

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale

**Corso di laurea Magistrale in
Neuroscienze e Riabilitazione Neuropsicologica**

Tesi di laurea Magistrale

**L'ELABORAZIONE DELLE ESPRESSIONI FACCIALI EMOTIVE IN
PERSONE CON PARALISI FACIALE ACQUISITA ALLA LUCE DEI
MODELLI DI SIMULAZIONE SENSORIMOTORIA: UNO STUDIO
ONLINE**

**PROCESSING OF EMOTIONAL FACIAL EXPRESSIONS IN INDIVIDUALS WITH
ACQUIRED FACIAL PALSY IN RELATIONSHIP WITH MODELS OF
SENSORIMOTOR SIMULATION: AN ONLINE STUDY**

Relatore

Prof.ssa Paola Sessa

Correlatori

Dott. Thomas Quettier

Dott.ssa Arianna Schiano Lomoriello

Laureanda: Ilaria Grappiola

Matricola: 2055659

Anno accademico 2022/2023

Introduzione.....	3
Capitolo 1- L'importanza delle espressioni facciali emozionali.....	5
1.1 Le espressioni facciali sono i segnali sociali più importanti.....	5
1.2 Il modello cognitivo e il modello neurale per la percezione delle espressioni facciali.....	6
1.3 Una revisione del modello neurale: le evidenze di Duchaine e Yovel (2015), fino a Pitcher e Ungerleider (2021).....	11
1.4 La teoria della simulazione e i modelli di simulazione.....	13
1.5 Il modello di simulazione sensorimotoria (Wood et al., 2016).....	16
Capitolo 2-Le paralisi facciali acquisite.....	21
2.1 Eziologia e principali tipologie.....	21
2.2 Caratteristiche cliniche.....	22
2.3 Diagnosi.....	24
2.4 Possibili trattamenti.....	26
2.4.1 I trattamenti temporanei.....	27
2.4.2 I trattamenti permanenti.....	27
2.5 Possibili ripercussioni della paralisi facciale sull'elaborazione delle espressioni facciali emotive.....	30
Capitolo 3- Studio sperimentale.....	35
3.1 Obiettivi e ipotesi.....	35
3.2 Metodo.....	36
3.2.1 Partecipanti.....	36
3.2.2 Strumenti.....	37
3.2.3 Materiali.....	37
3.3 Colloquio preliminare.....	41
3.4 Procedura sperimentale.....	42
3.5 Indice di accuratezza.....	43
3.6 Indice di intensità percepita	44
3.7 Risultati.....	45
3.7.1 Risultati indice accuratezza.....	46
3.7.2 Risultati indice intensità percepita.....	49

3.8 Commento sui risultati GEW.....	52
Capitolo 4- Discussione dei risultati e conclusioni.....	53
4.1 Punti di forza e limiti.....	56
4.2 Prospettive future e conclusioni.....	56
Appendice.....	58
Bibliografia.....	62

Introduzione

La presente tesi magistrale si propone di descrivere il progetto di ricerca denominato “Faccia a Faccia”, che indaga l’elaborazione delle espressioni facciali emotive in persone affette da paralisi facciale acquisita e di descrivere le basi teoriche che ne hanno consentito lo sviluppo. Lo studio è stato elaborato dalla prof.ssa Paola Sessa e dal suo gruppo di ricerca, attivi presso il dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione dell’Università di Padova. Il progetto è nato grazie alla collaborazione dell’Università di Padova con l’Azienda Ospedaliero-Universitaria di Parma (Referente: Prof. Pier Francesco Ferrari), e con l’Azienda Ospedaliero-Sanitaria di Padova (Referente: Prof. Stefano Masiero, UOC di Neuroriabilitazione) e grazie ad un finanziamento ottenuto dalla Fondazione CARIPARO sul Bando Ricerca Scientifica d’Eccellenza 2021.

Il presente lavoro di tesi si articola in quattro capitoli: i primi due contengono informazioni teoriche, presupposti scientifici del progetto e informazioni sul campione dello studio, mentre gli ultimi due sono incentrati sul progetto di ricerca, i risultati ottenuti e la loro descrizione.

Nel dettaglio, nel primo capitolo verranno presentati i principali modelli e teorie scientifiche su cui si è sviluppato il progetto di ricerca. Verranno prima approfonditi i temi delle espressioni facciali e della cognizione sociale, poi verranno presentati due importanti modelli nell’ambito della cognizione sociale e del riconoscimento delle espressioni facciali: il modello cognitivo e il modello neurale, con un accenno alle modifiche apportate a questi modelli da studiosi successivi. Dopo una breve descrizione della teoria della simulazione e dei modelli simulativi, verrà presentato il modello di simulazione sensorimotoria, tassello fondamentale per lo sviluppo dello studio. Infine, verranno presentate le evidenze a favore di questo modello, che hanno contribuito a renderlo di particolare interesse nell’ambito del riconoscimento ed elaborazione delle espressioni facciali emotive.

Successivamente, nel secondo capitolo, verrà descritta la paralisi facciale acquisita che coinvolge il nervo facciale (VII nervo cranico), provocando molti disagi sia a livello fisico che psicologico. Verranno descritte le principali tipologie di paralisi facciale acquisita, la loro eziologia, le caratteristiche cliniche e le modalità della diagnosi. Poi verranno presentati brevemente i principali trattamenti farmacologici, fisioterapici e chirurgici grazie ai quali si riescono in parte a limitare i disagi fisici della malattia.

Nel terzo capitolo verrà descritto il progetto di ricerca “Faccia a Faccia”. L’obiettivo del progetto è quello di indagare se le persone affette da paralisi facciale acquisita, essendo impossibilitate parzialmente o totalmente ad utilizzare la propria mimica facciale, possano presentare delle difficoltà nell’elaborazione di espressioni facciali emotive rispetto a persone prive di paralisi. Per lo studio sono stati reclutati in tutto 36 partecipanti, di cui 18 persone affette da paralisi facciale acquisita costituenti il gruppo sperimentale e 18 partecipanti di controllo. Tutti i partecipanti hanno svolto un compito online che prevedeva il riconoscimento delle espressioni facciali emotive mediante l’attribuzione di un’emozione. Nello stesso capitolo verranno presentati i risultati preliminari dello studio, ottenuti mediante le opportune analisi statistiche.

Infine, nel quarto ed ultimo capitolo verranno analizzati i risultati preliminari del progetto di ricerca, alla luce delle teorie e dei modelli presentati. I risultati si definiscono “preliminari” dal momento che il gruppo di ricerca è intenzionato ad aumentare la numerosità del campione per rendere i risultati ancor più informativi e generalizzabili.

Capitolo 1- L'importanza delle espressioni facciali emotive

1.1 Le espressioni facciali sono i segnali sociali più importanti

L'uomo è per sua natura un animale sociale, vive infatti a stretto contatto con gli altri e riesce ad esprimere le proprie peculiarità grazie all'interazione con i membri della sua stessa specie (Adolphs, 1999). Alcuni studi dimostrano come, a pochi mesi dalla nascita, il bambino sia predisposto a cogliere stimoli di natura sociale, come i volti: l'attenzione è prevalentemente orientata verso il volto e verso la voce della mamma (Valenza & Turati, 2019). Con la crescita questo aspetto si massimizza e il bambino impara a comprendere la direzione dello sguardo e l'intenzionalità espressiva del volto materno (Trevarthen & Aitken, 2001). Il risultato è lo sviluppo di processi cognitivi finalizzati alla percezione, comprensione, e reazione ai segnali sociali emessi dall'altro che prende il nome di cognizione sociale (Beaudoin & Beauchamp, 2020).

I segnali sociali a cui l'uomo è esposto sono molteplici e hanno caratteristiche diverse. Adolphs e Birmingham (2011) ne hanno proposto una classificazione differenziando aspetti privi di interesse dal punto di vista sociale, caratteristiche statiche dette "*cues*" e caratteristiche dinamiche e mutevoli chiamate "*signals*". Nel dettaglio, un aspetto che non trasmette informazioni dal punto di vista sociale è l'altezza di una persona. Mentre una caratteristica statica è il colore della pelle, che è immutabile ma comunque in grado di veicolare un'informazione, ad esempio, il gruppo etnico di appartenenza. Infine, le caratteristiche dinamiche sono così definite perché possono essere intenzionalmente attivate o disattivate dalla persona. Le più comunicative provengono dal volto e sono la dilatazione pupillare, l'arrossire, la direzione dello sguardo e soprattutto le espressioni facciali (Adolphs & Birmingham, 2011).

La dilatazione pupillare è un'azione supportata dall'attivazione del sistema nervoso autonomo, indica che la persona è interessata a ciò che sta osservando e che verrà percepita anche come più attraente, mentre il rossore sul volto può significare vergogna o imbarazzo, magari in una situazione di gruppo. La direzione dello sguardo, spesso accompagnata dalla postura corporea, rivela dove è diretta l'attenzione dell'osservatore e le sue intenzioni, oltre a fornire informazioni sul suo stato mentale (Baron-Cohen et al., 2001). Infine, le espressioni facciali sono il segnale sociale per eccellenza dal momento che, attraverso un'attivazione complessa dei muscoli del volto, sono in grado di comunicare finissime informazioni, chiamate emozioni.

Non vi è una definizione univoca di emozioni, esse piuttosto vengono intese come il riflesso dello stato interiore di una persona e per questo hanno moltissime sfaccettature (Klingner & Guntinas-Lichius, 2023). Alcuni studiosi hanno proposto di descriverle secondo due dimensioni: la valenza, che corrisponde all'aspetto più qualitativo dell'emozione e indica se questa è, ad esempio, positiva o negativa, e l'*arousal* che fa riferimento all'intensità con cui l'emozione viene manifestata (Todorov et al., 2013). Le espressioni facciali sono tanto articolate quanto la complessità delle emozioni che esprimono e sono fondamentali per comprendere cosa sta provando l'altro e per instaurare un contatto sociale con lui.

L'uomo, con la crescita, affina il complesso sistema che gli consente di percepire le espressioni facciali emotive e impara a comunicare efficacemente le proprie emozioni attraverso le espressioni stesse (Klingner & Guntinas-Lichius, 2023).

1.2 Il modello cognitivo e il modello neurale per la percezione delle espressioni facciali

L'estrazione delle informazioni sociali che provengono dal volto, tra cui anche le espressioni facciali, è un processo che richiede pochi secondi, ma che necessita l'intervento di meccanismi di elaborazione specifici (Kanwisher et al., 1997). Nell'ambito delle Neuroscienze Sociali gli studiosi hanno cercato di delineare i meccanismi coinvolti nell'elaborazione dei volti e hanno sviluppato due importanti modelli: il modello cognitivo e il modello neurale.

Il modello di stampo cognitivo è stato definito da Bruce e Young (1986) e, seppur datato, contiene informazioni che hanno ancora una forte validità. Tale modello si concentra sui processi cognitivi di cui l'individuo dispone per percepire le caratteristiche veicolate dal volto, che si distinguono in caratteristiche strutturali tra cui l'identità, il giudizio di familiarità, il recupero del nome, e caratteristiche dinamiche come le espressioni facciali e i movimenti della bocca per articolare le parole. Il modello prevede quindi due diverse modalità di codifica: una Codifica Strutturale tridimensionale (Structural Encoding) e una modalità implicata nell'analisi delle caratteristiche dinamiche.

La Codifica Strutturale tridimensionale è un processo gerarchico e sequenziale poiché prevede stadi ordinati che non possono avere inizio se lo stadio precedente non è completo. Si tratta anche di un processo automatico che non subisce influenze da parte di processi cognitivi top-down, ossia da processi di ordine superiore. Inizialmente gli elementi del volto vengono codificati separatamente e confrontati con le Unità di

Riconoscimento di Facce (Face Recognition Units; FRUs), ossia delle unità astratte di memoria visiva che contengono informazioni strutturali di volti visti durante la propria vita. Se la caratteristica elaborata corrisponde al contenuto delle FRUs allora il volto verrà classificato come un volto familiare, al contrario la persona sarà classificata come sconosciuta.

Lo stadio successivo prevede l'attivazione dei Nodi di Identità Personale (Person Identity Nodes; PINs), componenti di memoria semantica che consentono di associare il volto giudicato familiare alla sua identità. Secondo il modello esiste un PIN contenente le informazioni semantiche e di identità per ogni persona conosciuta che consente di attivare l'accesso alla memoria semantica e, quindi, il recupero del nome della persona stessa (Name Retrieval; NR). Nei contesti sociali capita frequentemente di incontrare una persona, di ricordare chi è, come e quando la si è conosciuta, ma non riuscire a ricordare il suo nome e ciò conferma come il recupero del nome sia proprio l'ultimo step della Codifica Strutturale del volto (Bruce & Young, 1986).

Il modello cognitivo prevede anche una seconda modalità di codifica per le caratteristiche dinamiche del volto che, assieme alla modalità sopra citata, confluisce nel sistema cognitivo.

Qualche anno dopo Burton e colleghi (1990) hanno implementato il modello di stampo cognitivo specificando come le PINs costituissero un vero e proprio accesso alla memoria semantica. Queste, inoltre, consentirebbero di attivare delle nuove unità chiamate Unità di Informazione Semantica (Semantic Information Units), dei magazzini contenenti più propriamente informazioni semantiche su persone conosciute.

Uno studio in linea con il modello cognitivo è stato condotto da Quiroga e colleghi (2005) su pazienti con epilessia farmaco-resistente. Gli autori hanno registrato l'attività di neuroni localizzati nell'ippocampo, nell'amigdala, nel giro paraippocampale e nella corteccia entorinale utilizzando degli elettrodi posti in profondità. L'obiettivo principale era quello di localizzare il focolaio epilettico per rimuoverlo chirurgicamente e, in secondo luogo, valutare se i neuroni delle aree cerebrali considerate, legate ai processi mnestici, si attivassero selettivamente di fronte a stimoli specifici. La registrazione tramite elettrodi ha evidenziato delle attivazioni più marcate in un singolo neurone nell'ippocampo posteriore sinistro selettivamente quando veniva presentata la fotografia dell'attrice Jennifer Aniston, ma non si osservava una risposta analoga con la foto di un'altra attrice famosa. Questo neurone è stato denominato dagli autori "il neurone di Jennifer Aniston" e sembra possedere proprietà analoghe alle "grandmother cells",

descritte molti anni prima da Jerzy Konorski (1967) come ipotetici neuroni in grado di attivarsi quando la persona osserva specificatamente la propria nonna (Gross, 2002). Allo stesso modo “il neurone di Jennifer Aniston” dimostra di essere selettivamente legato alla percezione e al riconoscimento della nota attrice e, in linea con il modello cognitivo, potrebbe rappresentare una FRU che consente di percepire il volto come familiare (Quiroga et al., 2005).

Lo studio di Quiroga e colleghi ha dato inizio ad un dibattito attorno al tema della selettività di neuroni a stimoli specifici. Alcuni autori sostengono che sia impossibile pensare all’esistenza di singoli neuroni specifici per qualsiasi tipo di stimolo, soprattutto perché alcuni stimoli sono più diffusi nell’ambiente in cui viviamo e diventano per questo più familiari per l’osservatore (come la nonna, le automobili, i volti...), mentre altri vengono osservati una sola volta e questo non basta perché un neurone si specializzi per il loro riconoscimento. Inoltre, uno stimolo ha caratteristiche diverse ed è improbabile che riescano ad essere tutte decodificate mediante l’attivazione di un singolo neurone. Gli autori sostengono piuttosto che si debba parlare di un sistema distribuito, dove più neuroni sono specifici per una certa categoria di stimoli e rispondono massimamente ad essa (Plaut & McClelland, 2010).

Dopo il modello cognitivo, l’ambito delle Neuroscienze Sociali ha potuto beneficiare dello sviluppo di tecniche di neuroimmagine più risolte, come la risonanza magnetica funzionale (fMRI, functional Magnetic Resonance Imaging), per indagare al meglio il cervello umano (Op De Beck & Nakatani, 2019).

Tra gli studi più significativi vi è quello di Nancy Kanwisher e colleghi (1997) che tramite fMRI hanno messo in luce l’esistenza di un’area cerebrale massimamente implicata nella percezione dei volti: l’area fusiforme per i volti (Fusiform Face Area; FFA), localizzata nel lobo temporale inferiore. Quest’area si attiva in modo selettivo di fronte ad un volto o parti dello stesso, costituendo un modulo fondamentale per l’elaborazione visiva del volto. Altri studi interessanti sono stati condotti sulle due vie cerebrali legate all’elaborazione visiva degli stimoli, la via dorsale e la via ventrale. Quest’ultima coinvolge aree fondamentali per l’elaborazione dei volti, ma non è la sola implicata in questi processi (Chao et al., 1999; Haxby et al., 1999).

In linea con queste scoperte ha potuto svilupparsi il modello neurale di Haxby e Gobbini (2011) che propone un sistema distribuito di aree cerebrali coinvolte nella percezione e nel riconoscimento dei volti. Tale modello prevede l’esistenza di due sistemi: il Core System, un sistema centrale coinvolto nell’elaborazione visiva del volto,

e l'Extended System, un sistema più esteso che consente un'analisi cognitiva del volto di più alto livello.

Nel dettaglio, il Core System è costituito da tre diverse aree cerebrali: FFA, il giro occipitale inferiore (Occipital Face Area; OFA) e il solco temporale superiore posteriore (posterior Superior Temporal Sulcus; pSTS), tutte maggiormente attive nell'emisfero destro. Analogamente al modello di stampo cognitivo, anche nel modello neurale vi è una distinzione tra aree cerebrali legate all'elaborazione di aspetti statici e caratteristiche dinamiche del volto. In particolare, FFA e OFA intervengono nella codifica strutturale del volto e consentono di percepire aspetti statici ed immutabili come l'identità, mentre pSTS è implicato nella codifica dinamica ed è fondamentale per percepire aspetti mutevoli del volto, come le espressioni facciali, la direzione dello sguardo, fino al movimento biologico dei corpi (Haxby et al., 2000). Tale dissociabilità nella codifica di aspetti statici e dinamici dei volti era stata osservata ancor prima nel cervello dei macachi da Hasselmo e colleghi (1989). Gli autori mostravano al macaco fotografie di suoi simili con identità diverse o espressioni facciali diverse (espressione neutra, aggressiva e lip-smaking, il "bacio del macaco" che i primati usano per comunicare amichevolezza) mentre registravano l'attività di neuroni con elettrodi posti in profondità. La registrazione ha evidenziato un'attivazione maggiore di neuroni posti nella corteccia infero-temporale dei macachi, corrispondente alla FFA umana, di fronte a foto di macachi con identità diversa, mentre neuroni a livello di STS rispondevano maggiormente a foto di macachi con la stessa identità, ma con espressioni facciali diverse.

Un'altra caratteristica delle aree del Core System è che queste si attivano in modo ancor più selettivo se l'individuo presta massima attenzione ai volti che ha di fronte. Vuilleumier e colleghi (2001) hanno condotto uno studio in cui presentavano ai partecipanti due tipologie di stimoli, ovvero immagini di case e immagini di volti con espressione neutra o di paura. Le immagini venivano disposte sullo schermo a coppie della stessa categoria, due in riquadri orizzontali e due in riquadri verticali e il compito del partecipante era determinare se le due immagini della coppia fossero uguali o diverse, premendo un pulsante. Una cornice nera attorno ai riquadri indicava a quale coppia di stimoli prestare attenzione (se alla coppia posta in orizzontale o quella posta in verticale). I risultati hanno messo in evidenza come FFA bilaterale si attivasse maggiormente quando l'attenzione era rivolta ai riquadri in cui venivano presentati i volti (Vuilleumier et al., 2001).

Una volta elaborate le caratteristiche del volto il passo successivo consiste nel recuperare le conoscenze legate alla persona, quindi capire se la persona è familiare oppure sconosciuta, recuperare il suo nome, fino a dare un significato alle sue espressioni facciali. Tutti questi e molti altri processi sono gestiti dall'Extended System che è strettamente legato al Core System e comprende diverse aree al di fuori della corteccia extrastriata: precuneo, poli temporali, giunzione temporo-parietale (Temporo-Parietal Junction; TPJ) e corteccia prefrontale mediale (Medial Prefrontal Cortex; MPFC). In particolare, il precuneo si attiva sia di fronte a volti di persone conosciute e a noi note, sia per volti che abbiamo visto una sola volta e sono appena familiari. Quindi è l'area che ci consente di valutare la semplice familiarità visiva di una persona. Mentre TPJ e MPFC si attivano solo quando il volto che osserviamo appartiene a persone che conosciamo bene, come parenti e amici, e consentono di recuperare tutte le informazioni che possediamo su quella persona (person knowledge) come informazioni bibliografiche, memorie episodiche, tratti di personalità, intenzioni probabili e relazioni con altre persone (Haxby & Gobbini, 2011). In generale volti particolarmente familiari attivano un sistema più distribuito di aree cerebrali che include anche aree del sistema limbico, come l'amigdala e l'insula. Queste aree favoriscono una maggior attivazione del sistema nervoso autonomo di fronte a volti più familiari che si manifesta sotto forma di aumento di conduttanza cutanea, ossia maggiori variazioni nelle proprietà elettriche della pelle. Inoltre, amigdala e insula mediano le emozioni dell'osservatore di fronte ad un volto particolarmente familiare; sembra infatti che siano più attive con volti poco familiari rispetto a volti conosciuti, e ciò potrebbe essere dovuto al fatto che volti poco familiari vengono percepiti come meno sicuri e, talvolta, come un'ipotetica minaccia (Haxby & Gobbini, 2011).

L'Extended System include anche un sistema di aree che entrano in gioco per estrarre il significato delle espressioni facciali, della direzione dello sguardo e anche delle espressioni corporee dell'altro. Sono centrali in questo senso l'opercolo frontale, il giro parietale inferiore, i campi oculari frontali, l'amigdala, l'insula e il sistema della ricompensa. L'opercolo frontale fa parte del sistema dei neuroni specchio, un insieme di aree localizzate nei lobi frontali che si attivano sia quando la persona mette in atto un movimento, sia quando lo stesso movimento viene effettuato da un'altra persona (Di Pellegrino et al., 1992; Rizzolatti et al., 2001; Grafton, 2009). L'opercolo frontale si attiva assieme ad amigdala ed insula per elaborare l'espressione facciale dell'altro e per comprenderne le emozioni. Si parla infatti di "motor simulation" proprio perché l'idea è

che l'attivazione di queste aree consenta di simulare in parte l'emozione dell'altro per capirla al meglio. Infine, il giro parietale inferiore e i campi oculari frontali sarebbero essenziali per percepire e comprendere la direzione dello sguardo altrui, quindi a che cosa la persona sta prestando attenzione (Haxby & Gobbini, 2011).

1.3 Una revisione del modello neurale: le evidenze di Duchaine e Yovel (2015), fino a Pitcher e Ungerleider (2021)

Nel 2015 gli studiosi Duchaine e Yovel, spinti da numerose domande e da nuove evidenze nell'ambito delle Neuroscienze Sociali, propongono una revisione del modello neurale di Haxby e Gobbini, chiarendone alcuni punti e modificandone altri.

Un primo quesito riguarda l'area che consentirebbe l'accesso alle informazioni legate al volto (entry point). Secondo il modello originario questo ruolo spetta a OFA, senza la quale non si assisterebbe all'attivazione delle altre aree del network, tuttavia studi condotti su una donna affetta da prosopagnosia dimostrano il contrario. La prosopagnosia è un disturbo cognitivo e percettivo che comporta un'incapacità nel percepire e riconoscere l'identità di un volto, seppur esso appartenga ad una persona familiare (Barton et al., 2021). La donna presa in considerazione dagli autori era affetta da prosopagnosia acquisita che determina la perdita della capacità di riconoscere i volti a seguito di una lesione che coinvolgeva OFA destra, FFA sinistra e parte del lobo temporale anteriore destro. Quando venivano presentati dei volti si attivavano comunque FFA destra e pSTS destro, senza particolari differenze rispetto a soggetti sani. Questo andrebbe a dimostrare come, anche in assenza di OFA intatta, l'informazione legata al volto riesca ad accedere al sistema di elaborazione dedicato (Rossion et al., 2003; Sorger et al., 2007).

Ulteriori studi hanno indagato la finestra temporale in cui OFA e FFA si attivano dopo la presentazione dello stimolo. Sono state utilizzate due tecniche diverse: la Stimolazione Magnetica Transcranica (TMS), in grado di stimolare o inibire una certa area cerebrale, e l'Elettroencefalografia (EEG), che mediante elettrodi registra l'attività elettrica del cervello. Queste tecniche hanno evidenziato come OFA si attivi qualche millisecondo prima rispetto a FFA, ma come FFA mantenga un'attivazione più prolungata rispetto ad OFA nel tempo successivo (Sadeh et al., 2010; Pitcher et al., 2012).

In secondo luogo, Duchaine e Yovel si sono chiesti se FFA sia solo implicata nell'elaborazione delle caratteristiche immutabili del volto, o se possa contribuire anche

al riconoscimento delle espressioni facciali. Uno studio indicativo condotto su soggetti sani ha evidenziato un'attivazione di FFA anche di fronte ad espressioni facciali emotive (Winston et al., 2003). Un ulteriore studio è stato condotto su una persona con lesione a FFA destra, ma con OFA intatta, che era comunque deficitaria nel riconoscimento delle espressioni facciali (Dalrymple et al., 2011). Alla luce di questi risultati gli autori sostengono che FFA sia implicata anche nell'estrazione di informazioni legate alle espressioni facciali (Duchaine & Yovel, 2015).

Infine, l'ultima modifica al modello neurale riguarda nuove aree cerebrali che risponderrebbero in modo selettivo ai volti e sarebbero implicate nella loro elaborazione. Un primo studio condotto presentando volti dinamici contrapposti a volti statici ha evidenziato un'attivazione massiccia di pSTS e anche di STS anteriore (aSTS), proprio di fronte a volti dinamici (Pitcher et al., 2011). In un secondo studio, dove venivano presentati volti che differivano solo per la direzione dello sguardo, è emerso come aSTS risponda proprio al movimento dello sguardo (Carlin et al., 2011). Infine, un ultimo studio ha evidenziato come aSTS risponda in modo analogo sia ai volti che alle voci umane (Watson et al., 2014).

Un'altra area sensibile ai volti dinamici è il Giro Frontale Inferiore (Inferior Frontal Gyrus; IFG) che sembra essere un'area ricca di neuroni specchio in grado di attivarsi sia quando la persona mette in atto un'espressione facciale, sia quando la osserva (Leslie et al., 2004). Sembra inoltre che IFG si attivi maggiormente di fronte a volti nei quali viene modificata la posizione dello sguardo (Chan & Downing, 2011).

A seguito di questi studi, Duchaine e Yovel propongono un'estensione del network legato all'elaborazione delle caratteristiche dinamiche del volto proposto da Haxby e Gobbini: oltre a pSTS, sarebbero implicati anche aSTS e IFG e queste aree andrebbero a costituire la via dorsale per l'elaborazione delle espressioni facciali, dei movimenti dello sguardo e della bocca (Duchaine & Yovel, 2015).

Gli autori hanno approfondito anche il network di aree legate all'elaborazione di aspetti statici del volto. L'approfondimento prende spunto da studi che hanno indagato il ruolo del lobo temporale anteriore (Anterior Temporal Lobe; ATL) nell'elaborazione dei volti: pare infatti che soggetti con lesioni ad ATL manifestino una forma di prosopagnosia e siano, pertanto, incapaci di riconoscere i volti (Busigny et al., 2014). Inoltre, sembra che ATL risponda maggiormente a volti con identità diverse, rispetto a volti con la stessa identità (Yang et al., 2015). A seguito di queste evidenze Duchaine e Yovel propongono anche un'estensione del network cerebrale specifico per

l'elaborazione di caratteristiche statiche del volto: oltre a OFA ed FFA, anche ATL sarebbe coinvolto soprattutto nell'elaborazione della forma e dell'identità del volto (Duchaine & Yovel, 2015).

Qualche anno dopo la revisione di Duchaine e Yovel, Pitcher e Ungerleider (2021) hanno rianalizzato la connettività anatomica e funzionale delle aree cerebrali costituenti la via dorsale per l'elaborazione degli aspetti dinamici del volto. Gli autori sostengono che questa via si possa aggiungere alle già note via dorsale e via ventrale e che costituisca la terza via per la percezione visiva degli stimoli. La terza via, quindi, ha inizio nella corteccia visiva primaria (V1), passa poi per l'area temporale selettiva per il movimento (V5/MT) fino a connettere pSTS e aSTS ed è una via sensibile ai volti in movimento, ai corpi in movimento, quindi al movimento biologico, alla voce umana, al linguaggio e all'integrazione audio-visiva del parlato. In generale si tratta di una via fondamentale per la cognizione sociale (Pitcher & Ungerleider, 2021).

1.4 La teoria della simulazione e i modelli di simulazione

Haxby e Gobbini (2011) nel loro modello neurale parlano di "motor simulation" per descrivere un'operazione svolta dall'Extended System e, in particolare dall'opercolo frontale, fondamentale per la comprensione dell'espressione facciale altrui. Attraverso questo processo la persona andrebbe a simulare dentro di sé ciò che l'altro sta provando e, in questo modo, riuscirebbe a comprendere totalmente l'emozione sottesa dall'espressione facciale dell'altro (Haxby & Gobbini, 2011).

Il concetto di simulazione non è stato introdotto dagli autori sopracitati, ma si è sviluppato qualche anno prima nell'ambito delle Neuroscienze Sociali. In particolare, Goldman e Sripada (2005) definiscono la teoria della simulazione come un tentativo da parte dell'osservatore di riprodurre lo stato mentale dell'altro, simulandolo internamente. L'osservatore, quindi, ricorrerebbe al proprio bagaglio emotivo per immedesimarsi nell'altro e comprendere al meglio ciò che l'altro sta manifestando. Di conseguenza, se una persona è deficitaria nell'esprimere un'emozione, avrà anche delle difficoltà nel riconoscere la stessa emozione nell'altro. Questo aspetto è stato dimostrato da uno studio condotto su una persona con lesioni bilaterali all'amigdala che era incapace sia di sperimentare, sia di riconoscere un'emozione di paura (Adolphs et al., 1994). Risultati simili sono stati ottenuti su persone deficitarie nel provare e riconoscere disgusto e rabbia (Phillips et al., 1997; Lawrence et al., 2002).

La teoria della simulazione è in opposizione con la teoria della mente secondo cui la persona, sin dalla nascita sarebbe predisposta a comprendere lo stato mentale dell'altro, quindi intenzioni, obiettivi, desideri ed emozioni e con la crescita andrebbe ad affinare tale capacità grazie all'ambiente in cui vive (Gopnik & Meltzoff, 1997).

Ci sono diversi modi per simulare lo stato emotivo dell'altro e questi vengono proposti da diversi modelli di simulazione: *generate and test model*, *reverse simulation model*, *reverse simulation with "as if" loop* e *unmediated resonance model* (Goldman & Sripada, 2005).

Nel dettaglio, il *generate and test model* (modello genera e prova) prevede che l'osservatore provi ad ipotizzare l'emozione sottesa dall'espressione facciale dell'altro. L'osservatore mette quindi in atto l'emozione ipotizzata fino a produrre a sua volta un'espressione facciale, anche solo attivando appena la muscolatura facciale. Se l'espressione facciale risultante corrisponde a quella osservata allora l'emozione ipotizzata viene confermata ed attribuita all'altro, al contrario l'osservatore deve generare una nuova ipotesi e il ciclo ricomincia. Questo modello non è privo di criticità, infatti prevede che l'osservatore abbinare due informazioni che provengono da canali sensoriali differenti, ossia un'informazione visiva come l'espressione osservata nell'altro, e una propriocettiva come la rappresentazione sensoriale della propria espressione facciale. Inoltre, in questo modello vi è un problema per quanto riguarda l'emozione ipotizzata: l'osservatore dovrà fare diversi tentativi per trovare l'emozione corrispondente e potrebbe impiegare molto tempo per riconoscere l'espressione emotiva dell'altro, quando la letteratura dimostra che il processo di riconoscimento di un'espressione facciale richiede pochi millisecondi (Dimberg & Thunberg, 1998).

Il secondo modello di simulazione è definito *reverse simulation model* (modello di simulazione inversa) poiché l'osservatore simula lievemente l'espressione facciale dell'altro con la propria muscolatura facciale per recuperare, almeno in parte, l'emozione associata a questa espressione. L'idea è che esista un legame bidirezionale tra l'emozione e l'espressione facciale con cui questa viene manifestata, per cui basta anche solo sviluppare un'espressione facciale per riuscire a provare l'emozione corrispondente (Ekman, 1992). Altre evidenze a sostegno di questo modello provengono dagli studi sui neuroni specchio: quando la persona osserva un volto con una certa espressione facciale si vanno ad attivare, seppur in minima parte, le aree della corteccia premotoria e altre aree frontali vicine responsabili della mimica facciale, senza

che l'osservatore abbia sviluppato effettivamente l'espressione facciale (Carr et al., 2003).

Un terzo modello simulativo è il *reverse simulation with "as if" loop* (modello di simulazione inversa con ciclo "come se") che prevede una modalità più veloce per riconoscere l'emozione esternata dall'altro. Infatti, ci sarebbe un collegamento diretto tra la rappresentazione visiva dell'espressione facciale dell'altro e la rappresentazione somatosensoriale di come sarebbe (da qui l'etichetta del modello "as if") se l'osservatore mettesse in atto la medesima espressione. Tale collegamento consentirebbe all'osservatore di comprendere l'espressione emotiva di chi ha di fronte senza attivare la propria muscolatura facciale (Adolphs et al., 2000).

Infine, l'ultimo modello teorico è definito *unmediated resonance model* (modello di risonanza non mediata) poiché, a differenza dei precedenti, non prevede alcuna mediazione per consentire all'osservatore di comprendere l'emozione dell'altro. Infatti, basterebbe la sola osservazione dell'emozione espressa dall'altro per attivare sottosoglia i medesimi substrati neurali nell'osservatore e per innescare una forma di contagio emotivo (Goldman & Sripada, 2005). Questo modello è in linea con lo studio di Wicker e colleghi (2003) in cui è emersa una sovrapposizione tra le aree neurali coinvolte nella risposta di disgusto. I partecipanti prima odoravano delle sostanze disgustose e poi guardavano dei videoclip in cui degli attori esibivano espressioni di disgusto. In entrambe le condizioni risultavano attive l'insula anteriore sinistra e parte della corteccia cingolata anteriore, etichettate come substrati neurali dell'esperienza di disgusto (Wicker et al., 2003).

Antecedente rispetto ai modelli di simulazione, ma in linea con essi, è l'ipotesi del Feedback Facciale (Tomkins, 1981; Adelman & Zajonc, 1989) secondo cui la messa in atto di un'espressione facciale sarebbe sufficiente per provare l'emozione corrispondente a quella espressione. Quindi basterebbe corrugare le sopracciglia, simulando un'espressione di rabbia, per provare effettivamente un'emozione di rabbia. Questa ipotesi è stata dimostrata da molteplici studi in cui veniva manipolata la mimica facciale. Esemplicativo è lo studio di Niedenthal (2007) in cui viene manipolata la mimica facciale dei partecipanti chiedendo loro di tenere una penna tra i denti per inibire il sorriso, o inducendo la corrugazione delle sopracciglia. È emerso come queste manipolazioni influenzassero effettivamente l'umore dei partecipanti. Un altro studio è stato condotto da Kim e colleghi (2014) su partecipanti che erano stati sottoposti ad iniezioni di botox a livello del muscolo corrugatore, il muscolo responsabile della

corrugazione delle sopracciglia. RegISTRAZIONI tramite fMRI hanno messo in evidenza come, a seguito di iniezioni di botox, l'amigdala si attivasse meno di fronte a volti con espressione di rabbia vs volti felici. Al contrario, prima e dopo l'iniezione l'amigdala era particolarmente attiva e ciò suggerisce come l'inibizione della muscolatura facciale, in questo caso del muscolo corrugatore, abbia un effetto sui substrati neurali legati all'emozione corrispondente (Kim et al., 2014). Infine, Soderkvist (2018) e colleghi hanno condotto uno studio in cui chiedevano ai partecipanti di osservare dei volti con espressione di rabbia o di felicità mentre effettuavano, prima un'espressione coerente con quella osservata, e dopo un'espressione opposta (per esempio, di fronte ad un volto arrabbiato dovevano prima corrugare le sopracciglia e successivamente simulare un sorriso). Durante la presentazione degli stimoli i partecipanti dovevano premere un pulsante seguendo le istruzioni, quando vedevano il volto arrabbiato o quando vedevano quello felice. Dai risultati è emerso come i partecipanti riconoscevano più velocemente, premendo il pulsante, il volto felice mentre sorridevano e il volto arrabbiato mentre corrugavano le sopracciglia e questo dato è in linea con l'ipotesi del Feedback Facciale (Soderkvist et al., 2018).

1.5 Il modello di simulazione sensorimotoria (Wood et al., 2016)

Recentemente Wood e colleghi (2016) hanno proposto un nuovo modello di simulazione sensorimotoria che si differenzia dai precedenti per il contributo dei processi simulativi e visivi che, in concerto, contribuirebbero al riconoscimento delle espressioni facciali emotive (Figura 1). Il processo di "simulazione sensorimotoria" indica l'attivazione sottosoglia di aree motorie, premotorie e somatosensoriali nell'osservatore, attive anche nella persona che osserva un'espressione facciale, pur senza produrre la stessa emozione sul proprio volto. Secondo le teorie sensomotorie (Goldman & Sripada, 2005) questa attivazione neurale modulerebbe l'esperienza emotiva annessa all'espressione facciale nell'osservatore e gli consentirebbe di riconoscere meglio l'emozione nell'altro (Wood et al., 2016).

Il modello proposto prevede diverse fasi distribuite per spiegare come avviene il riconoscimento delle espressioni facciali emotive: lo stimolo visivo (in Figura 1, un volto con espressione di paura) quando viene percepito (A) innesca un'attivazione delle aree visive extrastriate e, in parallelo, dei processi di simulazione sensorimotoria (B) che, in alcuni casi, sono accompagnati dalla mimica facciale coerente con l'espressione osservata. Si attivano, quindi, aree motorie, premotorie e somatosensoriali

sovrapponibili con quelle attive in chi produce l'espressione facciale, e possono attivarsi anche altre aree legate all'emozione di paura stessa, più sottocorticali (C) che hanno un'influenza diretta sul comportamento dell'osservatore (D) che può, a sua volta, influenzare i processi di simulazione sensorimotoria (E). L'attivazione parziale del substrato neurale legato alla paura ne consente il riconoscimento implicito o esplicito nell'altro. Un aspetto centrale di questo modello è il collegamento tra le aree visive extrastriate e i processi simulativi, ipotizzato dagli autori in funzione delle evidenze comportamentali a favore (Wood et al., 2015). In particolare, secondo questo modello, la possibilità di sfruttare i processi di simulazione sensorimotoria migliorerebbe la qualità del percetto visivo (F). Infine, il modello postula che la motivazione dell'osservatore nel comprendere l'altro (J) possa contribuire ad aumentare la probabilità che si verifichi effettivamente la simulazione sensorimotoria (Wood et al., 2016).

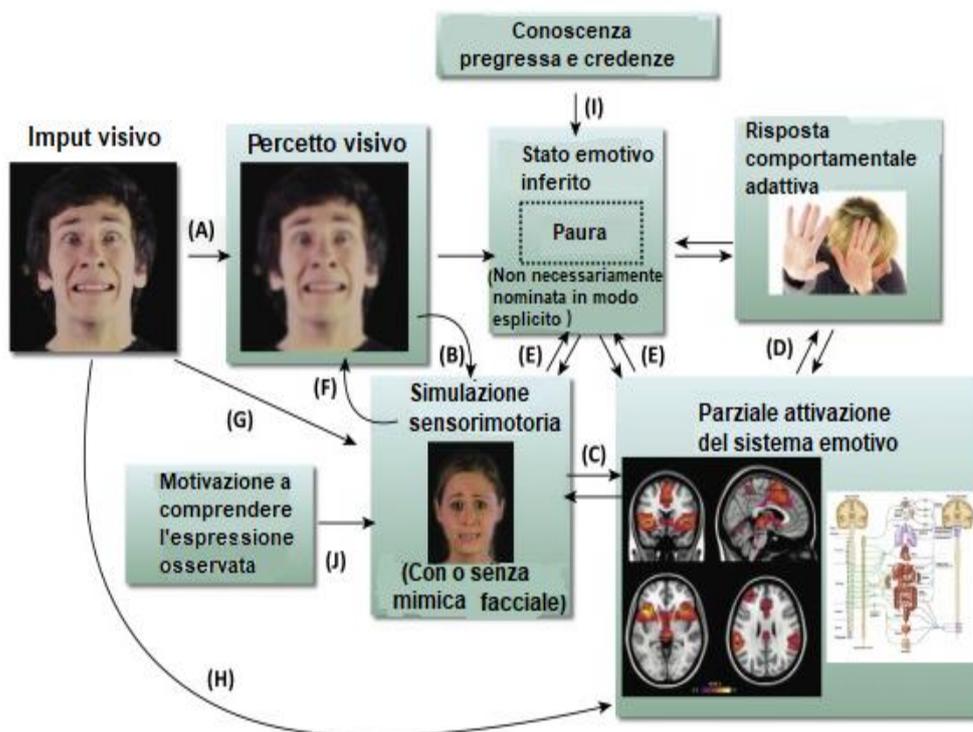


Figura 1: Modello simulazione sensorimotoria (Wood et al., 2016, p. 232, Fig.1)

Diversi studi hanno indagato il ruolo della simulazione sensorimotoria, mostrando risultati in linea con il modello. In un loro studio Wood e colleghi (2016) avevano manipolato la mimica facciale dei partecipanti per alterare il feedback facciale e il conseguente processo di simulazione sensorimotoria. I partecipanti indossavano una maschera indurente per il viso che andava notevolmente a limitare la mimica facciale, mentre erano sottoposti ad un compito di discriminazione percettiva: dovevano distinguere il volto con espressione triste o arrabbiata da un distrattore. Gli stimoli erano stati creati mediante una procedura di morphing e come stimoli di controllo venivano utilizzate le immagini di due animali, cavallo e mucca. Il motivo di questa scelta dipende dal fatto che, qualora fosse stato trovato un effetto della maschera indurente solo per lo stimolo volto e non per quello animale, si sarebbe potuto ipotizzare che la possibilità di muovere i muscoli del viso avesse un ruolo decisivo nel riconoscimento delle espressioni facciali, deponendo a favore dei processi di simulazione. Al contrario, se avesse anche ridotto l'accuratezza al compito anche per uno stimolo non volto, allora poteva essere semplicemente un confounding. Dal compito è emerso che effettivamente i partecipanti erano meno accurati nel riconoscimento dei volti quando indossavano la maschera indurente rispetto a quando potevano usare liberamente la loro mimica facciale (Wood et al., 2016).

Un'ulteriore evidenza a favore del modello di simulazione sensorimotoria proviene dallo studio condotto da Rychlowska e colleghi (2014). Gli studiosi hanno diviso i partecipanti in tre gruppi: ad alcuni avevano chiesto di indossare dei paradenti (condizione sperimentale), ad altri di tenere in mano una pallina al fine di creare una condizione distraente analoga al paradenti, ma che non andasse ad interferire con la mimica facciale (condizione fastidiosa), e infine, era presente anche un gruppo di controllo. Tutti i gruppi svolgevano un compito che prevedeva la valutazione dell'autenticità di volti sorridenti, quindi discriminare un sorriso vero da uno "falso". Il sorriso più autentico, per definizione, è caratterizzato da una contrazione maggiore del muscolo zigomatico e del muscolo orbicolare, rispettivamente il muscolo che consente di portare le guance verso l'altro e il muscolo che consente di chiudere l'occhio (Girard et al., 2019). Dal compito è emerso come i partecipanti che indossavano il paradenti ed erano limitati nel muovere il muscolo zigomatico valutavano meno autentico il sorriso vero (Rychlowska et al., 2014). Ancora una volta la limitazione della mimica facciale sembra peggiorare il riconoscimento delle espressioni facciali emotive.

E ancora, studi con TMS hanno permesso di evidenziare come l'inibizione di aree motorie, premotorie e somatosensoriali nell'osservatore abbia un impatto notevole sul riconoscimento dell'espressione facciale messa in atto dall'altro (Korb et al., 2015; Balconi & Bortolotti, 2013; Rochas et al., 2012). In particolare, Korb e colleghi (2015) hanno inibito la corteccia motoria primaria (M1) e la somatosensoriale primaria (S1) dei partecipanti tramite TMS. Durante l'uso della TMS i partecipanti osservavano dei videoclip in cui un volto mutava la propria espressione, da neutra ad arrabbiata, fino all'espressione felice. I partecipanti dovevano svolgere due compiti: prima dovevano segnalare, premendo un pulsante, quando percepivano il passaggio da un'espressione all'altra e poi dovevano valutare l'intensità dell'espressione facciale (su una scala Linkert da 0 a 100). Durante la sessione sperimentale la mimica facciale dei partecipanti, e in particolare l'attività del muscolo zigomatico, veniva monitorata tramite Elettromiografia (EMG), una tecnica utile per registrare la contrazione muscolare. I risultati hanno evidenziato come l'inibizione di M1 porti ad una riduzione dell'attivazione del muscolo zigomatico e, accompagnata all'inibizione di S1, abbia un effetto significativo sulla velocità di riconoscimento e sull'intensità percepita dell'espressione facciale, soprattutto in partecipanti di sesso femminile. Infatti le partecipanti erano più lente nel premere il pulsante per segnalare il passaggio da un'espressione all'altra e percepivano le espressioni facciali come meno intense (Korb et al., 2015).

Infine, interessanti sono gli spunti che provengono da studi condotti su pazienti con paralisi facciale congenita, impossibilitati a mettere in atto un'espressioni facciale fin dalla nascita (Rives Bogart & Matsumoto, 2010; Vannuscorps et al., 2020; Lomoriello et al., 2020). In particolare, gli autori fanno riferimento alla sindrome di Moebius (MBS), una rara sindrome congenita caratterizzata da una paralisi facciale unilaterale o bilaterale che compromette la mimica facciale, nonché i movimenti della lingua, la chiusura delle palpebre, fino alla deglutizione (Ferrari et al., 2017).

Nel loro studio Rives Bogart e Matsumoto (2010) hanno proposto un compito computerizzato che prevedeva la presentazione di volti con una espressione facciale (di paura, rabbia, disgusto, felicità, sorpresa, disprezzo e tristezza) e al partecipante veniva chiesto di identificare l'emozione sottesa dall'espressione facciale. I risultati hanno mostrato come le persone affette da MBS avessero una prestazione analoga a quella di persone sane e questo dato ha spinto gli autori a disconfermare, inizialmente, l'ipotesi del Feedback Facciale. Dieci anni dopo Vannuscorps e colleghi (2020) hanno svolto

uno studio simile coinvolgendo partecipanti affetti da MBS evidenziando nuovamente come alcuni di loro non mostrassero delle difficoltà nel riconoscimento di espressioni facciali emotive. Gli autori sostengono che questi risultati non disconfermano il modello di simulazione sensorimotoria e non ne negano il ruolo fondamentale nel riconoscimento di un'espressione facciale emotiva. È piuttosto da ritenere che la percezione e il riconoscimento delle espressioni facciali emotive funzioni in maniera diversa nelle persone affette da MBS. Essendo affette da questa sindrome fin dalla nascita, seppur non disponendo dei programmi motori corrispondenti alle espressioni facciali, queste persone hanno sviluppato dei sistemi alternativi per compensare i loro deficit (Vannuscorps et al., 2020). Infine, Lomoriello e colleghi (2020) hanno ottenuto dei risultati interessanti riguardo il ruolo della mimica facciale in persone affette da MBS. Gli studiosi hanno sottoposto i partecipanti ad un compito di riconoscimento fine di espressioni facciali emotive in cui venivano presentati dei volti inizialmente con espressione facciale neutra, che gradualmente mutava in una delle sei espressioni principali (rabbia, disgusto, paura, felicità, tristezza, sorpresa). Ai partecipanti veniva chiesto di valutare l'intensità dell'espressione facciale esibita da ciascun volto, su una scala Linkert da 1 a 10. Dai risultati ottenuti è emerso come persone affette da MBS percepissero in maniera meno intensa solo categorie emotive con valenza negativa, ossia volti con espressione facciale di tristezza, paura e disgusto. Questo dato è in linea con i modelli di simulazione, per cui una mimica facciale deficitaria o assente impedisce alla persona di valutare correttamente e percepire la giusta intensità di un'espressione facciale fine (Lomoriello et al., 2020).

Capitolo 2- Le paralisi facciali acquisite

2.1 Eziologia e principali tipologie

Le paralisi facciali acquisite sono così definite perché coinvolgono il nervo facciale, ossia il VII nervo cranico e perché non sono presenti fin dalla nascita, a differenza della sindrome di Moebius già citata nel precedente capitolo, ma possono insorgere in qualsiasi momento della vita della persona (Gaber et al., 2022).

Il nervo facciale comprende tre diversi rami di fibre (Figura 2): il ramo motorio innerva la muscolatura facciale consentendo la messa in atto della mimica facciale, regola anche la contrazione della muscolatura auricolare e dei muscoli responsabili della deglutizione e della masticazione. Il ramo di fibre sensoriali consente la percezione del gusto per la maggior parte della lingua, infine il ramo di fibre parasimpatico innerva le ghiandole lacrimali e quelle salivari, consentendo la lacrimazione e la salivazione (Ottaiano et al., 2023; Freed et al., 2022).

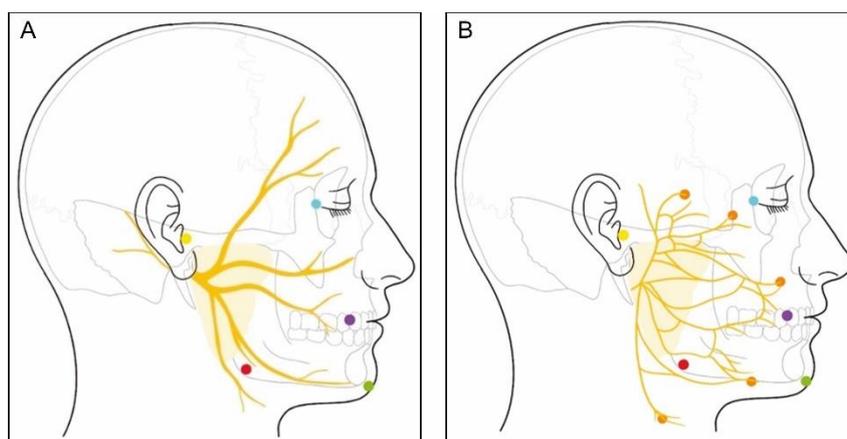


Figura 2: Le innervazioni del nervo facciale (Freed et al., 2022).

Il nervo facciale è composto da due nuclei, uno superiore che innerva il volto bilateralmente, e uno inferiore che innerva solo la parte controlaterale del volto. Di conseguenza, si differenziano due tipi di paralisi facciale sulla base del nucleo compromesso: la paralisi facciale periferica deriva dalla compromissione del nucleo superiore del nervo facciale e coinvolge completamente il lato del volto, mentre la paralisi facciale centrale deriva dalla compromissione del nucleo inferiore del nervo facciale e coinvolge solo la parte inferiore del lato del volto controlaterale alla lesione (Ottaiano et al., 2023).

Inoltre, si possono distinguere quattro tipi di paralisi facciale acquisita, in base alla causa che ne ha determinato l'insorgenza: paralisi infiammatoria, traumatica, iatrogena e neoplasica (Mavrikakis, 2008).

La paralisi facciale infiammatoria è il tipo di paralisi acquisita più comune, per cui il nervo facciale risulta infiammato a causa di un'infezione virale. Tra i virus in grado di causare la paralisi rientrano più comunemente l'*herpes zoster*, responsabile della Sindrome di Ramsay Hunt¹, e il virus dell'HIV, ma la paralisi può insorgere anche a seguito della malattia di Lyme² o dopo certe forme di otite (Mavrikakis, 2008).

Tra le paralisi infiammatorie rientra la paralisi di Bell, anche definita paralisi facciale periferica idiopatica dal momento che non si conosce con certezza il virus che è in grado di causarla. La paralisi di Bell è il tipo più diffuso, colpisce in media 20 persone su 100.000 ogni anno ed è più comune tra i 15 e i 40 anni, senza differenze tra i sessi. Si ipotizza che i virus in grado di causarla siano l'*herpes zoster* e l'*herpes simplex*, quest'ultimo si associa inoltre ad una prognosi peggiore della paralisi (Holland & Bernstein, 2014). In alcuni casi la paralisi di Bell può insorgere anche in seguito a diabete, complicanze durante la gravidanza e ipertensione arteriosa (Finsterer, 2008).

La paralisi traumatica può insorgere in seguito ad un trauma che coinvolge il nervo facciale, come un trauma cranico con fratture dell'osso temporale, o un trauma a seguito di un intervento chirurgico. In quest'ultimo caso si parla di paralisi facciale iatrogena che può essere una conseguenza di interventi chirurgici a livello del volto, del collo, dell'orecchio, ma anche di interventi estetici. In base alla sede della lesione queste paralisi si differenziano in intratemporali ed extratemporali e sembrano avere un'incidenza tra l'11-40% (Wamkpah et al., 2020).

Infine, la paralisi neoplasica è causata da tumori benigni o maligni, tra cui lo Schwannoma del nervo vestibolococleare, meningiomi, tumori maligni del condotto uditivo esterno e della parotide (Mavrikakis, 2008).

¹ La Sindrome di Ramsay Hunt è causata dal virus *herpes zoster* e può comportare, oltre ad una paralisi facciale, anche la comparsa di vesciche a livello di bocca, naso, orecchio interno ed esterno, secchezza oculare, dolori all'orecchio, vertigini, nonché alterazioni nel gusto e nell'olfatto (Wagner et al., 2012).

² La malattia di Lyme è una patologia infettiva che può essere trasmessa dal morso di zecche entrate in contatto con il batterio *Borrelia burgdorferi*. Oltre alla paralisi facciale, essa può causare eruzioni cutanee sparse, dolori articolari, febbre, nausea, fino a complicazioni a livello dei sistemi cardiovascolare, nervoso e linfatico (Ross Russell et al., 2018).

2.2 Caratteristiche cliniche

La paralisi facciale acquisita si manifesta in maniera molto eterogenea in chi ne è affetto. Può compromettere solo una metà del volto, e viene definita unilaterale, o può coinvolgere l'intero volto, e in questo caso viene definita bilaterale. Quest'ultima è una forma più grave e più rara che sembra coinvolgere circa il 2% dei pazienti (Ozkara & Budak, 2018).

Nel dettaglio, la paralisi facciale comporta molteplici complicazioni a livello facciale (Figura 3): intorpidimento fino alla totale insensibilità per uno o entrambi i lati del volto, dolori facciali diffusi, difficoltà nel chiudere la palpebra con successivi problemi di lacrimazione e lubrificazione dell'occhio (logofalmo) che possono costituire un pericolo per la cornea, impedimenti nella mimica facciale, abbassamento dell'angolo della bocca con problemi di salivazione (scialorrea), difficoltà nell'articolazione del linguaggio, fino a complicazioni nella masticazione e nella deglutizione. Le complicazioni possono riguardare anche il lato del volto opposto alla paralisi, dove si possono manifestare le sincinesie, contrazioni improvvise che riguardano soprattutto la muscolatura vicina ad occhi e bocca, e le ipercinesie, ossia un'iperattività dei muscoli non coinvolti dalla paralisi, che contribuisce ad accentuare l'asimmetria facciale (De Sanctis Pecora & Shitara, 2021).

In particolare, la paralisi facciale di Bell è una forma di paralisi che può comportare anche forti dolori all'orecchio, complicazioni uditive come un'alta sensibilità a rumori forti, e scarsa sensibilità ai gusti.

Al di là delle complicazioni a livello fisico, non è raro che persone affette da paralisi facciale acquisita manifestino un profondo disagio psicologico e sociale: la paralisi si associa spesso a disturbi d'ansia, a disturbi dell'umore come la depressione e ad isolamento sociale. Il disagio psicologico è spesso dovuto all'insorgenza improvvisa e inaspettata della malattia, dalla sua natura non sempre reversibile e dal suo decorso non sempre positivo. Diversi studi condotti su persone affette da paralisi acquisita hanno evidenziato una correlazione tra la gravità della malattia e il modo in cui la persona percepiva la propria condizione di salute: una paralisi più grave e persistente, e una percezione molto negativa della propria condizione di salute, si associavano più frequentemente ad ansia e depressione. (Fu et al., 2011; Pattinson et al., 2022).

Infine, la prognosi della paralisi è variabile e dipende dalla tempestività della diagnosi e dai trattamenti utilizzati. La paralisi di Bell è una forma reversibile di paralisi, infatti grazie ad una diagnosi precoce e a trattamenti appropriati circa l'85% dei pazienti riesce

a recuperare la mobilità facciale dopo 3 settimane, mentre il restante 15% recupera dopo 3 o 5 mesi. Tuttavia, alcune forme di paralisi acquisita possono diventare permanenti (Holland & Bernstein, 2014).



Figura 3: Fotografie di un uomo affetto da paralisi facciale acquisita unilaterale con volto a riposo (A), in cui è evidente l'abbassamento dell'angolo della bocca e la perdita di tono muscolare del lato destro del volto, e con espressione sorridente (B) in cui si nota l'impossibilità di mettere in atto la mimica facciale nel lato destro del volto (Chung et al., 2022).

2.3 Diagnosi

Riuscire ad individuare la causa della paralisi facciale acquisita in atto è fondamentale per stimare il decorso della malattia e per scegliere il trattamento più opportuno per la persona. Tuttavia, diagnosticare una paralisi facciale non è sempre semplice.

Il medico deve effettuare un'attenta anamnesi sulla storia medica del paziente, sia quella attuale, sia quella pregressa, per raccogliere informazioni riguardo l'insorgenza della paralisi e i sintomi e segni ad essa associati (Kim et al., 2020). Massima attenzione dev'essere destinata alle modalità di esordio della paralisi, poiché possono fornire delle informazioni utili riguardo alla causa e alla prognosi della malattia. Per esempio, un esordio più lento della paralisi si associa con più probabilità alla presenza di un tumore, mentre un esordio improvviso sembra essere associato ad una prognosi migliore della malattia (Mavrikakis, 2008). Segue un esame neurologico mediante il quale il medico osserva attentamente il volto del paziente concentrandosi su determinati aspetti: il movimento delle palpebre, la posizione delle sopracciglia, la presenza del riflesso corneale, la simmetria della bocca, la funzione lacrimale, la forza muscolare a livello del collo, le condizioni della cornea e la sensibilità uditiva. Il medico può fare riferimento a diversi sistemi di classificazione per valutare la gravità della paralisi, come il sistema di

House-Brackmann, la scala Sunnybrook, il sistema di Nottingham, lo Yanagihara e il sistema di Sydney. In particolare, il sistema di classificazione di House-Brackmann è il più utilizzato e valuta la gravità della paralisi facciale su una scala da 1 a 6, dove 1 indica assenza di paralisi, mentre 6 indica paralisi totale (House & Brackmann, 1985).

La scala Sunnybrook (Sunnybrook Facial Grading System, Tabella 1 in appendice) consente di valutare globalmente la gravità della paralisi facciale, ma anche di esaminare la funzionalità di specifici distretti muscolari del volto. Opera secondo tre domini: volto a riposo, movimento volontario e movimento involontario del volto (sincinesie). In particolare, si esaminano la posizione di occhi, guance e bocca nel volto a riposo e alcuni movimenti volontari o involontari come la lenta chiusura degli occhi, il sorriso a bocca aperta, l'increspatura delle labbra durante il bacio, l'atto di arricciare il naso e il corrugamento della fronte. La scala restituisce un punteggio da 1 a 100, dove 1 indica una paralisi molto grave e 100 assenza di paralisi. Rispetto al sistema di House-Brackmann, la scala Sunnybrook permette di valutare la funzionalità di muscoli specifici, risulta più veloce ed intuitiva da somministrare anche per somministratori poco esperti e consente di valutare meglio l'andamento della paralisi nel tempo (Neely et al., 2010).

Oltre ai sistemi di classificazione sopracitati, negli anni sono stati sviluppati dei questionari utili per indagare la qualità della vita nelle persone affette da paralisi facciale e la loro percezione soggettiva della malattia. Ne è un esempio il Facial Disability Index (FDI) sviluppato da VanSwearingen e Brach (1996) con validazione italiana di Pavese e colleghi (2014). Il questionario FDI è diviso in due parti di cinque items ciascuna: la prima parte indaga le limitazioni fisiche della persona, come difficoltà nel parlare, nel bere e mangiare, problemi di lacrimazione e di igiene orale, mentre la seconda parte indaga come la persona percepisce la propria condizione, quindi l'ansia, l'isolamento sociale, il tono dell'umore ed eventuali problemi nel sonno. Il punteggio finale va da 0 a 100, dove 0 indica una scarsa qualità di vita a causa della paralisi, mentre 100 indica una buona qualità della vita (VanSwearingen & Brach, 1996). Il questionario risulta utile per andare oltre le limitazioni fisiche della persona e per indagare anche aspetti più psicologici, come il disagio sociale e il malessere psicologico che molti pazienti frequentemente sperimentano (Pavese et al., 2014).

Infine, le tecniche di registrazione possono dare un buon contributo al medico per completare la diagnosi e per analizzare l'attività dei muscoli facciali. Tra le tecniche più utilizzate rientrano l'EMG, la registrazione del riflesso di ammiccamento (blink reflex)

e l'elettroencefalografia per registrare nel dettaglio l'attività del nervo facciale (Geißler et al., 2021).

2.4 Possibili trattamenti

La scelta del trattamento più adeguato per la paralisi facciale acquisita dipende da diversi aspetti quali la causa della paralisi e la sua gravità, il tempo trascorso dall'esordio e le strutture facciali risparmiate (Krishnan Santha et al., 2020). Se la paralisi è stata causata da un virus si procede con la somministrazione di appositi farmaci antivirali e/o farmaci a base di cortisone, prima di procedere con altri trattamenti (Mavrikakis, 2008).

Negli ultimi anni, per trattare soprattutto la paralisi facciale di Bell, si è diffusa la riabilitazione fisioterapica con il metodo Kabat (Kabat et al., 1959). Questo metodo nasce dal presupposto che ciascun movimento volontario derivi dall'attivazione sinergica di diversi muscoli, tra loro funzionalmente collegati. Di conseguenza, un muscolo deficitario potrà essere trattato tramite l'azione sui muscoli ad esso funzionalmente connessi. La riabilitazione fisioterapica con metodo Kabat è una procedura di facilitazione neuromuscolare propriocettiva, in quanto agisce sui movimenti volontari di muscoli compromessi attraverso la stimolazione dei propriocettori, quei recettori posizionati sui muscoli che consentono all'individuo di percepire la posizione del proprio corpo nello spazio e del proprio movimento (Héroux et al., 1985). Il fisioterapista effettua dei massaggi sui muscoli facciali, in particolare quelli in prossimità di fronte e occhi (muscolo frontale, orbicolare e corrugatore), naso (muscolo elevatore) e muscoli responsabili della masticazione, in modo tale che la pressione esercitata agisca sui propriocettori e inneschi la ripresa di funzionalità da parte di fibre muscolari danneggiate. Durante il massaggio è molto importante la risposta del paziente che deve cercare di contrarre i muscoli interessati. La riabilitazione fisioterapica con metodo Kabat si è rivelata efficace su molti pazienti affetti da paralisi facciale di Bell, soprattutto se effettuata nelle fasi iniziali della paralisi. Allo stesso modo, si è dimostrata utile nella riabilitazione di deficit muscolari residui in pazienti con paralisi facciale di Bell in via di guarigione (Barbara et al., 2010; Silva et al., 2022). Oltre ai farmaci e alla fisioterapia esistono due grandi tipologie di trattamenti per fronteggiare la paralisi facciale, ossia i trattamenti temporanei, che vengono somministrati in caso di basso rischio per la cornea e in caso di buona prognosi della

paralisi, e i trattamenti permanenti, fondamentali quando la paralisi non si risolve nel breve tempo (Mavrikakis, 2008).

2.4.1 I trattamenti temporanei

I trattamenti temporanei prevedono la somministrazione di lacrime artificiali per l'occhio coinvolto dalla paralisi, necessarie per mantenerlo il più idratato possibile durante il giorno, e di un unguento lubrificante da applicare durante la notte. Dal momento che spesso la paralisi impedisce la perfetta chiusura della palpebra, soprattutto durante la notte, è consigliato l'uso di appositi cerotti per evitare l'inserimento di corpi estranei nell'occhio. In alternativa si possono applicare dei piccoli pesi esterni in titanio sopra la palpebra (Mavrikakis, 2008).

Se i metodi sopracitati non sono sufficienti a tenere chiusa la palpebra si può optare per iniezioni di botox sulla palpebra superiore. Le iniezioni di piccole dosi di tossina botulinica di tipo A (BoNTA) si sono rivelate utili anche per limitare le sincinesie facciali, le ipercinesie e in generale per ridurre l'asimmetria facciale. Le iniezioni vengono effettuate nel lato del volto non coinvolto dalla paralisi, facendo attenzione al dosaggio, alla profondità e alla direzione dell'iniezione, per assicurarsi che venga coinvolto il distretto muscolare target. L'effetto delle iniezioni di BoNTA sembra essere di lunga durata (De Sanctis Pecora & Shitara, 2021).

2.4.2 I trattamenti permanenti

I trattamenti permanenti prevedono interventi chirurgici con lo scopo di proteggere le funzionalità dell'occhio, ma anche di ridurre l'asimmetria facciale e favorire la messa in atto di una mimica facciale più naturale (Mavrikakis, 2008). Un primo intervento prevede l'inserimento di un peso d'oro nella palpebra superiore per facilitarne la chiusura, qualora i metodi precedentemente citati non abbiano avuto effetto. L'oro è un materiale particolarmente duttile e malleabile, oltre ad avere una minima reattività ai tessuti, tuttavia può capitare che il peso si dislochi all'interno della palpebra o che venga addirittura espulso (Snyder et al., 2001).

Per proteggere la palpebra inferiore è diffusa la pratica chirurgica della linguetta tarsale laterale (*lateral tarsal strip*) che consiste nell'accorciare la palpebra inferiore rimuovendo una parte di pelle, in modo che questa si possa chiudere meglio. Questa pratica è utile per ridurre l'ectropion palpebrale, una condizione per cui la palpebra inferiore risulta cadente e la rima inferiore dell'occhio risulta rivolta verso l'esterno, con

annessa esposizione della congiuntiva. Tuttavia, può capitare che la palpebra con il tempo torni ad indebolirsi (Mavrikakis, 2008). Un altro intervento rivolto alla palpebra inferiore prevede l'inserimento di porzioni di grasso a livello suborbicolare (SOOF) e consiste nel posizionare del grasso poco sotto la rima inferiore dell'occhio per facilitare il sostegno della palpebra inferiore, soprattutto in situazioni di paralisi facciale persistente (Olver, 2000).

Altre tipologie di intervento prevedono la ptosi della palpebra, del sopracciglio o del lato della bocca compromesso. Si va ad asportare un lembo di pelle sulle aree interessate o si effettua una trazione della pelle a livello di fronte o cuoio capelluto per favorire la simmetria nei due lati del volto (Lee et al., 2004).

Infine, un ultimo intervento molto diffuso è la *smile surgery* (chirurgia del sorriso), un intervento chirurgico che viene attuato soprattutto in caso di paralisi facciale acquisita particolarmente grave o duratura. Questa pratica è utile per favorire il recupero di una mimica facciale più naturale e ridurre l'asimmetria facciale causata dalla paralisi, per limitare la degenerazione della parte più distale del nervo facciale e il progressivo indebolimento dei muscoli facciali innervati, ma anche per ridurre i disagi durante la deglutizione e la masticazione. Consiste nel prelievo di una parte del muscolo della coscia (più frequentemente il muscolo adduttore o il muscolo gracile) per trapiantarli a livello della guancia del paziente, rinnervandolo attraverso alcuni nervi cranici non interessati dalla lesione, come il nervo facciale controlaterale alla paralisi, o il nervo masseterino³ nel caso di paralisi bilaterale (Krishnan Santha et al., 2020). A seguito del trapianto, il muscolo riprenderà la propria attività dopo circa 3-6 mesi e il paziente dovrà essere necessariamente sottoposto ad un programma di riabilitazione per consentirne la piena ripresa.

Tra i programmi di riabilitazione recentemente implementati vi è il protocollo neuro-riabilitativo FIT-SAT (Ferrari et al., 2017) che sfrutta la proprietà del sistema dei neuroni specchio per consentire ai pazienti di riprendere il controllo sulla muscolatura dopo il trapianto. Il protocollo FIT-SAT unisce la Terapia di Imitazione Facciale (FIT) alla Terapia dell'Attività Sinergica (SAT) e ha delle basi teoriche ben precise: si basa sui modelli di simulazione che affermano come osservare qualcuno che mette in atto un'azione, in questo caso un sorriso, sia sufficiente per ottenere l'attivazione parziale dei medesimi circuiti neurali (Goldman & Sripatha, 2005). Si basa anche sulla teoria di

³ Il nervo masseterino è una branca del nervo trigemino, il V nervo cranico, e consente il movimento della muscolatura mandibolare. Nei pazienti con paralisi facciale, che hanno subito un intervento di *smile surgery*, si va a rinnervare il nervo trapiantato proprio con il nervo masseterino (Krishnan Santha et al., 2020).

sovrapposizione somatotopica secondo cui, in corteccia somatosensoriale, le aree corrispondenti al movimento e alla percezione della mano sono molto vicine, e in parte si sovrappongono, a quelle della bocca (Penfield & Boldrey, 1937). Infatti, molto spesso nei gesti quotidiani si osserva l'attivazione sinergica di mano e bocca: ad esempio quando portiamo la mano alla bocca per mangiare, la bocca si apre non appena iniziamo il movimento con la mano (Desmurget et al., 2014).

Basandosi su questi presupposti teorici la terapia FIT prevede l'osservazione e successiva imitazione di un'espressione sorridente, mentre la terapia SAT prevede lo svolgimento di movimenti sinergici di mano e bocca per consentire l'attivazione delle aree legate al movimento della bocca e, a lungo andare, l'innervazione del nervo trapiantato. Il protocollo prevede che i pazienti svolgano quotidianamente degli esercizi per un periodo di sei mesi, ma solo quando il muscolo trapiantato ha acquisito una minima funzionalità. Questi esercizi consistono nell'osservazione e successiva imitazione di un sorriso, mentre si effettuano dei movimenti sinergici con la mano dominante (Figura 4). Inizialmente i movimenti di bocca e mano sono unilaterali, solo quando il paziente riesce ad eseguirli correttamente per tre volte consecutive e mantenendo la giusta postura si può passare alla seconda fase del protocollo che prevede l'esecuzione di movimenti bilaterali. È molto importante che gli esercizi vengano eseguiti con costanza e soprattutto nel modo corretto, per questo il paziente riceve delle istruzioni dettagliate per evitare di commettere errori e viene seguito da un professionista durante l'esecuzione degli esercizi (De Stefani et al., 2022).

Per verificare l'efficacia del protocollo FIT-SAT De Stefani e colleghi (2022) hanno svolto uno studio su un gruppo di trenta persone affette da paralisi facciale, sia acquisita che congenita, che erano stati sottoposti ad un intervento di *smile surgery*. Solo una metà dei partecipanti seguiva il protocollo FIT-SAT mentre l'altra metà veniva sottoposta ad un programma di riabilitazione tradizionale che prevedeva il solo stringere i denti. Dopo sei mesi, i partecipanti sono stati fotografati mentre effettuavano un sorriso completo, al massimo dell'intensità, e un sorriso "dolce", più sottile e calibrato. Osservando le fotografie, nella condizione di sorriso completo si riusciva a valutare il recupero di funzionalità del muscolo trapiantato, mentre nella condizione di sorriso "dolce" si analizzava se la persona riuscisse a controllare la forza di contrazione del muscolo trapiantato. Dalle fotografie è emerso come il sorriso completo fosse ugualmente simmetrico in tutti i partecipanti, mentre il sorriso "dolce" risultava più simmetrico e spontaneo in coloro che avevano seguito il programma FIT-SAT. I

risultati dimostrano come tale protocollo faciliti sia il recupero progressivo della muscolatura facciale dopo l'intervento, sia il controllo su tale muscolatura fino al raggiungimento di una maggiore simmetria nel volto e una maggior spontaneità nel sorriso. Infine, va precisato che questo studio non è privo di limiti: i partecipanti testati sono pochi e non consentono di estendere l'efficacia del protocollo FIT-SAT a tutte le persone affette da paralisi facciale. In futuro ulteriori studi dovrebbero includere un campione più ampio di partecipanti e valutare gli eventuali effetti a lungo termine del protocollo (De Stefani et al., 2022).

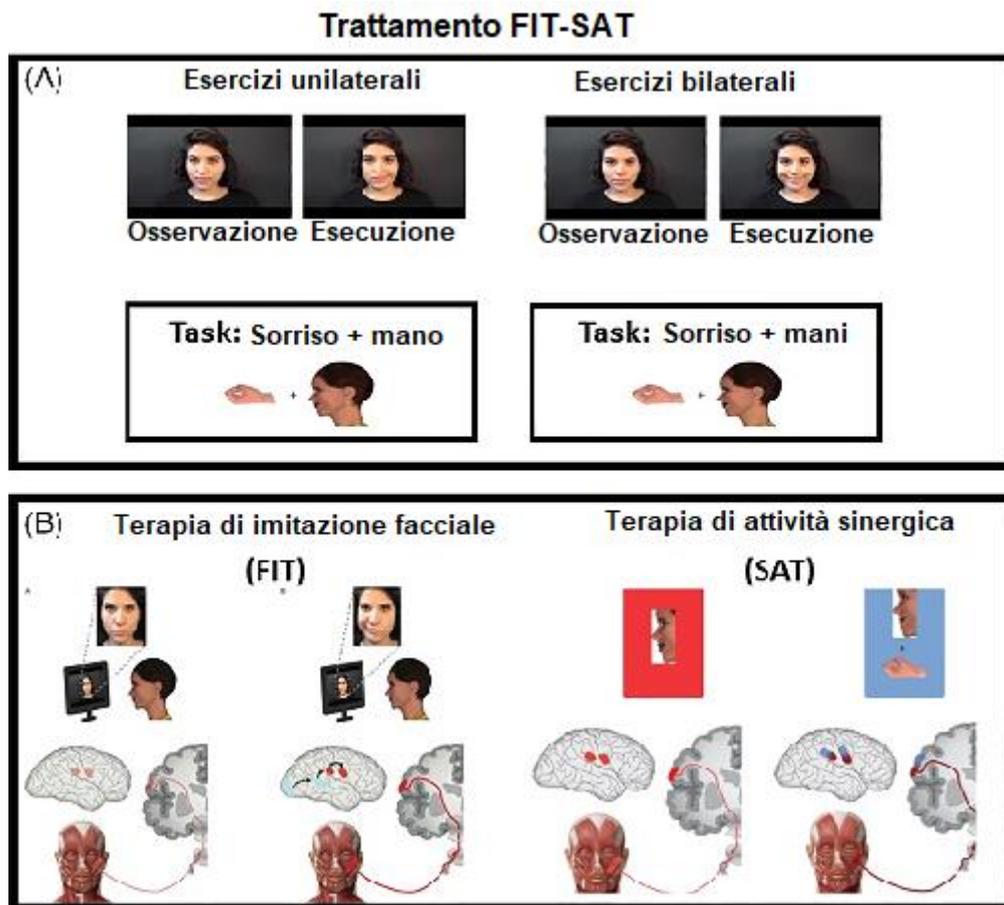


Figura 4: Trattamento FIT-SAT (De Stefani et al., 2019, p. 5, Fig.1)

2.5 Possibili ripercussioni della paralisi facciale sull'elaborazione delle espressioni facciali emotive

Nel capitolo precedente sono stati presentati i modelli di simulazione che sostengono come l'utilizzo della mimica facciale consenta di simulare esternamente, o solo di "vivere" internamente, l'espressione facciale emotiva messa in atto dall'altro, fino al suo riconoscimento. In particolare, secondo il *reverse simulation model* l'osservatore

simula con la propria mimica facciale l'espressione altrui riuscendo ad estrarre informazioni sull'emozione sottesa da tale espressione facciale (Goldman & Sripada, 2005). Mentre il più recente modello di simulazione sensorimotoria sviluppato da Wood e colleghi (2016) afferma che la mimica facciale può essere utile, ma non viene sempre utilizzata per simulare l'espressione facciale dell'altro. Ciò che accade nell'osservatore è un'attivazione complessa di aree, tra cui primariamente aree visive implicate nella percezione visiva del volto, poi aree motorie, premotorie, somatosensoriali responsabili della simulazione sensorimotoria, fino ad aree del sistema limbico parzialmente sovrapponibili con le aree cerebrali di chi mette in atto l'espressione facciale (Wood et al., 2016).

Alla luce di questi modelli, la mimica facciale svolgerebbe un ruolo ancor più importante nei contesti sociali. Essa consiste nell'attivazione e contemporanea disattivazione di gruppi muscolari facciali, è finalizzata alla comunicazione di intenzioni e all'espressione di emozioni, sia in modo volontario che involontario, ed è cruciale nel riconoscimento di ciò che l'altro sta emotivamente comunicando (Niedenthal et al., 2010).

Tuttavia, non tutti gli studi concordano riguardo al ruolo della mimica facciale nell'elaborazione delle espressioni facciali emotive. In alcuni studi è emerso come la mimica facciale entri in gioco soprattutto in compiti complessi, che richiedono il riconoscimento di espressioni più fini, mentre non è coinvolta nell'elaborazione di espressioni facciali prototipiche (Adolphs et al, 2000). Esemplificativo è lo studio di Rychlowska e colleghi (2014) già presentato nel precedente capitolo, in cui la limitazione della mimica facciale rendeva meno accurata la discriminazione di un sorriso vero da un sorriso falso.

Gli studi che hanno cercato di indagare il ruolo della mimica facciale nell'elaborazione delle espressioni facciali emotive in persone con paralisi facciale acquisita sono ad oggi in numero esiguo. Ci si chiede se queste persone facciano difficoltà a riconoscere e ad elaborare le espressioni facciali emotive messe in atto dall'altro, essendo impossibilitate ad esercitare il pieno controllo sulla propria mimica facciale.

In quest'ambito si è rivelato interessante lo studio di Storbeck e colleghi (2019) che hanno indagato l'elaborazione di espressioni facciali emotive in persone affette da paralisi di Bell. Nello studio sono state incluse trentuno persone affette da paralisi facciale acuta e unilaterale (gruppo sperimentale) e trenta partecipanti sani, di età, genere e scolarità sovrapponibili (gruppo di controllo). I partecipanti affetti da paralisi

facciale venivano prima esaminati per valutare il grado di mobilità facciale. Successivamente, a tutti i partecipanti venivano somministrati cinque compiti computerizzati, di cui i primi quattro provenienti dalla batteria EMO task erano incentrati sul riconoscimento di espressioni facciali emotive (Nowicki & Carton, 1993; Wilhelm et al., 2014), mentre il quinto compito, definito FACE task, era incentrato sul riconoscimento di volti, indipendentemente dall'espressione facciale (Herzmann et al., 2008).

I primi quattro compiti erano i seguenti: il primo consisteva nell'identificare l'espressione facciale emotiva in 72 volti composti, ciascuno costituito da due parti di volto con due espressioni facciali differenti. Al partecipante veniva chiesto di prestare attenzione alla parte superiore o inferiore del volto e di attribuirvi una delle sei emozioni di base (felicità, rabbia, tristezza, paura, disgusto o sorpresa). Il secondo compito richiedeva di identificare l'emozione espressa in volti dinamici, dritti e capovolti, sempre scegliendo tra le sei emozioni di base. Venivano presentati dei brevi video di 500 ms dove un volto con espressione neutra metteva in atto un'espressione facciale emotiva, di diversa intensità. Il terzo compito consisteva nella ricerca visiva di un volto con un'espressione facciale emotiva di diversa intensità rispetto agli altri presentati. Venivano presentati nove volti disposti in una griglia 3x3, dove solo uno differiva leggermente dagli altri otto, per un totale di 40 prove. Nel quarto compito della batteria EMO task venivano presentati volti di persone adulte e di bambini, ma anche corpi con una certa postura e veniva chiesto di attribuire alle immagini una tra quattro emozioni di base (felicità, rabbia, tristezza o paura) per un totale di 72 immagini.

Nel quinto compito (FACE task) veniva presentato un volto target per 1000 ms successivamente, in metà delle prove, lo stesso volto veniva presentato assieme ad un secondo volto che differiva solo per un elemento facciale (come la vicinanza degli occhi o la forma del naso), mentre nell'altra metà delle prove veniva mostrato solo un elemento del volto target assieme allo stesso elemento, ma di un volto diverso. Nelle 60 prove il partecipante doveva riconoscere il volto target o parti di esso.

I risultati emersi hanno evidenziato una differenza tra il gruppo di controllo e il gruppo sperimentale in termini di tempi di reazione: i partecipanti affetti da paralisi facciale acquisita erano più lenti nello svolgimento dei primi quattro compiti che richiedevano di associare un'emozione all'espressione facciale osservata (Figura 5). Al contrario, non sono emerse differenze significative nell'accuratezza dei cinque compiti, il gruppo

sperimentale non commetteva più errori nei cinque compiti rispetto al gruppo di controllo (Figura 6).

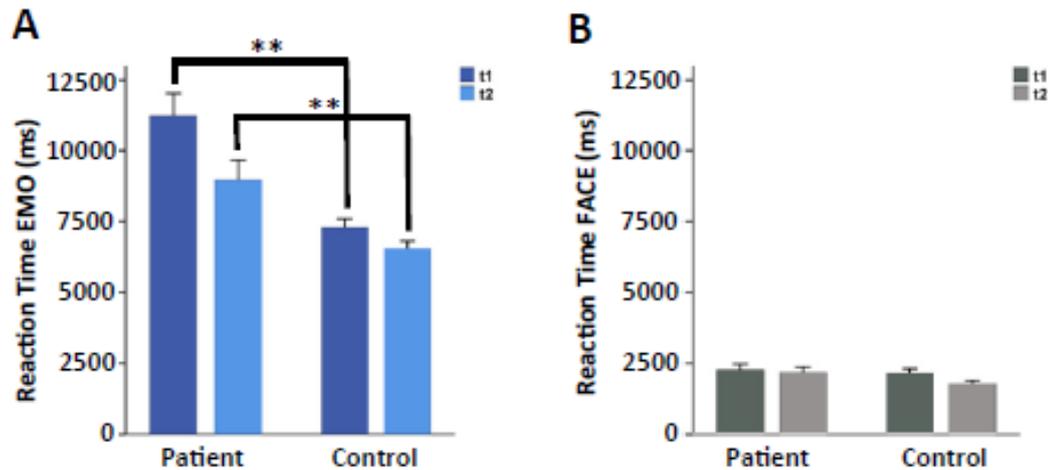


Figura 5: I due grafici mostrano un confronto tra i tempi di reazione medi del gruppo sperimentale ("Patient") e del gruppo di controllo ("Control") nei diversi compiti (A- batteria EMO task, B- FACE task) e in due diverse fasi test (t1, t2). Nel grafico A è evidente come il gruppo di controllo abbia impiegato più tempo per svolgere i compiti della batteria EMO task (Storbeck et al., 2019).

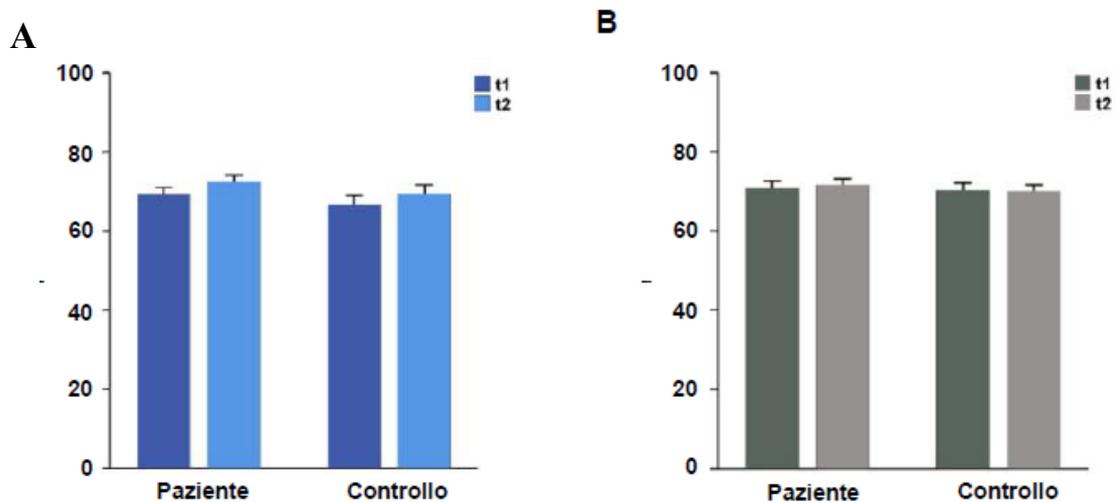


Figura 6: I due grafici mostrano un confronto tra l'accuratezza media delle risposte dei partecipanti nei diversi compiti (A- batteria EMO task, B- FACE task) e in due diverse fasi test (t1, t2). Non emergono differenze significative tra i due gruppi (Storbeck et al., 2019).

I risultati ottenuti da Storbeck e colleghi suggeriscono che il processo di simulazione sensorimotoria non è l'unico di cui l'osservatore dispone per elaborare le espressioni facciali altrui. Infatti, l'osservatore può ricavare informazioni dal contesto sociale in cui si trova e dalla situazione che sta vivendo, può attingere dalle sue esperienze pregresse e dalla conoscenza della persona con cui si sta relazionando. Allo stesso modo, la persona

affetta da paralisi facciale acquisita sarebbe più lenta nel riconoscimento dell'espressione facciale dell'altro, ma ugualmente accurata proprio perché capace di estrapolare informazioni contestuali ed episodiche, e perché ancora in possesso di schemi cognitivi legati al volto, che ne consentono l'elaborazione. Studi futuri in quest'ambito potrebbero coinvolgere un campione più ampio di pazienti, somministrando compiti velocizzati e con stimoli più fedeli alla vita di tutti i giorni. Infine, sarebbe interessante osservare se ci sono delle differenze in persone che hanno sviluppato la paralisi facciale da più tempo (Storbeck et al., 2019).

In conclusione, lo studio di Storbeck e colleghi è stato uno dei primi e più strutturati ad indagare il ruolo della mimica facciale in persone affette da paralisi facciale acquisita e ha fornito un importante spunto per studi futuri. Il progetto di ricerca alla base di questa tesi magistrale, che verrà presentato nel seguente capitolo, riprende le basi teoriche della simulazione sensorimotoria per approfondire maggiormente il ruolo della mimica facciale nell'elaborazione di espressioni facciali emotive in persone affette da paralisi facciale acquisita.

Capitolo 3- Studio sperimentale

Il progetto di ricerca che verrà approfondito in questa tesi magistrale è stato condotto presso il dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione dell'Università di Padova, in collaborazione con l'Università e l'Azienda Ospedaliero-Universitaria di Parma (Referente: Prof. Pier Francesco Ferrari), e l'Azienda Ospedaliero-Sanitaria di Padova (Referente: Prof. Stefano Masiero, UOC di Neuroriabilitazione), ed è stato possibile grazie ad un finanziamento ottenuto dalla Fondazione CARIPARO sul Bando Ricerca Scientifica d'Eccellenza 2021. Il progetto è stato denominato "Faccia a Faccia" poiché indaga come persone affette da paralisi facciale acquisita elaborano espressioni facciali emotive, che sono il mezzo principale con cui l'individuo comunica informazioni sociali attraverso il volto.

3.1 Obiettivi e ipotesi

L'obiettivo del progetto "Faccia a Faccia" è quello di indagare se persone affette da paralisi facciale acquisita presentano una difficoltà nell'elaborazione di espressioni facciali emotive dinamiche. I modelli di simulazione presentati nei capitoli precedenti hanno messo in evidenza l'importante ruolo della mimica facciale nel riconoscimento ed elaborazione soprattutto di espressioni facciali emotive fini, in quanto essa viene utilizzata per simulare, seppur parzialmente, l'espressione facciale messa in atto dall'altro, e quindi di vivere internamente l'emozione sottesa da quella espressione facciale (Goldman & Sripada, 2005; Wood et al., 2016). Inoltre, il recente studio di Storbeck e colleghi (2019) è stato uno dei primi ad aver indagato l'effetto della compromissione della mimica facciale sull'elaborazione di espressioni facciali in persone affette da paralisi facciale acquisita e congenita, evidenziando come queste persone siano ugualmente accurate a persone sane, ma siano anche più lente nella messa in atto di questi processi.

In linea con questi modelli ed evidenze sperimentali, il presente progetto di ricerca ipotizza che le persone affette da paralisi facciale acquisita possano presentare un processo di simulazione sensorimotoria alterato rispetto a persone sane. Più nel dettaglio, si ipotizza che persone con paralisi facciale acquisita percepiscano le espressioni facciali dinamiche come meno intense e in modo meno accurato rispetto al gruppo di controllo.

3.2 Metodo

3.2.1 Partecipanti

Per il progetto di ricerca “Faccia a Faccia” sono stati reclutati 18 partecipanti affetti da paralisi facciale acquisita che costituivano il gruppo sperimentale, di cui 3 maschi e 15 femmine di età compresa tra i 18 e i 65 anni ($M_{age} = 45,4$, $SD = 13,8$) e 18 partecipanti di controllo con genere e età sovrapponibili ($M_{age} = 45,2$, $SD = 13,7$). Nella ricerca dei partecipanti è stata tenuta in considerazione la scolarità, intesa come numero di anni di studio dalle scuole elementari fino all’università. Tutte queste informazioni sono state raccolte rispettando la privacy dei partecipanti e sono riassunte in Tabella 1 (le informazioni complete sui partecipanti sono riportate nelle Tabelle 2 e 3 in appendice).

Gruppo	Genere	n	Età_{media}	Età_{SD}	Scolarità_{media}	Scolarità_{SD}
Controlli	Femmine	15	47,40	12,99	14,80	2,27
	Maschi	3	35,00	15,13	13,00	0,00
Paralisi	Femmine	15	47,67	13,16	14,87	2,56
	Maschi	3	34,00	13,45	13,00	0,00
	Totale	36,00	41,02	13,68	13,92	1,21

Tabella 1: La tabella riporta i dati relativi a sesso, età e scolarità dei partecipanti che hanno preso parte allo studio.

I partecipanti affetti da paralisi facciale acquisita sono stati reclutati grazie alla collaborazione dell’Università di Padova con l’Azienda Ospedaliero-Universitaria di Parma e l’Azienda Ospedaliero-Sanitaria di Padova e grazie alla diffusione di volantini, mentre i partecipanti del gruppo di controllo sono stati reclutati attraverso annunci pubblicati su internet. Tutti i partecipanti inclusi nel progetto erano madrelingua italiani, avevano un’acuità visiva nella norma, non avevano patologie psichiatriche e/o neurologiche e non assumevano farmaci psicotropi. Questi aspetti sono stati considerati al fine di evitare che le eventuali differenze riscontrate tra il gruppo sperimentale e il gruppo di controllo nell’elaborazione delle espressioni facciali potessero dipendere da aspetti non inerenti al processo di simulazione sensorimotoria. Nessun partecipante è stato escluso dallo studio.

Il gruppo sperimentale era abbastanza eterogeneo in quanto i partecipanti reclutati avevano sviluppato la paralisi facciale per cause diverse. Sono stati inclusi partecipanti affetti da paralisi iatrogena sviluppatasi a seguito dell'asportazione di un neurinoma a livello facciale, con paralisi facciale di Bell, con paralisi facciale infiammatoria e con paralisi facciale insorta a seguito di complicazioni che avevano interessato il nervo facciale (Tabella 2).

Tipo di paralisi facciale acquisita	Numero di partecipanti
Paralisi iatrogena	9
Paralisi di Bell	3
Paralisi infiammatoria	2
Angioma a livello del tronco encefalico	2
Sindrome di Ramsay Hunt	1
Cisti a livello del nervo facciale	1

Tabella 2: A sinistra il tipo di paralisi facciale acquisita e a destra il numero di partecipanti considerati nello studio affetti da quella tipologia di paralisi.

Prima di partecipare al progetto, tutti i partecipanti hanno preso visione e firmato il consenso informato in cui è stato descritto in modo chiaro lo studio, le sue modalità e le sue finalità seguendo la dichiarazione di Helsinki. Infine, lo studio è stato approvato dal Comitato Etico dell'Università di Padova (protocollo 2095, numero univoco: 7139686C25A59842A3B6B72440983F36).

3.2.2 Strumenti

È stato utilizzato il software Gorilla Experiment Builder (Anwyl-Irvine et al., 2020) per sviluppare il compito computerizzato di riconoscimento delle espressioni facciali emotive. I partecipanti potevano completare il compito da casa, collegandosi al software solo tramite il proprio computer personale, non tramite cellulari o tablet. Veniva chiesto loro di collegarsi alla piattaforma da una stanza silenziosa e adeguatamente illuminata, per poter svolgere il compito al meglio.

3.2.3 Materiali

Il compito al computer prevedeva 112 stimoli dinamici, presentati sotto forma di videoclip, che ritraevano una persona mentre metteva in atto diverse espressioni

facciali. I videoclip utilizzati appartenevano a due diversi videoset: Amsterdam Dynamic Facial Expression Set (ADFES; Van der Schalk et al., 2011) e Jerusalem Facial Expressions of Emotion (JeFEE; Yitzhak et al., 2017).

Nel dettaglio, il videoset ADFES include i videoclip di 22 attori (12 maschi e 10 femmine) di origine europea, che mettono in atto 9 espressioni facciali emotive in modo prototipico e al massimo dell'intensità. Le emozioni esibite sono gioia, tristezza, rabbia, paura, disgusto, sorpresa, disprezzo, imbarazzo, orgoglio, oltre all'espressione neutra, e gli attori sono stati appositamente addestrati per utilizzare specifici muscoli del volto nella messa in atto di un'espressione facciale. Inoltre, gli attori mettono in atto l'espressione facciale emotiva o girando il capo verso l'osservatore, o allontanandolo da esso (Van der Schalk et al., 2011). La validazione di questo videoset ha effettivamente evidenziato come le espressioni facciali esibite nei videoclip siano altamente riconoscibili, in quanto particolarmente esplicite e prototipiche. Inoltre, questo videoset è stato recentemente riadattato in una forma più ecologica denominata ADFES-BIV (Bath Intensity Variation) che include videoclip di espressioni facciali emotive con tre diversi livelli di intensità, in grado di riprodurre ancor più fedelmente l'espressività del volto umano (Wingenbach et al., 2016).

Il secondo videoset da cui sono stati estrapolati gli stimoli è JeFEE e include i videoclip di 8 attori che mettono in atto 7 espressioni facciali in modo sottile e non prototipico. I videoclip hanno una durata di 10 secondi e gli attori esibiscono inizialmente un'espressione neutra e successivamente un'espressione facciale emotiva in modo naturale, usando liberamente la propria muscolatura facciale. Le emozioni esibite nei videoclip sono: rabbia, disgusto, tristezza, paura, sorpresa e felicità, oltre all'espressione neutra iniziale (Yitzhak et al., 2017).

Nel progetto di ricerca "Faccia a Faccia" sono state presentate 6 espressioni facciali emotive riprese dal videoset ADFES (felicità, tristezza, rabbia, paura, disgusto, sorpresa) più l'espressione neutra x 4 identità (2 stimoli facciali femminili e 2 maschili; F01, F03, M02, M03). Allo stesso modo, dal videoset JeFEE sono state considerate 6 emozioni di base (felicità, tristezza, rabbia, paura, disgusto, sorpresa) più l'espressione neutra x 4 identità (2 stimoli facciali femminili e 2 maschili; JF1, JF2, JM1, JM2). Le differenze tra i videoclip estrapolati dai due videoset vengono illustrate in Figura 7.

Tutti i videoclip sono stati presentati in formato mp4 e ridimensionati (700x700 px) tramite il software VideoProc Converter (Versione 4.1 Copyright © 2021 Digiarty).

In conclusione, sono state presentate 7 espressioni facciali diverse per ciascuno dei due videoset, ogni espressione facciale veniva esibita per 8 volte da 4 attori diversi (2 maschi e 2 femmine), per un totale di 56 videoclip per ciascun videoset, quindi 112 trials in totale.

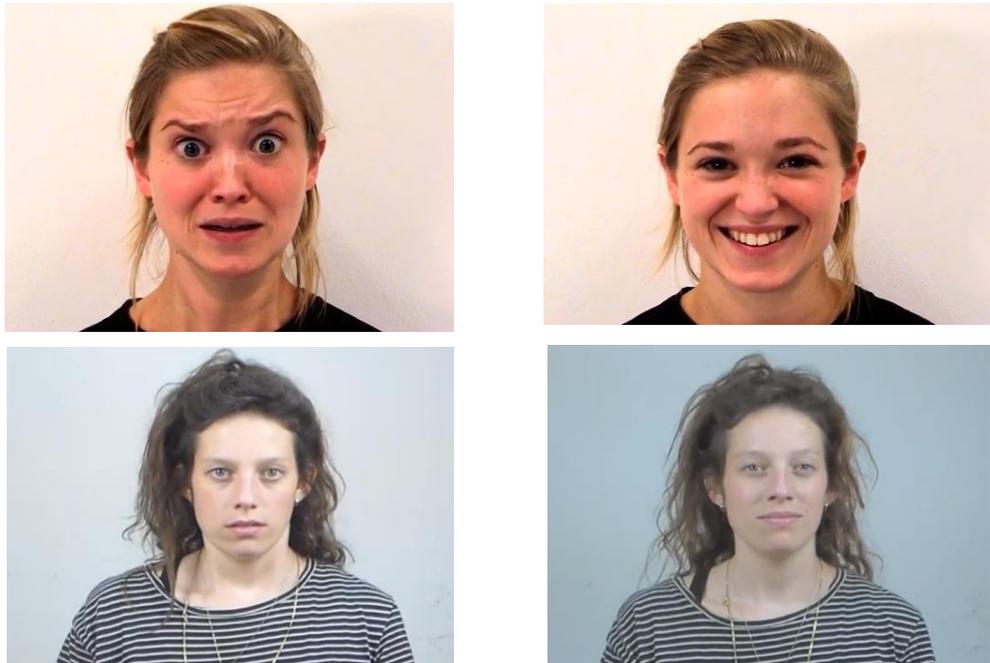


Figura 7: In alto due fotogrammi estrapolati dai videoclip del videoset ADFES, in cui l'attrice sta esibendo l'emozione di paura a sinistra e di felicità a destra. In basso le stesse espressioni facciali ma estrapolate dai videoclip del videoset JeFEE, meno intense e meno prototipiche (Van der Schalk et al., 2011; Yitzhak et al., 2017).

Nel progetto “Faccia a Faccia” è stata utilizzata la Geneva Emotion Wheel (GEW 1.0, Ruota di Ginevra, Figura 8) per valutare il modo in cui i partecipanti percepivano le espressioni facciali emotive esibite nei videoclip. La GEW è una ruota i cui raggi sono rappresentati da 16 parole che suggeriscono un'emozione (*labels*), mentre il centro della ruota è vuoto e indica la neutralità dell'espressione facciale (Tran, 2004; Vaughan, 2011). Per il presente studio, ogni *label* è stato tradotto dall'inglese all'italiano al fine di facilitare i partecipanti nell'utilizzo della GEW. Inoltre, ogni *label* è rappresentato da quattro cerchi di dimensione crescente, più piccoli verso l'interno e più grandi verso l'esterno. La diversa dimensione dei cerchi consente ai partecipanti di indicare l'intensità diversa dell'emozione esibita nei videoclip. I *labels* sono disposti secondo un ordine preciso, in base alla valenza e al grado di controllo che la persona riesce ad esercitare sull'emozione esternata: a sinistra ci sono i *labels* riferiti alle emozioni con

valenza negativa, a destra quelli con valenza positiva, in alto i *labels* riferiti alle emozioni ad alto controllo e in basso quelli contraddistinti da basso controllo. Inoltre, i *labels* sono rappresentati in modo continuo, in quanto quelli vicini sulla ruota condividono alcune caratteristiche, come ad esempio “euforia”, “gioia” e “soddisfazione” sono tutte emozioni positive, contraddistinte da un umore elevato. Al contrario, i *labels* diametralmente opposti sulla ruota indicano emozioni che non hanno nulla in comune tra loro.

Nel presente progetto di ricerca è stata utilizzata la prima versione della GEW, nonostante ad oggi sia stata validata anche la versione 3.0 che è composta da 20 *labels*. Rispetto alla versione 3.0, la GEW 1.0 risulta più semplice ed immediata nell’utilizzo, evita che si verifichi l’effetto soffitto per cui la variabile indipendente non ha più effetto su quella dipendente e soprattutto include il *label* corrispondente all’emozione di sorpresa, esclusa nella versione 3.0 (Verroca et al., 2022).

La GEW ha delle proprietà interessanti poiché consente di valutare il grado di accuratezza delle risposte dei partecipanti alla vista dei videoclip e l’intensità percepita dell’espressione facciale osservata. Infatti, i cerchi che costituiscono i raggi della ruota hanno dimensioni diverse proprio per consentire al partecipante di selezionare l’intensità percepita dell’espressione facciale osservata, per cui basterà calcolare la distanza dal centro della GEW al cerchio selezionato dal partecipante per averne un’idea precisa. Per quanto riguarda l’accuratezza basterà confrontare l’emozione selezionata sulla GEW dal partecipante con l’effettiva emozione esibita nel videoclip.

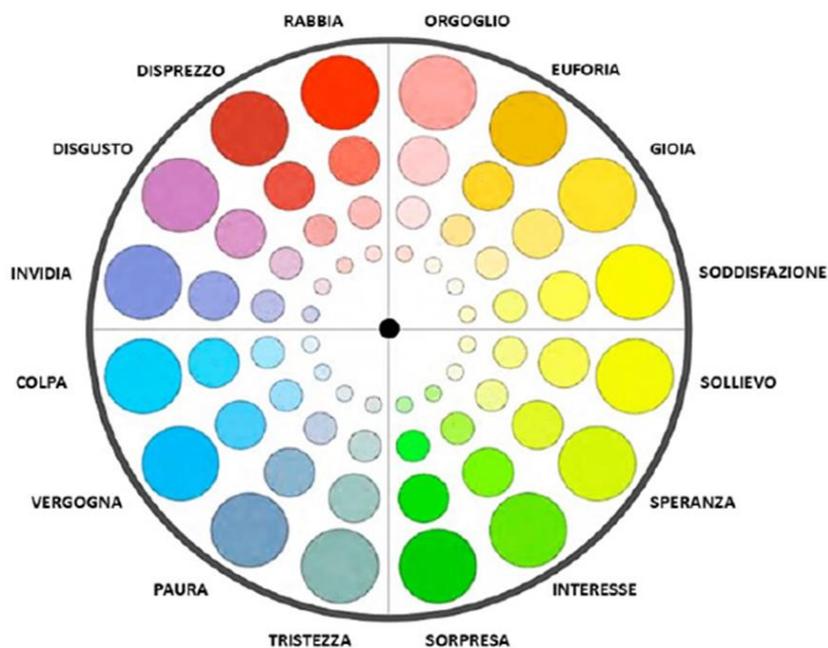


Figura 8: Geneva Emotion Wheel (Tran, 2004; Vaughan, 2011).

3.3 Colloquio preliminare

I partecipanti che manifestavano il proprio interesse per il progetto di ricerca “Faccia a Faccia” venivano contattati telefonicamente o via mail dal gruppo di ricerca per partecipare allo studio. Prima dell’esperimento vero e proprio, ai partecipanti veniva chiesto di svolgere un breve colloquio online sulla piattaforma Zoom (Eric Yuan, 2011). Questo colloquio prevedeva un breve confronto prima con una fisioterapista e, successivamente, con una psicoterapeuta e aveva come obiettivo quello di escludere dallo studio partecipanti con caratteristiche non inerenti al progetto di ricerca. Per garantire il corretto svolgimento del colloquio, veniva chiesto ai partecipanti di collegarsi alla piattaforma online utilizzando il proprio computer e di posizionarsi in una stanza adeguatamente silenziosa e illuminata.

Una volta collegati, i partecipanti del gruppo sperimentale svolgevano un colloquio di 15 minuti con una fisioterapista esperta, che valutava la funzionalità della muscolatura facciale mediante la scala Sunnybrook. La fisioterapista chiedeva al partecipante di avvicinarsi il più possibile alla telecamera, di rimuovere momentaneamente gli occhiali se presenti, e di eseguire alcuni movimenti come corrugare le sopracciglia, sorridere o chiudere le labbra per mandare un bacio. Questa breve valutazione era utile per delineare la gravità della paralisi facciale acquisita di ciascun partecipante.

Terminato il colloquio con la fisioterapista seguiva un colloquio di circa 10 minuti con una psicoterapeuta esperta, a cui accedevano anche i partecipanti del gruppo di controllo. La psicoterapeuta somministrava loro la Montgomery-Asberg Depression Rating Scale (MADRS, Tabella 4 in appendice, Montgomery & Asberg, 1979), una scala di valutazione costituita da 10 items che valutano la presenza di sintomatologia depressiva come umore deflesso, carenza di appetito, sonno e concentrazione, pensieri pessimistici, apatia verso le altre persone e verso l’ambiente circostante, sensi di colpa e idee suicidarie. Rispetto ad altre scale di valutazione, la MADRS è più rapida da somministrare e più sensibile, poiché consente di monitorare l’andamento della sintomatologia depressiva nel tempo, come ad esempio dopo l’assunzione di un farmaco o l’adesione ad una terapia (Zimmerman et al., 2004). Nel presente progetto di ricerca questa scala veniva somministrata a tutti i partecipanti per escludere la presenza di sintomatologia depressiva, che avrebbe potuto compromettere il processo di elaborazione delle espressioni facciali emotive. Non è infrequente che persone affette da paralisi facciale manifestino del disagio psicologico, fino a disturbi d’ansia e depressivi.

Al termine del colloquio online ogni partecipante riceveva via mail un link per accedere all'esperimento vero e proprio. Veniva chiesto di svolgere l'esperimento entro le 24 ore dal colloquio preliminare.

3.4 Procedura sperimentale

Per accedere all'esperimento al computer, i partecipanti dovevano compilare un modulo inserendo i propri dati anagrafici e firmare un nuovo consenso informato, fondamentale ai fini dello studio. Dopo aver compilato i moduli aveva inizio il compito di riconoscimento delle espressioni facciali emotive che prevedeva una prima fase di familiarizzazione con gli stimoli-volti e la GEW, tramite la quale i partecipanti avrebbero dovuto attribuire un'emozione all'espressione facciale osservata nei diversi videoclip. Seguiva poi la fase test vera e propria: i partecipanti osservavano il centro dello schermo dove vi era una croce di fissazione per 500 ms, poi veniva presentato un videoclip in cui attori di sesso maschile e femminile, di etnie diverse, esibivano prima un'espressione neutra e poi gradualmente l'espressione facciale emotiva. Al termine del videoclip della durata di 6000/10000 ms, i partecipanti avevano 20 secondi di tempo per riconoscere l'emozione sottesa dall'espressione facciale appena osservata usando la GEW. Se entro 20 secondi non veniva data alcuna risposta sulla GEW veniva assegnata l'espressione neutra al videoclip osservato. Seguiva una schermata vuota con un punto di fissazione della durata di 1000 ms prima del videoclip successivo (Figura 9). I videoclip venivano presentati in maniera pseudo-randomizzata per non creare aspettative nel partecipante.

L'esperimento aveva una durata complessiva di 45 minuti e prevedeva una pausa dopo i primi 56 trials, per evitare che il partecipante si annoiasse eccessivamente e che si riducesse la sua soglia attentiva.

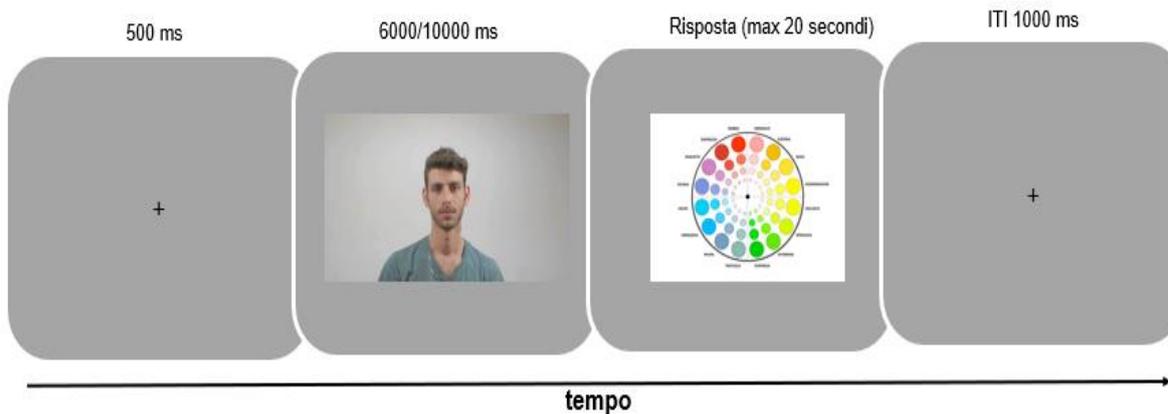


Figura 9: Esempio di un trial sperimentale. All'inizio sullo schermo compare solo un punto di fissazione, poi appare il videoclip della durata di 6000/1000 ms e poi la GEW per 20 s, per consentire al partecipante di riconoscere l'emozione espressa nel videoclip. Una schermata con un punto di fissazione centrale per 1000 ms precede il trial successivo.

3.5 Indice di accuratezza

La GEW consente di raccogliere le risposte dei partecipanti e, in fase di analisi dei dati, di calcolarne l'accuratezza. Per accuratezza si intende la percentuale di successo della risposta del partecipante nell'attribuire un'emozione all'espressione facciale osservata. Per calcolare l'accuratezza è necessario confrontare le emozioni assegnate dai partecipanti alle espressioni facciali con le emozioni corrette, realmente messe in atto dagli attori nei videoclip.

L'emozione corretta/ risposta corretta è stata calcolata dividendo la ruota in 16 angoli uguali misurati in gradi, tanti quanti i *labels* assegnabili alle espressioni facciali osservate (Figura 10). Quindi ogni risposta data dal partecipante sulla ruota è stata anch'essa convertita in coordinata polare e confrontata con la risposta corretta corrispondente. L'indice di accuratezza è stato calcolato come differenza tra l'angolo corrispondente alla risposta del partecipante e l'angolo corretto.

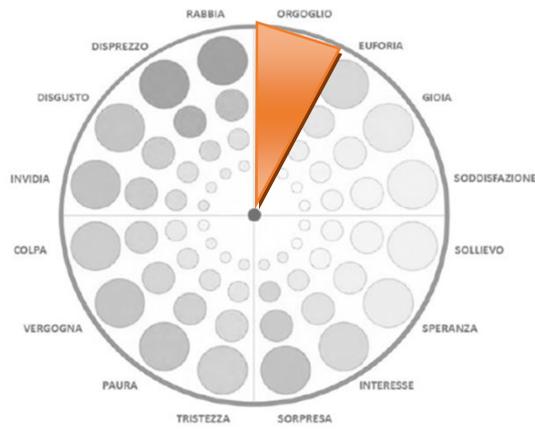


Figura 10: Divisione della GEW in 16 angoli uguali che permette di delineare l'angolo di risposta corretta, evidenziato in figura.

Per confrontare l'accuratezza delle risposte fornite dai partecipanti è stato utilizzato il software R (versione 4.3.0; R Core Team 2012). Utilizzando il pacchetto Stats R, è stato implementato un modello lineare generalizzato (GLM) per calcolare la variazione dell'accuratezza delle risposte in funzione di due diverse variabili o predittori: il gruppo di appartenenza di ogni partecipante (gruppo sperimentale o di controllo), il videosest a cui apparteneva il videoclip mostrato (ADFES o JeFEE) e l'interazione tra questi. Inoltre, è stato inserito anche un effetto random per tenere conto della variabilità interindividuale.

Poi, tramite la funzione ANOVA contenuta nel pacchetto R ImerTest package, sono stati calcolati i livelli di significatività per gli effetti fissi. È stata restituita un'ANOVA di tipo III con i livelli di significatività.

3.6 Indice di intensità percepita

Il partecipante, selezionando un cerchio di diverso diametro sulla GEW, aveva la possibilità di indicare l'intensità percepita dell'espressione facciale emotiva osservata in ciascun videoclip. Per operationalizzare l'intensità percepita associata ad ogni espressione facciale è stata tralata la ruota in un piano cartesiano, indicando il centro con le coordinate $x=0$ e $y=0$. Allo stesso modo, ogni risposta del partecipante sulla ruota è stata convertita in coordinata cartesiana e confrontata con il centro della ruota. La distanza dal centro della ruota al punto selezionato dal partecipante è stata calcolata tramite il Teorema di Pitagora con la formula sottostante:

$$I_{ij} = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Tale distanza I viene espressa in Pixel. Un I elevato indica un'intensità percepita maggiore, un I non elevato un'intensità percepita minore, infine un I nullo indica un'espressione facciale percepita come neutra.

In questo caso è stato implementato un modello lineare a effetti misti (LMM), attraverso l'approccio di massima verosimiglianza ristretta (REML). La distribuzione circolare dei dati sulla ruota non ha permesso di utilizzare il solo modello lineare generalizzato in quanto i dati circolari hanno una natura periodica, diversa da dati lineari (Cremers & Klugkist, 2018). L'adattamento del modello è stato effettuato mediante il software R, in particolare usando il pacchetto lme4 R (v1.1-33; Bates et al. 2015). Il modello ha permesso di calcolare la variazione dell'intensità percepita in funzione di due diverse variabili: il gruppo di appartenenza di ogni partecipante (gruppo sperimentale o di controllo), il videoset a cui apparteneva il videoclip mostrato (ADFES o JeFEE) e l'interazione tra questi. Inoltre, è stato inserito anche un effetto random per tenere conto della variabilità interindividuale.

Infine, è stata applicata la funzione ANOVA che ha restituito un'ANOVA di tipo III con i livelli di significatività.

3.7 Risultati

I risultati ottenuti mediante le analisi sopracitate sono stati differenziati in base all'emozione esibita nel videoclip, in base al gruppo di partecipanti che ha fornito la risposta sulla GEW ("palsy" per indicare il gruppo sperimentale, "control" per indicare il gruppo di controllo) e in base al videoset a cui apparteneva ciascun videoclip (ADFES o JeFEE).

In Figura 11 sono rappresentate tutte le risposte date dai partecipanti sulla GEW, in rosa le risposte del gruppo di controllo e in azzurro quelle del gruppo sperimentale.



Figura 11: La figura rappresenta tutte le risposte fornite dai partecipanti, divise per emozione assegnata e per videoset.

3.7.1 Risultati indice accuratezza

L'indice di accuratezza è stato calcolato per sei emozioni esibite nei diversi videoclip: rabbia, disgusto, paura, felicità, tristezza e sorpresa. Non è stato possibile calcolare l'indice di accuratezza corrispondente all'espressione neutra dal momento che i partecipanti, di fronte a questa espressione, hanno fornito delle risposte molto variegata e distribuite sulla GEW, non localizzate solo al centro della ruota, che indicava appunto l'espressione neutra (Figura 12).

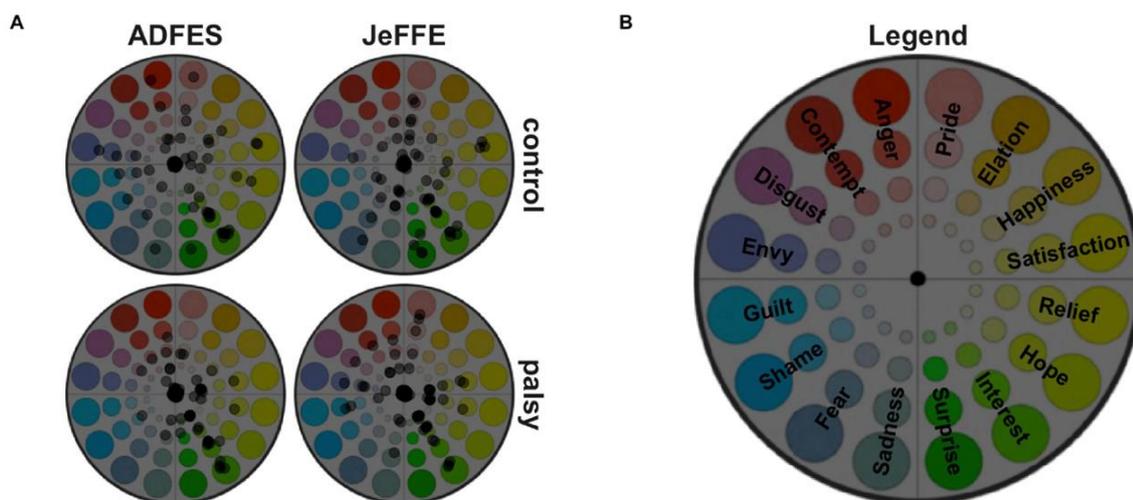


Figura 12: A sinistra (A) è rappresentata la distribuzione delle risposte dei partecipanti, divisi per gruppo di appartenenza, alla visione dell'espressione neutra estrapolata dal videoset ADFES o JeFEE, a destra (B) la legenda della GEW.

La Figura 13 mostra la distribuzione della frequenza media delle risposte dei partecipanti di fronte ai diversi videoclip. Le 16 possibili emozioni che il partecipante poteva assegnare all'espressione facciale esibita nel videoclip sono rappresentate in basso sull'asse x, mentre sull'asse y (a sinistra) è rappresentata la frequenza media con cui è stata data ogni risposta. Le risposte sono divise in base al videoset da cui proveniva il videoclip osservato (indicati in alto), in base all'emozione corretta esibita nel videoclip (a destra) e in base al gruppo di appartenenza del partecipante che ha fornito la risposta (colonne di diversi colori, rosa per indicare la risposta del gruppo di controllo e azzurro per indicare la risposta del gruppo sperimentale).

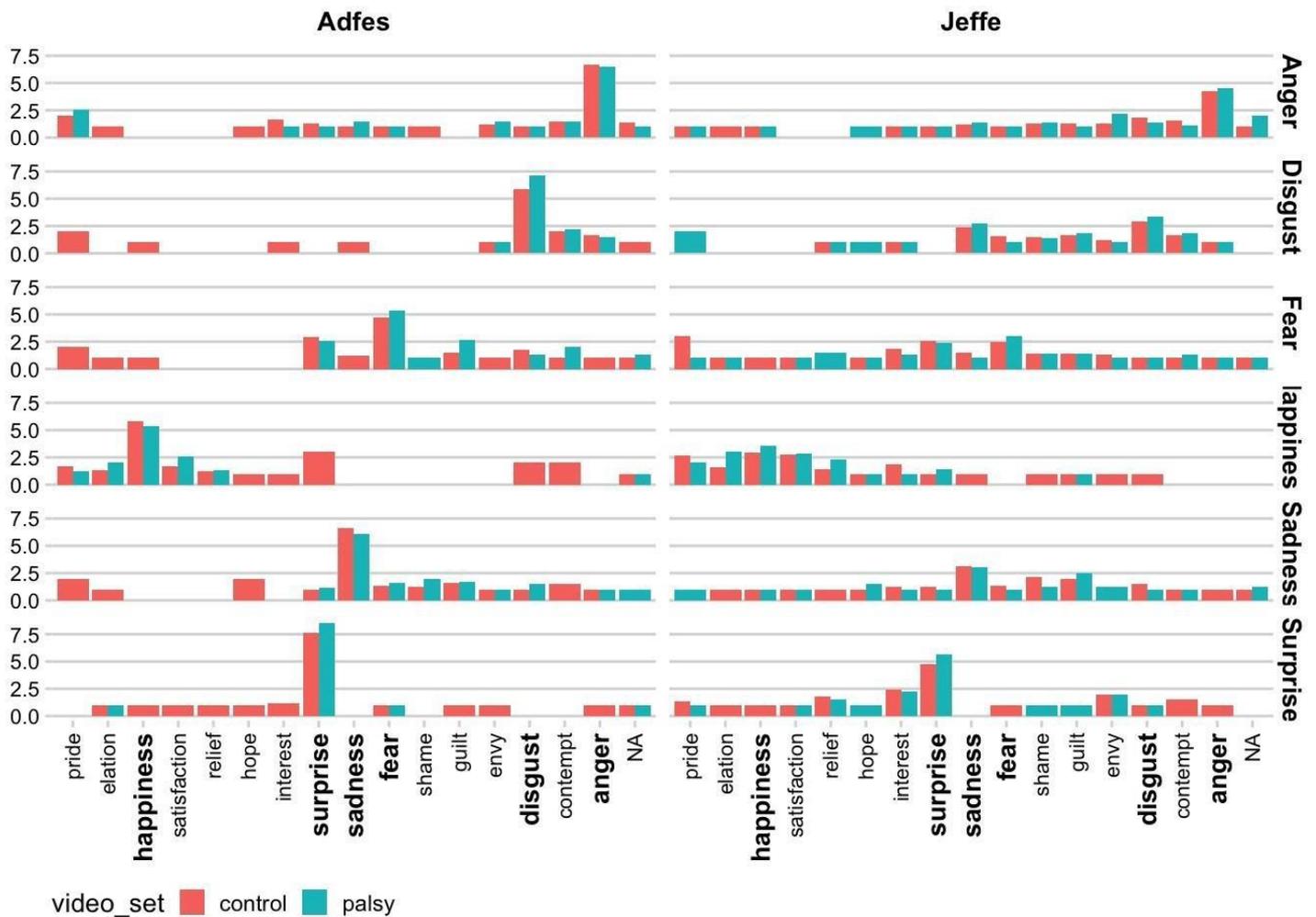


Figura 13: Grafico che mostra la distribuzione della frequenza media delle risposte (NA indica che il partecipante non ha dato una risposta).

Di seguito viene analizzata l'accuratezza delle risposte per ognuna delle sei emozioni principali esibite nei videoclip.

Rabbia

Dalle analisi effettuate, per l'emozione di rabbia è stato osservato un effetto principale del videoset $\chi^2_{(1, N = 18)} = 17.301, p < .05$. Questo dato suggerisce che i partecipanti, indipendentemente dal proprio gruppo di appartenenza, sono stati meno accurati nel riconoscimento dell'emozione di rabbia quando veniva esibita nel videoset JeFEE, rispetto a quando veniva esibita nel videoset ADFES.

Disgusto

Dalle analisi effettuate, per l'emozione di disgusto è stato osservato un effetto principale del videoset $\chi^2_{(1, N = 18)} = 24.265, p < .05$. Questo dato suggerisce che i partecipanti, indipendentemente dal gruppo di appartenenza, sono stati meno accurati nel riconoscimento dell'emozione di disgusto quando veniva esibita nel videoset JeFEE, rispetto a quando veniva esibita nel videoset ADFES $\chi^2_{(1, N = 18)} = 0.803, p < .05$.

In secondo luogo, è stato osservato un effetto principale del gruppo $\chi^2_{(1, N = 18)} = 9.030, p < .05$. Questo secondo risultato indica una differenza statisticamente significativa nel riconoscimento dell'emozione di disgusto tra i due gruppi di partecipanti: i partecipanti affetti da paralisi facciale acquisita/ "palsy" erano meno accurati rispetto ai partecipanti del gruppo di controllo/ "control" nell'attribuire l'emozione di disgusto ai videoclip osservati, indipendentemente dal videoset di provenienza.

Paura

Dalle analisi effettuate, per l'emozione di paura è stato osservato un effetto principale del videoset $\chi^2_{(1, N = 18)} = 16.506, p < .05$. Questo dato suggerisce che i partecipanti, indipendentemente dal gruppo di appartenenza, sono stati meno accurati nel riconoscimento dell'emozione di paura quando veniva esibita nel videoset JeFEE, rispetto a quando veniva esibita nel videoset ADFES $\chi^2_{(1, N = 18)} = 0.732, p < .05$.

Felicità

Dalle analisi effettuate, per l'emozione di felicità è stato osservato un effetto principale del videoset $\chi^2_{(1, N = 18)} = 26.762, p < .05$. Questo dato suggerisce, che i partecipanti, indipendentemente dal gruppo di appartenenza, sono stati meno accurati nel

riconoscimento dell'emozione di felicità quando veniva esibita nel videoset JeFEE, rispetto a quando veniva esibita nel videoset ADFES $\chi^2_{(1, N=18)} = 0.759, p < .05$.

Tristezza

Dalle analisi effettuate, per l'emozione di tristezza è stato osservato un effetto principale del videoset $\chi^2_{(1, N=18)} = 28.205, p < .05$. Questo dato suggerisce, che i partecipanti, indipendentemente dal gruppo di appartenenza, sono stati meno accurati nel riconoscimento dell'emozione di tristezza quando veniva esibita nel videoset JeFEE, rispetto a quando veniva esibita nel videoset ADFES $\chi^2_{(1, N=18)} = 0.773, p < .05$.

Sorpresa

Dalle analisi effettuate, per l'emozione di sorpresa è stato osservato un effetto principale del videoset $\chi^2_{(1, N=18)} = 29.634, p < .05$. Questo dato suggerisce che i partecipanti, indipendentemente dal proprio gruppo di appartenenza, sono stati meno accurati nel riconoscimento dell'emozione di sorpresa quando veniva esibita nel videoset JeFEE, rispetto a quando veniva esibita nel videoset ADFES.

In secondo luogo, è stato osservato un effetto principale del gruppo $\chi^2_{(1, N=18)} = 16.935, p < .05$. Questo dato indica una differenza statisticamente significativa nel riconoscimento dell'emozione di sorpresa tra i due gruppi di partecipanti: i partecipanti affetti da paralisi facciale acquisita erano meno accurati rispetto ai partecipanti del gruppo di controllo nell'attribuire l'emozione di sorpresa ai videoclip osservati, indipendentemente dal videoset di provenienza.

Infine, è stato osservato un effetto significativo d'interazione tra gruppo e videoset $\chi^2_{(1, N=18)} = 8.603, p < .05$. Quest'ultimo dato indica una maggior accuratezza dei partecipanti del gruppo di controllo rispetto ai partecipanti del gruppo sperimentale nell'attribuire l'emozione di sorpresa sia ai videoclip ADFES $\chi^2_{(1, N=18)} = 0.052, p < .05$, sia ai videoclip JeFEE $\chi^2_{(1, N=18)} = 0.374, p < .05$.

3.7.2 Risultati indice intensità percepita

Anche l'indice di intensità percepita è stato calcolato per le sei emozioni esibite nei videoclip: rabbia, disgusto, paura, felicità, tristezza e sorpresa. La Tabella 3 mostra l'indice di intensità percepita differenziato per emozione, gruppo di appartenenza del partecipante, videoset da cui è stato estrapolato ciascun videoclip. L'ultima colonna

della Tabella 3 mostra la differenza tra l'indice di intensità percepita corrispondente al videoset ADFES e quello corrispondente al videoset JeFEE (“DELTA_{intensity}”).

Emotion	Group	Video _{ADFES}	Video _{JeFEE}	DELTA _{intensity}
anger	control	183.8790	168.9218	14.95727
	palsy	164.0311	149.0201	15.01092
disgust	control	189.1533	168.5822	20.57103
	palsy	200.6915	148.9491	51.74235
fear	control	196.7892	159.0513	37.73790
	palsy	191.7234	137.4316	54.29177
happiness	control	198.2448	184.5076	13.73717
	palsy	215.2004	181.5155	33.68481
sadness	control	186.1307	172.6663	13.46442
	palsy	168.1753	137.6886	30.48671
surprise	control	206.6951	190.2687	16.42637
	palsy	203.1643	152.9241	50.24021

Tabella 3: La tabella mostra l'indice di intensità percepita media delle risposte dei partecipanti.

La Figura 14 mostra la media e la deviazione standard dell'indice di intensità percepita (px). È possibile confrontare le risposte di entrambi i gruppi dei partecipanti, in rosa infatti è rappresentata l'intensità percepita del gruppo di controllo/ “control” mentre in azzurro l'intensità percepita del gruppo sperimentale/ “palsy”. Inoltre, è possibile confrontare l'intensità percepita delle emozioni esibite dei videoclip ADFES, a sinistra, con l'intensità percepita delle emozioni del videoclip JeFEE, a destra.

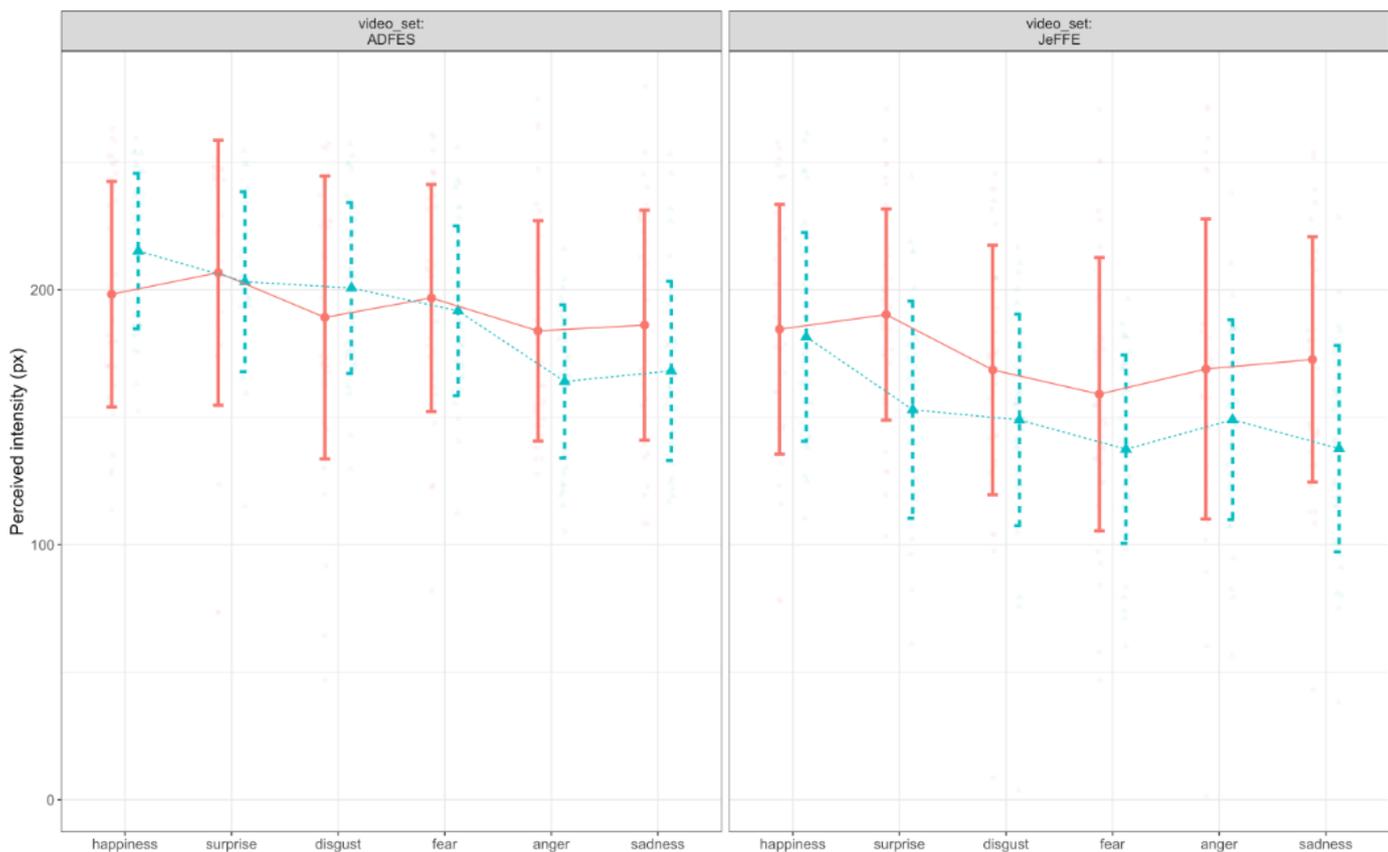


Figura 14: Grafico che mostra la media e la deviazione standard dell'intensità percepita (px).

Di seguito viene analizzata l'intensità percepita delle risposte per le emozioni esibite nei videoclip.

Sorpresa

Dalle analisi effettuate, per l'emozione di sorpresa è stato osservato un effetto principale del videoset $\chi^2_{(1, N = 18)} = 27.517, p < .05$. Questo dato suggerisce che i partecipanti, indipendentemente dal proprio gruppo di appartenenza, hanno percepito meno intensamente l'emozione di sorpresa quando veniva esibita nel videoset JeFEE, rispetto a quando veniva esibita nel videoset ADFES.

In secondo luogo, è stato osservato un effetto significativo d'interazione tra gruppo e videoset $\chi^2_{(1, N = 18)} = 6.843, p < .05$. Questo dato indica che i partecipanti del gruppo di controllo percepivano come più intense le espressioni facciali di sorpresa rispetto ai partecipanti del gruppo sperimentale, sia quando venivano esibite dei videoclip appartenenti al videoset ADFES $\chi^2_{(1, N = 18)} = 13.490, p < .05$, sia quando appartenevano al videoclip JeFEE $\chi^2_{(1, N = 18)} = 38.560, p < .05$.

Rabbia

Dalle analisi effettuate, per l'emozione di rabbia è stato osservato un effetto principale del videoset $\chi^2 (1, N = 18) = 4.290, p < .05$. Questo risultato suggerisce che i partecipanti, indipendentemente dal proprio gruppo di appartenenza, hanno percepito meno intensamente l'emozione di rabbia quando veniva esibita nel videoset JeFEE, rispetto a quando veniva esibita nel videoset ADFES.

Non è stato riscontrato nessun altro effetto significativo nell'intensità percepita per le altre quattro emozioni, ossia per disgusto, felicità, tristezza e paura, e nemmeno per l'espressione neutra.

3.8 Commento sui risultati GEW

I risultati ottenuti in merito agli indici di accuratezza e intensità percepita delle espressioni facciali emotive sembrano suggerire un elemento univoco: tutti i partecipanti, indipendentemente dal gruppo di appartenenza, commettono più errori e sono meno accurati nell'elaborazione e riconoscimento delle espressioni facciali meno prototipiche del videoset JeFEE. Allo stesso modo le espressioni facciali emotive del videoset JeFEE vengono effettivamente percepite come meno intense rispetto a quelle esibite nel videoset ADFES. Mentre le emozioni, riconosciute con maggior accuratezza sembrerebbero quelle esibite nel videoclip ADFES, in particolare l'emozione di sorpresa.

Capitolo 4- Discussione dei risultati e conclusioni

L'obiettivo di questa tesi magistrale era descrivere il progetto di ricerca "Faccia a Faccia", condotto dal gruppo di ricerca della prof.ssa Paola Sessa presso l'Università di Padova, e offrire una panoramica generale sulle basi teoriche di questo progetto.

Nel primo capitolo sono stati presentati i modelli e le teorie più importanti riguardo i processi di riconoscimento ed elaborazione delle espressioni facciali. Come sostengono Adolphs e Birmingham (2011) le espressioni facciali sono il segnale sociale dinamico per eccellenza, poiché permettono all'essere umano di comunicare emozioni e sensazioni attraverso una complessa contrazione dei muscoli del volto. Inoltre, l'essere umano fin dalla nascita è predisposto ad osservare i volti e a cogliere le informazioni che questi veicolano (Valenza & Turati, 2019).

Sempre nel primo capitolo è stato presentato il substrato neurale tramite il quale l'individuo percepisce le espressioni facciali ed elabora l'informazione emotiva ad esse associata: l'area fusiforme per i volti (FFA) individuata da Kanwisher e colleghi (1997) è l'area principale che, assieme ad altre aree cerebrali come OFA, pSTS, precuneo, aree prefrontali e temporo-parietali, risulta essenziale per la percezione di un'espressione facciale e per il recupero delle conoscenze legate alla persona che la sta mettendo in atto (Haxby & Gobbini, 2011).

La teoria più inerente al tema delle espressioni facciali emotive è la teoria della simulazione di Goldman e Sripada (2005), da cui poi hanno avuto origine i modelli simulativi. Secondo questa teoria è sufficiente simulare internamente ciò che l'altro sta manifestando per comprenderlo e per darvi un significato. La mimica facciale consentirebbe la piena realizzazione della simulazione e sarebbe essenziale per riconoscere l'emozione sottesa da un'espressione facciale.

Dopo i modelli simulativi è stato descritto il modello di simulazione sensorimotoria di Wood e colleghi (2016) secondo cui, di fronte ad un'espressione facciale, si attiverebbero, in parallelo, due vie di elaborazione: una via visiva e una via sensorimotoria, la quale prevede un'attivazione sottosoglia delle medesime aree motorie, premotorie e somatosensoriali attive anche in chi mette in atto l'espressione facciale. Tale attivazione, unita a quella di aree sottocorticali del sistema limbico, favorirebbe l'elaborazione dell'espressione facciale dell'altro e la comprensione dell'emozione sottesa da tale espressione, pur senza implicare forzatamente un'attivazione della mimica facciale dell'osservatore.

L'importanza del processo di simulazione sensorimotoria è stata confermata da studi successivi, in cui è stata manipolata la mimica facciale dei partecipanti con maschere indurenti per il viso (Wood et al., 2016) o tramite l'uso di paradenti (Rychlowska et al., 2014). L'impedimento della mimica facciale si traduceva in un processo di simulazione sensorimotoria deficitario, con difficoltà nel riconoscimento soprattutto di espressioni facciali emotive fini.

Nel secondo capitolo è stata descritta la paralisi facciale acquisita, l'eziologia, le principali tipologie, le caratteristiche cliniche, le modalità di diagnosi e i principali trattamenti, con particolare attenzione alle complicazioni psicologiche e sociali che essa comporta. Infatti, le persone con paralisi facciale sperimentano frequentemente disagio sociale, difficoltà nel comunicare attraverso la mimica facciale, fino a disturbi d'ansia e depressivi che spesso vengono sottovalutati (Fu et al., 2011; Pattinson et al., 2022).

Infine, nel terzo capitolo è stato descritto il progetto di ricerca "Faccia a Faccia" il cui obiettivo principale era quello di indagare il processo di simulazione sensorimotoria in persone affette da paralisi facciale acquisita, parzialmente o totalmente impossibilitate ad usare la propria mimica facciale. L'ipotesi alla base del progetto era che queste persone, rispetto a persone prive di paralisi, avrebbero manifestato un processo di simulazione sensorimotoria alterato, che si sarebbe tradotto in una difficoltà nell'elaborazione di espressioni facciali emotive. Nel dettaglio, ci si aspettava che le persone affette da paralisi sarebbero state meno accurate nell'associare un'emozione all'espressione facciale osservata in diversi videoclip e, allo stesso modo, avrebbero percepito le espressioni facciali emotive in modo meno intenso rispetto ai partecipanti del gruppo di controllo. Queste aspettative erano ragionevoli anche alla luce dei risultati ottenuti da Storbeck e colleghi (2019), tra i primi ad indagare il riconoscimento di espressioni facciali emotive in persone affette da paralisi facciale di Bell. Gli studiosi hanno registrato dei tempi di reazione maggiori nei partecipanti affetti da paralisi facciale acquisita, rispetto al gruppo di controllo, quando veniva chiesto loro di riconoscere l'espressione facciale emotiva.

Nel progetto "Faccia a Faccia" i 36 partecipanti reclutati, 18 affetti da paralisi facciale acquisita e 18 partecipanti di controllo, svolgevano un compito computerizzato di elaborazione di espressioni facciali emotive dinamiche. Il compito consisteva nell'attribuire un'emozione all'espressione facciale esibita in diversi videoclip. I videoclip provenivano da due diversi videoset: il videoset ADFES, in cui gli attori esibivano espressioni facciali più prototipiche e facili da riconoscere, e il videoset

JeFEE, in cui gli attori mettevano in atto espressioni facciali più fini e meno prototipiche, più difficili da riconoscere. Tramite la GEW i partecipanti assegnavano un'emozione all'espressione facciale osservata, potendo scegliere tra 16 emozioni più l'espressione neutra, selezionando il centro della ruota.

Dopo aver raccolto le risposte dei partecipanti, sono state effettuate le analisi statistiche su due indici principali: l'indice di accuratezza delle risposte e l'indice di intensità percepita.

Dalle analisi è emerso come tutti i partecipanti, indipendentemente dal gruppo di appartenenza, erano meno accurati nell'attribuire l'emozione alle espressioni facciali del videoset JeFEE e percepivano queste espressioni facciali come meno intense rispetto a quelle del videoset ADFES. Questo primo risultato è in linea con le aspettative.

In secondo luogo, per quanto riguarda l'accuratezza delle risposte, è emerso che i partecipanti affetti da paralisi facciale acquisita erano meno accurati rispetto ai partecipanti di controllo nell'attribuire l'emozione di sorpresa e quella di disgusto. Seppur questo dato sia stato riscontrato in maniera significativa solo per due emozioni sulle sei esibite nei videoclip, è comunque un risultato in linea con studi precedenti condotti su pazienti con paralisi facciale (Vannuscorps et al., 2020; Lomoriello et al., 2020). Infine, per quanto riguarda l'intensità percepita, non sono emerse differenze significative tra il gruppo sperimentale e il gruppo di controllo, fatta eccezione per l'emozione di sorpresa che veniva percepita come più intensa dai partecipanti di controllo rispetto a quelli del gruppo sperimentale, per entrambi i videoset. Quest'ultimo risultato sembra non essere in linea con studi precedenti, condotti su persone con paralisi facciale congenita. Nello studio di Lomoriello e colleghi (2020) era emerso che persone affette da paralisi facciale congenita (MBS) percepivano le espressioni facciali con valenza negativa in maniera meno intensa rispetto ai controlli. La discrepanza tra i risultati ottenuti potrebbe dipendere dal tipo di stimoli utilizzati (dinamici piuttosto che statici) e dal campione reclutato (paralisi facciale acquisita piuttosto che congenita) per il presente progetto di ricerca.

In generale è importante ricordare che non sono molti gli studi che hanno indagato l'elaborazione delle espressioni facciali emotive in persone con paralisi facciale acquisita.

4.1 Punti di forza e limiti

Il progetto di ricerca descritto in questa tesi magistrale presenta numerosi punti di forza che riguardano la composizione del campione, gli strumenti e i materiali utilizzati. In primo luogo, ogni partecipante del gruppo sperimentale è stato abbinato per età e scolarità ad un partecipante del gruppo di controllo e ciò ha permesso di confrontare le risposte fornite nel compito in maniera più veritiera.

In secondo luogo, nel compito al computer sono stati presentati degli stimoli dinamici, preferibili rispetto a quelli statici. Diversi studi hanno dimostrato come l'uso di stimoli dinamici, come espressioni facciali dinamiche, renda il compito più ecologico, attivando un network più esteso di aree cerebrali (Trautmann et al., 2009; Krumhuber et al., 2023).

In terzo luogo, l'uso della GEW per registrare le risposte dei partecipanti ha permesso una classificazione delle emozioni più dettagliata e complessa.

Infine, l'esecuzione del colloquio preliminare per la selezione dei partecipanti ha consentito di controllare la composizione del campione e la presenza di eventuali variabili confondenti che avrebbero potuto intervenire sui risultati finali.

È opportuno elencare anche i limiti che il progetto presenta, relativi alla numerosità del campione e alle modalità con cui è stato condotto lo studio. Infatti, la scelta di una popolazione con una patologia non così frequente non ha consentito, fino ad ora, di reclutare un numero elevato di partecipanti per il gruppo sperimentale. Inoltre, lo studio condotto interamente online non ha permesso di osservare i partecipanti in un contesto asettico come quello del laboratorio. È possibile che alcuni partecipanti, durante l'esecuzione del compito da casa, si siano distratti non svolgendo il compito al meglio. Lo stesso limite riguarda il colloquio preliminare: attraverso uno schermo risulta difficile monitorare le componenti della comunicazione non verbale e valutare il grado di compromissione fisica dei partecipanti con paralisi facciale. Infine, un ultimo limite riguarda l'assenza di stimoli emotivi di controllo, ossia stimoli diversi dai volti. Mostrando solo stimoli volti non è possibile indagare se l'alterato processo di simulazione sensorimotoria nelle persone affette da paralisi facciale acquisita sia specifico per tutti gli stimoli con valenza emotiva.

4.2 Prospettive future e conclusioni

Il progetto di ricerca "Faccia a Faccia" ha indagato il processo di simulazione sensorimotoria in un campione poco studiato dalla letteratura, mostrando come persone

affette da paralisi facciale acquisita possano presentare un processo di simulazione sensorimotoria alterato, tale da compromettere l'elaborazione di espressioni facciali emotive e quindi l'interazione sociale.

In futuro sarebbe interessante, svolgere ulteriori analisi su questo tema ampliando il campione di partecipanti, per rafforzare la validità dei risultati preliminari ottenuti. Inoltre, si potrebbe svolgere lo stesso studio in un contesto asettico come quello del laboratorio, per analizzare se le risposte dei partecipanti possano essere diverse. Infine, si potrebbe ripetere lo studio considerando persone che sono guarite dalla paralisi facciale e confrontare la loro prestazione al compito con quella ottenuta durante la paralisi.

In conclusione, il presente progetto di ricerca pone l'attenzione sulle difficoltà psicologiche e sociali delle persone affette da paralisi facciale acquisita, spesso in secondo piano sebbene debilitanti tanto quanto le problematiche fisiche. Inoltre, grazie ai suoi punti di forza, fornisce un importante spunto di riflessione per studi futuri.

Appendice

Tabella 1: Versione italiana del Sunnybrook Facial Grading System (Pavese et al., 2013).

Scala di Valutazione Facciale Sunnybrook												
Simmetria a riposo	Simmetria del movimento volontario					Sincinesie						
Confrontato con il lato sano	Grado di ESCURSIONE MUSCOLARE confrontato con il lato sano					Grado di CONTRAZIONE MUSCOLARE INVOLONTARIA associata ad ogni espressione						
Occhio (scegliere una sola opzione)	Incapace di iniziare il movimento/ nessun movimento Movimento appena accennato Movimento iniziale con escursione moderata Movimento quasi completo Movimento completo					ASSENTE: nessuna sincinesia LIEVE: minime sincinesie MODERATO: sincinesie evidenti ma non deturpanti GRAVE: sincinesie deturpanti grossolani movimenti associati di diversi muscoli						
normale 0 più chiuso 1 più aperto 1 chirurgia della palpebra 1												
Guancia (plica naso-labiale)	Espressioni standard											
normale 0 assente 2 meno pronunciata 1 più pronunciata 1	Corrugare la fronte (FRO)	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	0	1	2	3	<input type="checkbox"/>
	Chiudere delicatamente gli occhi (OP)	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	0	1	2	3	<input type="checkbox"/>
	Ringhiare (ELS-EAN)	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	0	1	2	3	<input type="checkbox"/>
	Sorridere a labbra aperte (ZIG-RIS)	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	0	1	2	3	<input type="checkbox"/>
	Arricciare le labbra (OBS-OBI)	1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/>	0	1	2	3	<input type="checkbox"/>
		Asimmetria molto grave Asimmetria severa Asimmetria moderata Asimmetria lieve Simmetria normale Totale <input type="checkbox"/>										
Totale <input type="checkbox"/>	Punteggio del movimento volontario: Totale x 4 <input type="checkbox"/>					Punteggio delle sincinesie: Totale <input type="checkbox"/>						
Punteggio di simmetria a riposo: Totale x 5 <input type="checkbox"/>	Punteggio mov. vol. <input type="checkbox"/> - Punteggio simm. a rip. <input type="checkbox"/> - Punteggio sincinesie <input type="checkbox"/> =					Punteggio globale <input type="checkbox"/>						
Paziente _____												
Diagnosi _____												
Data _____												

Modificate da Ross, Fradet, Nedzelski 1992

Tabella 2: Informazioni demografiche, punteggi ottenuti alla scala Sunnybrook e alla scala MADRS dei partecipanti del gruppo sperimentale.

Group	Subject	Match	Gender	Age	Education	Sunnybrook	MadrS	Interpretation
palsy	1	26	Female	39	14	89	22	Depressione moderata
	2	28	Female	43	14	39	18	Depressione moderata al limite
	3	19	Female	50	13	50	8	Normale al limite
	4	23	Female	37	19	44	14	Depressione lieve
	5	25	Female	59	19	56	9	Depressione lieve
	6	31	Female	62	17	41	5	Normale
	7	33	Female	61	17	87	25	Depressione moderata
	8	34	Female	41	16	65	4	Normale
	9	21	Female	56	13	56	0	Normale
	10	27	Female	29	18	44	11	Depressione lieve
	11	30	Male	45	13	32	8	Normale al limite
	12	20	Female	52	13	90	0	Normale
	13	24	Male	38	13	80	9	Depressione lieve
	14	36	Female	48	13	43	13	Depressione lieve
	15	32	Female	52	13	45	25	Depressione moderata
	16	29	Male	19	13	36	2	Normale
	17	35	Female	67	11	78	2	Normale
	18	22	Female	19	13	74	9	Depressione lieve al limite

Tabella 3: Informazioni demografiche, punteggi ottenuti alla scala Sunnybrook e alla scala MADRS dei partecipanti del gruppo di controllo.

Group	Subject	Match	Gender	Age	Education	Sunnybrook	Madrs	Interpretation
control	19	3	Female	51	13		2	Normale
	20	12	Female	53	13		0	Normale
	21	9	Female	56	13		5	Normale
	22	18	Female	19	14		9	Depressione lieve al limite
	23	4	Female	37	18		3	Normale
	24	13	Male	40	13		0	Normale
	25	5	Female	56	17		2	Normale
	26	1	Female	41	13		11	Depressione lieve
	27	10	Female	27	19		3	Normale
	28	2	Female	45	13		10	Depressione lieve
	29	16	Male	18	13		14	Depressione lieve
	30	11	Male	47	13		3	Normale
	31	6	Female	61	18		4	Normale
	32	15	Female	53	13		4	Normale
	33	7	Female	60	16		4	Normale
	34	8	Female	39	16		9	Depressione lieve al limite
	35	17	Female	66	13		6	Normale
36	14	Female	47	13		0	Normale	

Tabella 4: Traduzione italiana della Montgomery-Asberg Depression Rating Scale (Montgomery & Asberg, 1979).

<p>1 - TRISTEZZA MANIFESTA</p> <p>Scoraggiamento, depressione e disperazione (qualcosa di più di un semplice abbassamento del tono dell'umore) che traspariscono dal linguaggio, dalla mimica e dalla postura.</p> <p><i>Valutare in base alla profondità e all'incapacità a reagire positivamente.</i></p>	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 6	<p>6 - DIFFICOLTÀ DI CONCENTRAZIONE</p> <p>Difficoltà a raccogliere le idee che può giungere fino all'incapacità a concentrarsi.</p> <p><i>Valutare in base all'intensità, alla frequenza ed al grado di compromissione.</i></p>	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 6
<p>2 - TRISTEZZA RIFERITA</p> <p>Verbalizzazione di umore depresso, indipendentemente dal fatto che sia o meno anche manifesto. Comprende la malinconia, lo scoraggiamento o il sentimento di non poter essere aiutati, di essere senza speranza.</p> <p><i>Valutare in base all'intensità, alla durata ed al grado in cui l'umore, da quanto riferito, viene influenzato dagli eventi.</i></p>	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 6	<p>7 - STANCHEZZA</p> <p>Difficoltà a cominciare la giornata o lentezza ad iniziare ed a compiere le attività quotidiane.</p>	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 6
<p>3 - TENSIONE INTERNA</p> <p>Sentimenti di malessere mal definito, irritabilità, agitazione interiore, tensione nervosa crescente fino al panico, al terrore o all'angoscia.</p> <p><i>Valutare in base ad intensità, frequenza, durata e grado di rassicurazione richiesta.</i></p>	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 6	<p>8 - INCAPACITÀ DI PROVARE SENSAZIONI</p> <p>Esperienza soggettiva di una diminuzione di interesse per l'ambiente circostante o per le attività che normalmente procurano piacere. La capacità di reagire in maniera emotivamente appropriata alle circostanze o alla gente è ridotta.</p>	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 6
<p>4 - RIDUZIONE DEL SONNO</p> <p>Riduzione della durata o della profondità del sonno rispetto al tipo di sonno del paziente quando stava bene.</p>	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 6	<p>9 - PENSIERI PESSIMISTICI</p> <p>Idee di colpa, d'inferiorità, di autoaccusa, di peccato, di rimorso e di rovina.</p>	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 6
<p>5 - RIDUZIONE DELL'APPETITO</p> <p>Perdita dell'appetito rispetto a quello abituale.</p> <p><i>Valutare in base alla perdita del desiderio di mangiare o al bisogno di gloriarsi a mangiare.</i></p>	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 6	<p>10 - IDEE DI SUICIDIO</p> <p>Sentimento che la vita non vale la pena di essere vissuta; che la morte naturale sarebbe benvenuta; idee di suicidio e preparativi di suicidio.</p> <p><i>I tentativi di suicidio non devono, di per sé, influenzare la valutazione.</i></p>	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 6

Bibliografia

- Adelman, P., & Zajonc, R. (1989). Facial efference and the experience of emotion. *Annual Review of Psychology, 40*, 249–280.
- Adolphs, R. (1999). Social cognition and the human brain. *Trends in Cognitive Sciences, 3*(12):469-479.
- Adolphs, R., & Birmingham, E. (2011). Neural Substrates of Social Perception. *Oxford handbook of face perception*. Oxford University Press, Cap. 29, pp. 735-760.
- Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D., Cooper, G., & Damasio, A. R. (2000). A role for somatosensory cortices in the visual recognition of emotion as revealed by three-dimensional lesion mapping. *Journal of Neuroscience, 20*(7), 2683–2690.
- Adolphs, R., Tranel, D., Damasio, H., & Damasio, A. (1994). Impaired recognition of emotion in facial expressions following bilateral damage to the amygdala. *Nature, 372*, 669–672.
- Anwyl-Irvine, A. L., Massonnié, J., Flitton, A., Kirkham, N., and Evershed, J. K. (2020). Gorilla in our midst: An online behavioral experiment builder. *Behav. Res. Methods 52*, 388–407.
- Balconi, M. & Bortolotti, A. (2013). Conscious and unconscious face recognition is improved by high-frequency rTMS on pre-motor cortex. *Consciousness and Cognition, 22*, 771–778.
- Barbara, M., Antonini, G., Vestri, A., Volpini, L., & Monini, S. (2010). Role of Kabat physical rehabilitation in Bell's palsy: A randomized trial. *Acta Oto-Laryngologica, 130*:1, 167-172,
- Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Hill, J., Raste, Y., & Plumb, I. (2001). The “Reading the Mind in the Eyes” Test revised version: a study with normal adults, and

- adults with Asperger syndrome or high-functioning autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 42(2):241-51.
- Barton, J. J. S., Davies-Thompson, J., & Corrow, S. L. (2021). Prosopagnosia and disorders of face processing. *Handbook of Clinical Neurology*, 178:175-193.
- Beaudoin, C., & Beauchamp, M. H. (2020). Social cognition. *Handbook of Clinical Neurology*, 173:255-264.
- Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British journal of psychology*, 77(3), 305-327.
- Burton, A. M., Bruce, V., & Johnston, R. A. (1990). Understanding face recognition with an interactive activation model. *British Journal of Psychology*, 81(3), 361–380.
- Busigny, T., Van Belle, G., Jemel, B., Hosen, A., Joubert, S., & Rossion, B. (2014). Face-specific impairment in holistic perception following focal lesion of the right anterior temporal lobe. *Neuropsychologia*, 56:312–33.
- Calder, A. J., Rhodes, G., & Haxby, J. (2011). *Oxford handbook of face perception*. Oxford University Press. Capp. 6, 10, 13, 28, 32.
- Carlin, J. D., Calder, A. J., Kriegeskorte, N., Nili, H., & Rowe, J. B. (2011). A head view-invariant representation of gaze direction in anterior superior temporal sulcus. *Current Biology* 21:1817–21.
- Carr, L., Iacoboni, M., Dubeau, M. C., Mazziotta, J. C., & Lenzi, G. L. (2003). Neural mechanisms of empathy in humans: A relay from neural systems for imitation to limbic areas. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 100(9), 5497–5502.
- Chan, A. W., & Downing, P. E. (2011). Faces and eyes in human lateral prefrontal cortex. *Frontiers in Human Neuroscience*. 5:51.

- Chao, L. L., Martin, A., & Haxby, J.V. (1999). Are face-responsive regions selective only for faces? *Neuroreport*, 10, 2945– 2950.
- Chung, E. J., Matic, D., Fung, K., MacNeil, S. D., Nichols, A. C., Kiwan, R., Tay, K., & Yoo, J. (2022). Bell's palsy misdiagnosis: characteristics of occult tumors causing facial paralysis. *Journal of Otolaryngology*, 51(1): 39.
- Cremers, J., & Klugkist, I. (2018). One direction? A tutorial for circular data analysis using R with examples in cognitive psychology. *Frontiers in psychology*, 9, 2040.
- Dalrymple, K. A., Oruc, I., Duchaine, B., Pancaroglu, R., Fox, C. J., Iaria, G., Handy, T. C., & Barton, J. J. S. (2011). The neuroanatomic basis of the right face-selective N170 in acquired prosopagnosia: a combined ERP/fMRI study. *Neuropsychologia*, 49:2553–63.
- De Sanctis Pecora, C., & Shitara, D. (2021). Botulinum Toxin Type A to Improve Facial Symmetry in Facial Palsy: A Practical Guideline and Clinical Experience. *Toxins (Basel)*, 13(2): 159.
- Desmurget, M., Richard, N., Harquel, S., Baraduc, P., Szathmari, A., Mottolese, C., & Sirigu, A. (2014). Neural representations of ethologically relevant hand/mouth synergies in the human precentral gyrus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(15).
- De Stefani, E., Barbot, A., Zannoni, C., Belluardo, M., Bertolini, C., Cosoli, R., Bianchi, B., Ferri, A., Zito, F., Bergonzani, M., Schiano Lomoriello, A., Sessa, P., & Ferrari, P. F. (2022). Post-surgery Rehabilitative Intervention Based on Imitation Therapy and Mouth-Hand Motor Synergies Provides Better Outcomes in Smile Production in Children and Adults With Long Term Facial Paralysis. *Frontiers in Neurology*, 13, 757523.

- Dimberg, U., & Thunberg, M. (1998). Rapid facial reactions to emotional facial expressions. *Scandinavian Journal of Psychology*, *39*, 39–45.
- Di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (1992). Understanding motor events: a neuropsychological study. *Experimental Brain Research*, *91*, 176–180.
- Duchaine, B., & Yovel, G. (2015). A Revised Neural Framework for Face Processing. *Annual Review of Vision Science*, *1*:393-416.
- Ekman, P. (1992). Are there basic emotions? *Psychological Review*, *99*(3), 550–553.
- Ferrari, P. F., Barbot, A., Bianchi, B., Ferri, A., Garofalo, G., Bruno, N., Coudé, G., Bertolini, C., Ardizzi, M., Nicolini, Y., Belluardo, M., & Stefani, E. D. (2017). A proposal for new neurorehabilitative intervention on Moebius Syndrome patients after ‘smile surgery’. Proof of concept based on mirror neuron system properties and hand-mouth synergistic activity. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *76*, 111–122.
- Finsterer, J. (2008). Management of peripheral facial nerve palsy. *European Archives of Otorhinolaryngology*, *265*(7): 743-52.
- Freed, B., Coker, C., Steele, R., Marolt, C., Motzko, M., Creamer, B. A., & Dennis, J. F. (2022). Communicating Branches of the Facial Nerve: Descriptions and Clinical Considerations. *Aesthetic Surgery Journal*, *42*(6): NP373-NP382.
- Fu, L., Bundy, C., & Sadiq, S. A. (2011). Psychological distress in people with disfigurement from facial palsy. *Eye (London)*, *25*(10):1322-6.
- Gaber, A., Taher, M. F., Wahed, M. A., Shalaby, N. M., & Gaber, S. (2022). Classification of facial paralysis based on machine learning techniques. *Biomedical Engineering Online*, *21*(1):65.

- Geißler, K., Urban, E., Volk, G. F., Klingner, C. M., Witte, O. W., & Guntinas-Lichius, O. (2021). Non-idiopathic peripheral facial palsy: prognostic factors for outcome. *European Archive of Otorhinolaryngology*, 278(9): 3227-3235.
- Girard, J.M., Shandar, G., Liu, Z., Cohn, J.F., Yin, L., & Morency, L. P. (2019). Reconsidering the Duchenne Smile: Indicator of Positive Emotion or Artifact of Smile Intensity? *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops, 2019* :594-599.
- Goldman, A. I., & Sripada, C. S. (2005). Simulationist models of face-based emotion recognition. *Cognition*, 94(3), 193–213.
- Gopnik, A., & Meltzoff, A. (1997). *Words, thoughts, and theories*. MIT Press: Cambridge, MA.
- Grafton, S.T. (2009). Embodied cognition and the simulation of action to understand others. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1156, 97– 117
- Gross, C. G. (2002). Genealogy of the "grandmother cell". *The Neuroscientist*, 8(5):512-518.
- *Gross, C. G., Roche-Miranda, G. E., & Bender, D. B. (1972). Visual properties of neurons in the inferotemporal cortex of the macaque. *Journal of Neurophysiology*, 35:96 –111.
- Hasselmo, M. E., Rolls, E. T., & Baylis, G. C. (1989). The role of expression and identity in the face-selective responses of neurons in the temporal visual cortex of the monkey. *Behavioural Brain Research*, 32:203–218.
- Haxby, J. V., Ungerleider, L. G., Clark, V. P., Schouten, J. L., Hoffman, E. A., & Martin, A. (1999). The effect of face inversion on activity in human neural systems for face and object perception. *Neuron*, 22, 189– 199.
- Haxby, J. V., & Gobbini, M. I. (2011). *Distributed neural systems for face perception* (pp. 93-110). The Oxford Handbook of Face Perception.

- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 223-233.
- Héroux, M. E., Butler, A. A., Robertson, L. S., Fisher, G., Gandevia, S. C. (1985). Proprioception: a new look at an old concept. *Journal of Applied Physiology*; 132(3): 811-814.
- Herzmann, G., Danthiir, V., Schacht, A., Sommer, W., & Wilhelm, O. (2008). Toward a comprehensive test battery for face cognition: Assessment of the tasks. *Behavior Research Methods*, 40(3), 840e857.
- Holland, N. J., & Bernstein, J. M. (2014). Bell's palsy. *BMJ Clinical Evidence*: 1204.
- *Holland, A. C, O'Connell, G., & Dziobek, I. (2021). Facial mimicry, empathy, and emotion recognition: a meta-analysis of correlations. *Cognition & Emotion*, 35(1): 150-168.
- House, J. W., & Brackmann, D. E. (1985). Facial nerve grading system. *Otolaryngology:Head and Neck Surgery*, 93(2): 146-7.
- Kanwisher, N., McDermott, J., & Chun, M. M. (1997). The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *The Journal of Neuroscience*, 17(11):4302-11.
- Kim, M. J., Neta, M., Davis, F. C., Ruberry, E. J., Dinescu, D., Heatherton, T. F., Stotland, M. A., & Whalen, P. J. (2014). Botulinum toxin-induced facial muscle paralysis affects amygdala responses to the perception of emotional expressions: Preliminary findings from an ABA design. *Biology of Mood and Anxiety Disorders*, 4(1), 11.
- Kim, S. J., Lee, H. Y. (2020). Acute Peripheral Facial Palsy: Recent Guidelines and a Systematic Review of the Literature. *Journal of Korean Medical Science*, 35(30): e245.

- Klingner, C. M., & Guntinas-Lichius, O. (2023). Facial expression and emotion. *Laryngorhinootologie*, *102(S 01)*, S115-S125.
- Konorski J. (1967). Integrative activity of the brain; an interdisciplinary approach. Chicago: University of Chicago Press.
- Korb, S., Malsert, J., Rochas, V., Rihs, T. A., Rieger, S. W., Schwab, S., Niedenthal, P. M., & Grandjean, D. (2015). Gender differences in the neural network of facial mimicry of smiles – an rTMS study. *Cortex* *70*, 101–114.
- Krishnan Santha, K., Joseph, S., Latheef. S., Narayanan, S., Nair, S. M., Babu, B., Sivadasan, A., Shet, S. M., Pydi, R. V., Pati, A., & Samantaray, S. A. (2020). Dynamic smile reanimation in facial nerve palsy. *Journal of Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeon*, *46(2)*: 143-149.
- Lawrence, A. D., Calder, A. J., McGowan, S. M., & Grasby, P. M. (2002). Selective disruption of the recognition of facial expressions of anger. *NeuroReport*, *13(6)*, 881–884.
- Lee, V., & Currie, Z., (2004). Ophthalmic management of facial nerve palsy. *Eye*, *18*: 1225–1234.
- Leslie, K. R., Johnson-Frey, S. H., & Grafton, S. T. (2004). Functional imaging of face and hand imitation: Towards a motor theory of empathy. *Neuroimage* *21*, 601–607.
- Lomoriello, A. S., Caperna, G., Stefani, E. D., Ferrari, P. F., & Sessa, P. (2020). The intensity of emotion: Altered motor simulation impairs processing of facial expressions in congenital facial palsy. *PsyArXiv*.
- Mavrikakis, I. (2008). Facial nerve palsy: anatomy, etiology, evaluation, and management. *Orbit*, *(6)*:466-74.

- *Miele, G., Lavorgna, L., Marrapodi, M. M., & Abbadessa, G. (2022). Emotional facial palsy: an unusual and rarely explored neurological sign. *Neurological Science, 43(11): 6305-6307.*
- Montgomery, S. A., & Asberg, M. (1979). A new depression scale designed to be sensitive to change. *The British Journal of Psychiatry, 134:382–389.*
- Neely, J. G., Cherian, N. G., Dickerson, C. B., & Nedzelski, J. M. (2010). Sunnybrook facial grading system: reliability and criteria for grading. *The Laryngoscope, 120(5): 1038-45.*
- Niedenthal, P. M., Mermillod, M., Maringer, M., & Hess, U. (2010). The Simulation of Smiles (SIMS) model: Embodied simulation and the meaning of facial expression. *The Behavioural and Brain Science, 33(6):417-33.*
- Nowicki, S. Jr., & Carton, J. (1993). The measurement of emotional intensity from facial expressions. *The Journal of Social Psychology, 133(5), 749-750.*
- Olver, J. M. (2000). Raising the suborbicularis oculi fat (SOOF): its role in chronic facial palsy. *The British Journal of Ophthalmology, 84(12): 1401-6.*
- Op De Beck, H., & Nakatani, C. (2019). *Introduction to human neuroimaging.* CambridgeUniversity Press.
- Ottaiano, A. C., Gomez, G. D., & Freddi, T. A. L. (2023). The Facial Nerve: Anatomy and Pathology. *Seminars in Ultrasound, CT and MR, 44 (2): 71-80.*
- Ozkara, B., & Budak, F. (2018). Bilateral Facial Paralysis. *Eurasian Journal of Medical Investigation, 2(1): 41-44.*
- Pattinson, R., Poole, H. M., Shorthouse, O., Sadiq, S. A., & Bundy, C. (2022). Exploring beliefs and distress in patients with facial palsies. *Psychology, Health & Medicine, 27(4): 788-802.*
- Pavese, C., Cecini, M., Camerino, N., De Silvestri, A., Tinelli, C., Bejor, M., & Dalla Toffola, E. (2014). Functional and social limitations after facial palsy: expanded

- and independent validation of the Italian version of the facial disability index. *Physical Therapy*, 94(9): 1327-36.
- Pavese, C., Tinelli, C., Furini, F., Abbamonte, M., Giromini, E., Sala, V., De Silvestri, A., Cecini, M., & Dalla Toffola, E. (2013). Validation of the Italian version of the Sunnybrook Facial Grading System. *Neurological Science*, 34 (4): 457-63.
- Penfield, W., & Boldrey, E. (1937). Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain*, 60(4), 389-443.
- *Perrett, D. I., Oram, M. W., Harries, M. H., Bevan, R., Hietanen, J. K., Benson, P. J., & Thomas, S. (1991). Viewer-centered and object-centered coding of heads in the macaque temporal cortex. *Experimental Brain Research*, 86:159–173.
- Phillips, M. L., Young, A. W., Senior, C., Brammer, M., Andrew, C., Calder, A. J., Bullmore, E. T., Perrett, D. I., Rowland, D., Williams, S. C. R., Gray, J. A., & David, S. (1997). A specific neural substrate for perceiving facial expressions of disgust. *Nature*, 389, 495–498.
- Pitcher, D., Dilks, D. D., Saxe, R. R., Triantafyllou, C., & Kanwisher, N. (2011). Differential selectivity for dynamic versus static information in face selective cortical regions. *NeuroImage*, 56:2356–63.
- Pitcher, D., Goldhaber, T., Duchaine, B., Walsh, V., & Kanwisher, N. (2012). Two critical and functionally distinct stages of face and body perception. *Journal of Neuroscience*, 32:15877–85.
- Pitcher, D., & Ungerleider, L. G. (2021). Evidence for a Third Visual Pathway Specialized for Social Perception. *Trends in cognitive sciences*, 25(2):100-110.
- Plaut, D. C., & McClelland, J. L. (2010). Locating object knowledge in the brain: comment on Bowers's (2009) attempt to revive the grandmother cell hypothesis. *Psychological Review*, 117(1):284-8.

- Quiroga, R. Q., Reddy, L., Kreiman, G., Koch, C., & Fried, I. (2005). Invariant visual representation by single neurons in the human brain. *Nature*, *435*(7045), 1102-1107.
- Rives Bogart, K., & Matsumoto, D. (2010). Facial mimicry is not necessary to recognize emotion: Facial expression recognition by people with Moebius syndrome. *Social neuroscience*, *5*(2), 241-251.
- Rizzolatti, G., Fogassi, L., & Gallese, V. (2001). Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nature Reviews Neuroscience*, *2*, 661– 670.
- Rochas, V., Gelmini, L., Krolak-Salmon, P., Poulet, E., Saoud, M., Brunelin, J., & Bediou, B. (2012). Disrupting pre-SMA activity impairs facial happiness recognition: an event-related TMS study. *Cerebral Cortex*, *23*, 1517–1525.
- Rossion, B., Caldara, R., Seghier, M., Schuller, A. M., Lazeyras, F., & Mayer, E. (2003). A network of occipito-temporal face-sensitive areas besides the right middle fusiform gyrus is necessary for normal face processing. *Brain* *26*:2381–95.
- Ross Russell, A. L., Dryden, M. S., Pinto, A. A., & Lovett, J. K. (2018). Lyme disease: diagnosis and management. *Practical Neurology*, *(6)*:455-464.
- Rychlowska, M., Cañadas, E., Wood, A., Krumhuber, E. G., Fischer, A., & Niedenthal, P. M. (2014). Blocking Mimicry Makes True and False Smiles Look the Same. *PLOS ONE*, *9*(3).
- Sadeh, B., Podlipsky, I., Zadanov, A., & Yovel, G. (2010). Event-related potential and functionalMRI measures of faceselectivity are highly correlated: a simultaneous ERP-fMRI investigation. *Human Brain Mapping*, *31*:1490–501.
- *Sato, W., Kochiyama, T., & Uono, S. (2015). Spatiotemporal neural network dynamics for the processing of dynamic facial expressions. *Scientific Report*, *5*: 12432.

- Silva, C., Oliveira, M. T., Azevedo-Santos, I. F., & DeSantana, J. M. (2022). Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation in the treatment of dysfunctions in facial paralysis: a systematic literature review. *Brazilian Journal of Physical Therapy, 26(6): 100454.*
- Snyder, M. C., Johnson, P. J., Moore, G. F., & Ogren, F. P. (2001). Early versus late gold weight implantation for rehabilitation of the paralyzed eyelid. *Laryngoscope, 111:2109–2113.*
- Soderkvist, S., Ohlén, K., & Dimberg, U. (2018). How the Experience of Emotion is Modulated by Facial Feedback. *Journal of Nonverbal Behavior, 42:1*, pp 129-151.
- Sorger, B., Goebel, R., Schiltz, C., & Rossion, B. (2007). Understanding the functional neuroanatomy of prosopagnosia. *NeuroImage 35:836–52.*
- Storbeck, F., Schlegelmilch, K., Streitberger, K. J., Sommer, W., & Ploner, C. J. (2019). Delayed recognition of emotional facial expressions in Bell's palsy. *Cortex, 120:524-531.*
- Todorov, A., Dotsch, R., Porter, J. M., Oosterhof, N. N., & Falvello, V. B. (2013). Validation of data-driven computational models of social perception of faces. *Emotion, 13(4):724-38.*
- Tomkins, S. S. (1981). The role of facial response in the experience of emotion: a reply to Tourangeau and Ellsworth. *Journal of Personality and Social Psychology, 40:355-57.*
- Tran, V. (2004). *The influence of emotions on decision-making processes in management teams= (l'influence des émotions sur les processus de prise de décision dans les équipes de cadres)* (Doctoral dissertation, University of Geneva).
- Trevarthen, C., & Aitken, K. J. (2001). Infant intersubjectivity: research, theory, and clinical applications. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 42(1):3-48.*

- Valenza, E., & Turati, C., (2019) *Promuovere lo sviluppo della mente*. Bologna: Il Mulino.
- Van der Schalk, J., Hawk, S. T., Fischer, A. H., & Doosje, B. (2011). Moving faces, looking places: validation of the Amsterdam Dynamic Facial Expression Set (ADFES). *Emotion, 11(4): 907-20*.
- Vannuscorps, G., Andres, M., & Caramazza, A. (2020). Efficient recognition of facial expressions does not require motor simulation. *Elife, 9, e54687*.
- VanSwearingen, J. M., & Brach, J. S. (1996). The Facial Disability Index: reliability and validity of a disability assessment instrument for disorders of the facial neuromuscular system. *Physical Therapy, 76: 1288 –1298*.
- Vaughan, B. (2011). *Naturalistic emotional speech corpora with large scale emotional dimension ratings* (Doctoral dissertation, Ph. D. dissertation, Dublin Institute of Technology).
- Verroca, A., de Rienzo, C. M., Gambarota, F., & Sessa P. (2022). Mapping the perception-space of facial expressions in the era of face masks. *Frontiers in Psychology, 13:956832*.
- Vuilleumier, P., Armony, J. L., Driver, J., & Dolan, R. J. (2001). Effects of attention and emotion on face processing in the human brain: An event-related fMRI study. *Neuron, 30, 829– 841*.
- Wagner, G., Klinge, H., & Sachse, M. M. (2012). Ramsay Hunt syndrome. *Journal of the German Society of Dermatology, (4):238-44*.
- Wamkpah, N. S., Jeanpierre, L., Lieu, J. E. C., Del Toro, D., Simon, L. E., & Chi, J. J. (2020). Physical Therapy for Iatrogenic Facial Paralysis: A Systematic Review. *JAMA Otolaryngology: Head and Neck Surgery, 146(11):1065-1072*.

- Watson, R., Latinus, M., Charest, I., Crabbe, F., & Belin, P. (2014). People-selectivity, audiovisual integration and heteromodality in the superior temporal sulcus. *Cortex* 50:125–36.
- Wicker, B., Keysers, C., Plailly, J., Royet, J. P., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2003). Both of us disgusted in my insula: The common neural basis of seeing and feeling disgust. *Neuron*, 40, 655–664.
- Wingenbach, T. S., Ashwin, C., Brosnan, M. (2016). Validation of the Amsterdam Dynamic Facial Expression Set--Bath Intensity Variations (ADFES-BIV): A Set of Videos Expressing Low, Intermediate, and High Intensity Emotions. *PLoS One*, 11(1): e0147112.
- Winston, J. S., O'Doherty, J., & Dolan, R. J. (2003). Common and distinct neural responses during direct and incidental processing of multiple facial emotions. *NeuroImage*, 20:84–97.
- Wilhelm, O., Hildebrandt, A., Manske, K., Schacht, A., & Sommer, W. (2014). Test battery for measuring the perception and recognition of facial expressions of emotion. *Frontiers in Psychology*, 5, 404.
- Wood, A., Lupyan, G., Sherrin, S., & Niedenthal, P. (2016). Altering sensorimotor feedback disrupts visual discrimination of facial expressions. *Psychonomic Bulletin & Review*, 23(4), 1150–1156.
- Wood, A., & Niedenthal, P. (2015). Language limits the experience of emotions: Comment on "The quartet theory of human emotions: An integrative and neurofunctional model" by S. Koelsch et al. *Physics of Life Review*; 13: 95-8.
- Wood, A., Rychlowska, M., Korb, S., & Niedenthal, P. (2016). Fashioning the face: sensorimotor simulation contributes to facial expression recognition. *Trends in cognitive sciences*, 20(3), 227-240.

- Yang, H., Susilo, T., & Duchaine, B. (2015). The anterior temporal face area contains invariant representations of identity that can persist despite the loss of right FFA and OFA. *Cerebral Cortex*. In press.
- Yitzhak, N., Giladi, N., Gurevich, T., Messinger, D. S., Prince, E. B., Martin, K., & Aviezer, H. (2017). Gently does it: Humans outperform a software classifier in recognizing subtle, nonstereotypical facial expressions. *Emotion*, *17*(8), 1187–1198.
- Zimmerman, M., Chelminski, I., & Posternak, M. (2004). A review of studies of the Montgomery-Asberg Depression Rating Scale in controls: implications for the definition of remission in treatment studies of depression. *International Clinical Psychopharmacology*, *19*(1):1-7.

* = opere non consultate direttamente