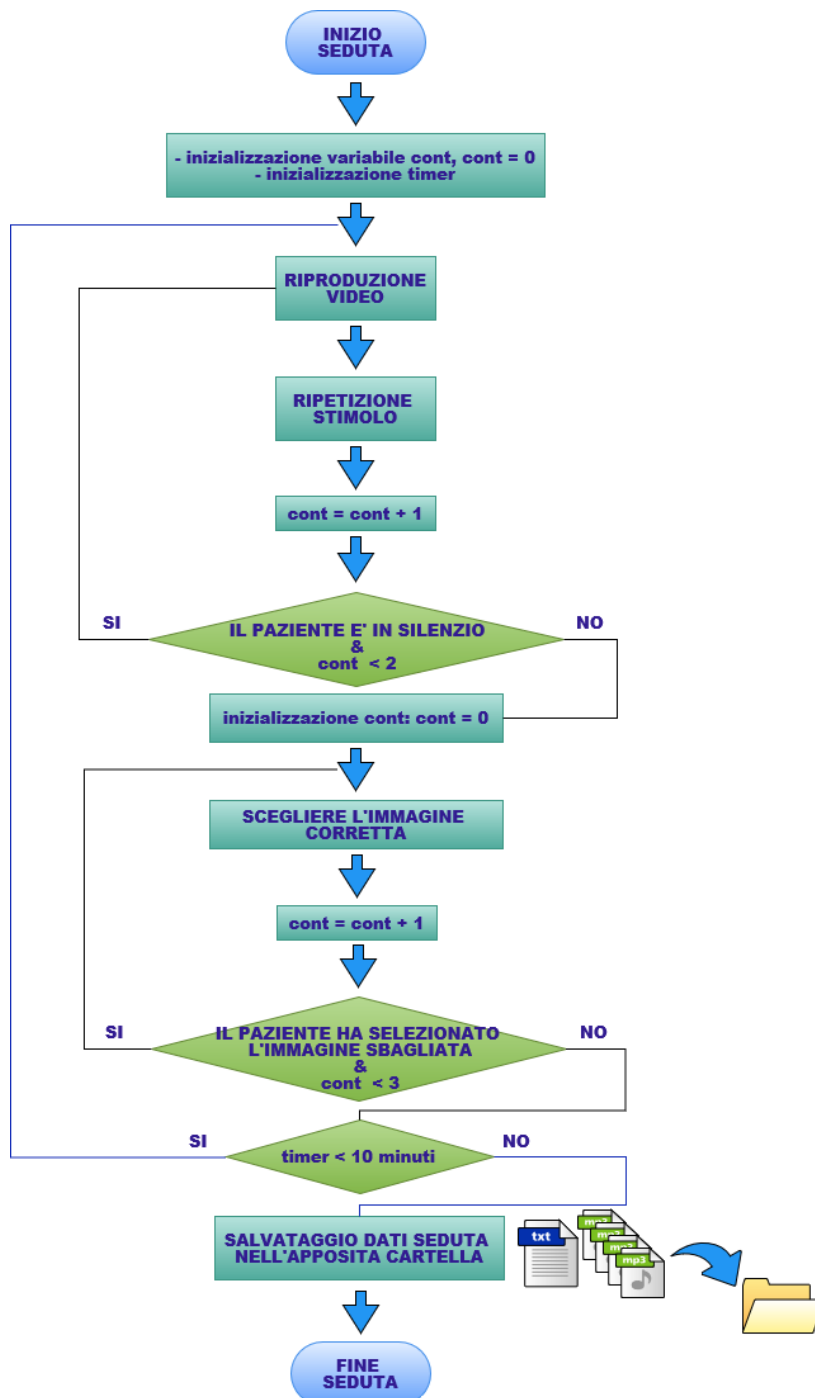


Figura 40: Flow-chart riassuntivo dell'algoritmo dedicato alla seduta.

5.3.4. Funzione “mySpeech.m”

Questa funzione prende in ingresso la registrazione effettuata durante i 7 secondi successivi alla riproduzione dello stimolo e la durata della registrazione stessa, in questo caso 7. Il valore in uscita sarà 0 o 1: 0 se il paziente è stato in silenzio, 1 in caso contrario. Il segnale audio viene in un primo momento filtrato mediante un filtro passa alto con frequenza di taglio a 15 Hz. Per selezionare tale frequenza di taglio, sono stati registrati vari audio della durata di sette secondi all'interno di una normale cameretta senza che qualcuno parlasse; quindi, l'audio ha registrato vari rumori, dalle auto passanti in strada al rumore della lavatrice. Questo perché il segnale audio registrato durante la seduta può essere distorto da rumori di questo genere. Dopo aver registrato i vari segnali di “silenzio”, ne è stato calcolato lo spettro di potenza, e tutti mostravano concentrare la maggior parte del loro contenuto nei primi 15 Hz, da qui la scelta di utilizzare tale frequenza di taglio. Successivamente il segnale filtrato viene diviso in epoche da 20 ms e per ogni epoca viene calcolato valor medio e deviazione standard. Un segnale audio fatto di solo rumore di sottofondo ha valori di deviazione standard più bassi, poiché i campioni del segnale risultano avere valori simili tra loro e simili al valor medio; al contrario un valore di deviazione standard più elevato prevede che il microfono abbia rilevato dei suoni diversi da un semplice rumore di sottofondo e quindi è possibile che il paziente abbia emesso qualche suono. È stata quindi imposta una soglia per la media delle deviazioni standard calcolate su ogni epoca di 20 ms, soglia pari a 0,001.

5.3.5. Esercizi di fine seduta

Terminata la seduta, sull'interfaccia compare un pushbutton che permetta all'utente di accedere alla sezione dedicata agli esercizi. Una volta entrati in questa sezione gli viene data la possibilità di scegliere il modulo di esercizi da svolgere tra: attenzione, linguaggio e memoria.

Per ogni modulo ci sono a disposizione più esercizi, questi non saranno tutti abilitati, sarà il neuropsicologo a decidere quelli che l'utente è in grado di svolgere o meno tramite la scrittura del file Excel. La stesura di tale file verrà discussa in seguito. In accordo con il neuropsicologo si è pensato di strutturare tale sezione in questo modo: vengono svolti gli esercizi dedicati al modulo attentivo per una durata di 10 minuti.

Un utente con un basso grado di afasia riesce a svolgere più esercizi dello stesso modulo, in casi più gravi è possibile che l'utente si soffermi per 10 minuti su un singolo esercizio. Terminato il tempo viene presentata nuovamente la schermata di partenza (*Fig. 41*) con il tasto "ATTENZIONE" disabilitato e viene chiesto di passare al modulo successivo, ovvero al modulo dedicato al linguaggio.

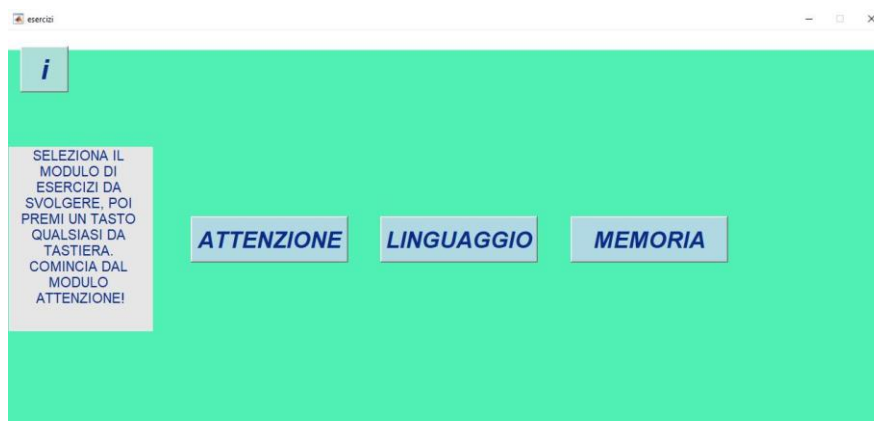


Figura 41: Interfaccia di apertura della sezione esercizi. L'utente può scegliere quale modulo svolgere.

Si procede secondo lo stesso algoritmo: viene avviato un timer interno di 10 minuti e allo scadere di questi gli viene chiesto di passare all'ultimo modulo, ovvero quello di memoria. Svolti tutti e tre i moduli, all'utente viene chiesto di chiudere il programma. L'interfaccia grafica mostra simultaneamente a video il timer che conteggia i 10 minuti. Procedendo con ordine, l'utente, rispettando le direttive fornite, seleziona il modulo dedicato alla funzione cognitiva attenzione. Sull'interfaccia compariranno tutti i tasti che permettono l'accesso ai singoli esercizi da svolgere, ovviamente questi non saranno tutti abilitati, dipende da quanto deciso dal neuropsicologo. Si consiglia l'utente di procedere con ordine, ovvero di partire con l'esercizio in cima alla lista. Al contempo il timer interno di 10 minuti viene avviato. Se l'utente termina l'esercizio prima dello scadere del tempo a disposizione, passa all'esercizio successivo, altrimenti deve passare alla sezione dedicata al linguaggio.

Esercizi ATTENZIONE

Di seguito riportiamo la schermata che viene presentata all'utente dopo aver premuto il tasto "ATTENZIONE".



Figura 42: Interfaccia contenente tutti gli esercizi della sfera attentiva. Il tasto "INDIETRO" permette all'utente di tornare alla schermata di partenza presentata in figura 41.

Nel caso specifico il neuropsicologo ha deciso di non rendere eseguibile l'esercizio "PERCEZIONE VISIVA". Il tasto "INDIETRO" permette all'utente di tornare alla schermata di partenza (Fig. 41). Anche in questo caso l'interfaccia è dotata del tasto "help" con le medesime funzioni descritte poco sopra.

Affinché ogni esercizio venga avviato correttamente è stato compilato per ognuno di essi un file Excel. Tali documenti verranno descritti in seguito.

Il primo esercizio risulta essere identico all'esercizio presentato nella valutazione iniziale. Quindi all'utente viene presentata una matrice in cui deve selezionare lettere o numeri di un determinato colore. Il meccanismo è lo stesso, ad esempio per selezionare una lettera blu (ipotizzando che la richiesta sia: seleziona tutte le lettere blu) deve premere con il cursore del mouse nella porzione di spazio contenente la lettera e subito dopo premere "INVIO" da tastiera. Se la risposta risulta essere corretta comparirà un pallino verde, altrimenti comparirà un messaggio d'errore. In questo caso le matrici presentate possono essere diverse, si parte da matrici con lettere colorate, per poi passare a matrici con numeri colorati ed infine a matrici in bianco e nero. Non è detto che l'utente riesca a completare una matrice entro i 10 minuti, per questo motivo l'algoritmo memorizza la matrice incompleta e le risposte trovate, e alla seduta successiva ripropone all'utente la matrice incompleta che così

può portare a termine. Al termine dell'esercizio viene salvato un report: "esercizio matrice.txt" che a sua volta verrà salvato nella cartella dedicata alla seduta. Il report contiene: la consegna dell'esercizio, il numero di risposte corrette sul totale di risposte corrette disponibili e il numero di volte in cui il paziente ha sbagliato.



Figura 43: Esercizio matrici sezione attenzione.

Terminato l'esercizio e se non risultano trascorsi i 10 minuti si passa al successivo.

In questo esercizio all'utente vengono presentate due colonne di icone colorate, in un primo momento deve selezionare due icone dello stesso colore, una appartenente alla prima colonna l'altra alla seconda, l'esercizio non prosegue fintanto che la prima icona non risulta avere lo stesso colore dell'icona presente sulla seconda colonna. Quando l'utente seleziona due icone aventi lo stesso colore, viene mostrata a video una terza colonna contenente i nomi dei colori, a quel punto l'utente deve selezionare il colore corrispondente a quello delle due icone selezionate al passo precedente. Selezionando il colore corretto l'esercizio prosegue e l'utente deve scegliere una nuova coppia di icone colorate, altrimenti gli viene chiesto nuovamente di selezionare il tasto relativo al colore corretto. L'esercizio prosegue in questo modo fintanto che tutte le coppie di icone ed i relativi colori non sono stati associati correttamente. Alla fine, viene stilato un report riassuntivi: "esercizio colori.txt", anche in questo caso il file viene salvato nella cartella dedicata alla seduta. Questo contiene il numero di associazioni trovate rapportato al totale di associazioni possibili, il numero di volte in cui il paziente ha sbagliato ad associare le due icone e

le volte in cui il paziente ha sbagliato ad associare il colore. Nonostante l'esercizio termini quando tutte le associazioni possibili sono state trovate, è stato deciso di inserire ugualmente il numero di associazioni trovate perché si tratta di esercizi temporizzati, quindi potrebbe anche verificarsi che l'utente non riesca ad arrivare a fine esercizio perché è stato molto lento. Per avere un'idea più chiara si riporta di seguito l'interfaccia grafica al momento dell'esercizio.

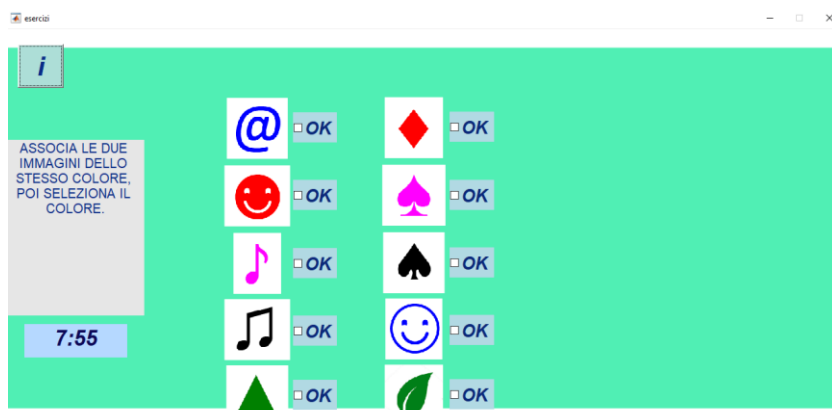


Figura 44: Passaggio 1 dell'esercizio dedicato ai colori.

Per svolgere il primo passaggio l'utente preme con il mouse uno dei check corrispondenti ad un'icona, poi preme sull'altro check corrispondente all'altra icona dello stesso colore, ed infine preme un tasto qualsiasi da tastiera. Se le due icone selezionate non hanno lo stesso colore i due check si resettano e l'utente può procedere con una nuova selezione. Se invece le due icone selezionate hanno lo stesso colore viene mostrata a video una terza colonna. Si mostra di seguito l'interfaccia grafica del secondo passo.

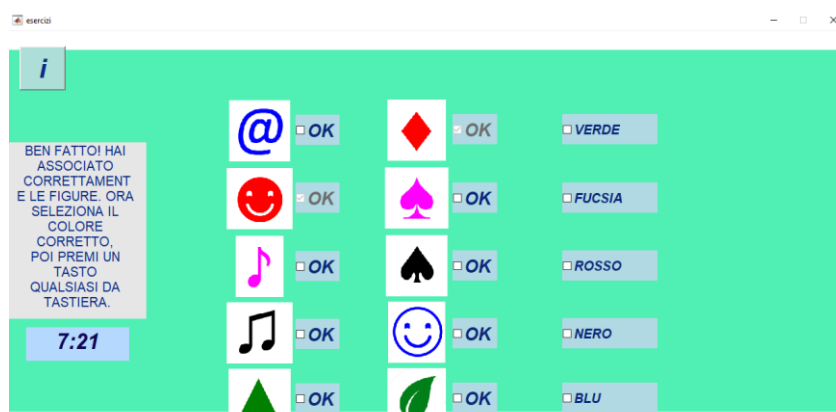


Figura 45: Passaggio 2 dell'esercizio dedicato ai colori.

Nell'esempio appena mostrato, l'utente deve premere il check destinato al colore rosso, non è possibile passare all'associazione successiva fintanto che l'utente non associa correttamente il colore. Affinché l'algoritmo prelevi la risposta, dopo aver selezionato il check opportuno, l'utente deve premere un tasto qualsiasi da tastiera.

L'esercizio successivo richiede di selezionare tutte le immagini contenenti oggetti il cui nome comincia con una determinata lettera, ad esempio: seleziona tutte le immagini che cominciano per D. Vengono mostrate a video 8 immagini, al di sotto di ognuna un tasto che permette di selezionarne una. Per svolgere l'esercizio l'utente deve premere il tasto corrispondente all'immagine desiderata e successivamente premere un tasto qualsiasi da tastiera. In caso di risposta corretta, sotto l'immagine comparirà il nome dell'oggetto raffigurato, altrimenti il tasto verrà nuovamente abilitato e comparirà un messaggio d'errore. L'esercizio risulta terminato quando l'utente ha risposto a 5 diverse consegne di "trova l'intruso". Il report è salvato su file "esercizio trova le immagini che cominciano per... .txt" e contiene la consegna dell'esercizio, le figure trovate e il numero di volte in cui il paziente ha sbagliato.

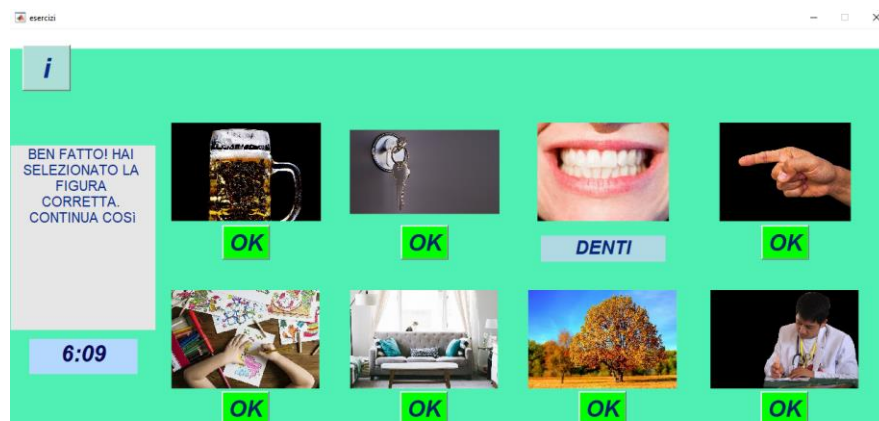


Figura 46: Interfaccia grafica esercizio: "seleziona tutte le parole che cominciano per...". Nel caso specifico è stata selezionata correttamente un'immagine.

A seguire si ha un esercizio che richiede di riordinare delle sequenze. Si tratta di sequenza composte da tre immagini; l'utente deve riordinarle partendo da quella che ritiene essere la prima all'ultima. Vengono mostrate tre immagini con tre tasti.

L'utente deve riordinare le immagini premendo i tasti sottostanti ad esse, le sequenze da riordinare sono in tutto 5. Affinché il programma riceva la risposta, l'utente deve premere il tasto relativo all'immagine e subito dopo deve premere un tasto qualsiasi da tastiera. In caso di risposta corretta l'immagine viene posizionata nella parte sottostante proprio per riposizionarle nell'ordine corretto, altrimenti il tasto viene riabilitato e compare un messaggio di errore.

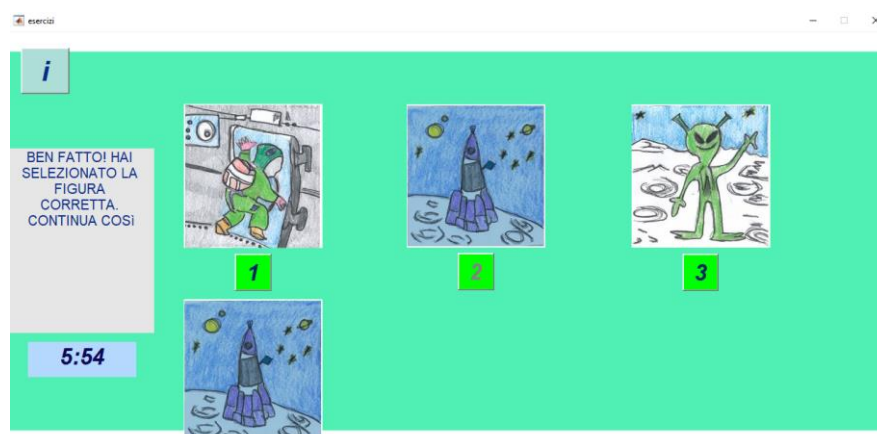


Figura 47: Interfaccia grafica dell'esercizio: riordina la sequenza. Nel caso specifico il primo tassello è stato posizionato.

Il report di fine esercizio salvato su file: “esercizio riordina le immagini.txt”, contiene la consegna dell'esercizio e il numero di volte in cui il paziente ha sbagliato.

L'esercizio successivo è un “Trova le differenze”. Vengono mostrate a video due immagini apparentemente uguali. L'utente deve trovare le differenze, per selezionare le differenze deve utilizzare l'immagine di destra. Per compilare l'esercizio deve premere con il cursore del mouse nel punto che desidera indicare e successivamente premere “INVIO” da tastiera. Il principio di funzionamento è lo stesso degli esercizi con le matrici, pertanto comparirà un pallino verde se effettivamente è stata indicata una differenza, un messaggio d'errore in caso contrario. L'esercizio continua fintanto che non vengono trovate tutte le differenze. Si mostra di seguito un esempio di interfaccia dedicata a “trova le differenze”.

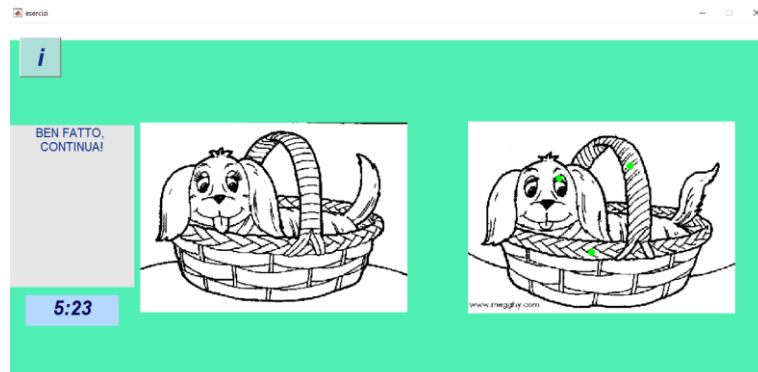


Figura 48: Esercizio “trova le differenze” con alcune risposte date.

Il report: “esercizio trova le differenze.txt” contiene la consegna dell’esercizio, il numero di differenze trovate sul totale a disposizione e il numero di volte in cui il paziente ha sbagliato.

L’esercizio seguente è “trova l’intruso”. Vengono mostrate tre immagini con i relativi tasti utili alla loro selezione. L’utente deve identificare l’immagine che non c’entra nulla con le altre e selezionarla tramite l’apposito pushbutton. Affinché l’algoritmo riceva la risposta è necessario che venga premuto il tasto che si vuole selezionare con il cursore del mouse e successivamente un tasto qualsiasi da tastiera. In caso di risposta corretta, il tasto appena premuto verrà sostituito dalla parola pertinente con l’immagine selezionata, altrimenti il tasto appena premuto verrà nuovamente abilitato e comparirà un messaggio di errore. Si procede fintanto che l’intruso non viene trovato. All’utente vengono proposti 5 diversi “trova l’intruso”, trovati tutti e 5 gli intrusi l’esercizio risulta terminato, sempre che il timer non sia già arrivato al termine.

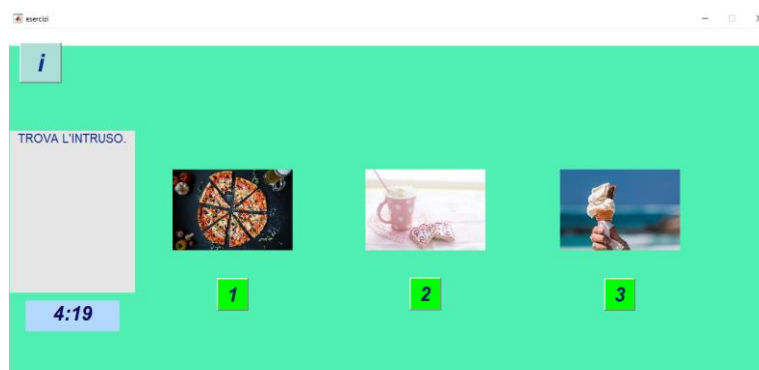


Figura 49: Interfaccia esercizio "trova l'intruso".

Il report: “esercizio intruso.txt”, contiene la consegna dell’esercizio e il numero di volte in cui il paziente ha sbagliato.

Si procede con un esercizio in cui viene chiesto di collegare l’immagine alla parola che la rappresenta, esercizio simile a quello presentato nella valutazione iniziale. L’utente deve premere uno dei tasti verdi sottostanti le immagini, per decidere proprio quale immagine selezionare, subito dopo deve premere uno dei tasti gialli in cui risiedono le parole da collegare e affinché la risposta venga elaborata dall’algoritmo deve premere un tasto qualsiasi da tastiera. In caso di risposta corretta la parola comparirà sotto l’immagine al posto del tasto verde, altrimenti i tasti appena premuti verranno riabilitati e verrà mostrato un messaggio d’errore. L’esercizio continua fintanto che tutti i collegamenti non sono stati effettuati. Alla fine dell’esercizio viene salvato un report: “esercizio immagini e parole.txt”; questo contiene la consegna dell’esercizio, le associazioni trovate sul numero totale di associazioni possibili e il numero di volte che il paziente ha sbagliato.



Figura 50: Interfaccia grafica esercizio: "collega l'immagine alla parola corrispondente". In questo caso una parola è già stata associata correttamente.

A seguire si ha l’esercizio: “trova le lettere in comune”. Vengono mostrate a video due parole e l’utente deve selezionare le lettere in comune. Il meccanismo è lo stesso dell’esercizio “trova le differenze”. In questo caso però l’obiettivo risulta essere totalmente opposto: qui devono essere selezionate le lettere in comune, nel caso

precedente le differenze. L'esercizio prevede che vengano analizzate 5 diverse coppie di parole.



Figura 51: Interfaccia grafica esercizio: "trova le lettere in comune".

A seguire si ha l'ultimo esercizio della sezione attenzione, uno dei più complessi: "percezione visiva". Viene mostrata a video un'immagine e si chiede all'utente di osservarla attentamente per poter rispondere alla domanda posta. Le domande sono del tipo: "Quanti vasi vedi in figura?", pertanto è possibile rispondere selezionando un numero tra le tre opzioni proposte. L'esercizio prevede che l'utente visualizzi 4 immagini e risponda a 4 differenti domande e risulta terminato al termine dell'ultimo quesito posto, a meno che non sia già stato bloccato dal timer. Affinchè l'algoritmo prelevi la risposta, l'utente deve selezionare con il cursore del mouse il tasto contenente la risposta che ritiene corretta e subito dopo deve premere un tasto qualsiasi da tastiera. In caso di risposta corretta si passerà alla prossima immagine, altrimenti il tasto appena selezionato verrà riabilitato accompagnato da un messaggio d'errore e l'utente potrà selezionare una nuova risposta.

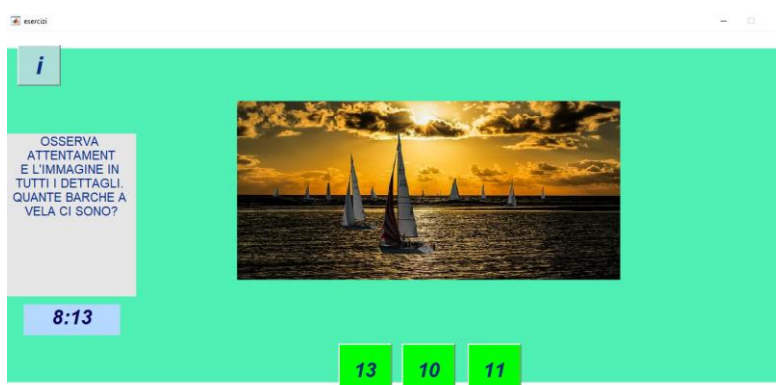


Figura 52: Interfaccia grafica esercizio "percezione visiva".

Il report finale viene salvato su “esercizio percezione visiva.txt” e contiene la consegna dell’esercizio affiancata dal numero di volte in cui il paziente ha sbagliato.

Gli esercizi della sezione attenzione terminano qui. Se l’utente ha un grado di afasia basso è possibile che riesca a svolgerli tutti, altrimenti il timer da 10 minuti lo bloccherà in corso d’opera. Terminato questo primo gruppo di esercizi l’utente è chiamato a svolgere la sezione “LINGUAGGIO”.

Esercizi LINGUAGGIO

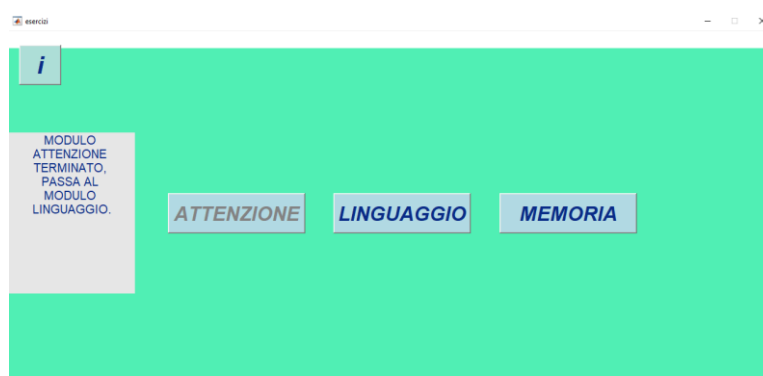


Figura 53: Interfaccia grafica mostrata a fine modulo attenzione. Il tasto "ATTENZIONE" è disabilitato.

Premendo il tasto “LINGUAGGIO” si avvia il timer interno di 10 minuti e all’utente compariranno tutti i tasti utili ad accedere ai singoli esercizi, anche in questo caso non è detto che risultino tutti abilitati, questo spetta dipende dalle decisioni prese dal neuropsicologo. Di seguito si riporta l’interfaccia contenente tutti i possibili esercizi della sezione corrente.

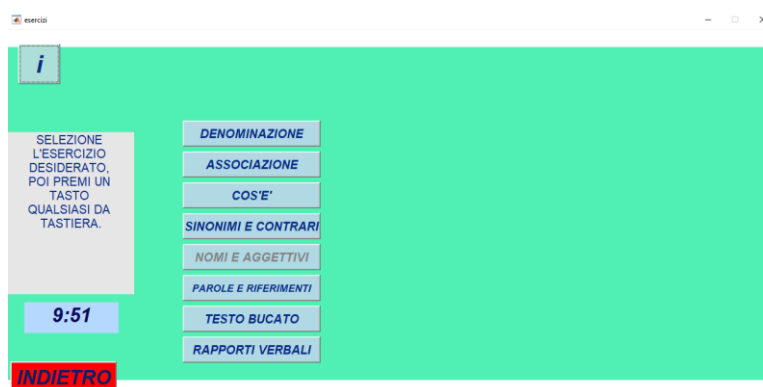


Figura 54: Interfaccia grafica con i tasti utili ad accedere ai singoli esercizi della sezione linguaggio.
In questo caso l’utente non è abilitato a svolgere l’esercizio “nomi e aggettivi”.

Il principio di funzionamento è lo stesso. L'utente comincia a svolgere gli esercizi partendo dalla cima dell'elenco, quindi parte dall'esercizio di denominazione. Per questa tipologia di esercizio ci sono più categorie: frutta, abbigliamento, animali, sport, mezzi di trasporto e azioni. Queste categorie hanno difficoltà crescente ed è sempre il neuropsicologo che decide quale categoria abilitare. Se l'utente è rapido a svolgere questo esercizio e i 10 minuti non sono giunti al termine, passa al successivo, altrimenti la sezione "linguaggio" viene chiusa in automatico e si passa alla sezione "memoria". Si continua descrivendo tutti gli esercizi presenti in questo macro-modulo. Di seguito si riporta l'interfaccia destinata alla scelta della categoria degli esercizi di denominazione; nel caso mostrato in figura risulta essere abilitata solo la categoria "frutta", pertanto l'utente è indirizzato a svolgere quei determinati esercizi.



Figura 55: Interfaccia grafica per selezionare la categoria di esercizio di denominazione da svolgere.

Un tipico esercizio di denominazione è presentato in questo modo: viene mostrata a video l'immagine da denominare, nella parte sottostante l'immagine ci sono tante caselline di tipo "edit" quante sono le lettere che compongono la parola. L'utente deve posizionarsi con il cursore del mouse all'interno della prima casellina e digitare la prima lettera. Per completare la parola deve di volta in volta premere con il cursore del mouse nella casellina successiva ed inserire la lettera, altrimenti se risulta più semplice, dopo aver inserito la lettera nella casella corrente può spostarsi in automatico nella casella successiva premendo il tasto "tab" da tastiera.



Figura 56: Tasto *tab*.

Completata la parola, è necessario premere con il cursore del mouse in un punto qualsiasi della schermata e premere un tasto qualsiasi da tastiera. Se la parola risulta corretta si procede con l'immagine successiva, altrimenti le caselline vengono resettate e all'utente viene chiesto di ricompilare l'esercizio. L'esercizio prevede che vengano denominate 5 immagini, questo risulta terminato se tutte le immagini sono state denominate correttamente o se sono trascorsi i 10 minuti. I risultati ottenuti durante lo svolgimento vengono salvati nel report: "esercizio denominazione categoria.txt", ad esempio frutta. Nel report è contenuta la consegna dell'esercizio e le volte in cui il paziente ha sbagliato.

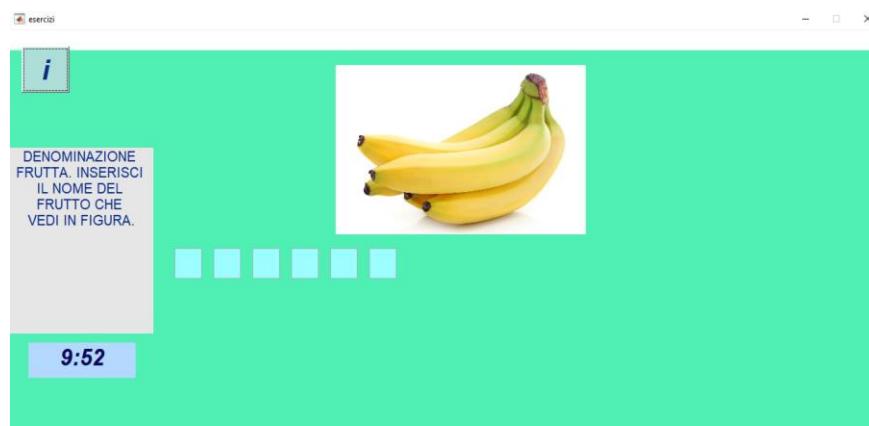


Figura 57: Interfaccia grafica esercizio denominazione.

L'esercizio successivo è dedicato alle associazioni, il software ha a disposizione due categorie: associazioni con immagini ed associazioni con parole, il secondo risulta essere più complicato del precedente. L'abilitazione dipende sempre dal neuropsicologo, si riporta di seguito la schermata che viene presentata all'utente.

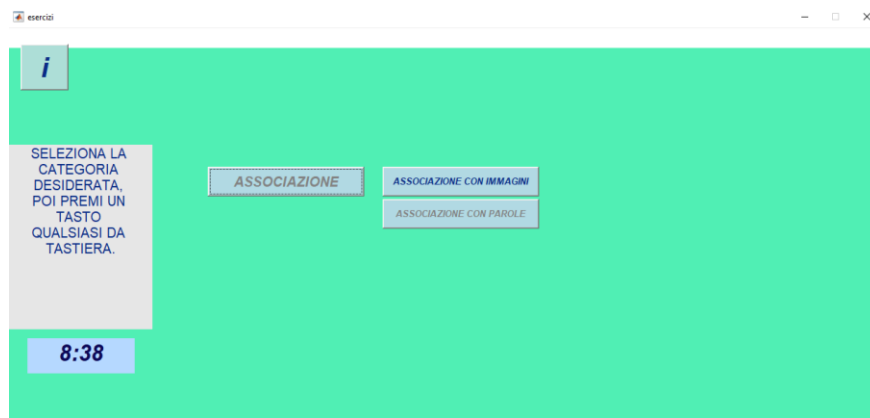


Figura 58: Interfaccia grafica utile a scegliere l'esercizio di associazione da svolgere.

Entrambe le tipologie di esercizio sono strutturate in questo modo: a schermo viene mostrata la parola chiave da associare alle immagini o alle parole, subito sotto vengono mostrate le 4 opzioni; si tratterà di 4 immagini o di 4 parole. Ad ogni opzione è associato un tasto utile ad effettuare la scelta. Per compilare l'esercizio l'utente deve premere uno dei tasti verdi associato all'immagine o alla parola che ritiene associabile alla parola chiave, e successivamente premere un tasto qualsiasi da tastiera. Se la risposta risulta corretta, il tasto rimane disabilitato e compare un messaggio d'ok per poter procedere con la scelta successiva, altrimenti il tasto torna ad essere attivo e compare un messaggio d'errore. Per ogni parola chiave possono esserci più associazioni corrette, vanno trovate tutte dopo di ciò si passa alla parola successiva. Per questa categoria sono previste 5 parole chiave; l'esercizio risulta terminato se sono state completate tutte le associazioni o se i 10 minuti sono scaduti. Viene anche in questo caso stilato un report: "esercizio associazione (categoria).txt", ad esempio immagini, all'interno del quale si trova la consegna dell'esercizio e le volte in cui il paziente ha sbagliato. Di seguito si riporta uno screen dell'interfaccia grafica durante l'esercizio di associazione con immagini, nel caso in cui dovesse trattarsi di associazioni con parole, al posto delle immagini l'utente si ritroverà appunto delle parole.

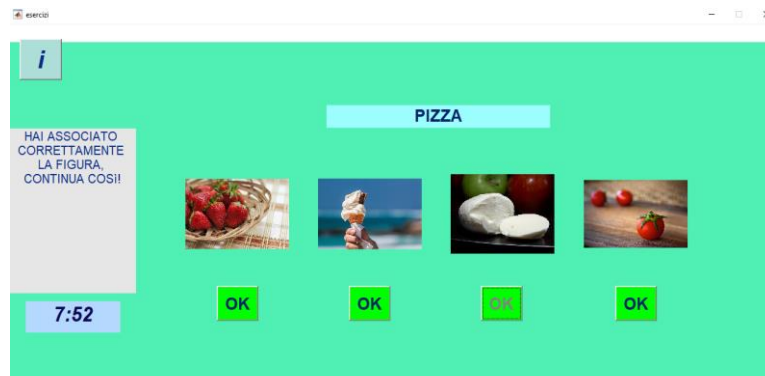


Figura 59: Interfaccia grafica esercizio "associazioni con parole".

L'esercizio successivo si intitola "Cos'è?". Viene mostrata a video, in una casella di testo una descrizione. L'utente deve capire di cosa si tratta e scrivere la parola nelle caselle a disposizione. L'algoritmo è identico a quello utilizzato per gli esercizi di denominazione, con l'unica differenza che in questo caso viene dato un ulteriore aiuto, oltre al numero di caselle coincidenti con il numero di lettere che compone la parola da digitare, viene mostrata anche la lettera iniziale.



Figura 60: Interfaccia grafica esercizio "cos'è?".

L'esercizio prevede la formulazione di 5 domande. Risulta essere concluso se l'utente ha risposto a tutte le domande o se il 10 minuti sono trascorsi. Il report: "esercizio cos'è.txt" contiene la consegna dell'esercizio e la parola inserita dell'utente.

Il prossimo esercizio, "Sinonimi e Contrari", ha lo stesso algoritmo del precedente. Nella casella di testo è indicata una parola e viene richiesto di inserire il suo contrario nelle caselline "edit" sottostanti. In questo caso non viene mostrata l'iniziale della

parola. Come prima l'algoritmo prevede la compilazione di 5 contrari, l'esercizio risulta terminato se sono state formulate tutte e 5 le parole o se i 10 minuti di tempo risultano scaduti. Il report: "esercizio sinonimi e contrari.txt" contiene la consegna con la parola mostrata a video e la parola inserita dall'utente. Di seguito mostriamo un esempio di interfaccia dedicata all'esercizio.

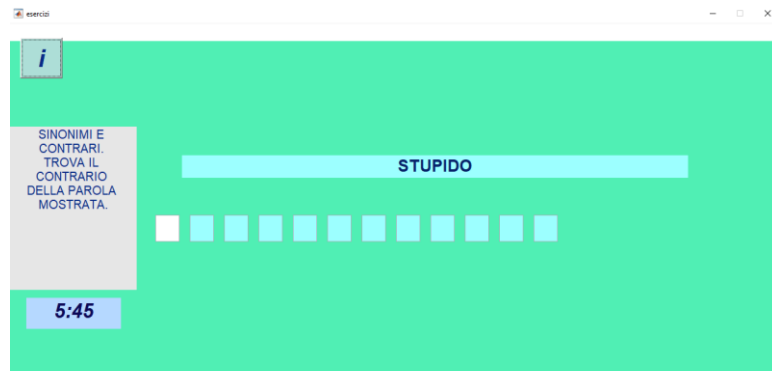


Figura 61: Interfaccia grafica esercizio "sinonimi e contrari".

A seguire si ha un esercizio in cui è necessario associare ad ogni nome l'aggettivo adatto. Vengono mostrate a video due colonne di pulsanti, nella prima sono presenti i nomi, nella seconda gli aggettivi. Per compilare l'esercizio, l'utente deve premere un tasto relativo ad una colonna, poi un tasto relativo all'altra colonna, non è necessario che segua un ordina tra prima e seconda colonna, e successivamente premere un tasto qualsiasi da tastiera. Se la risposta risulta corretta l'aggettivo comparirà di fianco al nome, altrimenti i tasti appena premuti verranno riabilitati accompagnati da un messaggio d'errore. L'esercizio termina quando tutte le associazioni sono state trovate o se il tempo è scaduto.



Figura 62: Interfaccia grafica esercizio "nomi e aggettivi".

Il report: “esercizio nomi e aggettivi.txt” contiene la consegna dell’esercizio, le associazioni trovate e le volte in cui il paziente ha sbagliato.

A seguire l’esercizio: “A cosa si riferiscono le seguenti parole?”. Algoritmo identico all’esercizio “Cos’è?”. Nel caso specifico, nella casella di testo mostrata a video, sono elencate tre parole che fanno pensare ad un determinato oggetto. L’utente deve compilare le caselline sottostanti. In questo caso l’esercizio prevede che l’utente compili 5 parole, risulta terminato se tutte e 5 le parole sono state compilate o se i 10 minuti sono terminati. Il report: “esercizio a cose si riferiscono le seguenti parole.txt” contiene la consegna dell’esercizio e la parola inserita dall’utente.

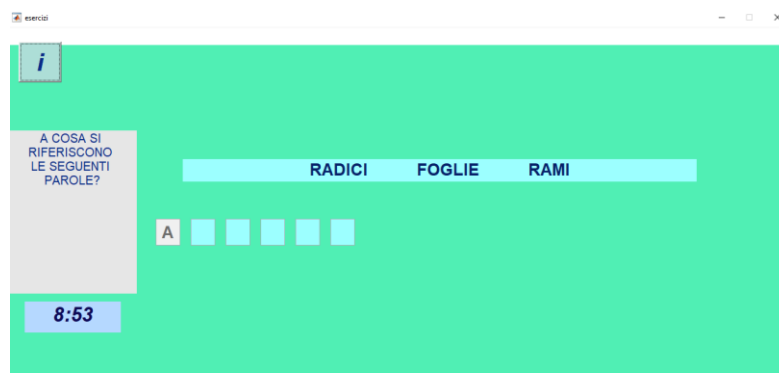


Figura 63: Interfaccia grafica esercizio "a cosa si riferiscono le seguenti parole".

L’esercizio successivo è un “testo bucato”. L’algoritmo contiene due diversi brani, il primo più corto e semplice, il secondo un po’ più complesso. È il neuropsicologo che decide quale brano abilitare.



Figura 64: Interfaccia grafica utile a selezionare il testo bucato da completare.

Selezionato il brano da completare, appare a video il testo bucato e di fianco tutte le possibili parole da inserire. L'utente deve procedere con ordine selezionando per prima la parola che ritiene inserire nel primo "buco" del testo. Per poterla selezionare deve premere con il cursore del mouse il tasto dedicato alla parola e successivamente un tasto qualsiasi da tastiera. In caso di risposta corretta la parola comparirà di verde all'interno del testo, altrimenti il tasto verrà nuovamente riabilitato e all'utente verrà chiesto di selezionare un'altra parola. L'esercizio risulta completato quando tutte le parole sono state assegnate al proprio posto oppure se i 10 minuti risultano esauriti. A fine esercizio verrà salvato il solito report contenente le prestazioni dell'utente. Il report "testo bucato 1.txt" o "testo bucato 2.txt", dipende dal testo bucato che ha dovuto svolgere, contiene la consegna dell'esercizio, il numero di parole trovate e il numero di volte in cui l'utente ha sbagliato.

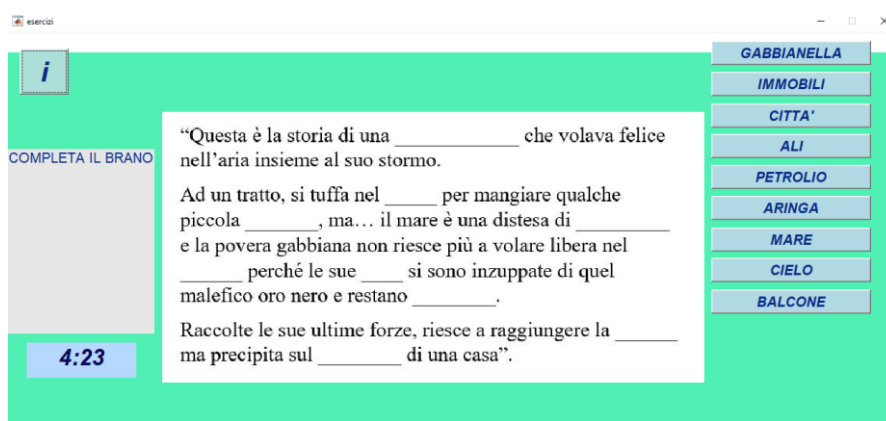


Figura 65: Interfaccia grafica esercizio "testo bucato".

L'ultimo esercizio della sezione linguaggio si chiama "rapporti verbali". In una casella di testo viene mostrato un rapporto verbali incompleto, ad esempio: "aula : scuola = stanza : ?". L'utente deve completarlo; gli vengono mostrate 4 opzioni, deve scegliere tra queste la parola mancante tramite l'apposito tasto posto al di sotto delle opzioni. Per selezionare una delle opzioni l'utente deve premere il tasto verde ad essa corrispondente e successivamente premere un tasto qualsiasi da tastiera. In caso di risposta corretta si passerà al rapporto verbale successivo, altrimenti il tasto verrà riabilitato accompagnato da un messaggio d'errore, a questo punto è possibile effettuare una seconda scelta. I rapporti verbali presentati nell'esercizio sono 3,

affinché questo risulti terminato l'utente deve completarli tutti. Al termine viene stilato il report: "esercizio rapporti verbali.txt" contenente la consegna dell'esercizio e il numero di volte in cui l'utente sbaglia.



Figura 66: Interfaccia grafica esercizio "rapporti verbali".

A questo punto risulta terminata la sezione linguaggio. L'utente riuscirà a svolgere tutti gli esercizi se rapido, altrimenti verrà bloccato dal timer interno. L'ultima sezione da compilare è quella destinata alla MEMORIA.

Esercizi MEMORIA

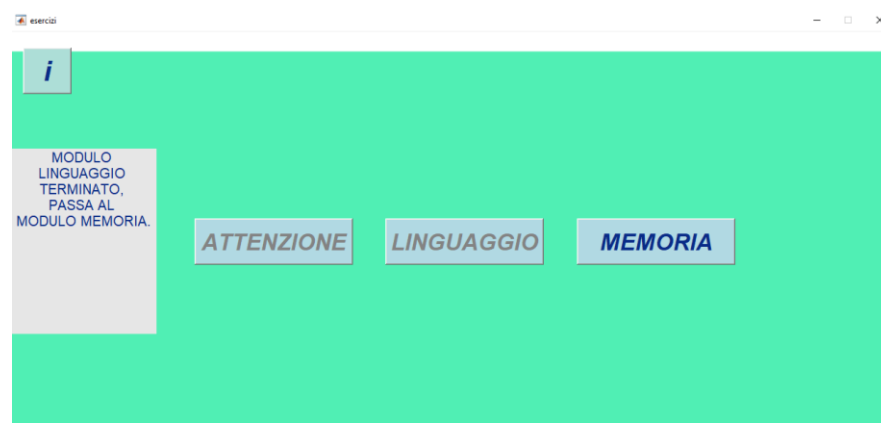


Figura 67: Interfaccia grafica utile a selezionare il modulo "MEMORIA".

L'algoritmo interno utile al susseguirsi degli esercizi è il medesimo, vengono avviati i soliti 10 minuti, un utente con un grado di afasia più lieve potrebbe risultare più rapido e riuscire a svolgere tutti gli esercizi previsti; in caso contrario non è detto che

gli esercizi vengano esplorati tutti. Si mostra di seguito l'interfaccia che si presenta all'utente nel momento in cui si accede alla sezione memoria.

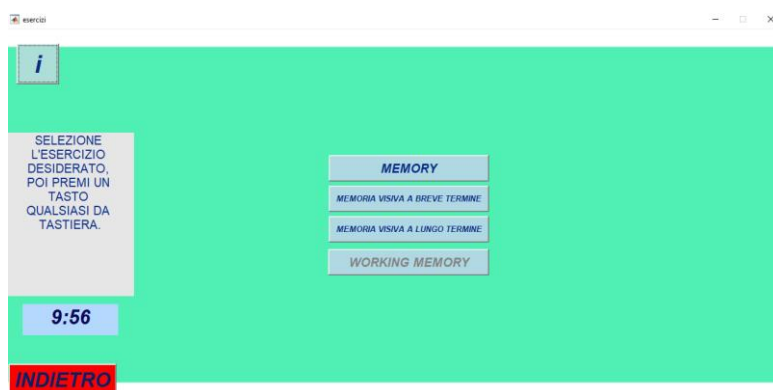


Figura 68: Interfaccia grafica contenente tutti gli esercizi di memoria.

Il primo esercizio proposto è un “memory”; viene chiesto all'utente di visualizzare le 4 immagini mostrate a video, queste restano fisse per 5 secondi. Trascorsi questi 5 secondi una di esse scompare. Nell'istante successivo vengono mostrate 3 immagini, tra queste vi è anche quella precedentemente presente nella schermata di partenza. L'utente deve riuscire a riconoscerla e selezionarla. Per selezionare l'immagine desiderata l'utente deve premere il tasto “OK” verde ad essa corrispondente e subito dopo un tasto qualsiasi da tastiera. Se la risposta risulta essere corretta, l'immagine andrà a sostituire il “vuoto” precedentemente creatosi, altrimenti il tasto appena premuto verrà nuovamente riabilitato e l'utente viene invitato ad effettuare una nuova scelta. Di seguito si riportano alcuni gli step dell'esercizio per rendere tutto più chiaro.

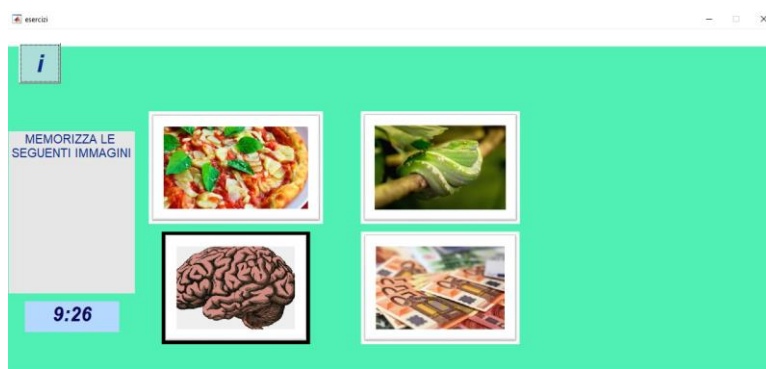


Figura 69: Passo di osservazione dell'esercizio "memory".

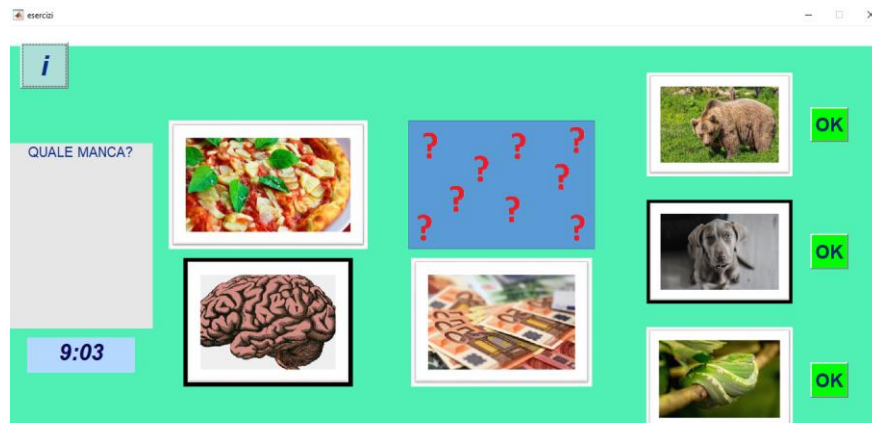


Figura 70: Passo in cui l'utente deve riconoscere l'immagine mancante.

L'algoritmo prevede che vengano somministrati due "memory", svolti entrambi l'esercizio risulta concluso, a meno che l'utente non sia stato così lento da bloccarsi sul primo memory. Terminato l'esercizio viene salvato il report: "esercizio memory.txt", all'interno è possibile trovare la consegna dell'esercizio e il numero di volte in cui il paziente ha sbagliato.

L'esercizio successivo è utile alla valutazione della memoria visiva a breve termine. Viene mostrato a schermo intero un video che l'utente deve osservare attentamente, subito dopo gli vengono proposte tre domande di tipo vero o falso. L'utente deve rispondere alla domanda premendo il tasto "V" (vero) o "F" (falso) e subito dopo premere un tasto qualsiasi da tastiera, in caso di risposta corretta comparirà un messaggio di complimenti altrimenti un messaggio di errore e si passerà al vero o falso successivo. L'algoritmo prevede che vengano mostrati due video e tre vero o falso per ogni video. L'esercizio risulta terminato se l'utente risponde a tutte le domande o se risultano trascorsi i 10 minuti. Il report: "esercizio memoria visiva a breve termine.txt" riporta il nome del video mostrato seguito dai vero/falso posti, lo "0" vicino la domanda implica una risposta sbagliata, l'"1" implica una risposta corretta. Di seguito si riporta un esempio di vero/falso proposto all'utente.



Figura 71: Esempio vero/falso esercizio memoria visiva a breve termine.

L'esercizio successivo prevede la valutazione della memoria visiva a lungo termine. Ci sono diversi tipi di esercizi a disposizione, ma fondamentalmente la struttura risulta essere la stessa per tutti: si ha un primo passaggio in cui l'utente deve memorizzare le informazioni mostrate a video, ha a disposizione 60 secondi.



Figura 72: Passo 1 esercizio memoria visiva a lungo termine.

Terminati i 60 secondi ci sono dei brevi esercizi intermedi come ad esempio: svolgere calcoli banali, osservare una figura e selezionare quanti oggetti sono presenti. Tutti esercizi rapidi, in cui l'utente svolge premendo semplicemente uno tra i tre tasti mostrati a video che corrispondono alle tre opzioni di risposta. Per effettuare la scelta si deve premere uno tra i tasti con il cursore del mouse e successivamente un tasto qualsiasi da tastiera, in caso di risposta corretta si passa all'esercizio successivo, altrimenti il tasto viene riabilitato e l'utente viene chiamato

ad effettuare un'altra scelta. Si riporta di seguito un esercizio tipo tra quelli descritti appena sopra.

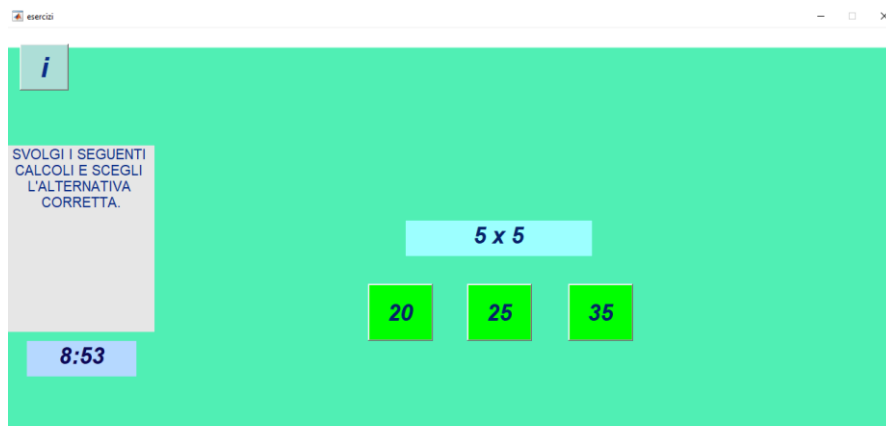


Figura 73: Passo intermedio dell'esercizio memoria visiva a lungo termine.

Terminato questo passaggio intermedio vengono poste delle domande inerenti a quanto memorizzato nella prima parte dell'esercizio, valutando appunto se l'utente è in grado di ricordare quanto memorizzato o meno.

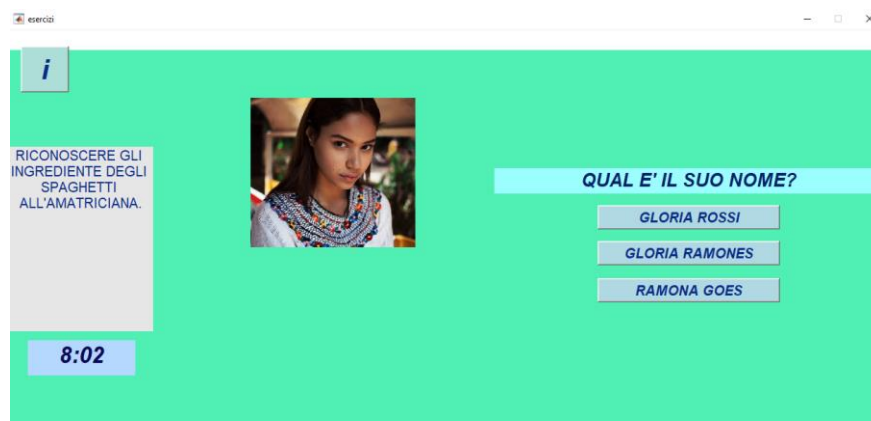


Figura 74: Passo 3 dell'esercizio memoria visiva a lungo termine.

Terminati questi passaggi l'esercizio risulta completato, sempre che non sia stato interrotto precedentemente dal timer. Il report "esercizio memoria visiva a lungo termine.txt" riporta la consegna dell'esercizio e i numeri che riassumono le volte in cui l'utente ha sbagliato a rispondere a delle domande. In questo caso la struttura del report varia da esercizio a esercizio proprio perché gli esercizi non sono tutti perfettamente uguali tra loro.

Per terminare la sezione memoria e allo stesso tempo terminare la sezione dedicata agli esercizi si ha l'esercizio di "Working Memory". Ci sono due esercizi distinti, all'utente ne viene fatto eseguire uno di questi seguendo un ordine casuale. Il primo prevede la memorizzazione degli ingredienti utili e i passaggi da effettuare per preparare le crepes, il secondo prevede il riconoscimento dei passaggi utili ad organizzare un viaggio. Per quanto riguarda il primo esercizio l'utente ha 60 secondi di tempo per memorizzare gli ingredienti e altri 60 per memorizzare i passaggi. Terminati questi deve riordinare le immagini rappresentanti i passaggi visti poco prima, per svolgere il compito l'utente deve inserire i numeri nel riquadro corrispondente all'immagine. Fatto ciò e premuto un tasto qualsiasi da tastiera le immagini compaiono nella sequenza corretta e restano immobili a video per 10 secondi. L'esercizio risulta terminato quando tutti i numeri sono stati inseriti, sempre che il timer non agisca prima. Il report: "esercizio working memory.txt" riporta la consegna dell'esercizio e la sequenza inserita dell'utente nel passaggio finale. Di seguito si riportano le interfacce dimostranti i passaggi di questo esercizio.

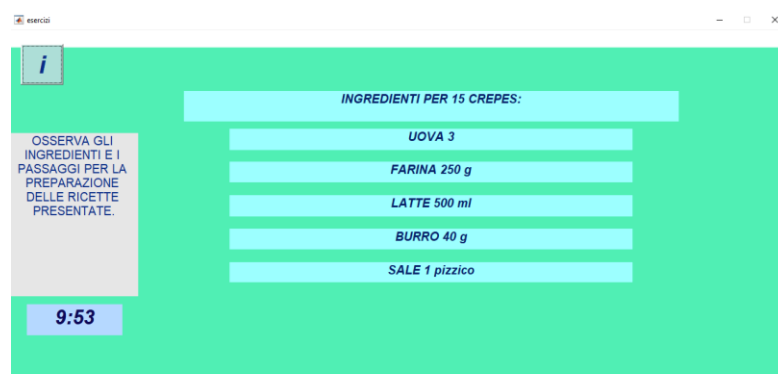


Figura 75: Passo 1 working memory, esercizio 1.

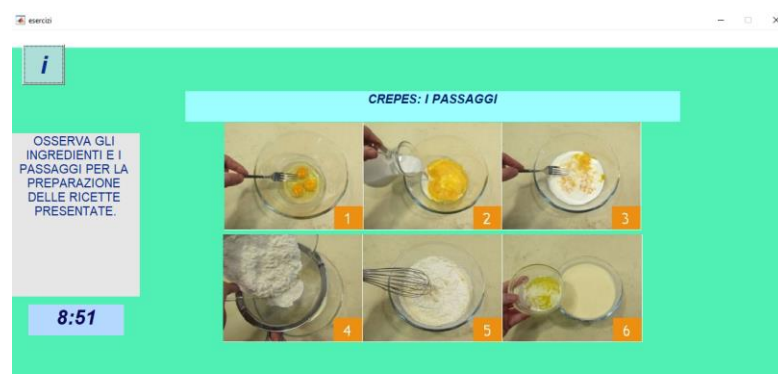


Figura 76: Passo 2 working memory, esercizio 1.



Figura 77: Passo 3 working memory, esercizio 1.

L'altro esercizio di working memory disponibile è invece strutturato come segue: in un primo momento viene mostrata la lista con tutti i passaggi utili ad organizzare un viaggio, successivamente viene chiesto all'utente di riconoscere i passaggi prima memorizzati tra una lista di cose da fare. Di seguito si riportano i tre passaggi.



Figura 78: Passo 1 working memory, esercizio 2. L'utente deve memorizzare quante più informazioni possibili.



Figura 79: Passo 2 working memory, esercizio 2. L'utente deve riconoscere i passaggi prima memorizzati in questa lista.



Figura 80: Passo 3 working memory, esercizio 2. L'utente deve riconoscere i passaggi memorizzati prima in questa seconda lista.

5.4. SOFTWARE SPEAK a TO: ultimo login

L'utente avvia l'applicazione, si parte dal medesimo messaggio di benvenuto e alla solita domanda: "Sei un nuovo utente?" risponde premendo il tasto "NO". A questo punto del training quando viene posta la domanda "È la seduta finale?" l'utente deve premere "SI", in questo modo il software gli presenterà i medesimi esercizi posti nella valutazione iniziale, con l'unica differenza che in questo caso il tasto che porterà l'utente a svolgere tali esercizi porterà il nome "VALUTAZIONE FINALE". Il percorso effettuato dall'algoritmo a questo punto è lo stesso della valutazione iniziale, viene creata nuovamente una cartella con il nome "Valutazione" susseguito dalla data odierna. All'interno di questa cartella verranno salvati tutti i risultati degli esercizi che a questo punto il neuropsicologo può confrontare con i primi e valutare se il training ha portato a miglioramenti o meno.

5.5. SOFTWARE PARLA – TO

L'applicazione dedicata unicamente agli utenti afasici, PARLA – TO, risulta essere una versione semplificativa di SPEAK a TO. Prevede allo stesso modo una differenza tra primo login e login successivi. Nel primo caso viene chiesto all'utente di inserire i dati due volte per assicurarsi che siano corretti, viene creata la cartella personale e in essa viene caricato unicamente il file "abilitazionelivelli.xlsx" con i valori di default. In questa versione non servirà il file utile all'abilitazione degli

esercizi. Nel secondo caso i dati inseriti dall'utente servono a puntare la cartella personale creata nel primo login. Poiché non esiste una sezione dedicata alla valutazione iniziale, all'utente viene sottoposto l'esercizio di orientamento e subito dopo si parte con la seduta vera e propria. In questo caso la seduta occupa un tempo di 30 minuti. Vengono presentati all'utente gli stimoli appartenenti al livello da svolgere sempre in un ordine casuale. Al termine di ogni stimolo gli viene chiesto di ripetere, e come nel caso precedente il software è in grado di rilevare il silenzio o meno. Durante gli ultimi 10 minuti le ripetizioni vengono salvate su file .mp4 aventi il nome dello stimolo, in modo tale che il neuropsicologo, riproducendolo, sa cosa aspettarsi. Durante l'intera seduta il software conteggia le volte che l'utente è in silenzio dopo aver visto lo stimolo una sola volta e le volte che è in silenzio dopo aver visto lo stimolo una seconda volta. Terminati i 30 minuti all'utente viene chiesto di chiudere l'applicazione. Le directory delle singole sedute sono organizzate come visto prima, conterranno solamente meno dati poiché non ci saranno i report degli esercizi finali.

6. CAPITOLO 6

6.1. *Modalità d'uso: il neuropsicologo*

Al termine della stesura del codice, viene creato un file eseguibile tramite “Application Compiler”, un’applicazione presente nella libreria delle applicazioni di Matlab stesso. In questo modo viene realizzata una “Standalone Application” utilizzabile su qualsiasi macchina senza dover necessariamente installare Matlab. Il compilatore, per poter realizzare l’eseguibile, richiede:

- Il file principale da cui far partire l’esecuzione dell’applicazione.
- Tutti i file necessari all’esecuzione del codice, tra cui i video degli stimoli, le immagini utili alla grafica, i comandi audio etc.
- Il nome da dare all’App.

Fatto ciò, l’eseguibile viene consegnato al neuropsicologo che può passarlo, trasmetterlo agli utenti opportuni. L’applicazione appena creata viene trasferita da un dispositivo ad un altro tramite una directory avente il nome del progetto (PARLATO o SPEAKaTO). All’interno di questa ci sono tre cartelle di nome: *for redistribution*, *for_redistribution_files_only*, *for testing*. Per poter installare l’applicazione è necessario entrare nella cartella “for redistribution” ed installare il compilatore Matlab, ovvero “MyAppInstaller_mcr.exe”; questa operazione non richiederà molto tempo. Fatto ciò, per avviare l’applicazione è necessario spostarsi nella cartella “for testing” e premere due volte sull’icona “PARLATO.exe”, in un caso o “SPEAKaTO.exe” nell’altro. Inoltre, nella cartella “for testing”, sono disponibili 16 file Excel utili alla gestione dei singoli livelli; tali file hanno nome *filename1.xlsx*, *filename2.xlsx* etc. Questa scelta è stata maturata perché lavorando con tantissimi stimoli, la ricerca delle immagini utili alla concretizzazione dello stimolo, dopo averlo visto e ascoltato, non è stata portata al termine. Ogni file è modificabile ogni volta che viene aggiornata la ricerca delle immagini. Il singolo documento sta alla base del funzionamento del livello corrispondente. Pertanto, l’ordine delle righe e colonne non deve essere modificato, il neuropsicologo dovrà solamente andare a

modificare le celle utili all’inserimento delle immagini. I file sono strutturati come segue:

1	ACQUA	1.jpg		0	ACQUA.mp4
2	ALTO	2.jpg		0	ALTO.mp4
3	ALTRO		ATRIO	1	ALTRO.mp4
4	AMPIO	4.jpg		0	AMPIO.mp4
5	ANNO	5.png		0	ANNO.mp4
6	ANSIA	6.jpg		0	ANSIA.mp4
7	APE	7.jpg		0	APE.mp4
8	ARCO	8.png		0	ARCO.mp4
9	ARIA	9.jpg		0	ARIA.mp4
10	ARMA	10.jpg		0	ARMA.mp4
11	ARTE	11.jpg		0	ARTE.mp4
12	ATTO	12.jpeg		0	ATTO.mp4
13	BAFFI	13.jpg		0	BAFFI.mp4
14	BAGNO	14.jpg		0	BAGNO.mp4
15	BALLO	15.jpg		0	BALLO.mp4
16	BANCA	16.jpg		0	BANCA.mp4
17	BANCO	17.jpg		0	BANCO.mp4
18	BARBA	18.JPG		0	BARBA.mp4

Figura 81: Screenshot di una parte del file Excel utile a gestire un livello.

Nella prima colonna è riportato il nome del video senza che sia seguito dalla sua estensione; gli stimoli sono stati tutti compressi e convertiti in file ‘.flv’, questa parte di stringa gli viene aggiunta in automatico dal software per rendere leggibile il video. Nella seconda colonna sono elencati gli stimoli. Le prime due colonne non devono essere modificate dal neuropsicologo. A seguire si ha la colonna dedicata alle immagini; per ogni stimolo viene inserito il nome dell’immagine che lo rappresenta, il nome dovrà essere fedele a quello della figura. Matlab è un compilatore case sensitive, pertanto è utile fare attenzione alla presenza di maiuscole e/o minuscole. Gli stimoli che non sono rappresentabili da alcuna immagine avranno questa cella vuota, se anche verrà inserita una stringa il compilatore non la prenderà in considerazione. La colonna successiva è utile a quegli stimoli che risultano difficili da rappresentare tramite figure, in questa colonna dovranno essere inserite le parole che si andranno a contrapporre alla parola dello stimolo durante la prima “scelta”, sono parole che si avvicinano alle parole riprodotte nei video, alcune sono state inventate dal neuropsicologo ed è possibile che siano prive di significato. Questa colonna avrà celle vuote nel caso in cui gli stimoli siano rappresentati da immagini, in caso contrario sarà presente la parola alternativa. A seguire si ha una colonna intervallata da “0” e “1”, ci sarà lo zero nel momento in cui lo stimolo è accompagnato da un’immagine, uno altrimenti. Infine, si ha la colonna contenente il nome dato alla registrazione della ripetizione del paziente a fine stimolo. In questo

caso è stato necessario inserire anche l'estensione del file. Quest'ultima colonna non deve essere modificata. Quindi, le colonne che devono essere aggiornate dopo che le nuove immagini siano state salvate nella cartella "for testing" sono:

- La terza, utile ad aggiungere il nome delle immagini inserite.
- La quarta, utile ad aggiungere la parola da contrapporre alla parola dello stimolo,
- La quinta, da porre a zero o ad uno a seconda che sia presente o meno l'immagine.

Il neuropsicologo può inoltre modificare i file Excel, "abilitazionelivelli.xlsx" e "abilitazioneesercizi.xlsx", che vengono caricati nella cartella personale dell'utente durante il primo login con i valori di default. Il file "abilitazionelivelli.xlsx" si presenta come segue:

1	1
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0

Figura 82: Screenshot del file "abilitazionelivelli.xlsx".

Nella prima colonna sono riportati i numeri dei livelli presenti, nella seconda 1 o 0 a seconda che si voglia abilitare o meno il livello corrispondente. Il neuropsicologo dovrà agire solamente sui valori della seconda colonna, l'ordine non deve essere in alcun modo modificato. Il file dedicato all'abilitazione degli esercizi ("abilitazioneesercizi.xlsx") è strutturato come riportato in seguito:

ATTENZIONE: MATRICI	1
ATTENZIONE: COLORI	1
ATTENZIONE: SLEZIONA LE PAROLE CHE COMINCIANO F	1
ATTENZIONE: RIORDINA LA SEQUENZA	1
ATTENZIONE: TROVA LE DIFFERENZE	1
ATTENZIONE: TROVA L'INTRUSO	1
ATTENZIONE: COLLEGA L'IMMAGINE ALLA PAROLA ATTI	1
ATTENZIONE: TROVA LE LETTERE IN COMUNE	1
ATTENZIONE: PERCEZIONE VISIVA	1
DENOMINAZIONE	1
LINGUAGGIO: DENOMINAZIONE FRUTTA	1
LINGUAGGIO: DENOMINAZIONE ABBIGLIAMENTO	1
LINGUAGGIO: DENOMINAZIONE ANIMALI	1
LINGUAGGIO: DENOMINAZIONE SPORT	1
LINGUAGGIO: DENOMINAZIONE MEZZI	1
LINGUAGGIO: DENOMINAZIONE AZIONI	1
ASSOCIAZIONE	1
LINGUAGGIO: ASSOCIAZIONE CON IMMAGINI	1
LINGUAGGIO: ASSOCIAZIONE CON PAROLE	1
LINGUAGGIO: COS'E'	1
LINGUAGGIO: SINONIMI E CONTRARI	1
LINGUAGGIO: NOMI E AGGETTIVI	1
LINGUAGGIO: A COSA SI RIFERISCONO LE SEGUENTI PA	1
TESTO BUCATO	1
LINGUAGGIO: TESTO BUCATO 1	1
LINGUAGGIO: TESTO BUCATO 2	1
LINGUAGGIO: RAPPORTI VERBALI	1
MEMORIA: MEMORY	1
MEMORIA: MEMORIA A BREVE TERMINE	1
MEMORIA: MEMORIA A LUNGO TERMINE	1
MEMORIA: WORKING MEMORY	1

Figura 83: Screenshot file "abilitazioneesercizi.xlsx".

Nella prima colonna del file sono inseriti i nomi degli esercizi, nella seconda il valore 1 o 0 a seconda che si voglia abilitare o meno l'esercizio. Nella categoria linguaggio ci sono tre gruppi di esercizi che presentano più categorie eseguibili, ovvero:

- Denominazione. Per essa ci sono sei categorie disponibili in ordine di difficoltà crescente. Se il neuropsicologo decide di rendere eseguibile una delle categorie dovrà necessariamente porre ad 1 anche la casella corrispondente a "DENOMINAZIONE", se invece non vuole rendere eseguibile alcuna categoria di denominazione deve porre a 0 necessariamente anche la cella "DENOMINAZIONE", altrimenti una volta premuto il tasto denominazione l'utente troverà tutte le categorie disabilitate e potrà uscire dal modulo linguaggio solo allo scadere dei 10 minuti.
- Associazione. Per essa ci sono due categorie disponibili, anche qui in ordine di difficoltà crescente, il principio di abilitazione risulta lo stesso spiegato poco sopra.

- Testo bucato. Per essa ci sono due testi bucati disponibili in ordine di difficoltà crescente, per abilitarli o meno agire come descritto nella sezione “Denominazione”.

Anche il funzionamento di ogni categoria di esercizio è gestito da un file Excel, ogni riga del file è relativa ad un singolo esercizio per quella tipologia. In linea di massima i file per il funzionamento degli esercizi prevedono le prime colonne utili alla consegna fornita con comando audio direttamente all’utente e quella fornita al caregiver tramite il tasto help. Le colonne successive contengono: i nomi di possibili immagini utili all’esercizio, parole necessarie all’interfaccia per riprodurre l’esercizio e le soluzioni. I file Excel sono in tutto 28, uno per ogni tipologia di esercizio e si trovano all’interno della cartella “file esercizi” contenuta nella cartella “for testing”; il neuropsicologo può aggiungere altri esercizi della stessa tipologia compilando le righe successive seguendo l’esempio delle precedenti.

6.2. Modalità d’uso: l’utente

All’utente viene consegnata la directory avente il nome dell’applicazione (PARLATO o SPEAK a TO), e come spiegato nel paragrafo precedente dovrà in un primo momento installare il compilatore Matlab entrando nella cartella “for redistribution”, a sua volta contenuta nella directory, ed eseguire “MyAppInstaller_mcr.exe”, solo al termine di questa operazione potrà avviare il software. Il file utile all’esecuzione del software è contenuto nella cartella “for testing”, basterà premere due volte sull’icona dell’applicazione per poterla avviare. Non ci sono particolari avvertenze, per tutto il percorso l’utente sarà guidato da comandi audio o da messaggi nascosti sotto il tasto “help” utilizzabile dal caregiver. L’unica raccomandazione non presente nelle applicazioni è che l’utente ascolti il comando audio e che agisca sull’interfaccia grafica solo quando questo è terminato.

7. CONCLUSIONI

Dopo aver consegnato la *Standalone Application* al neuropsicologo, sono emerse alcune criticità. È stato necessario modificare l'algoritmo nei seguenti punti:

- Durata del training IMITAF.
- Primo esercizio di valutazione iniziale, riconoscere i numeri 7 all'interno di una matrice.
- Secondo esercizio di valutazione iniziale, memory.
- Quinto esercizio di valutazione iniziale, denominazione di immagini.
- Esercizio di orientamento.
- Interfaccia al momento della ripetizione dello stimolo appena ascoltato.
- Interfaccia utile ad accedere alla sezione esercizi.
- Modalità di abilitazione degli esercizi.
- Secondo esercizio del modulo attenzione, colori.

Nella maggior parte dei casi il training IMITAF ha una durata di 10 minuti o 30 minuti a seconda che venga eseguita l'applicazione SPEAKaTO o PARLATo. È possibile però che il neuropsicologo decida di somministrare il training a pazienti con diverse patologie, in questo caso potrebbero essere necessari training di durata differente. Per rendere la riabilitazione ancor più versatile è stato modificato l'algoritmo per poter inserire direttamente la durata necessaria mediante modifica del file Excel "abilitazionelivelli.xlsx", questa operazione viene eseguita ancora una volta in remoto dal neuropsicologo. Al file è stata aggiunta una terza colonna di valori in cui il dottore può inserire la durata del trattamento espressa in secondi.

1	1	600
2	0	600
3	0	600
4	0	600
5	0	600
6	0	600
7	0	600
8	0	600
9	0	600
10	0	600
11	0	600
12	0	600
13	0	600
14	0	600
15	0	600
16	0	600

Figura 84: File Excel "abilitazionelivelli.xlsx", la terza colonna è dedicata alla durata del trattamento espresso in secondi, nel caso specifico il trattamento ha una durata di 10 minuti.

Il primo esercizio di valutazione iniziale presentava messaggi di risposta all'interno della finestra di dialogo accompagnati da una voce audio ogni volta che l'utente eseguiva un comando. Per rendere tale test il più simile possibile a quello effettuato dal neuropsicologo senza l'ausilio del software, è stato necessario ridurre la presenza dei feedback audio-visivi alle prime due righe della matrice. Andando avanti nell'esercizio l'utente non avrà alcun riscontro se non la comparsa del pallino verde in caso di risposta corretta per evitare che torni a selezionare le stesse caselle.

Il secondo esercizio di valutazione iniziale, memory, è utile a valutare la memoria a breve termine. In questo caso i tempi di spegnimento di un singolo tasto ed il lasso di tempo tra la scomparsa di un tasto ed il successivo risultava troppo elevata, andando in contrasto con la natura stessa dell'esercizio. Pertanto, i tempi sono stati ridotti ad 1 secondo: il tasto scompare per la durata di un secondo, ricompare e dopo 1 secondo viene reso invisibile il tasto successivo.

Il quinto esercizio di valutazione iniziale prevedeva la denominazione delle immagini presentate a video. Dopo aver ascoltato la consegna l'utente ha 7 secondi per poter definire l'immagine vista, è stato utile inserire un'icona che gli comunicasse quando il software comincia a registrare.

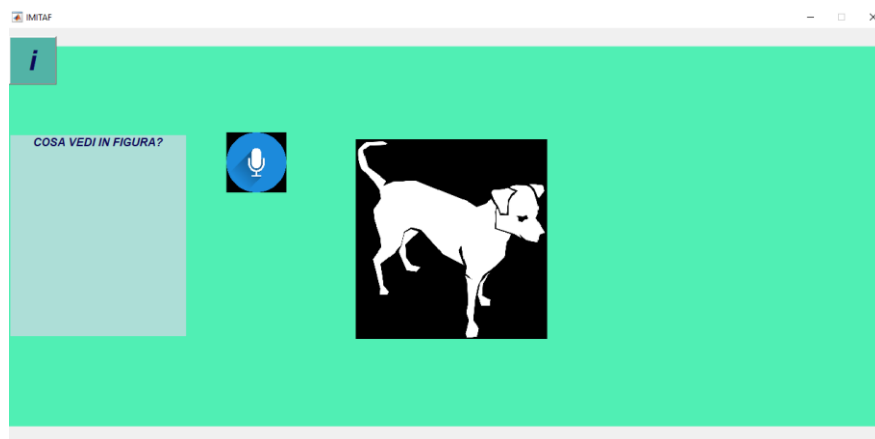


Figura 85: Screenshot interfaccia grafica del quinto esercizio di valutazione iniziale. E' stata aggiunta l'icona che denota l'inizio della registrazione audio.

L'esercizio di orientamento presentava delle ripetizioni ridondanti all'interno delle consegne, sono state eliminate per renderlo più scorrevole.

Per quanto riguarda invece la parte dedicata alla ripetizione dello stimolo, è emerso che l'utente ripeteva la parola o la frase nel momento in cui nel video compare "Ed ora prova a ripetere la parola.". In questo modo l'applicazione non registrava nulla nonostante l'utente avesse svolto correttamente l'esercizio. Sotto suggerimento del neuropsicologo, è stata inserita un'icona che simboleggia l'inizio della registrazione audio, in questo modo l'utente percepisce quando ripetere lo stimolo.

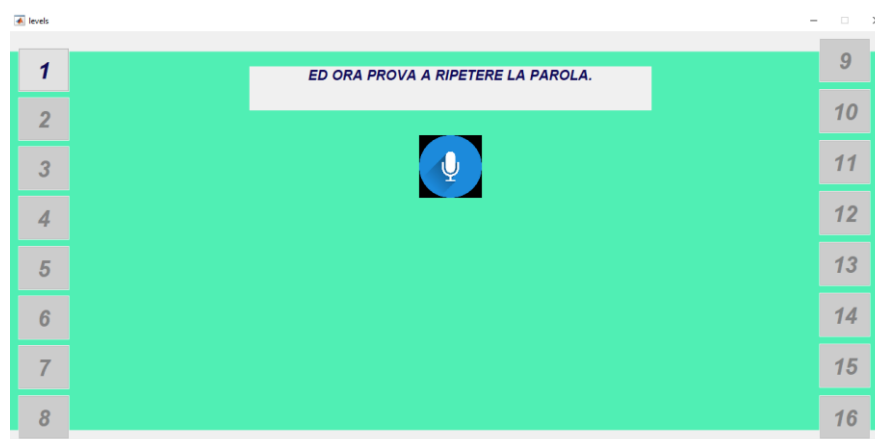


Figura 86: Screenshot interfaccia dedicata alla ripetizione dello stimolo.

Inizialmente il tasto utile ad accedere alla sezione esercizi era posizionato a destra o a sinistra del tasto utilizzato per selezionare il livello. Poiché buona parte degli utenti

hanno delle lesioni nella parte cerebrale sinistra hanno mostrato difficoltà ad individuare il tasto “ESERCIZI” se posizionato ad esempio in alto a sinistra dell’interfaccia. Questa prima disposizione è stata pensata perché l’idea di partenza prevede degli esercizi diversi per difficoltà a seconda del livello di appartenenza. In questa versione “zero” gli esercizi di fine seduta risultano essere uguali per tutti i livelli, quindi è stato possibile restringere il numero di tasti da 16 ad 1 e posizionare tale tasto al centro dell’interfaccia.



Figura 87: Screenshot interfaccia utile ad accedere alla sezione esercizi.

Per quanto riguarda lo svolgimento degli esercizi, questi sono stati suddivisi in moduli e per ogni modulo sono presenti delle sottocategorie presentate all’utente in colonna in ordine di difficoltà crescente. Tali esercizi non saranno tutti abilitati in accordo con quanto scritto nel file “abilitazioneesercizi.xlsx”. Inizialmente tutti gli esercizi abilitati erano accessibili all’utente quindi quest’ultimo poteva svolgere un esercizio che si trovava in fondo alla lista, più complicato, senza aver svolto i precedenti. Affinché il training abbia effetto è necessario che gli esercizi vengano svolti in ordine di difficoltà crescente. L’utente deve essere indirizzato dall’applicazione stessa; quando entra nel modulo “attenzione” vedrà abilitato solamente il tasto relativo al primo esercizio che il neuropsicologo ha abilitato da file Excel, al termine di tale esercizio gli comparirà nuovamente la schermata con gli esercizi da svolgere contenente tutti i tasti degli esercizi disabilitati eccetto il tasto dell’esercizio successivo che sempre il neuropsicologo ha abilitato da file Excel. Si continua in questo modo fino allo scadere dei 10 minuti o fintanto che non ha svolto tutti gli esercizi abilitati di quella categoria.

Infine, è stato necessario semplificare il secondo esercizio presente nella categoria “ATTENZIONE”. Inizialmente l’utente doveva selezionare le due icone dello stesso colore e premere un tasto da tastiera, in caso di associazione corretta doveva selezionare la casella contenente il colore delle due immagini appena selezionate, altrimenti doveva nuovamente provare ad associare due immagini dello stesso colore. La consegna è risultata poco chiara e poco lineare, anche utenti normodotati hanno trovato difficoltà. È stato modificato l’algoritmo al fine di semplificare tale esercizio. L’utente deve ora associare l’icona selezionata al colore corrispondente.



Figura 88: Screenshot esercizio "colori".

Al momento questa versione non è stata validata e pochi sono stati gli utenti ad averla provata. Sicuramente nei test successivi emergeranno altre idee per rendere l’applicazione il più adatta possibile alle esigenze del trattamento. Dal confronto con il neuropsicologo sono già emerse ulteriori possibili migliorie, ad esempio:

- Aggiungere un tasto “AVANTI” in tutti quegli esercizi di linguaggio in cui il paziente deve inserire la parola lettere per lettera. Al momento l’utente deve inserire la parola compilando le caselline mostrate sull’interfaccia, terminata questa procedura deve premere con il cursore del mouse in un punto qualsiasi della schermata e successivamente un tasto qualsiasi da tastiera per andare avanti. Non è un procedimento semplice e immediato, spesso l’utente, al termine della compilazione, attende che il software vada avanti automaticamente.
- Aggiungere un tasto “AIUTO” negli esercizi di denominazione. Il paziente potrebbe avere delle difficoltà a riconoscere oggetti e/o azioni, per evitare che

si blocchi all'interno di un determinato esercizio, ha la possibilità di usufruire di alcuni suggerimenti che gli verranno dati dopo aver premuto l'apposito tasto.

Molte altre sono le idee che potrebbero essere elaborate in versioni future; sicuramente si potrebbe: inserire un timer visibile anche durante la seduta IMITAF e non solo durante la parte di esercizi; lavorare sul riconoscimento vocale; inserire una guida "luminosa" che focalizzi la concentrazione dell'utente sui tasti da premere per andare avanti e soprattutto evitare l'uso di Matlab. Per le versioni future conviene utilizzare ambienti di lavoro differenti, come ad esempio Java che può risultare più adatto per creare un'interfaccia di facile utilizzo e con grafica migliore. Inizialmente la scelta è ricaduta su Matlab perché è un ottimo strumento di calcolo utile a tutta quella sezione dedicata all'elaborazione del segnale vocale, che però ha occupato una parte marginale del progetto in quanto le priorità sono state altre, ovvero elaborare una sezione finale dedicata agli esercizi. È stato inoltre complesso dare forma alla struttura del software, essendo questa una versione iniziale, molte sono state le prove effettuate prima di raggiungere uno scheletro ottimale. La base da cui partire è stata realizzata, pronta per essere modellata e migliorata con le versioni future.

RINGRAZIAMENTI

Eccomi qui, all'ultimo capitolo di vita universitaria. È stato un periodo lungo e travagliato, non lo nego; pieno di paure, insoddisfazioni, sacrifici e notti insonni. Ma come dice il grande Silente: "Un aiuto verrà sempre dato al Polito a chi lo richiederà!", sì perché se sono arrivata alla fine di questo percorso è anche merito di tutte le persone che mi sono state vicino, perciò vorrei spendere due parole per ringraziare tutti.

Comincio con il ringraziare la mia relatrice, che ha sempre ascoltato le mie idee e i miei dubbi facendomi sentire all'altezza e adatta all'impegno intrapreso.

Ringrazio Marzia e tutti gli operatori del Centro Puzzle, sono contenta di aver lavorato in un ambiente familiare come il loro. Grazie per avermi dato la possibilità di prendere parte a questo grande progetto; l'entusiasmo con cui affrontano il proprio lavoro è contagioso.

Ringrazio chi con un solo sguardo riesce a capire il mio stato d'animo, l'uomo più intelligente che io conosca, mai fuori luogo e con una pazienza infinita, mio padre. Lo ringrazio per aver affrontato molte mie decisioni discutibili senza farne un dramma, per aver smorzato il clima teso prima di ogni partenza e di non aver perso mai la lucidità anche quando tutto sembrava remarci contro.

Ringrazio il ciclone di emozioni che mi accompagna da sempre, diventata grande, coraggiosa e forte forse troppo in fretta, mia madre. La ringrazio per aver sacrificato tutta se stessa e per essere stata a mia completa disposizione, vorrei avere almeno un centesimo della sua generosità e della sua energia.

Ringrazio tutti i caffè alla Valdostana bevuti in famiglia Cirigliano. Gli appuntamenti inderogabili ai banchetti pieni di trentini sono sempre stati un buon motivo per tornare a casa.

Ringrazio i: “se non sono pazzi non li vogliamo!”; si perché in famiglia Polidoro si fa selezione all’ingresso. Grazie per esserci sempre stati, nei momenti belli ma soprattutto in quelli meno belli.

Ringrazio la piccola parte di Sciablekkj qui al nord, grazie a Marghe e tutta la sua famiglia. Sette anni fa mi hanno accolta e da allora non mi hanno mai fatta sentire sola, sono stati la mia seconda famiglia.

Ringrazio la mia compagna di avventura, la sorella che non ho mai avuto, Elisabetta. Ha condiviso con me ogni singola emozione, dalla disperazione per le sessioni andate male alla felicità dei periodi spensierati in cui l’unico problema era decidere cosa mangiare a cena. La ringrazio per essere il mio opposto, per avermi insegnato a non piangermi addosso e a reagire anche quando la fortuna sembra proprio si sia dimenticata di te.

Ringrazio Sara e il suo vedere il bicchiere sempre mezzo pieno. È stato di grande aiuto per me avere un’amica così positiva e propositiva.

Ringrazio Lucrezia e Federico che in questi ultimi sei mesi hanno sopportato i miei malumori a suon di barattoloni di nutella.

Grazie a Mariaconcetta, Francesca e tutto il gruppo “Cazzeggio”. È Stato bello condividere con voi lo slogan: “Cosa fa rima con felicità? Open bar!”

Ringrazio tutte le ragazze che in questi anni hanno condiviso casa con me: Federica, Chiara e Paola. Ognuna di loro mi ha trasmesso ed insegnato qualcosa, non lo dimenticherò.

Ringrazio i miei amici di Stigliano, grazie per esserci sempre stati. Grazie per aver saputo resistere alla distanza e per essere rimasti sempre gli stessi nonostante siano passati anni dal periodo “Teenage dream”.

Grazie a Maddalena e Filomena. Hanno sempre creduto in me soprattutto quando io stessa smettevo di farlo.

Ringrazio tutti i “New Balance”. Pensare a chi/cosa ha ispirato il nome del gruppo mi fa sorridere. È grazie a tutti loro che ho imparato a prendermi meno sul serio e a ridere dei miei punti deboli.

Ringrazio i miei compagni di corso: Matteo, Marianna, Alessandro, Vincenzo e Francesco. Grazie per aver condiviso con me i circuiti combinatori a sei ingressi, le consegne settimanali degli esercizi di campi, l’adrenalina prima dell’esame di segnali e la precisione di Paulin.

Grazie di cuore ad ognuno di voi, siete stati fondamentali per il raggiungimento del mio obiettivo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] <https://it.wikipedia.org/wiki/Afasia>.
- [2] M. Leopizzi, "IMITAF: un software per il recupero del paziente afasico," Bando talenti della società civile 2016, Novembre 2017.
- [3] A. Faralli et al., "Non invasive strategies to promote functional recovery after stroke," *Neural plasticity*, doi:10.1155/2013/854597, 2013.
- [4] Maher, L. M., & Raymer, A. M., "Management of anomia," *Topics in stroke rehabilitation*, doi: 10.1310/318R-RMD5-055J-PQ40, 2004.
- [5] Rose, M., & Douglas, J., "Treating a semantic word production deficit in aphasia with verbal and gesture methods," *Aphasology*, doi: 10.1080/02687030600742020, 2008.
- [6] Marangolo, P., & Caltagirone, C., "Options to enhance recovery from aphasia by means of non-invasive brain stimulation and action observation therapy," *Expert review of neurotherapeutics*, doi: 10.1586/14737175.2014.864555.
- [7] V. Gallese, "Mirror neurons and the social nature of language: The neural exploitation hypothesis," *Social Neuroscience*, doi: 10.1080/17470910701563608, Ottobre 2008.
- [8] M. Zettin, M. Leopizzi, V. Galetto, "How does language change after an intensive treatment on imitation?," *Neuropsychological Rehabilitation*, doi: 10.1080/09602011.2017.1406861, Gennaio 2018.
- [9] Ertlet et al., "Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke," *Neuroimage*, doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.03.043, 2007.

- [10] Arbib, M. A., "Mirror system activity for action and language is embedded in the integration of dorsal and ventral pathways," *Brain and language*, doi: 10.1016/j.bandl.2009.10.001.
- [11] Huber et al., "Approaches to aphasia therapy in Aachen," In *Aphasia treatment*, Springer US, 1993.
- [12] Wright et al., "Development and reliability of a quantitative measure of adults' narratives," *Aphasiology*, doi: 10.1080/02687030444000732, 2005.
- [13] Marini et al., "Age-related differences in the production of textual descriptions," *Journal of Psycholinguistic Research*, 2005.
- [14] Comitato promotore federazione logopedisti italiani, "Linee guida sulla gestione logopedica del paziente afasico adulto," 2009.
- [15] www.treccani.it/enciclopedia/corteccia-prefrontale_%28Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica%29/.
- [16] C. Luzzatti et al., "Aachener Aphasie Test (AAT) - Versione Italiana," Gennaio 1996.
- [17] Bonifazi et al., "Action observation as a useful approach for enhancing recovery of verb production: new evidence from aphasia," *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 49(4), 473 – 481, PMID: 23486304, 2013.
- [18] Caramaza et al., "Mechanism for accessing lexical representations for output: Evidence from a category-specific semantic deficit," *Brain and language*, doi: 10.1016/0093-934X(91)90119-L, 1991.
- [19] Baddeley, "Working memory and language: An overview," *Journal of communication disorders*, doi: 10.1016/S0021-9924(03)00019-4, 2003.

- [20] Pedersen et al., "Improvement of oral naming by unsupervised computerised rehabilitation," *Aphasiology*, doi: 10.1111/1460-6984.12024, 2001.
- [21] Code et al., "Outcome of a one-month therapy intensive for chronic aphasia: Variable individual responses," In *Seminars in Speech and Language*, 2010.
- [22] Lever et al., "Telerehabilitation services for stroke," *Cochrane Database Syst Rev.*, CD010255, 2013.
- [23] J. Kurkand et al., "iPractice: Piloting the effectiveness of a tablet-based home practice program in aphasia treatment," *Semin Speech Lang.*, doi: 10.1055/s-0033-1362991, Gennaio 2014.
- [24] M. Leopizzi, "Programma di teleriabilitazione rivolto all'utenza in età senile," *Progetto Canp*.
- [25] Linder et al., "Improving Quality of Life and Depression after Stroke Through Telerehabilitation," 69(2):6902290020p1-10, Aprile 2015.
- [26] <https://blog.serverplan.com/2017/04/03/cose-ftp-sito-web/>.