

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Medicina

**Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecniche dell'Attività Motoria Preventiva e
Adattata**

TESI DI LAUREA

**Effetti dell'arteterapia sulla mobilità facciale in soggetti
affetti da Morbo di Parkinson**

Relatrice: *Prof.ssa Zimi SAWACHA*

Correlatrice: *Dr.ssa Elena PEGOLO*

Laureanda: Ester BERTI

Matricola: 1238150

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

SOMMARIO

RIASSUNTO	III
ABSTRACT	V
INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1. MORBO DI PARKINSON	3
1.1 MORBO DI PARKINSON	3
1.2 SCALE CLINICHE VALUTATIVE	6
<i>1.2.1 Unified Parkinson's Disease Rating Scale</i>	6
<i>1.2.2 Parkinson's Disease Questionnaire 39</i>	8
<i>1.2.3 Hoehn-Yahr Scale</i>	8
1.3 FACIES IPOMIMICA	10
CAPITOLO 2. RIABILITAZIONE	11
2.1 RIABILITAZIONE MOTORIA	11
2.2 NUOVI SCENARI	12
2.3 ARTE TERAPIA	12
CAPITOLO 3. RICONOSCIMENTO DELLE EMOZIONI	15
3.1 FACIAL ACTION CODING SYSTEM (FACS)	15
3.2 ACTION UNITS (AUs)	16
3.3 SOFTWARE ALLO STATO DELL'ARTE	21
3.4 CLASSIFICARE EMOZIONI RISPETTO AUs	21
<i>3.4.1 iMotions</i>	21
<i>3.4.2 FaceReader</i>	22
<i>3.4.3 Intra-face</i>	22
CAPITOLO 4. MATERIALI E METODI	23
4.1 PARTECIPANTI	23
4.2 ANALISI DATI	25
<i>4.2.1 TrackOnField</i>	25
<i>4.2.2 MatLab</i>	26
CAPITOLO 5. RISULTATI E DISCUSSIONE	33
5.1 ANALISI SOGGETTO SINGOLO T0-T1	33
5.2 ANALISI MEDIE FMI T0-T1	37
5.3 ANALISI FMI T0-T1 TOTALE	38
5.4 FMI T0-T1 (REGIONE SUPERIORE, INTERMEDIA E INFERIORE DEL VOLTO)	39

5.5 ANALISI DISTANZE ESPRESSIONI FACCIALI T0-T1	40
5.6 ANALISI HC-PD T0-T1	41
5.7 CONCLUSIONI	42
BIBLIOGRAFIA.....	44

RIASSUNTO

Background

Il Morbo di Parkinson (PD) è una patologia neurodegenerativa a progressione lenta e dai sintomi per la maggior parte motori. In letteratura si trovano molti contenuti per quanto concerne sintomi come il tremore, la rigidità e la bradicinesia a livello degli arti superiori e inferiori. È importante considerare però che la sintomatologia di tale quadro patologico può influenzare negativamente anche il reclutamento dei muscoli facciali, andando ad alterare considerevolmente la mimica del volto e portando i soggetti verso la condizione di ipomimia.

La scarsa capacità espressiva a livello facciale comporta inevitabilmente forti svantaggi sulla qualità di vita e sulle interazioni sociali. Malgrado la notevole prevalenza e rilevanza di questo sintomo, l'ipomimia risulta oggi ancora molto poco indagata e i trattamenti validati disponibili sono limitati.

Obiettivi

Questo studio si prospetta come obiettivo quello di indagare la validità dell'arteterapia nel diminuire il sintomo dell'ipomimia, tratto distintivo della popolazione affetta da PD. Per misurare obiettivamente il livello di mobilità facciale è stato applicato un algoritmo, con riferimento a un sistema di codificazione facciale. Successivamente, sono state analizzate le situazioni pre- (T0) e post-trattamento (T1).

Materiali e metodi

La popolazione PD analizzata è formata da 7 soggetti (età media di 70 anni). I dati sono stati acquisiti precedentemente (T0) e successivamente (T1) alle quattro settimane di terapia complementare, consistente in un percorso di arteterapia. Sono stati acquisiti video dei soggetti mentre veniva richiesto loro di esplicitare le sei emozioni di base (rabbia, disgusto, paura, felicità, tristezza e sorpresa). Successivamente, è stato calcolato un indice di mobilità (FMI, *Face Mobility Index*) per ogni soggetto ed emozione tramite un software sviluppato presso il laboratorio di Bioingegneria del Movimento (Università degli Studi di Padova).

Risultati

L'indice di mobilità facciale ha mostrato un apprezzabile aumento, in particolar modo per alcuni soggetti ed emozioni.

Conclusioni

In questo studio, è stata proposta una valutazione da un punto di vista quantitativo del trattamento di arteterapia per i soggetti affetti da PD e i risultati si mostrano incoraggianti. I dati ottenuti per ogni emozione e ogni soggetto pre- (T0) e post-trattamento (T1) portano evidenti differenze. Le premesse indagini possono venir sfruttate per allestire, riadattare ed esaminare i diversi tipi di intervento riabilitativi per l'ipomimia. Gli studi futuri potrebbero coinvolgere una popolazione di partecipanti più vasta per confermare ulteriormente la validità del metodo suggerito.

ABSTRACT

Background

Parkinson's disease (PD) is a neuro-degenerative pathology characterized by a slow progression with symptoms mostly affecting the motor system. Extensive literature studies tremor, rigidity, bradykinesia of upper and lower limbs. Nevertheless, these symptoms can negatively affect also facial muscles and this extremely relevant since it alters the expressions, causing a condition of hypo-mimicry. The reduced expressive ability has inevitable effects in terms of the patient's quality of life and his/her interpersonal relationships. Despite its relevance, this symptom is still scarcely studied, and the number of validated available treatments is limited.

Aim

This study has the aim of analyzing quantitatively the possible advantages derived from a complementary therapy tackling hypomimia. In order to objectively measure the level of facial mobility, an algorithm has been applied with reference to a facial code system. Finally, pre- (T0) and post- (T1) treatment conditions have been analyzed.

Methods and materials

Seven PD patients were taken into consideration (average age 70).

The data were acquired before (T0) and after (T1) a four-weeks-complementary art-therapy. Videos of the subjects were acquired while they were asked to perform the six basic emotions (anger, fear, disgust, happiness, sadness, and surprise). Then, a face mobility index (FMI) was computed per each subject and emotion with an algorithm developed by the Bioengineering of Movement Laboratory (University of Padova).

Results

The face mobility index showed a noticeable increase, especially for some subjects and emotions.

Conclusions

This study offers an evaluation of the art therapy treatment of hypomimia in PD patients from a quantitative point of view; the results are encouraging. Data registered for each emotion and each subject before (T0) and after (T1) the treatment show evident differences.

The research could be employed to tailor, assess, and modify the different treatments for hypomimia. Future studies should involve a wider population to further confirm the reliability of the suggested methodology.

INTRODUZIONE

Il Parkinson (PD) è un quadro clinico patologico oggi particolarmente diffuso. Questa malattia è caratterizzata da una sintomatologia notevolmente varia, che spazia da alterazioni motorie a non motorie. La sua evoluzione è lenta e progressiva, portando i pazienti a consapevolizzarsi della situazione anche i tempi ritardati. Il tipico tremore, la conosciuta bradicinesia e l'approfondita instabilità posturale nel tempo hanno guadagnato molto spazio e attenzione in letteratura; tuttavia, alcuni elementi sintomatologici non sono stati dettagliatamente trattati, essendo in un primo momento meno tangibili, e di conseguenza reputati di seconda importanza. Tra questi troviamo, la limitata capacità espressiva a livello facciale, conosciuta come *ipomimia*, la quale attualmente dispone di scarsi trattamenti riabilitativi validati. La correlazione di questo sintomo, tipicamente parkinsoniano, con quelli motori e non-motori, è dovuta probabilmente alla povertà di metodi e/o indici di misurazione oggettivi della mimica facciale.

Lo studio proposto si pone come obiettivo quello di valutare l'efficacia di un trattamento complementare di arteterapia per la riduzione dell'*ipomimia* nei soggetti con PD. Per valutare gli effetti di tale intervento è necessario misurare oggettivamente la mobilità facciale; ciò è stato realizzato tramite un indice di mobilità proposto in letteratura, il Face Mobility Index (FMI), confrontandone i valori prima e dopo il percorso suggerito ai partecipanti. Alterando considerevolmente la qualità di vita dei pazienti e dei corrispettivi caregivers, la limitata espressività è stata analizzata considerando le sei emozioni di base (rabbia, paura, disgusto, felicità, tristezza e sorpresa).

Con gli sviluppi futuri si mira, attraverso un aumento di partecipanti, a considerare l'*ipomimia* un possibile elemento diagnostico, la cui misura oggettiva può portare allo sviluppo di terapie specifiche e validate.

CAPITOLO 1. MORBO DI PARKINSON

1.1 MORBO DI PARKINSON

- Quadro clinico ed eziologia

Il morbo di Parkinson (PD) è una malattia neurodegenerativa contrassegnata da un'alterazione clinica e funzionale lenta, ma graduale che colpisce primariamente la popolazione negli stadi conclusivi della vita. Oggi tale patologia è la più frequente all'interno della categoria "Disordini del Movimento". Immediatamente successivo all'Alzheimer, il PD detiene il secondo posto sulla scala mondiale di patologie neurodegenerative. L'incidenza e la prevalenza di tale malattia dipendono dalla popolazione.

Il PD si manifesta maggiormente nei paesi industrializzati con una prevalenza dello 0,3% sulla popolazione globale, e dell'1% se si restringe alla fascia di popolazione over 60. La popolazione europea di età compresa tra gli 85 e gli 89 anni viene colpita con una prevalenza del 3,5%.

La sintomatologia del PD è di conoscenza comune da centinaia di anni, ma ad occuparsi di descriverne approfonditamente i dettagli fu il medico britannico James Parkinson (1755-1824) nel XIX secolo [1] [2].

Nel 1817 a Londra il farmacista chirurgo rese pubblica la sua monografia "Essay on the Shaking Palsy" ("Saggio sulla paralisi agitante"). I sintomi della malattia furono descritti come segue *"Tremore involontario associato a diminuzione della forza muscolare; a volte totale incapacità a deambulare persino con un sostegno; propensione a inclinare il corpo in avanti e a passare da un'andatura normale a un movimento di corsa; i sensi e l'intelletto rimangono intatti"*.

Quaranta anni dopo cominciò l'epoca della pre-levodopa grazie al medico francese Jean Martin Charcot (1825-1893) e al neuro-fisiologo francese Alfred Vulpian (1826-1887), i quali nominarono per la prima volta la rigidità e la *"facies figée"* (amimia o ipomimia facciale) in relazione al morbo di Parkinson.

J. M. Charcot per la prima volta divulgò gli effetti benefici della scopolamina, farmaco alcaloide allucinogeno (nota anche come ioscina o burundanga) sui sintomi dei pazienti

affetti da tale patologia. Successivamente a tale scoperta, le sostanze ad azione anticolinergica rimasero per più di un centinaio di anni i soli farmaci somministrati per attenuare la sintomatologia specifica del PD. Attualmente non vengono più utilizzati come terapia farmacologica principale per via dei loro effetti psichici secondari.

Dalla fine del 1800 si cominciarono a utilizzare nuovi trattamenti chirurgici sperimentali per alleviare il tremore e la rigidità Parkinson-specifici, specialmente nella parte opposta a quella lesa. All'epoca non era ancora stata trovata una terapia contro il sintomo dell'acinesia [3].

Il PD presenta delle caratteristiche neuropatologiche precise. La peculiarità distintiva consiste nella formazione dei corpi di Lewy, ammassi sferici proteici di α -sinucleina, molecola formata da circa 140 amminoacidi, rilasciante importanti neurotrasmettitori come dopamina e acetilcolina. Tali inclusioni citoplasmatiche, insieme alle loro diramazioni, prendono forma internamente ai neuroni cerebrali e colpiscono in punti specifici i siti di induzione del soma neuronale, alterando il funzionamento del sistema nervoso e comportando disturbi del movimento, elementi tipici del PD.

La principale relazione di natura neuropatologica (disturbi citoscheletrici neuronali) delle complicanze motorie in tale malattia consiste nel lento annientamento dei neuroni dopaminergici nigrostriatali a causa dei corpi di Lewy.

- **Caratteristiche principali motorie e non motorie**

I sintomi vengono abitualmente suddivisi in motori e non motori. In un primo momento la diagnosi si basa sull'identificazione di alterazioni prettamente motorie.

I sintomi motori consistono in:

➤ **Bradicinesia**

La bradicinesia consiste nel rallentamento di movimenti volontari, i quali diventano faticosamente governabili. La bradicinesia insorge lentamente e progressivamente rendendo difficoltosa l'esecuzione anche di compiti semplici e quotidiani. Tipici esempi di bradicinesia sono l'ipomimia, ossia la ridotta capacità nel contrarre la muscolatura facciale con conseguente scarsa espressività, e la micrografia, ossia la contrazione progressiva delle dimensioni relative alle lettere di una parola o di una riga.

➤ Tremore

Il tremore consiste in movimenti involontari, ritmici, oscillatori di gruppi muscolari antagonisti. I tremori si differenziano per modalità di presentazione (intermittente/costante), gravità e acuità (progressiva/brusca).

➤ Alterazioni nel ciclo del passo

Le alterazioni del ciclo del passo possono colpire una o più fasi del cammino, tra le quali ricordiamo i due periodi principali, la fase d'appoggio (*stance*) e la fase d'oscillazione (*swing*), e le quattro fasi specifiche, ossia la pre-oscillazione, l'inizio dell'oscillazione, l'oscillazione media e il termine dell'oscillazione.

➤ Instabilità posturale

Per instabilità posturale si intende una compromissione dell'equilibrio e della coordinazione, conseguente a un assetto posturale non fisiologico delle curve della colonna vertebrale.

I sintomi non motori consistono principalmente in:

- Mancanza di coinvolgimento emotivo e interesse (apatia)
- Eccessiva sonnolenza diurna (disturbi del sonno in generale)
- Costipazione
- Anedonia (mancanza di piacere per attività che precedentemente si trovavano piacevoli)
- Alterazioni della memoria
- Perdita di gusto e olfatto
- Eccessiva sudorazione
- Fatigue
- Dolore [2]

- **Complicanze**

La qualità della vita delle persone affette da PD risulta pesantemente compromessa sin dai primi stadi della malattia. Spesso questi pazienti sono affetti da comorbidità, oltre l'80% di questi presenta fino a 5 o più patologie correlate o conseguenti al PD.

Le patologie concomitanti rientrano nelle seguenti categorie:

- Patologie indipendenti dal morbo di Parkinson
- Patologie direttamente o indirettamente collegate al morbo di Parkinson

Tali complicanze cliniche causano un ulteriore peggioramento nell'espressione di forza fisica e nell'applicare strategie di *coping* (trad. affrontare un movimento). La conseguenza più grave è rappresentata da una minore efficacia della terapia, il cui obiettivo consiste nell'attenuare la sintomatologia ipocinetica e la rigidità. Ad ogni stadio successivo emergono anche sintomi non Parkinson-specifici. Per effetto della terapia inoltre spesso insorgono: patologia alla valvola cardiaca, denervazione autonoma (rivolta a quasi tutti gli organi), malattie a livello articolare ed elevato rischio di frattura [4].

1.2 SCALE CLINICHE VALUTATIVE

1.2.1 Unified Parkinson's Disease Rating Scale

La *Unified Parkinson's Disease Rating Scale* (UPDRS) è uno strumento di valutazione prognostica utilizzata per i soggetti affetti da PD.

La scala è costituita da sei parti, le quali si possono riassumere nel seguente modo:

- 1) Parte I: valutazione clinica di parametri specifici dello stato mentale, del comportamento e dell'umore.
- 2) Parte II: autovalutazione del paziente delle principali attività quotidiane (es. parlare, scrivere, camminare, ecc.)
- 3) Parte III: valutazione clinica delle principali capacità motorie (es. mimica facciale, tremore a riposo, stabilità posturale, ecc.)
- 4) Parte IV: analisi clinica delle complicazioni della malattia (es. discinesie, fluttuazioni cliniche, ecc.)

- 5) Parte V: valutazione prognostica del grado di avanzamento e gravità della malattia secondo la scala di Hoehn e Yahr
- 6) Parte VI: valutazione della disabilità secondo la scala di Schwab and England [5]

La *Movement Disorder Society-Unified Parkinson's Disease Rating Scale* (MDS-UPDRS) è una scala valutativa della UPDRS rivisitata, promossa dalla Movement Disorder Society, maturata agli inizi degli anni duemila successivamente a un'approfondita analisi da parte della Task-Force per le scale valutative specifiche per il PD [6]. Essa si interessa di numerosi ambiti patologici di notevole gravità appartenenti alla scala originale (UPDRS). L'obiettivo della MDS-UPDRS consiste nell'esaminare molteplici aspetti del PD, incluse le attività quotidiane motorie e non motorie e le complicazioni relative al movimento. Tale scala comprende al suo interno una precisa valutazione motoria e individua l'entità di tale patologia su grande scala. La MDS-UPDRS viene ampiamente utilizzata in contesti clinici e anche in ambito di ricerca [7].

La nuova versione mantiene nella sua generalità la struttura di base, allo stesso tempo però si pone come obiettivo quello di impostare con maggior dettaglio e precisione elementi considerati confusi dall'analisi critica.

La versione MDS-UPDRS più recente è suddivisa in quattro parti;

- 1) Esperienze non-motorie della vita quotidiana;
- 2) Esperienze motorie della vita quotidiana;
- 3) Valutazione motoria;
- 4) Complicanze motorie.

La prima parte considera le esperienze non motorie della vita quotidiana e viene compilata nei suoi primi punti dal ricercatore, i restanti dal paziente stesso, senza che risulti necessaria la supervisione.

La seconda parte prende in analisi le esperienze motorie della vita quotidiana ed è strutturata come questionario compilabile in totale autonomia dal paziente, ma può venir sistemata dal *caregiver* o dal ricercatore per aumentarne la chiarezza.

La terza parte consiste nella anamnesi clinica oggettiva eseguita dall'operatore, basandosi sulla sintomatologia motoria specifica e caratterizzante la malattia.

La quarta parte presenta informazioni e dati ricavati dal professionista grazie a domande dirette al paziente. Quest'ultima parte unisce i dati ricavati dal paziente e la valutazione clinica del ricercatore.

La scala valutativa MDS-UPDRS analizza 65 items, a ciascuno dei quali può venir attribuito un punteggio risiedente all'interno dell'intervallo di valori 0-4.

- Punteggio 0 qualora la situazione analizzata appaia vicino alla normalità;
- Punteggio 1 qualora la situazione analizzata presenti alterazioni e scompensi minimi;
- Punteggio 2 qualora la situazione analizzata mostri compromissioni lievi;
- Punteggio 3 qualora la situazione analizzata esibisca danni relativi alla patologia moderati;
- Punteggio 4 qualora la situazione analizzata sia caratterizzata da scompensi notevoli e tipici della malattia [8].

1.2.2 Parkinson's Disease Questionnaire 39

Il *Parkinson's Disease Questionnaire* (PDQ-39) è un questionario validato per la valutazione delle alterazioni della sintomatologia tipica del morbo di Parkinson. Il PDQ-39, questionario patologia-specifico tra i più utilizzati, permette al paziente di misurare il suo stato di salute e la sua *Quality of Life* (QoL). Tale scala considera la frequenza con cui i soggetti affetti da morbo di Parkinson trovano difficoltà nella realizzazione di 8 dimensioni appartenenti alla vita quotidiana, tra cui troviamo le relazioni, le situazioni sociali e la comunicazione.

Grazie all'efficacia di tale questionario siamo in grado di dedurre, con elevata probabilità, il livello di impatto della malattia sulla funzionalità e sul quadro di salute del paziente [9].

1.2.3 Hoehn-Yahr Scale

La scala Hoehn-Yahr è stata inizialmente pubblicata nel 1967 sulla rivista "Neurology" da Margaret Hoehn e Melvin Yahr, proponendosi di analizzare la progressione sintomatologica tipica del morbo di Parkinson. Questo sistema proposto comprendeva cinque stadi, da 1 a 5. Nel 1983 Larsen et al. divulga un articolo dal titolo "*Theoretical and practical issues in assessment of deficits and therapy in Parkinsonism*", aggiungendo due stadi agli originali 5 per la precisione 1.5 e 2.5, per non trascurare alterazioni sintomatologiche intermedie al decorso della malattia.

Le informazioni ricavate dalla scala Hoehn-Yahr di frequente vengono integrate con i dati ottenuti dalla *Unified Parkinson's Disease Rating Scale* (MDS-UPDRS) per garantire una valida analisi dello stadio della malattia e di conseguenza misurare con precisione la gravità del quadro clinico.

Il punteggio della scala Hoehn-Yahr si basa su due criteri di giudizio: l'anamnesi clinica effettuata dall'operatore e le informazioni ricavate dai pazienti e dai *caregivers* [10].

Stadio	Scala Hoehn-Yahr	Scala Hoehn-Yahr modificata
1	Coinvolgimento unilaterale tendenzialmente solo con disabilità funzionale minima o nulla	Esclusivo coinvolgimento unilaterale
1.5	-	Coinvolgimento unilaterale e assiale
2	Coinvolgimento bilaterale o della linea mediana senza compromissione dell'equilibrio	Coinvolgimento bilaterale senza compromissione dell'equilibrio
2.5	-	Malattia bilaterale lieve con recupero al pull test
3	Malattia bilaterale: disabilità da lieve a moderata con riflessi posturali alterati; fisicamente indipendente	Malattia bilaterale da lieve a moderata; qualche instabilità posturale; fisicamente indipendente
4	Malattia gravemente invalidante; ancora in grado di camminare o stare in piedi senza assistenza	Grave disabilità; ancora in grado di camminare o stare in piedi senza assistenza
5	Confinamento a letto o su sedia a rotelle se non aiutato	Legato su sedia a rotelle o costretto a letto a meno che non sia aiutato

Tabella 1. Sistema di valutazione Hoehn-Yahr originale (1967) e modificata (1983)

La Movement Disorder Society raccomanda di non sostituire tale scala a una completa e oggettiva analisi clinica. Riconosce inoltre la genericità delle sue categorie, che non consente di usarla come outcome measure o come base diagnostica per intraprendere interventi effettivi, ma soltanto come traccia per la definizione di criteri di inclusione ed esclusione [11].

1.3 FACIES IPOMIMICA

Con il termine “*facies*” si definisce in ambito medico-scientifico l’apparenza del volto di un soggetto assunta sia in condizioni di salute sia nell’eventuale quadro patologico specifico [12].

L’ipomimia, dal greco “*ipo*” meno e “*mimia*” imitazione, è un’alterazione patologica caratterizzata da apatia e limitata variabilità espressiva, la quale può condurre sia a una diminuzione delle espressioni facciali spontanee involontarie sia a una difficoltà nell’ottenere manifestazioni emotive volontarie.

La facies ipomimica è un sintomo patologico conseguente prevalentemente a malattie come la depressione e il PD. Sfortunatamente quest’ultimo quadro clinico causa ai soggetti quella che viene definita “*poker face*”, una facies assolutamente amimica, priva di tratti distinguibili [13].

In linea generale la bradicinesia facciale si relaziona al livello di gravità del PD, si parla di ipomimia nei primi stadi e di amimia completa negli stadi ultimi. La facies ipomimica è un elemento sintomatologico che consente con notevole verosimiglianza di prevedere disturbi motori e non motori per i cinque anni seguenti [14].

La facies ipomimica viene valutata clinicamente mediante item specifici della scala UPDRS.

3.2 MIMICA FACCIALE		PUNTEGGIO
<i>Istruzioni per l'esaminatore:</i> Osservate il paziente seduto, a riposo, per 10 secondi, mentre non parla e anche mentre parla. Osservate la frequenza di ammiccamento, le espressioni facciali fisse o la perdita dell'espressione facciale, il sorriso spontaneo e l'apertura delle labbra.		
0	Normale:	Mimica facciale normale.
1	Minimo:	Minime espressioni facciali fisse che si manifestano solo come riduzione dell'ammiccamento.
2	Lieve:	Oltre ad una diminuzione dell'ammiccamento, sono anche presenti espressioni facciali fisse nella parte inferiore del viso, cioè riduzione dei movimenti peri-oral, quali ridotto sorriso spontaneo, ma le labbra non sono aperte.
3	Moderato:	Espressioni facciali fisse con labbra ogni tanto aperte quando la bocca è ferma.
4	Grave:	Espressioni facciali fisse con labbra aperte la maggior parte del tempo quando la bocca è ferma.

Figura 1. Punto 3.2 della scala MDS-UPDRS per analisi specifica della mimica facciale

CAPITOLO 2. RIABILITAZIONE

2.1 RIABILITAZIONE MOTORIA

Il trattamento del PD consiste principalmente nella terapia farmacologica, la quale viene normalmente affiancata da un percorso di riabilitazione neuromotoria.

Esiste infatti una diretta proporzionalità tra la precocità diagnostica e l'efficacia delle sedute di riabilitazione. Prima avviene la definizione della diagnosi e della terapia, maggior successo si potrà ottenere dalla riabilitazione.

Il progetto riabilitativo è solitamente multidisciplinare, e differente a seconda della gravità della patologia (iniziale/ben compensata o avanzata/scompensata). Non bisogna inoltre dimenticare che ogni paziente può presentare differenti disabilità a variabili entità. Il trattamento viene pertanto personalizzato poiché attraverso l'adattamento possono essere ottenuti outcomes migliori. Gli obiettivi principali della terapia sono:

- Miglioramento dell'assetto posturale;
- Miglioramento della mobilità e del *Range Of Motion*;
- Miglioramento dell'equilibrio e della coordinazione;
- Miglioramento della respirazione;
- Miglioramento del ciclo del passo (*gait*);
- Ricerca dell'autonomia nelle attività quotidiane.

La riabilitazione motoria nel soggetto affetto da PD punta, inoltre, al rinforzo muscolare globale e al rilassamento muscolare.

Ad accompagnare le sedute di riabilitazione motoria si aggiungono spesso anche incontri di riabilitazione logopedica (disartria e disfonia) e occupazionale, miranti al recupero dell'autonomia nelle attività di tutti i giorni, come vestirsi, cucinare, lavarsi, ecc. [15].

2.2 NUOVI SCENARI

Il considerevole incremento della popolazione affetta dalla patologia in questione consiglia un ulteriore percorso riabilitativo, consistente in terapie fisiche complementari agli esercizi classici. I nuovi scenari riabilitativi proposti consistono in sedute di danza, idroterapia e “*robotic gait training*”, i quali portano a benefici terapeutici, aumentando la mobilità e la qualità di vita in questi soggetti [16].

In considerazione all’obiettivo riscontro di un miglioramento dell’espressività nei pazienti affetti da PD, appare utile e auspicabile una diffusione dell’arte terapia. L’arte terapia può essere vista come riabilitazione che mira alla prevenzione nell’allontanare l’insorgenza della sintomatologia, e nell’alleviare il quadro patologico.

Fermo restando l’innegabile efficacia della terapia farmacologica, vanno riconosciuti la presenza di effetti collaterali e il rischio di saturazione, che porta inevitabilmente i soggetti affetti ad aumentare il dosaggio. Nuovi scenari di riabilitazione come la danzaterapia, musicoterapia o arteterapia non presentano d’altro canto alcuna controindicazione o effetto collaterale.

2.3 ARTE TERAPIA

Illustrazione generica dell’arte terapia e incontri specifici

“Seppure il primo interesse terapeutico nei confronti dell’arte sia nato nel mondo della psichiatria, il limite del lavoro di molti psichiatri è stato quello di mantenere sempre uno sguardo orientato all’analisi diagnostica, estetica e stilistica dei lavori prodotti in ambito psichiatrico, senza riuscire a trasformare l’avventura artistica in un’esperienza propriamente terapeutica” [17].

L’arte terapia insegna a trarre vantaggio terapeutico dalle arti (pittura, scultura, musica, danza, teatro, marionette, narrazione di storie, ecc.) e da percorsi creativi, al fine di promuovere la salute e di alleviare la sintomatologia.

L’ausilio fornito da tale processo riabilitativo consiste nel migliorare il quadro patologico in relazione a una determinata disabilità, nell’affiancare un trattamento medico-chirurgico per incrementare i benefici e migliorare la qualità di vita [18].

L'arte terapia nasce in Gran Bretagna e negli Stati Uniti durante gli anni Quaranta, con lo scopo di curare i reduci di guerra traumatizzati ricoverati in ospedali psichiatrici. Praticata inizialmente da artisti sensibili al potenziale comunicativo dell'arte e da psicologi e psichiatri attratti dal linguaggio pittorico, si sviluppa in seguito come disciplina autonoma, ampliando il suo campo di applicazione alla prevenzione e alla riabilitazione di diversi disturbi psicologici e sociali [19].

Il concetto di arte terapia, intesa come disciplina o insieme di metodologie è relativamente nuovo.

L'arte terapia consiste nella creazione artistica, la quale si basa su sofisticati meccanismi neurologici, includendo il riconoscimento delle forme, la percezione motoria, l'integrazione senso-motoria, l'astrazione e la coordinazione oculo-manuale. In generale, la farmacoterapia garantisce un buon controllo dei sintomi motori soprattutto negli stadi iniziali della terapia, ma l'uso prolungato di farmaci e l'aumento del dosaggio possono prima o poi limitare la loro tollerabilità. Inoltre, molti sintomi non motori, inclusa la fatigue, l'apatia e la disfunzione visuo-spaziale, possono persistere, impattando notevolmente la qualità della vita.

L'intervento di arte terapia è stato specificatamente sviluppato per incrementare le funzioni visuo-spaziali e i bisogni psicologici in pazienti affetti dal morbo di Parkinson. L'arte terapia mira a reclutare networks neurali altamente sofisticati, tra cui lo sviluppo dell'attenzione e la percezione visiva [20].

In particolare, questa tesi fa riferimento a uno studio condotto nella Casa di Cura Villa Margherita (Arcugnano, VI) in cui sono stati analizzati soggetti affetti da PD prima e dopo intervento di arte terapia. In questo caso, l'arte terapia viene sfruttata come intervento riabilitativo multisensoriale per il PD. L'obiettivo principale consiste nel valutare gli effetti dell'esperienza artistica sui sintomi motori e cognitivi dei pazienti affetti dal PD.

CAPITOLO 3. RICONOSCIMENTO DELLE EMOZIONI

3.1 FACIAL ACTION CODING SYSTEM (FACS)

Il *Facial Action Coding System* (FACS) di Ekman e Friesen (1978) è uno degli strumenti più utilizzati per ciò che concerne l'analisi delle espressioni facciali. Il FACS è un approfondito sistema di base anatomica in grado di descrivere tutti i movimenti facciali visivamente distinguibili.

Percorrendo i principali passaggi che hanno permesso la delineazione dell'attuale FACS, iniziamo col ricordare Blurton-Jones (1971), il quale sostiene ci siano tre metodi da utilizzare per descrivere l'attività facciale: il posizionamento di ombre e linee, il muscolo responsabile e/o la principale posizione dei punti di riferimento adottati. Duchenne (1862) propone di ricorrere alla elettromiografia, senza indurre sensazione di dolore, pensando di identificare il movimento facciale conseguente alla stimolazione elettrica precisa di determinati muscoli. Questo metodo purtroppo non permette di analizzare l'azione di tutti i muscoli facciali e col posizionamento superficiale dell'elettrodo talvolta vengono considerati più muscoli, localizzati molto vicini da un punto di vista anatomico. Il maggior contributo proviene da Hjorstjö (1970), il quale ha imparato a reclutare volontariamente i propri muscoli facciali. Essendo tale metodo molto valido, ma poco immediato al soggetto esaminato, viene ancora utilizzato, ma esclusivamente quando l'analisi ottenuta porta a numerosi dubbi.

Il principale obiettivo del FACS inizialmente consisteva nello sviluppare un sistema globale ed esaustivo che permettesse di differenziare tutti i movimenti del viso oggettivamente rilevabili. Successivamente, con la *Facial Affect Scoring Technique* (FAST) [Ekman, Friesen & Tomkins, 1971], lo scopo ricercato si è progressivamente definito, concentrandosi sulla misurazione dei movimenti facciali rilevanti per le emozioni. L'obiettivo di base rimane la capacità di trovare un sistema di codifica che porti alla descrizione di segnali emozionali, per rendere possibile ciò è necessario strutturare uno schema di misurazione che possa distinguere tutti gli atteggiamenti facciali possibili. Oltre a ciò, permane un forte interesse nel trovare uno strumento di studio per i movimenti facciali non obbligatoriamente relativo alle emozioni. Considerando che ogni movimento facciale è il risultato di un'azione muscolare, la creazione di un sistema approfondito e globale deve venir ricavato dalla correlazione precisa tra la modalità di contrazione muscolare e il visibile cambiamento

facciale. Il FACS presenta alcuni vincoli, come per esempio l'esclusiva analisi di ciò che viene visibilmente rilevato (senza considerare le alterazioni non riscontrabili ad occhio nudo), il possibile cambiamento di atteggiamento dei soggetti se a conoscenza di essere sottoposti a verifica, la unica correlazione con i movimenti e non con altri visibili fenomeni facciali. Un ulteriore problema consiste nella difficoltà di descrivere precisamente ogni unità di misurazione.

La determinazione di singole *Action Units* (AUs) e la loro descrizione sono i primi passaggi importanti che hanno portato FACS ad assumere la struttura attuale. In totale sono individuate ed esaminate circa 4.000 combinazioni facciali, della regione superiore, della regione intermedia e della regione inferiore.

Il libro "*Manual for The Facial Action Code*" di Ekman & Friesen, risultato di questo studio è scritto in un formato "fai da te", utilizzabile sia per l'apprendimento iniziale sia per la conseguente valutazione degli atteggiamenti facciali.

3.2 ACTION UNITS (AUs)

L'analisi specifica codifica e suddivide le espressioni facciali in 44 "*action units*" (AUs), ovvero componenti individuali di muscoli facciali [21].

Le AU sono definite su base anatomica e rappresentano il repertorio di base delle espressioni facciali umane. Complessivamente vi sono 44 AUs, di cui solamente 30 sono direttamente collegate alla contrazione di specifici muscoli facciali. Di queste 30, 12 si riferiscono alla parte superiore del volto, le restanti 18 alla parte inferiore del volto [22].

- Descrizione delle emozioni tramite AUs

Le emozioni base definite da Darwin analizzate nel presente lavoro sono felicità, tristezza, paura, rabbia, sorpresa e disgusto [23].

La descrizione del movimento di ognuna di queste è basata su determinate AUs, maggiormente caratterizzanti una specifica emozione.

In tabella 3 vengono riportate le AUs caratterizzanti per ogni emozione.

EMOTION	AUs
Happy	12, 25
Sad	4, 15
Fearful	1, 4, 20, 25
Angry	4, 7, 24
Surprised	1, 2, 25, 26
Disgusted	9, 10, 17

Tabella 2. Descrizione emozioni attraverso AUs (Byong Chul Ko, 2018)

In particolare, in riferimento alle tabelle 3 e 4 e alla Fig. 2, si effettuano le seguenti considerazioni.

L'emozione felicità viene espressivamente descritta dalle AUs 12 e 25, le quali rappresentano rispettivamente l'attivazione del muscolo zigomatico maggiore (sollevatore dell'angolo della bocca) e dei muscoli depressore delle labbra, discensore del mento e orbicolare della bocca. La porzione del volto pertanto più coinvolta è quella inferiore, nello specifico nell'area della bocca.

L'emozione tristezza viene prevalentemente caratterizzata dalle AUs 4 e 15. La AU numero 4 indica il reclutamento muscolare del depressore della glabella, del depressore delle sopracciglia e del corrugatore. La AU numero 15 invece del depressore dell'angolo della bocca (*triangularis*). Deduciamo che in tal caso le aree del volto più interessante si localizzano a livello superiore e inferiore.

L'emozione paura presenta come AUs principali le numero 1, 4, 20 e 25. Esse indicano rispettivamente l'attivazione dei muscoli sollevatore mediale delle sopracciglia (AU 1), depressore della glabella, depressore del sopracciglio, corrugatore (AU 4), risorio, ossia tensore delle labbra (AU 20), depressore delle labbra, separatore delle labbra e orbicolare

della bocca (AU 25). Le porzioni del volto maggiormente richiamate nell'esprimere tale emozione sono quelle superiore mediale e inferiore.

L'emozione rabbia viene caratterizzata prevalentemente dalle AUs numero 4, 7 e 24. La AU numero 4 abbassa la glabella e le sopracciglia e corruga la fronte. La AU numero 7 restringe le palpebre. La AU numero 24 avvicina e stringe le labbra. Le aree del viso maggiormente coinvolte sono quella superiore e quella inferiore.

L'emozione sorpresa presenta le AUs 1, 2, 25 e 26 come più rilevanti (vedi tabella). La AU numero 1 consiste nell'elevazione del sopracciglio mediale, la AU numero 2 nell'elevazione del sopracciglio laterale, la AU numero 25 nella separazione labiale e la AU nell'abbassamento della mandibola. La modifica considerevole di queste quattro AUs durante l'espressione di sorpresa rispetto allo status espressivo neutrale rappresenta un buon indice di mobilità facciale. Durante questa condizione emozionale le porzioni del viso maggiormente rappresentative a livello di contrazione muscolare sono la parte superiore del volto sia mediale che laterale e la parte inferiore, prevalentemente circoscritta a livello boccale.

L'emozione di disgusto presenta tra le più importanti AUs quelle identificate dai numeri 9, 10 e 17. La AU numero 9 svolge il ruolo di avvicinare il labbro superiore al naso formando delle piccole rughe, la AU numero 10 di sollevare il labbro superiore e la AU numero 17 di sollevare il mento. Nell'esprimere tale emozione le aree facciali più coinvolte sono localizzate a livello inferiore nella zona naso-mento.

AU NUMBER	FAC NAME [21]	MUSCULAR BASIS [24]
1	Inner brow raiser	Frontalis, Pars Medialis
2	Outer brow raiser	Frontalis, Pars Lateralis
4	Brow lowerer	Depressor Glabellae; Depressor Supercilli; Corrugator
5	Upper lid raiser	levator Palpebrae superioris
6	Cheek raiser	Orbicularis oculi, pars orbitalis
7	Lid tightener	Orbicularis oculi, pars palebralis
9	Nose wrinkler	Levator labii superioris, alaeque nasi
10	Upper lid raiser	Levator labii superioris, caput infraorbitalis
11	Nasolabial fold deepener	Zygomatic minor
12	Lip corner puller	Zygomatic major
13	Cheek puffer	Caninus

14	Dimpler	Buccinator
15	Lip corner depressor	Triangularis
16	Lower lip depressor	Depressor labii
17	Chin raiser	Mentalis
18	Lip puckerer	Incisivii labii superioris; incisive labii inferioris
20	Lip stretcher	Risorius
22	Lip funneler	Orbicularis oris
23	Lip tightner	Orbicularis oris
24	Lip pressor	Orbicularis oris
25	Lips part	Depressor labii, or relaxation of mentalis or orbicularis oris
26	Jaw drop	Maseter; temporal and internal pterygoid relaxed
27	Mouth stretch	Pterygoids; digastric
28	Lip suck	Orbicularis oris
19	Tongue out	
21	Neck tightener	
29	Jaw thrust	
30	Jaw sideways	
31	Jaw clencher	
32	Lip bite	
33	Cheek blow	
34	Cheek puff	
35	Cheek suck	
36	Tongue bulge	
37	Lip wipe	
38	Nostril dilator	Nasalis, Pars Alaris
39	Nostril compressor	Nasalis, Pars Transversa and Depressor Septi Nasi
41	Lid droop	Relaxation of Levator Palpebrae Superioris
42	Slit	Orbicularis Oculi
43	Eyes closed	Relaxation of Levator Palpebrae Superioris
44	Squint	Orbicularis Oculi, Pars Palpebralis
45	Blink	Relaxation of Levator Palpebrae and Contraction of Orbicularis Oculi, Pars Palpebralis
46	Wink	Orbicularis Oculi

Tabella 3. Descrizione AUs in inglese

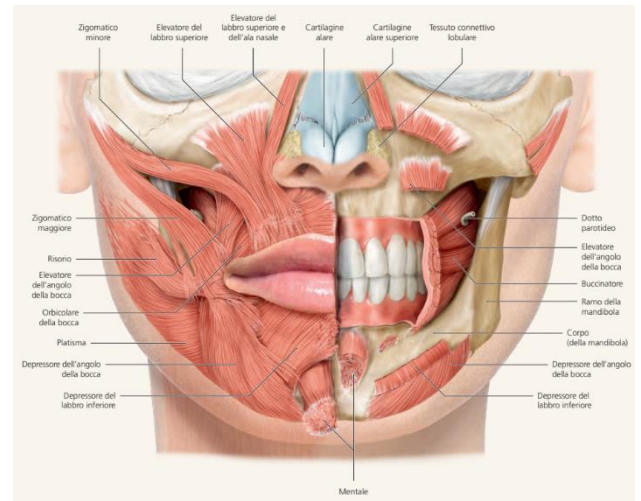
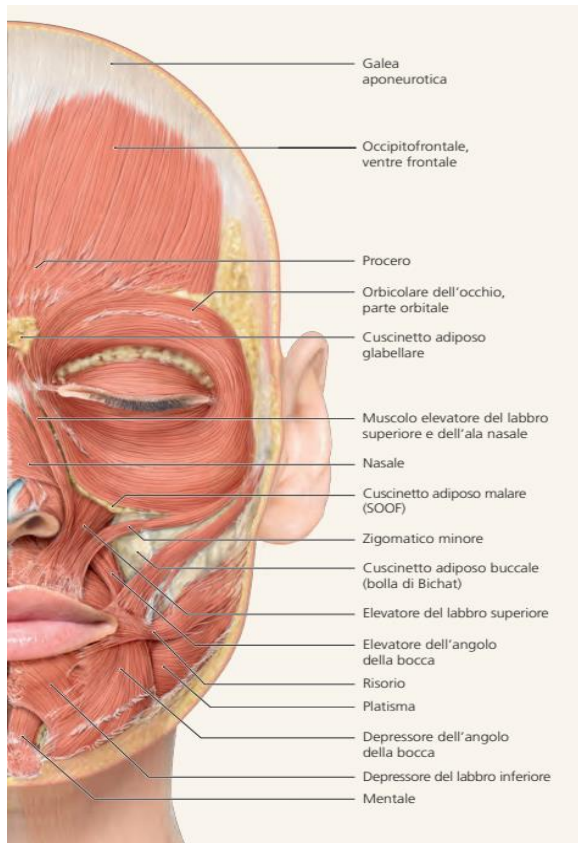


Figura 2. *Illustrazione dei muscoli facciali dell'emiparte sinistra e della porzione inferiore del volto [25]*

3.3 SOFTWARE ALLO STATO DELL'ARTE

Allo stato dell'arte diversi software vengono impiegati nel riconoscimento facciale e nella classificazione delle emozioni. Di seguito vengono riportati alcuni esempi:

- iMotions
- FaceReader
- Intra-face

3.4 CLASSIFICARE EMOZIONI RISPETTO AUs

In seguito, una descrizione di alcuni software allo stato dell'arte sviluppati per il riconoscimento facciale delle emozioni.

3.4.1 *iMotions*

Il programma i-Motion valuta le espressioni facciali utilizzando un sistema di codifica facciale automatico in un'unica piattaforma. Tale sistema consiste in un processo di rilevazione delle emozioni umane attraverso le espressioni facciali. Grazie all'analisi è possibile valutare l'impatto di qualsiasi stimolo (*content*), il quale viene proposto appositamente per suscitare attivazione emotiva e risposte facciali.

Il volto umano è un valido e significativo indicatore per le emozioni. Il software di interpretazione facciale decodifica le reazioni emotive direttamente, senza alcun coinvolgimento emotivo. Queste emozioni vengono rilevate in tempo reale attraverso un algoritmo che registra le espressioni facciali via webcam.

L'*iMotion Facial Expression Analysis* (FEA) Module si avvale di altri motori di codifica facciale computerizzati. Il software attraverso una telecamera permette di sincronizzare in tempo reale le espressioni facciali delle emozioni con gli stimoli. I video vengono importati per poi successivamente venir elaborati grazie a strumenti di visualizzazione interna. I dati possono fornire la base per successive analisi.

- **Categorie di emozioni facciali**

L'*iMotion Facial Expression Analysis Module* fornisce 20 misure di espressione facciale (AUs), punti di riferimento facciali, e indici di comportamento, come per esempio l'inclinazione del capo e l'attenzione. Le misurazioni ottenute esprimono i livelli di somiglianza tra il risultato atteso e quello ottenuto e la capacità di mantenimento espressiva, che insieme ai dati ricavati dai biosensori, all'auto-rilevazione, all'analisi dell'espressione facciale e all'osservazione dell'atteggiamento offrono una lettura più completa.

3.4.2 *FaceReader*

Molti ricercatori si sono avvalsi del software FEA per ottenere una migliore valutazione delle emozioni. FaceReader è il sistema automatico più solido per il riconoscimento di una serie di particolari delle immagini facciali, tra cui le sei di base, conosciute come le espressioni universali: felicità, tristezza, rabbia, sorpresa, paura, disgusto. Il programma è in grado di riconoscere lo stato emotivo neutrale e di disgusto. Indipendentemente dall'età del soggetto, FaceReader calibra l'analisi ricorrendo al modello più adatto.

FaceReader è veloce, flessibile, oggettivo, preciso e pratico. Analizza in modo immediato i dati (in tempo reale, in video o foto), con notevole risparmio di tempo. Il software offre la possibilità di registrare degli audio per poter enfatizzare il risultato espressivo.

3.4.3 *Intra-face*

Graham Page (Managing Director of Media Analytics, Affectiva)

- Misurazione delle emozioni e reazioni immediate
- Identificazione dello stimolo scatenante la risposta
- Utilizzato da più del 25% delle 500 ditte di Fortune Global

CAPITOLO 4. MATERIALI E METODI

Lo scopo della tesi è quello di analizzare l'indice di mobilità facciale (FMI) di soggetti affetti da Morbo di Parkinson prima e dopo intervento di arte terapia. L'indagine sugli effetti di tale intervento viene effettuata grazie all'utilizzo di un software sviluppato presso il laboratorio di Bioingegneria del Movimento che si avvale del sistema di codificazione facciale (FACS), il quale permette una precisa descrizione delle espressioni facciali per mezzo delle *Action Units* (AUs). In questa sede viene discussa l'efficacia dell'intervento di arte terapia sulla base del confronto delle condizioni di pre e post-trattamento in soggetti patologici.

4.1 PARTECIPANTI

- Campionamento, criteri di inclusione e di esclusione allo studio

La popolazione dello studio è costituita da 7 individui affetti da PD idiopatico (*PD Cohort Parkinson Disease*) e da 17 soggetti sani di controllo (*HC Healthy Control Subject group*); questi ultimi dati già presenti nel database del laboratorio di Bioingegneria del Movimento dell'Università di Padova.

Lo studio è stato condotto presso il dipartimento di Medicina Riabilitativa della Casa di Cura Privata Villa Margherita, sita ad Arcugnano (VI). Il centro è un punto di riferimento regionale e nazionale per la neuroriabilitazione dei pazienti affetti da disordini del movimento. In tabella t vengono riportati i dati anagrafici dei soggetti PD analizzati. Il database di soggetti sani viene matchato per età (età media \pm SD): 66.53 (\pm 7.16 anni).

SOGGETTI	ETA	PESO (kg)	ALTEZZA (m)	BMI (kg/m ²)
PD1	68	81	1,67	29,04370899
PD2	67	92	1,78	29,03673779
PD3	73	81	1,84	23,92485822
PD4	69	59	1,6	23,046875
PD5	72	56	1,61	21,60410478
PD6	63	72	1,84	21,26654064
PD7	69	95	1,66	34,4752504

Tabella 4. Et , peso, altezza e indice di massa corporea

- Arruolamento, acquisizione del consenso informato e procedura di screening

I soggetti vengono arruolati presso il dipartimento di Medicina Riabilitativa della Casa di Cura Privata Villa Margherita. Viene richiesto, ove necessario, il permesso di accedere alla documentazione clinica pregressa per valutare l'eleggibilit  dei soggetti interessati a partecipare allo studio. Solo lo sperimentatore principale e il personale da lui espressamente delegato hanno accesso ai dossier dello sperimentatore, mantenuti all'interno di un luogo del dipartimento di Medicina Riabilitativa della Casa di Cura Privata Villa Margherita identificato come ragionevolmente idoneo a garantirne la sicurezza e la privacy. Di seguito vengono riportati i criteri di inclusione ed esclusione dello studio:

Criteri di inclusione

- Donna o Uomo;
- Et  40-90 anni;
- Diagnosi di PD idiopatia stabilita da specialista neurologo;
- Stadiazione di PD 1-4 secondo Hoehn-Yahr;
- Stabilit  del regime farmacologico nelle 2 settimane precedenti all'arruolamento.

Criteri di esclusione

- Condizioni mediche severe o instabili (es. patologie oncologiche, labilit  pressoria, coronaropatia acuta);
- Interventi chirurgici maggiori eseguiti nei 3 mesi precedenti all'arruolamento;

- Storia di gravi e disabilitanti fluttuazioni motorie e non-motorie per > 50% del tempo di veglia giornaliero;
- Depressione maggiore, grave disturbo depressivo non trattato, o punteggio > 20 alla *Beck Depression Inventory*;
- Storia di abuso di sostanze;
- Disturbo psichiatrico acuto richiedente trattamento psichiatrico specifico, inclusi allucinosi florida, delirium, disturbi formali del pensiero;
- Patologia traumatica cerebrale;
- Disabilità intellettiva grave o moderata (QI < 70);
- Compromissione grave o moderata delle abilità cognitive (MMSE < 20);
- Grave deprivazione sensoriale: sordomutismo o acuità visiva < 10/10 sec. Snellen;
- Interventi neurochirurgici eseguiti nei 6 mesi precedenti all'arruolamento;
- Allergia o reazioni di intolleranza a comuni coloranti, pigmenti e solventi utilizzati nella produzione di manufatti artistici.

4.2 ANALISI DATI

I dati sono stati elaborati con TrackOnField (BBSof S.r.l.), software sviluppato dal Laboratorio di Bioingegneria del Movimento dell'Università di Padova e validato per il tracking e con MatLab, software di analisi numerica e statistica.

Le emozioni analizzate sono complessivamente sei, con in aggiunta l'espressione neutrale. Successivamente all'acquisizione dei video, sono stati estratti quattro fotogrammi per ognuno, nello specifico per ogni stato emotivo richiesto dall'operatore. L'insieme dei punti da tracciare sono stati definiti dal *Facial Action Coding System* (FACS), per un totale di quaranta punti bidimensionali.

4.2.1 TrackOnField

Grazie al programma TrackOnField è stato possibile il tracciamento dei punti specifici, dalle coordinate dei quali sono state ricavate quaranta distanza euclidee elaborate per ogni fotogramma.

Questo lavoro ha utilizzato un indice quantitativo, il *Face Mobility Index* (FMI). Si tratta di un metodo semplice di interpretazione ipomimica, basato su distanze tra paia di elementi geometrici e da classificazione metrica definita. Tale indice viene utilizzato per quantificare il livello di alterazione in soggetti con PD e per quantificare il sintomo.

4.2.2 MatLab

Matlab (abbreviazione di *Matrix Laboratory*) è un software di prima versione datato 1984 validato per l'analisi numerica e statistica, che ingloba al suo interno anche il linguaggio di programmazione della MathWorks. Le funzioni espletate dal programma sono molteplici, tra le principali troviamo: manipolazione di matrici, visualizzazione di funzioni e dati, implementazione di algoritmi, creazione di interfacce utente e interfacce con diversi programmi [26], [27].

Nel presente lavoro sono utilizzati codici sviluppati in ambiente MatLab dal Laboratorio di Bioingegneria del Movimento dell'Università di Padova. Successivamente al lavoro di estrazione di punti, sono stati elaborati i dati attraverso codici in MatLab, dal quale è stato possibile ricavare l'indice di mobilità facciale.

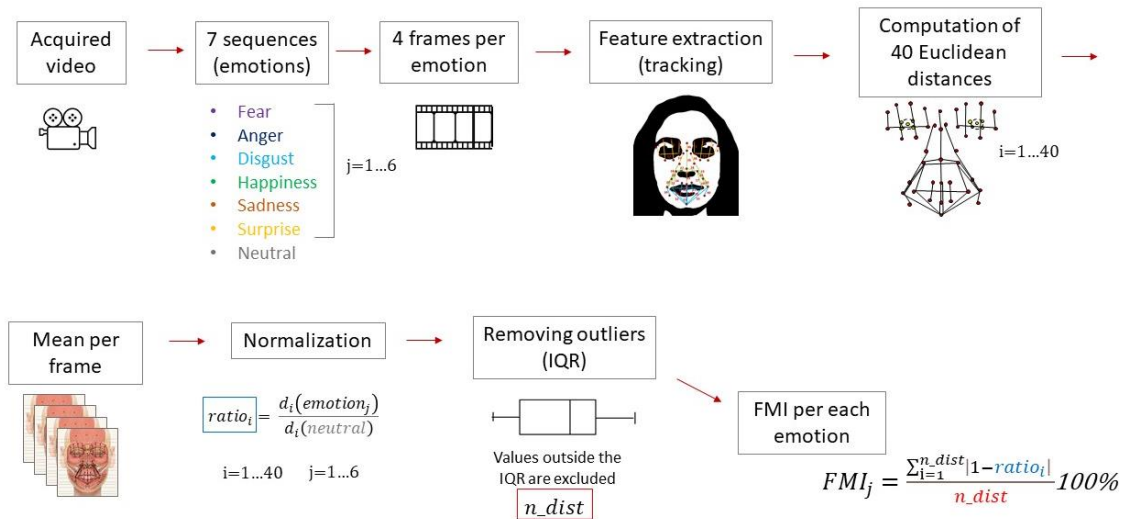


Figura 3. Schema riassuntivo di materiali e metodi

- Acquisizione video

L'analisi dell'indice di mobilità facciale, in inglese *Face Mobility Index* (FMI) è avvenuta sulla base di acquisizioni video. L'operatore chiede ai soggetti di riprodurre attivamente, ricorrendo a espressioni facciali, le emozioni comunicate in ordine casuale. Per esempio, con la richiesta "felicità" (*happiness*) dell'operatore il soggetto si sforzerà di esprimere al suo meglio tale emozione mentre verrà filmato l'atteggiamento espressivo del suo volto.

- 7 sequenze (emozioni) e 4 *frames* per emozione

Il video acquisito ha come punto di riferimento l'espressione neutrale del soggetto, ossia la posa a riposo priva di ogni comunicazione emozionale. Le emozioni richieste sono: paura, rabbia, disgusto, felicità, tristezza e sorpresa. Il video viene suddiviso in 7 sequenze, una per ogni emozione estratta.

Successivamente per ciascun video viene annotato il secondo in cui si riscontrava la massima espressività dell'emozione relativa. Per ogni emozione sono estratti 4 frame.

- Estrazione delle *features*

Attraverso l'utilizzo dei programmi TrackOnField e MatLab sono state impostate le *features*, ricavate le distanze tra esse e successivamente calcolato l'FMI. In tabella 6 vengono riportate le *features* e i relativi reperi cutanei.

FEATURES	REPERI CUTANEI
1	Sopracciglio dx
2	Sopracciglio dx
3	Sopracciglio dx
4	Sopracciglio dx
5	Angolo esterno palpebra dx
6	Palpebra dx
7	Palpebra dx
8	Angolo interno palpebra dx
9	Sopracciglio sx
10	Sopracciglio sx
11	Sopracciglio sx

12	Sopracciglio sx
13	Angolo interno palpebra sx
14	Palpebra sx
15	Palpebra sx
16	Angolo esterno palpebra sx
17	Inserzione del muscolo elevatore del labbro superiore e dell'ala nasale dx
18	Punto medio del segmento tra le features 4 e 9
19	Inserzione del muscolo elevatore del labbro superiore e dell'ala nasale sx
20	Elevatore del labbro superiore dx
21	Esterno narice dx
22	Interno narice dx
23	Elevatore del labbro superiore sx
24	Esterno narice sx
25	Interno narice dx
26	Elevatore dell'angolo della dx (muscolo)
27	Risorio dx (muscolo)
28	Depressore dell'angolo della bocca dx (muscolo)
29	Elevatore dell'angolo della bocca sx (muscolo)
30	Risorio sx (muscolo)
31	Depressore dell'angolo della bocca sx (muscolo)
32	Commessura labiale dx
33	Angolo di cupido (labbro superiore)
34	
35	
36	Commessura labiale sx
37	Depressione labiale (labbro inferiore)
38	
39	
40	
41	Centro fronte
42	

43	Punti di intersezione dell'iride con palpebre superiori e inferiori (occhio dx)
44	
45	
46	
47	Centro pupilla occhio dx
48	Punti di intersezione dell'iride con palpebre superiori e inferiori (occhio sx)
49	
50	
51	
52	Centro pupilla occhio sx
53	Punto medio del segmento tra le features 4 e 9
54	Punto medio del segmento tra le features 8 e 13
55	Punta del naso
56	Solco mento labiale

Tabella 5. Features e relativi reperi cutanei

- Computazione di 40 distanze euclidee

In Fig. 4 viene riportata la suddivisione delle 40 distanze totali nelle 13 distanze relative alla regione superiore del volto, le 15 distanze relative alla regione intermedia e le 12 distanze relative alla regione inferiore del volto.

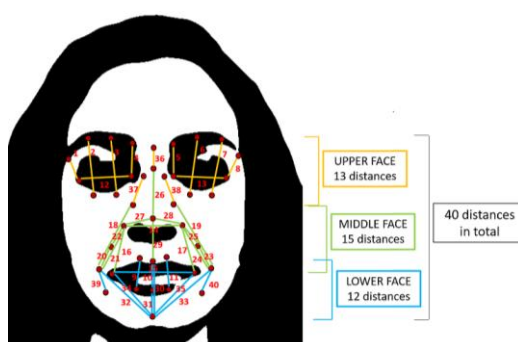


Figura 4. Soggetto in bianco e nero con distanze suddivise in regione superiore, intermedia e inferiore del volto.

In tabella 7 viene proposta la descrizione anatomica di ogni distanza.

DISTANZA	DESCRIZIONE
1-5	sopracciglio dx - angolo esterno palpebra inferiore dx
2-6	sopracciglio dx - palpebra inferiore dx
3-7	sopracciglio dx - palpebra inferiore dx
4-8	sopracciglio dx - angolo interno palpebra inferiore dx
9-13	sopracciglio sx - angolo interno palpebra inferiore sx
10-14	sopracciglio sx - palpebra inferiore sx
11-15	sopracciglio sx - palpebra inferiore sx
12-16	sopracciglio sx - angolo esterno palpebra inferiore sx
33-37	labbro superiore - labbro inferiore
34-38	vermiglio (angolo di cupido) - labbro inferiore
35-39	labbro superiore - labbro inferiore
5-8	angolo esterno - angolo interno occhio dx
13-16	angolo interno - angolo esterno occhio dx
21-24	esterno narice dx - esterno narice sx (diametro del naso)
32-36	commessura labiale dx - commessura labiale sx (larghezza bocca)
21-32	esterno narice dx - commessura labiale dx
24-36	esterno narice sx - commessura labiale sx
20-27	elevatore del labbro superiore dx - risorio dx
23-30	elevatore del labbro superiore sx - risorio sx
27-26	risorio dx - elevatore angolo della bocca dx
27-21	risorio dx - esterno narice dx
21-26	esterno narice dx - elevatore angolo della bocca dx
30-29	risorio sx - elevatore angolo della bocca sx
30-24	risorio sx - esterno narice sx
24-29	esterno narice sx - elevatore angolo della bocca sx
54-55	punto medio el segmento tra angoli interni occhi - punta del naso
21-55	esterno narice dx - punta del naso
24-55	esterno narice sx - punta del naso
55-34	punta del naso - vermiglio (angolo di cupido)
34-56	vermiglio (angolo di cupido) - solco mento-labiale
38-56	labbro inferiore (depressione labiale) - solco mento-labiale
27-56	solco naso-genieno (medio) dx - solco mento-labiale
30-56	solco naso-genieno (medio) sx - solco mento-labiale
32-56	commessura labiale dx - solco mento-labiale
36-56	commessura labiale sx - solco mento-labiale

Tabella 6. Distanze e relative descrizioni

- Media per *frame*
- Normalizzazione

Ogni distanza viene normalizzata in base al valore corrispettivo del fotogramma dell'espressione neutra (equazione (1)).

$$ratio_i = \frac{d_i(emotion_j)}{d_i(neutral)} \quad i = 1 \dots 40, \quad j = 1 \dots 6$$

Equazione 1. Normalizzazione distanze delle emozioni rispetto alle distanze in condizione neutra

- Rimozione *outliers* (IQR Range Interquartile)

I valori fuori dal range interquartile (IQR) vengono esclusi dalle analisi.

- Analisi statistica

Le distanze normalizzate sono state confrontate tra i soggetti patologici nelle condizioni di pre-trattamento e post-trattamento tramite il Kruskal-Wallis test.

- FMI per ogni emozione

$$FMI_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_dist} |1 - ratio_i|}{n_dist} 100\%$$

Equazione 2. Calcolo Face Mobility Index (FMI)

Per ogni emozione ($j=1 \dots 6$), l'FMI viene calcolato dalla sommatoria della percentuale di deviazione dalla espressione neutra. In seguito, l'FMI è stato normalizzato in base al numero delle distanze disponibili (n_dist).

CAPITOLO 5. RISULTATI E DISCUSSIONE

In seguito, i risultati ottenuti dallo studio proposto vengono presentati graficamente. In ordine vengono riportate le analisi per soggetto singolo (patologici) confrontando i dati acquisiti a T0 e T1 (5.1), le analisi dei dati medi di FMI a T0 e T1 (5.2), le analisi FMI T0-T1 TOTALE (5.3), le analisi FMI a T0 e T1 regione superiore, intermedie e inferiore del volto (5.4), le analisi delle distanze delle espressioni facciali T0-T1 (5.5) e le analisi HC-PD T0-T1 (5.6).

5.1 ANALISI SOGGETTO SINGOLO T0-T1

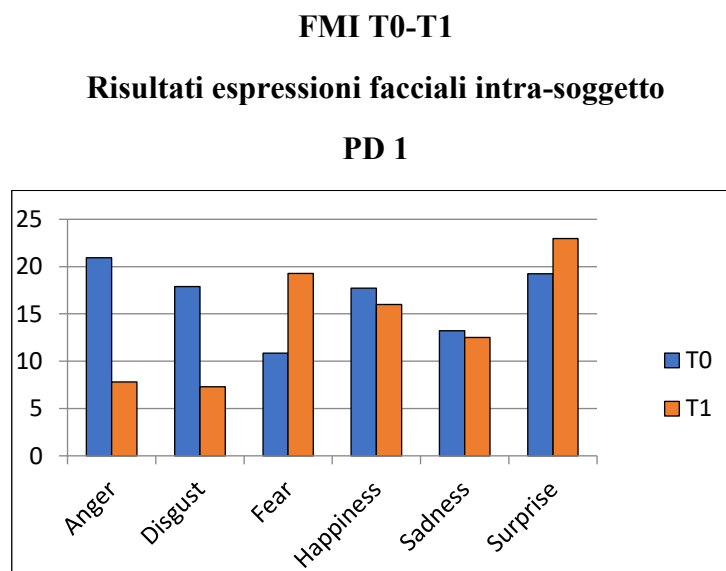


Figura 5. Risultati FMI del soggetto PD1 in condizione di pre-arterapia [T0] (blu) e in condizione di post-arterapia [T1] (arancione).

PD2

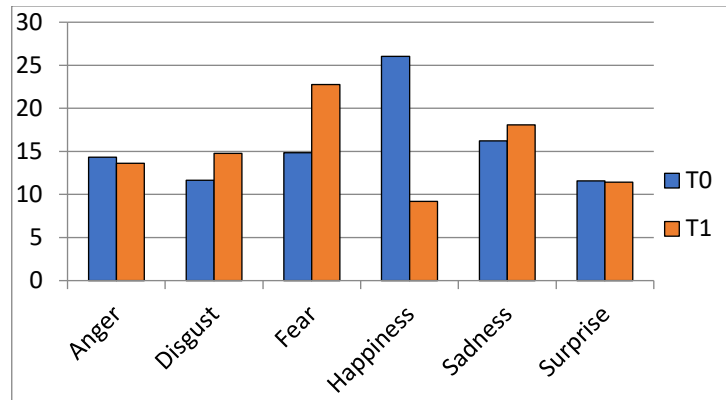


Figura 6. Risultati FMI del soggetto PD2 in condizione di pre-arteterapia [T0] (blu) e in condizione di post-arteterapia [T1] (arancione).

PD3

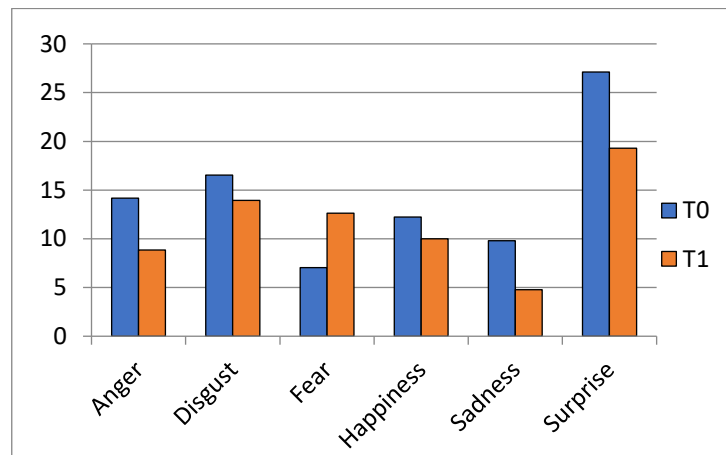


Figura 7. Risultati FMI del soggetto PD3 in condizione di pre-arteterapia [T0] (blu) e in condizione di post-arteterapia [T1] (arancione).

PD4

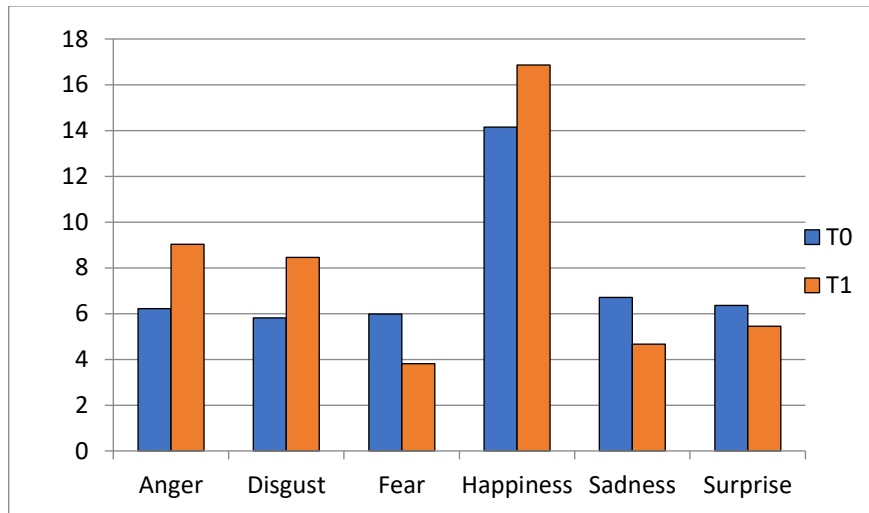


Figura 8. Risultati FMI del soggetto PD4 in condizione di pre-arteroterapia [T0] (blu) e in condizione di post-arteroterapia [T1] (arancione).

PD5

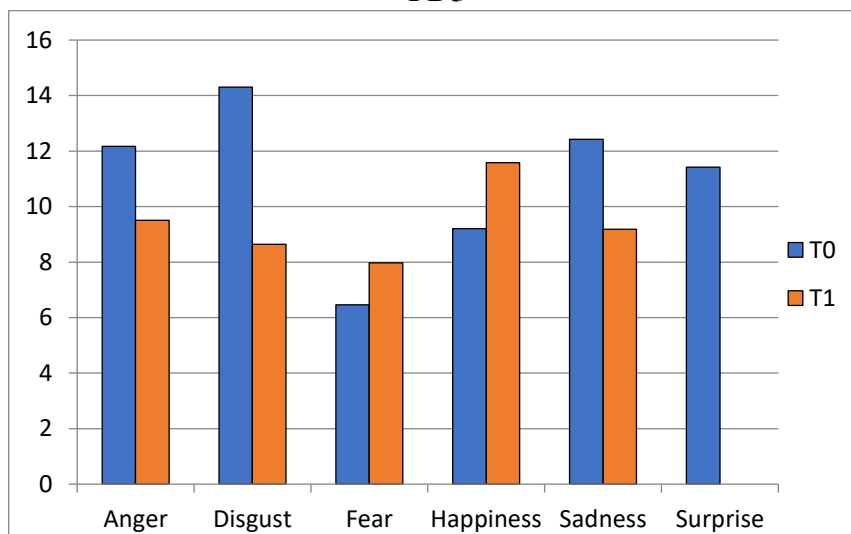


Figura 9. Risultati FMI del soggetto PD5 in condizione di pre-arteroterapia [T0] (blu) e in condizione di post-arteroterapia [T1] (arancione).

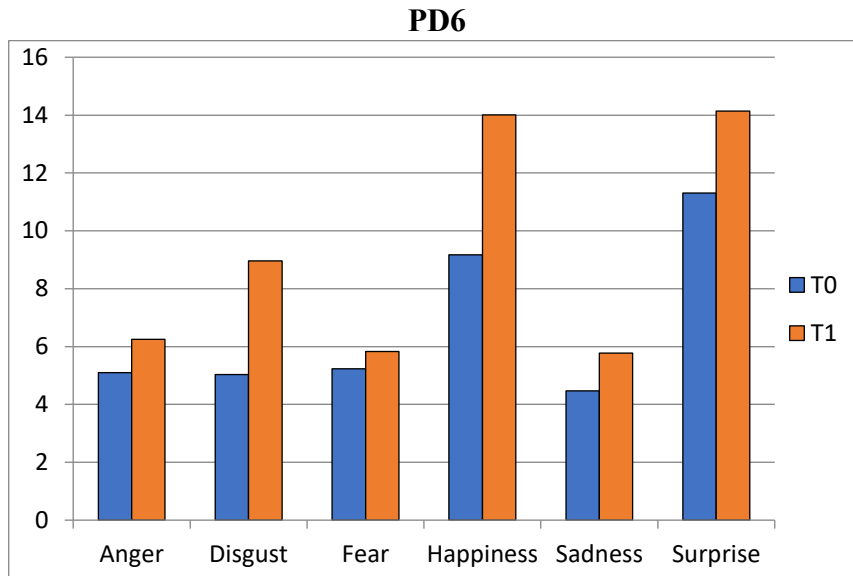


Figura 10. Risultati FMI del soggetto PD6 in condizione di pre-arteterapia [T0] (blu) e in condizione di post-arteterapia [T1] (arancione).

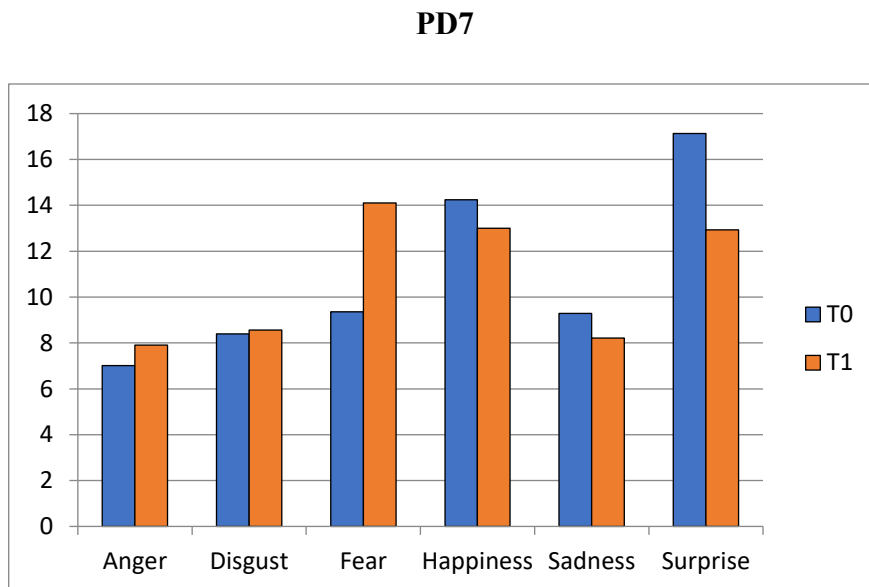


Figura 11. Risultati FMI del soggetto PD7 in condizione di pre-arteterapia [T0] (blu) e in condizione di post-arteterapia [T1] (arancione).

Basandosi sui grafici precedentemente riportati, dei quali ciascuno è stato elaborato per ogni soggetto con PD, si possono trarre le seguenti considerazioni:

- Il soggetto PD1 guadagna un buon grado di mobilità soprattutto per quanto riguarda le espressioni di paura e sorpresa (Fig. 5);
- Il soggetto PD2 raggiunge buoni livelli di FMI nell'esprimere le emozioni di disgusto, paura e tristezza (Fig. 6);
- Il soggetto PD3 ottiene un buon grado di mobilità per l'espressione di paura (Fig. 7);
- Il soggetto PD4 guadagna un notevole FMI per le espressioni di paura, disgusto e felicità (Fig. 8);
- Il soggetto PD5 raggiunge un buon indice di mobilità facciale per quanto riguarda le emozioni di paura e felicità (Fig. 9);
- Il soggetto PD6 arriva ad ottenere buoni livelli di FMI durante ciascuna emozione, in particolare in quelle di disgusto felicità e sorpresa (Fig. 10);
- Il soggetto PD7 presenta considerevoli raggiungimenti di FMI con le espressioni di rabbia, disgusto e paura (Fig. 11)

5.2 ANALISI MEDIE FMI T0-T1

In Fig. 12 sono illustrate le medie dell'FMI durante le sei emozioni di base inter-soggetti PD in entrambe le condizioni esaminate, è possibile pertanto effettuare un confronto tra la situazione T0 e la situazione T1.

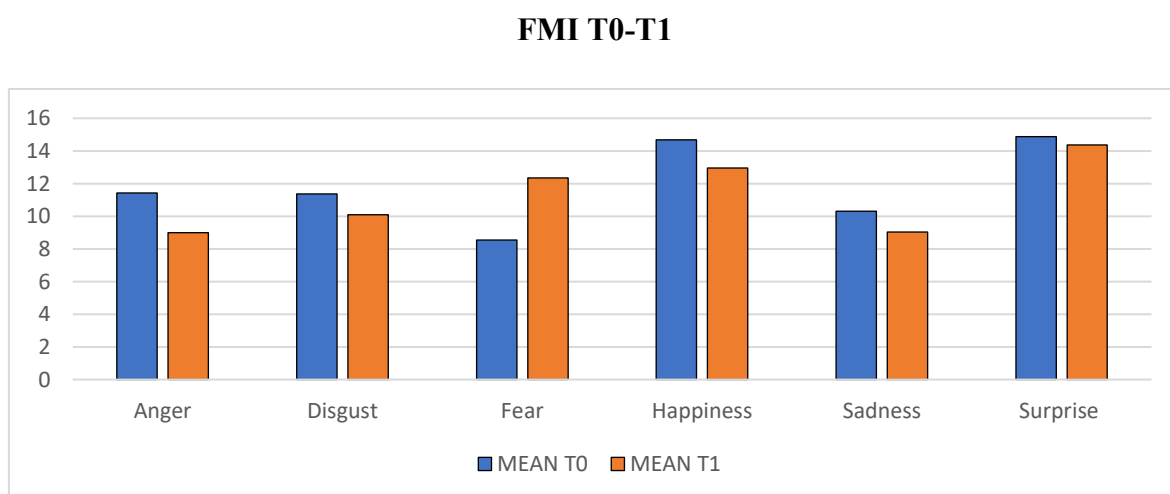


Figura 12. Medie dei risultati FMI dei soggetti PD in condizione pre-arteterapia [T0] (blu) e in condizione post-arteterapia [T1] (arancione)

Sulla base del grafico riportato in Fig. 12, illustrante i valori medi di FMI ottenuti in condizione di pre-trattamento e post-trattamento, è possibile sostenere che:

- L'indice di mobilità facciale raggiunge un ottimo guadagno durante l'emozione di paura per complessivamente tutti i soggetti PD esaminati;
- Durante le emozioni di disgusto, felicità, tristezza e sorpresa l'FMI, sia in condizione T0 che in condizione T1, viene approssimativamente mantenuto;
- Le espressioni di paura, felicità e sorpresa sono tendenzialmente le espressioni facciali che presentano un elevato FMI.

5.3 ANALISI FMI T0-T1 TOTALE

In Fig. 13, attraverso un boxplot, viene illustrato l'indice di mobilità facciale inter-soggetti per ogni emozione di base nella condizione T0 e nella condizione T1. È possibile effettuare confronti tra le due condizioni di studio avendo a disposizione mediana e range interquartile per ogni espressione facciale.

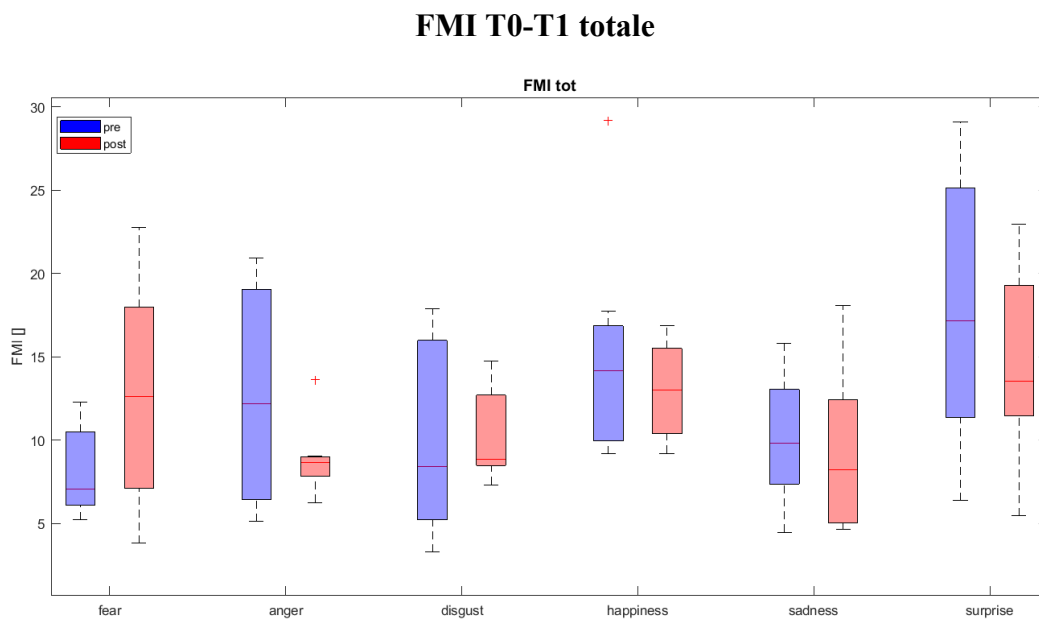


Figura 13. Boxplot dell'FMI totale per ogni emozione di base. L'asse delle x illustra le sei emozioni di base; l'asse delle y il valore dell'FMI. Le condizioni pre-arterapia [T0] e post arte-terapia [T1] vengono rispettivamente raffigurate con il colore blu e il colore rosso. Maggiore è il valore raggiunto dall'FMI più grande sarà la deviazione dallo status espressivo neutrale. FMI è un indice adimensionale.

Il boxplot riportato in Fig. 13 permette di formulare le seguenti considerazioni:

- L’FMI dell’espressione di paura ha raggiunto risultati notevoli, discostandosi di molto la mediana della condizione di T0 da quella di T1;
- L’FMI dell’espressione rabbia diminuisce considerevolmente di variabilità, ottenendo pertanto risultati particolarmente uniformi;
- Sono presenti due outliers nell’FMI dell’espressione di rabbia (T1), e nell’espressione di felicità (T0).

5.4 FMI T0-T1 (REGIONE SUPERIORE, INTERMEDIA E INFERIORE DEL VOLTO)

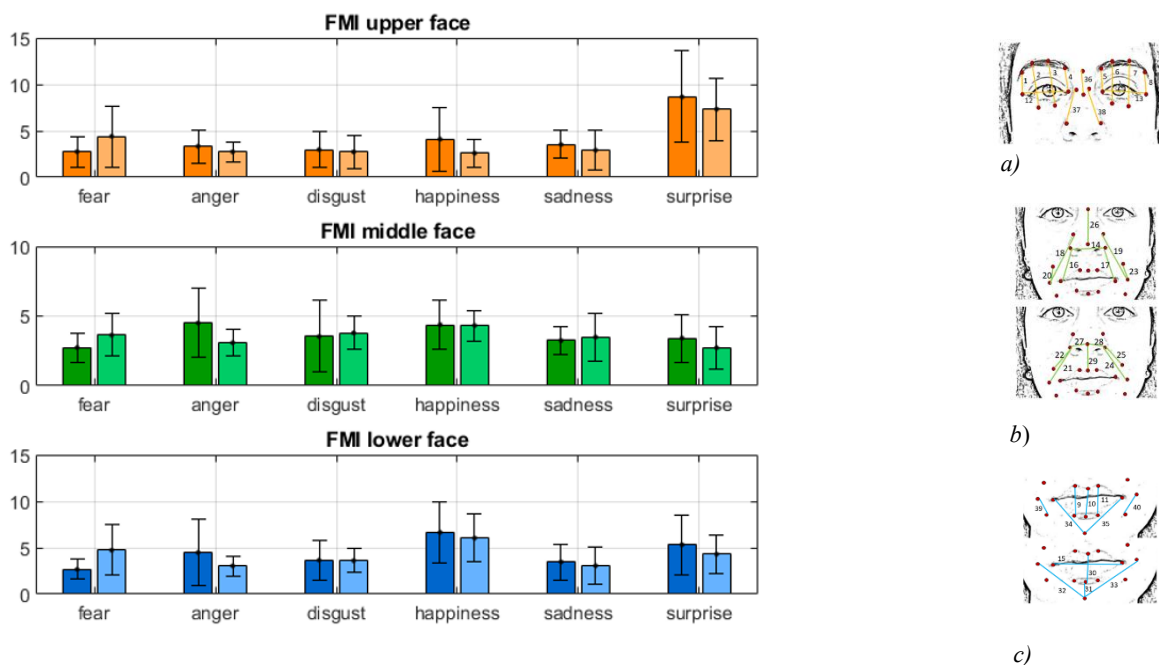


Figura 14. A sinistra: FMI per ogni emozione di base, suddiviso nella regione superiore, intermedia e inferiore del volto. Nell'asse delle x vengono presentate le sei emozioni di base, nell'asse delle y l’FMI. Le colonne di colorazione più scura e quelle di colorazione più chiara rappresentano rispettivamente la condizione pre-arteroterapia [T0] e la condizione post-arteroterapia [T1]. A destra: soggetto in bianco e nero, con distanze arancioni per la porzione superiore del volto (a), verdi per quella intermedia (b) e blu per quella inferiore (c).

Considerando il precedente grafico (Fig. 14), i cui valori di FMI vengono suddivisi per porzioni del volto (superiore, intermedia e inferiore), e utilizzando come riferimento le distanze sulla destra, anch’esse sotto-raggruppate, è possibile osservare che:

- L’espressione di paura è quella che ha guadagnato maggiormente in mobilità facciale (FMI), se confrontata con le altre espressioni. Questo incremento di mobilità si

riscontra sia nella porzione superiore (*upper face*), che in quella intermedia (*middle face*) e inferiore (*lower face*);

- L'espressione di disgusto rimane sostanzialmente invariata per quanto riguarda il livello di mobilità facciale;
- L'espressione di sorpresa ci permette di riscontrare un'elevata mobilità (sia nella condizione di pre-trattamento che nella condizione di post-trattamento soprattutto a livello della regione superiore del volto).

5.5 ANALISI DISTANZE ESPRESSIONI FACCIALI T0-T1

Misure distanze T0-T1 e FMI espressioni facciali

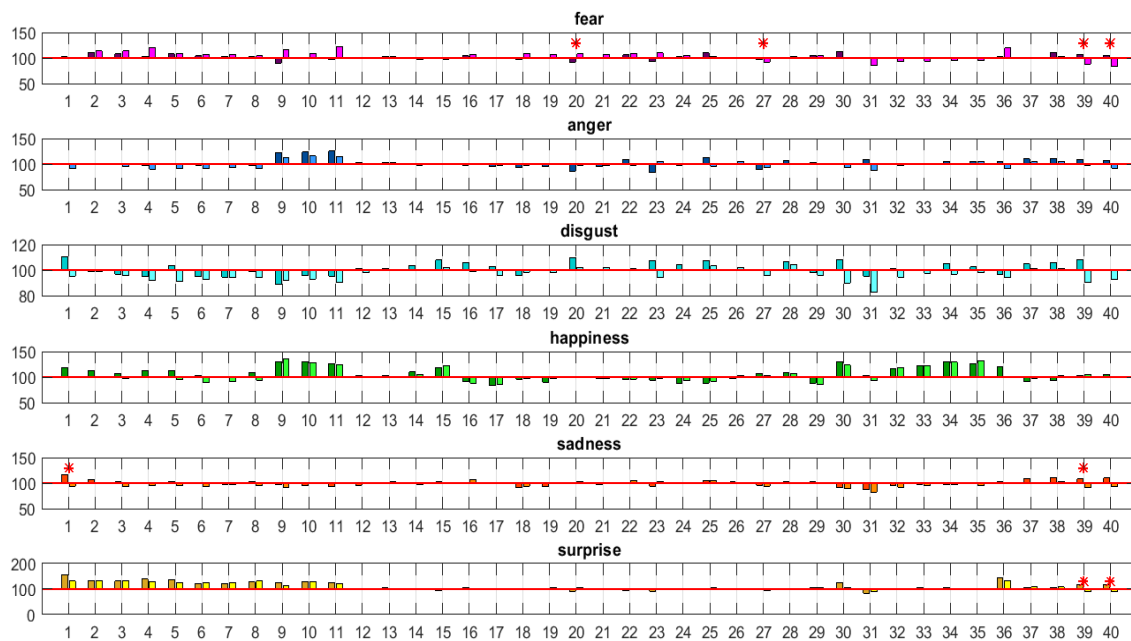


Figura 15. Distanze normalizzate per ogni emozione. L'asse delle x presenta le distanze, l'asse delle y l'FMI. La linea rossa centrale indica lo status espressivo neutrale. I valori maggiori del 100%, ossia che si discostano positivamente dalla linea rappresentante la condizione neutra, dichiarano un aumento della mobilità facciale durante le relative emozioni. Contrariamente, per quanto concerne i valori negativi al 100%. (*) in rosso rappresentano le significatività statistiche tra le due condizioni.

Di seguito vengono presentate le considerazioni complessive, prendendo come riferimento la Fig. 15, la quale indica la distanza dei valori dalla condizione neutra per ogni emozione.

- L'espressione di paura manifesta diversi guadagni di mobilità facciale (distanze 2, 3, 4, 9, 10, 11, 23, 30, 31, 36 - distanze prevalentemente della parte superiore e inferiore

del volto). Incrementi statisticamente significativi sono stati riscontrati con le distanze 20, 27, 39 e 40 (porzione centrale e inferiore del volto);

- L'espressione di rabbia migliora in mobilità soprattutto per quanto concerne la regione inferiore del volto (distanze 9, 10, 11);
- L'espressione di disgusto ha acquisito qualche miglioramento nella mobilità per quanto riguarda le distanze 5 (regione superiore), 8 (regione superiore), 31 (regione inferiore);
- L'espressione di felicità generalmente presenta distanze che si discostano molto da quelle identificate per l'espressione neutra sia per quanto riguarda la condizione pre (T0) che per quanto riguarda la situazione post (T1). Le distanze 9, 10, 11, 15, 30, 32, 33, 34, 35 sembrano essere le più distanti dalla linea centrale rappresentante la condizione di neutralità;
- L'espressione di tristezza generalmente manifesta un basso FMI. Statisticamente significative sono le distanze 1 (occhio dx), 39 (porzione inferiore del volto) in entrambe le condizioni;
- L'espressione di sorpresa presenta un elevato FMI, soprattutto da 1 (regione superiore del volto) a 11 (regione inferiore del volto). Le distanze 39 e 40 hanno raggiunto modificazioni statisticamente significative dalla condizione di neutralità.

5.6 ANALISI HC-PD T0-T1

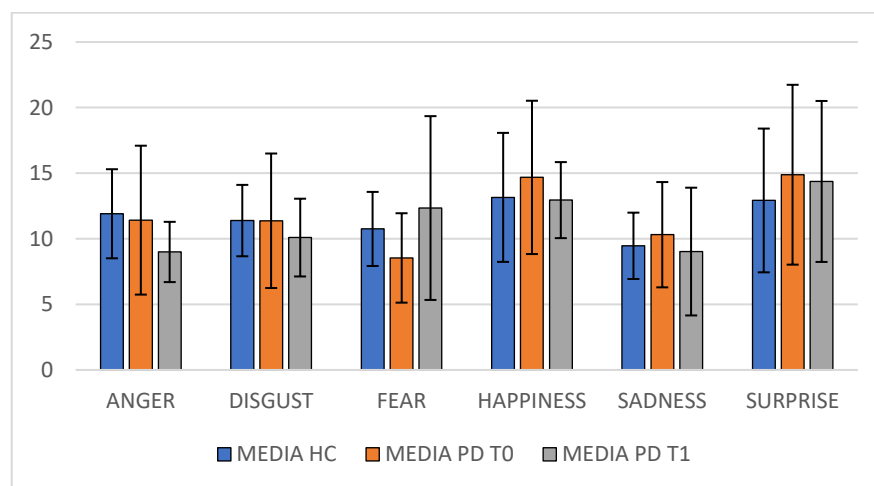


Figura 16. Medie con deviazione standard dei risultati FMI dei soggetti HC (blu), PD in condizione pre-arteterapia [T0] (arancione) e in condizione post-arteterapia [T1] (grigio)

Il confronto tra i valori medi della popolazione HC, della popolazione PD nella condizione di pre-trattamento e nella condizione di post-trattamento (Fig.16) evidenzia un considerevole guadagno di FMI specialmente per l'emozione di paura.

5.7 CONCLUSIONI

Il percorso riabilitativo proposto risulta particolarmente interessante per la sua fattibilità. L'arteterapia, oltre ad allenare al riconoscimento delle forme, alla percezione motoria, all'integrazione senso-motoria, all'astrazione e alla coordinazione visuo-manuale, insiste anche molto sulla comprensione delle proprie emozioni, sull'espressione delle stesse attraverso la creazione e il pensiero artistico, e infine incrementa l'auto-consapevolezza, l'auto-efficacia e la sicurezza in se stessi [19]. Il percorso di arteterapia proposto dura 4 settimane con partecipazione e adesione ottime ed è stato privo di eventi avversi.

I risultati ottenuti dimostrano l'efficacia del trattamento di arteterapia, soprattutto per quanto concerne l'esplicitazione di specifiche emozioni. L'incremento di mobilità facciale si può riscontrare maggiormente durante il reclutamento attivo della muscolatura adibita alla manifestazione delle emozioni di paura e di felicità, le quali se confrontate con lo status espressivo neutrale raggiungono valori considerevoli.

Il percorso di arteterapia può essere, di conseguenza, consigliato come complementare ad altre terapie specifiche, permettendo un buon aumento dell'efficacia da un punto di vista riabilitativo per il sintomo dell'ipomimia. La terapia attuale maggiormente idonea per ottimizzare la riabilitazione di tale sintomatologia specifica consiste nel recupero della capacità olistica di reclutamento muscolare facciale guidata da un terapeuta e comprende sia il riconoscimento delle emozioni che la propriocezione a livello del viso [28].

È però necessario evidenziare alcuni limiti dello studio che riguardano il numero esiguo del campione analizzato e la mancata aderenza ad altre terapie riabilitative per la limitata espressività facciale. Dal momento in cui i partecipanti non sono sottoposti a ulteriori terapie, risulta non praticabile effettuare un confronto.

Per confermare e approfondire ulteriormente gli effetti benefici del percorso di arte terapia si propone per gli studi futuri di reclutare un maggior numero di partecipanti e di includere tra gli obiettivi il paragone con diverse terapie. Oltre a questo, le connessioni esistenti tra la

nuova metrica proposta e le scale cliniche potrebbero venire adoperate per analizzare dettagliatamente le alterazioni dei pazienti.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Canesi e Pezzoli, «La malattia di Parkinson», *Parkinson.it*. <https://www.parkinson.it/morbo-di-parkinson.html> (consultato 15 marzo 2022).
- [2] S. Sveinbjornsdottir, «The clinical symptoms of Parkinson's disease», *J. Neurochem.*, vol. 139 Suppl 1, pagg. 318–324, ott. 2016, doi: 10.1111/jnc.13691.
- [3] Parkinson Svizzera, «Storia del morbo di Parkinson e di Parkinson Svizzera». <https://www.parkinson.ch/it/malattia-di-parkinson/storia-della-malattia> (consultato 16 marzo 2022).
- [4] I. Csoti, W. Jost, e H. Reichmann, «Parkinson's disease between internal medicine and neurology», *J. Neural Transm. Vienna Austria 1996*, vol. 123, ago. 2015, doi: 10.1007/s00702-015-1443-z.
- [5] C. Ramaker, J. Marinus, A. M. Stiggelbout, e B. J. van Hilten, «Systematic evaluation of rating scales for impairment and disability in Parkinson's disease», *Mov. Disord.*, vol. 17, n. 5, pagg. 867–876, 2002, doi: 10.1002/mds.10248.
- [6] «The Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS): Status and recommendations - - 2003 - Movement Disorders - Wiley Online Library». https://movementdisorders.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/mds.10473?casa_token=bfNiRyb0_1sAAAAA%3Apq2iKOAycT9CmxgL6hhqx9qEK8xqz8inh1IZx_iz4IY1XiQW2OOX5woMVgCHz_21PRUkofd_9CfNVQ (consultato 16 marzo 2022).
- [7] C. G. Goetz *et al.*, «Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): Process, format, and clinimetric testing plan», *Mov. Disord.*, vol. 22, n. 1, pagg. 41–47, gen. 2007, doi: 10.1002/mds.21198.
- [8] S. Bonoli e L. Guglielmetti, «Percezione soggettiva e valutazione clinica della mobilità nella malattia di Parkinson idiopatica: quale correlazione?», Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana, Dipartimento di Economia Aziendale, Sanità ed Sociale, Manno, 2017.
- [9] W. Luo *et al.*, «Validity and reliability testing of the Chinese (mainland) version of the 39-item Parkinson's Disease Questionnaire (PDQ-39)», *J. Zhejiang Univ. Sci. B*, vol. 11, n. 7, pagg. 531–538, lug. 2010, doi: 10.1631/jzus.B0900380.

- [10] E. T. March 8 e 2017, «Rating Scales Used to Assess Parkinson’s Disease», *ParkinsonsDisease.net*. <https://parkinsonsdisease.net/diagnosis/rating-scales-staging> (consultato 16 marzo 2022).
- [11] «Hoehn and Yahr Scale», *Physiopedia*. https://www.physiopedia.com/Hoehn_and_Yahr_Scale (consultato 16 marzo 2022).
- [12] D. Posa, «Facies: scoprire una patologia dal volto», *La Medicina in uno Scatto*, 11 aprile 2016. <https://lamedicinainunoscatto.it/2016/04/facies-scoprire-una-patologia-solo-dal-volto/> (consultato 16 marzo 2022).
- [13] «Ipomimia», *Humanitas*. <https://www.humanitas.it/sintomi/ipomimia/> (consultato 16 marzo 2022).
- [14] P. J. Garcia-Ruiz, C. E. Feliz-Feliz, T. Maycas-Cepeda, e J. Del Val-Fernandez, «[Amimia in Parkinson’s disease. Significance and correlation with the clinical features]», *Rev. Neurol.*, vol. 66, n. 2, pagg. 45–48, gen. 2018.
- [15] «Parkinson e riabilitazione», *Santo Stefano Riabilitazione*. <https://sstefano.it/parkinson-e-riabilitazione> (consultato 16 marzo 2022).
- [16] P. Alves Da Rocha, J. McClelland, e M. E. Morris, «Complementary physical therapies for movement disorders in Parkinson’s disease: a systematic review», *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.*, vol. 51, n. 6, pagg. 693–704, dic. 2015.
- [17] «Metodologia “Arte come Terapia”», *LYCEUM Milano*. <https://lyceum.it/academy/arteterapia-clinica/metodologia-lyceum/> (consultato 16 marzo 2022).
- [18] A. Giordano, «Centro Arti Terapie». <http://centroartiterapie.org/> (consultato 16 marzo 2022).
- [19] A. Cucca *et al.*, «Visuospatial exploration and art therapy intervention in patients with Parkinson’s disease: an exploratory therapeutic protocol», *Complement. Ther. Med.*, vol. 40, pagg. 70–76, ott. 2018, doi: 10.1016/j.ctim.2018.07.011.
- [20] «Arte Terapia e Parkinson, lo studio di Villa Margherita», *Santo Stefano Riabilitazione*. <https://sstefano.it/parkinson-e-arte-terapia> (consultato 16 marzo 2022).
- [21] P. Ekman e W. V. Friesen, «Measuring facial movement», *Environ. Psychol. Nonverbal Behav.*, vol. 1, n. 1, pagg. 56–75, set. 1976, doi: 10.1007/BF01115465.

- [22] Y.-I. Tian, T. Kanade, e J. F. Cohn, «Recognizing action units for facial expression analysis», *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 23, n. 2, pagg. 97–115, feb. 2001, doi: 10.1109/34.908962.
- [23] C. Darwin, *The expression of the emotions in man and animals*. London: John Murray, Albemarle Street, 1872.
- [24] G. Valeriani *et al.*, «Generalized and specific emotion impairments as potential markers of severity in Obsessive-Compulsive Disorder: a preliminary study using Facial Action Coding System (FACS)», *Psychiatr. Danub.*, vol. 27, n. 2, pagg. 159–167, giu. 2015.
- [25] «Il volto : atlante di anatomia funzionale e clinica / Ralf J. Radlanski, Karl H. Wesker - OPAC - Biblioteca nazionale di Firenze». <https://opac.bncf.firenze.sbn.it/bncf-prod/resource?uri=CFI0982067&found=1> (consultato 16 marzo 2022).
- [26] «MATLAB», *Wikipedia*. 24 gennaio 2022. Consultato: 16 marzo 2022. [Online]. Disponibile su: <https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=MATLAB&oldid=125266860>
- [27] «Descrizione del prodotto MATLAB - MATLAB & Simulink - MathWorks Italia». https://it.mathworks.com/help/matlab/learn_matlab/product-description.html (consultato 16 marzo 2022).
- [28] L. Ricciardi *et al.*, «Rehabilitation of hypomimia in Parkinson’s disease: a feasibility study of two different approaches», *Neurol. Sci. Off. J. Ital. Neurol. Soc. Ital. Soc. Clin. Neurophysiol.*, vol. 37, n. 3, pagg. 431–436, mar. 2016, doi: 10.1007/s10072-015-2421-9.