

8 1222 • 2022
ANNI



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

DIPARTIMENTO DI PSICOLOGIA GENERALE

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN
NEUROSCIENZE E RIABILITAZIONE NEUROPSICOLOGICA**

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

**STUDIO CINEMATICO SULL'ESPRESSIONE DI
PAURA: UN CONFRONTO TRA ESPRESSIONE
GENUINA E SIMULATA**

Kinematic characterization of genuine and simulated expressions of fear

Relatrice
Prof.ssa Luisa Sartori

Correlatrice
Dott.ssa Elisa Straulino

Laureando
Emanuele Porcelluzzi
Matricola: 1206589

ANNO ACCADEMICO 2020/2021

SOMMARIO

PREFAZIONE	4
CAPITOLO I CHE COSA SONO LE EMOZIONI?	7
1.1 Alcune definizioni di Emozione.....	8
1.2 Modelli teorici delle emozioni	9
1.2.1 <i>Teoria Periferica di James-Lange</i>	9
1.2.2 <i>Teoria di Cannon-Bard</i>	9
1.2.3 <i>Teoria dei Due Fattori</i>	10
1.2.4 <i>Teoria dell'Appraisal</i>	11
1.2.5 <i>Modello contemporaneo multi-componenziale</i>	12
1.3 Correlati neurali delle emozioni	14
1.3.1 <i>L'amigdala come "scorciatoia" emozionale</i>	15
1.3.2 <i>Lateralizzazione emisferica delle emozioni</i>	17
1.3.3 <i>Come emerge l'esperienza soggettiva?</i>	18
1.4 Tassonomia delle emozioni	21
1.4.1 <i>Emozioni primarie</i>	21
1.4.2 <i>Emozioni secondarie</i>	23
1.4.3 <i>Oltre l'approccio discreto</i>	23
CAPITOLO II L'ESPRESSIONE FACCIALE DELLE EMOZIONI	24
2.1 Le espressioni facciali sono universali?	26
2.2 Caratteristiche dinamiche delle espressioni facciali.....	28
2.3 Simulare le espressioni facciali	29
2.4 Basi neurali dell'espressione facciale	31
2.5 Le peculiarità dell'emozione di paura	33
2.5.1 <i>Una sola espressione di paura?</i>	33
2.5.2 <i>Paura o ansia?</i>	35

2.5.3 <i>È possibile simulare la paura?</i>	36
2.6 Comprendere le emozioni altrui	36
2.6.1 <i>Riconoscimento dei volti</i>	37
2.6.2 <i>Ruolo della simulazione sensorimotoria</i>	38
2.6.3 <i>Riconoscimento della genuinità</i>	39
CAPITOLO III TECNICHE DI STUDIO DELLE ESPRESSIONI FACCIALI D'EMOZIONE	42
3.1 Tecniche elettromiografiche	42
3.2 Tecniche qualitative	43
3.3 Tecniche quantitative	45
CAPITOLO IV LA RICERCA	47
4.1 Obiettivo dello studio	47
4.2 Materiali e Metodi	47
4.2.1 <i>Partecipanti</i>	47
4.2.2 <i>Strumentazione</i>	48
4.2.3 <i>Stimoli e Procedure</i>	49
4.2.4 <i>Elaborazione dei dati cinematici</i>	51
4.2.5 <i>Analisi statistica</i>	52
4.3 Risultati	53
4.4 Discussione	55
4.4.1 <i>Limiti dello studio e sviluppi futuri</i>	56
CONCLUSIONI	58
BIBLIOGRAFIA	61
BIBLIOGRAFIA DELLE FIGURE	74

PREFAZIONE

I volti rappresentano uno degli aspetti più importanti e pervasivi della vita quotidiana degli esseri umani. Le persone intraprendono costantemente conversazioni faccia a faccia, sia di persona sia attraverso i computer; scattano continuamente foto dei propri volti per pubblicarle sulle piattaforme dei social-media. Similmente, sono capaci di trasmettere le proprie emozioni attraverso il volto nonché di leggere le emozioni sui volti altrui.

L'abilità di percepire i volti è una delle prime capacità che emergono dopo la nascita: un bambino comincia a percepire i volti già nei primi giorni di vita, grazie ad una preferenza biologicamente determinata per le configurazioni spaziali ad alto contrasto che permettono al cervello di diventare esperto in tale capacità. In poco tempo, tale preferenza si trasforma nella capacità di leggere ed esprimere gli stati emozionali attraverso il volto (Valenza e Turati, 2019).

I volti rappresentano una ricca fonte di informazioni utili per navigare nel mondo sociale: essi giocano un ruolo fondamentale nel decidere chi amare, di chi fidarsi, chi aiutare, di chi diffidare, e così via (Barret, 2017).

Già gli antichi Greci (e.g. Aristotele) e gli antichi Romani (e.g. Cicerone) vedevano nel volto una finestra per la mente umana. Oggigiorno l'interesse per le espressioni facciali delle emozioni riguarda non solo la ricerca psicologica e neuroscientifica ma anche numerosi ambiti applicativi di nuova generazione.

Ad esempio, le compagnie tecnologiche stanno investendo ingenti risorse per costruire sistemi automatizzati che leggano oggettivamente le emozioni nelle persone a partire dalle loro espressioni facciali (e.g. Affectiva.com, 2018). Negli Stati Uniti gli agenti dell'FBI vengono allenati a identificare le emozioni o le intenzioni degli individui attraverso le espressioni facciali, al fine di individuare potenziali minacce per la sicurezza del paese o terroristi (Barrett, 2017).

Anche nella pratica clinica negli ultimi anni è accresciuto l'interesse per le espressioni facciali d'emozione sia per la diagnosi che per il trattamento dei disturbi psichiatrici. Ad esempio, per l'autismo (Kouo e Egel, 2016) e per la schizofrenia (Edwards et al., 2002) il trattamento include training riabilitativi atti a migliorare l'abilità di riconoscimento delle configurazioni facciali come espressioni d'emozione.

Infine, lo studio le espressioni facciali d'emozione è diventato di fondamentale interesse nella pratica forense. In essa ci si basa spesso sulle espressioni facciali e sulla loro genuinità per determinare la colpevolezza di un imputato, giudicare la pericolosità sociale di un condannato, o valutare la veridicità di una testimonianza (Zebrowitz e McDonald, 1991). Tuttavia, una scorretta inferenza circa le espressioni facciali può costare la libertà (e in certi casi la vita) di una persona.

Appare chiaro, quindi, come sia di assoluta importanza pratica ottenere una maggiore conoscenza circa le espressioni facciali d'emozione.

Purtroppo, la maggior parte degli studi sulle emozioni utilizza database standardizzati composti da foto in cui agli attori veniva richiesto di rappresentare alcuni stati emozionali, oppure composti da individui creati in CGI che non presentano un reale stato emozionale. Tali stimoli rappresentano degli esempi di “espressioni facciali simulate” in quanto gli individui che mostrano tali espressioni non sono in uno stato emozionale congruente. Ad esempio, una meta-analisi di Elfenbein e Ambady (2002), che ha sintetizzato 87 esperimenti coinvolgenti più di 22'000 partecipanti provenienti da circa venti paesi del mondo, ha mostrato come circa il 95% di tali studi ha utilizzato espressioni facciali simulate.

Di conseguenza, tutta l'attuale ricerca scientifica presenta un ineluttabile bias di fondo, per cui non è ancora riuscita a individuare l'essenza dell'espressione facciale delle emozioni quando questa avviene genuinamente (i.e. congruentemente all'esperienza di un'emozione).

In tale contesto si inserisce il presente lavoro di tesi. Esso nasce dalla volontà di fare un passo decisivo in un campo ancora poco esplorato dalla psicologia e dalle neuroscienze: cosa differenzia un'espressione d'emozione genuina da una simulata? E in particolar modo, quali caratteristiche distinguono un'espressione genuina di paura da una simulata?

Un approfondimento dell'indagine scientifica in tale direzione può essere importante giacché, nonostante la maggior parte degli studi sull'emozioni si sia focalizzata sulle emozioni di felicità (i.e. sorriso) e tristezza, ben poco si conosce sull'espressione dell'emozione di paura.

Nel Capitolo I si tenterà di dare una definizione, seppur parziale, di emozione e di delinearne le relative caratteristiche sia a livello psicologico sia a livello neurale. Nel Capitolo II verrà focalizzata l'attenzione sulle espressioni facciali delle emozioni, sulle loro caratteristiche, sulle modalità con cui gli individui possono simulare le proprie espressioni facciali, nonché sui meccanismi neurocognitivi che caratterizzano la comprensione delle espressioni facciali altrui.

Nel Capitolo III verranno brevemente descritte le tecniche maggiormente utilizzate per studiare le espressioni facciali d'emozione, con particolare riferimento al FACS e all'Analisi Cinematica. Infine, nel Capitolo IV verrà descritto lo studio che, attraverso la metodologia dell'analisi cinematica, ha individuato alcune differenze di tipo dinamico tra le espressioni genuine e le espressioni simulate di paura.

CAPITOLO I

CHE COSA SONO LE EMOZIONI?

Nel 1884 il filosofo empirista e padre della psicologia americana William James pose al mondo una questione ancora oggi irrisolta: «*What is an emotion?*» (James, 1884). Da allora è passato più di un secolo e, nonostante ciò, il costrutto di emozione è ancora oggetto di dibattito scientifico: manca una definizione condivisa sia del costrutto sia dei confini che consentano di stabilire cosa sia un'emozione e cosa no.

È possibile che non si senta come prioritaria la necessità di definire le emozioni giacché esse sono patrimonio dell'esperienza quotidiana di tutti gli esseri umani. In effetti, le lingue di tutto il mondo contengono una straordinaria gamma di parole che possono rientrare nel lessico affettivo, ma è evidente che si tratti di una classe disomogenea che raggruppa elementi che difficilmente possano essere messi sullo stesso piano. Ad esempio, tutti concordano sul fatto che “paura, rabbia, tristezza, felicità, disgusto, ecc.” siano nomi di emozione. Ma parole come “ansioso, avventuroso, rilassato, infastidito, malinconico, ecc.”, sono anch'essi indicatori di emozioni oppure si riferiscono ad altri costrutti teorici? O ancora, nonostante ciascuno di noi sappia cosa sia una certa emozione, non è detto che un'altra persona intenda esattamente la stessa cosa anche se usa la stessa parola.

A tal proposito, il filosofo austriaco Ludwig Wittgenstein ha mostrato come possano essere chiamate con lo stesso nome molte cose diverse che non hanno in comune fra loro niente di specifico tranne una generica «*somiglianza di famiglia*» (Wittgenstein, 1953, p. 10).

Ciò vale anche per le emozioni. Esse rappresentano delle *categorie sociali* (Barrett, 2012): i cambiamenti che avvengono nell'intero organismo (nel volto, nella voce, nel corpo, nei circuiti neurali, ecc.) diventano un'emozione quando l'individuo attribuisce a tali cambiamenti un significato sociale. Di conseguenza, esse sono accomunate da una somiglianza facilmente intuita a livello del senso comune, ma sulla cui essenza viene meno l'accordo non appena si tenta di definirle.

Partendo da tali riflessioni, alcuni autori sostengono fermamente che i linguaggi naturali non possano rappresentare una base accettabile per fare inferenze, ricavare regolarità, e individuare con sicurezza le emozioni (e.g. Mandler, 1984; Keleman et al., 2013; Barrett, 2017).

1.1 ALCUNE DEFINIZIONI DI EMOZIONE

Kleinginna e Kleinginna (1981) nella loro rassegna hanno preso in considerazione un centinaio di definizioni del costrutto emozione, giungendo a quella che può essere considerata ancora come la più attuale e completa.

L'emozione rappresenta un insieme complesso di interazioni tra variabili oggettive e soggettive, mediate dai sistemi neurale e ormonale, che possono: (i) suscitare esperienze affettive con una specifica attivazione fisiologica (agitato vs. calmo) e valenza emozionale (piacevolezza vs. spiacevolezza); (ii) generare processi cognitivi quali percezione di stati affettivi, valutazioni cognitive e processi di etichettamento; (iii) attivare diffusi cambiamenti psicologici e fisiologici in risposta a condizioni attivanti; (iv) motivare il comportamento che è spesso espressivo, diretto ad uno scopo e adattivo.

(Kleinginna e Kleinginna, 1981, p. 355)

Inoltre, nella letteratura si usa distinguere tra i seguenti costrutti (Panksepp, 1998).

- Affetto (*Affect*): termine ampio e generico che include tutti gli aspetti emozionali e motivazionali di un individuo.
- Emozione (*Emotion*): stati affettivi intensi e di breve durata, con una causa precisa (esterna o interna) accompagnati da chiare modificazioni fisiologiche.
- Umore (*Mood*): stati affettivi di bassa intensità, durevoli e pervasivi, senza una causa immediatamente percepibile e capace di influenzare eventi inizialmente neutri.
- Esperienza emozionale (*Feeling*): aspetto soggettivo e consapevole dell'emozione, stato mentale che accompagna le modificazioni fisiologiche.

Le emozioni possiedono una lunga storia nella filogenesi umana. Esse si sono evolute da funzioni più semplici, attraverso il processo evolutivistico di *esaptazione*, per permettere all'individuo di affrontare nel modo più efficace possibile le sfide dell'ambiente in ogni momento e facilitarne la sopravvivenza (Gould, 1991; LeDoux, 2000). Perciò le emozioni sono elicitate da stimoli che sono intrinsecamente (in maniera innata o appresa) emotigeni: stimoli rilevanti per la sopravvivenza che possono minacciarla o favorirla (e.g. attacco di un animale per le emozioni negative vs. eccitazione sessuale per le emozioni positive).

Emozione e cognizione sono strettamente interconnessi: numerosi studi hanno mostrato come i processi cognitivi “freddi” siano influenzati dalle emozioni, tra cui l’attenzione (Vuilleumier, 2005), l’apprendimento e la memoria (Phelps, 2004), il ragionamento (Jung et al., 2014), e il problem-solving (Isen et al., 1987). In particolar modo, le emozioni diventano di fondamentale importanza nel guidare le decisioni in situazioni ad alta incertezza e ambiguità, rendendo il processo decisionale più accurato di quanto non lo sarebbe stato utilizzando le sole facoltà cognitive (Damasio, 1994; Dijksterhuis et al., 2006; Nordgren & Dijksterhuis, 2009).

1.2 MODELLI TEORICI DELLE EMOZIONI

Uno dei problemi da sempre dibattuto e ancora oggi aperto riguarda le componenti funzionali e processuali che caratterizzano l’esperienza delle emozioni. Nasce prima la risposta fisiologica o la risposta consapevole? La risposta fisiologica è aspecifica o peculiare per ogni emozione? La valutazione cognitiva avviene dopo oppure è essa stessa l’emozione?

A tali domande hanno cercato di rispondere i numerosi modelli teorici nati nell’ambito della psicologia cognitiva moderna. Di seguito, verranno descritti brevemente i modelli più noti e utilizzati.

1.2.1 TEORIA PERIFERICA DI JAMES-LANGE

La teoria di James-Lange è una delle prime teorie sulle emozioni della moderna psicologia. Essa, in realtà, è il frutto dell’unione di due modelli teorici sviluppati indipendentemente dagli psicologi statunitensi William James nel 1884 e da Carl Lange nel 1885.

Secondo la teoria periferica *il vissuto soggettivo segue l’attivazione fisiologica*: alcuni stimoli scatenano l’attività del sistema nervoso autonomo, che a sua volta produce un’esperienza emozionale. Si immagini di stare camminando in un bosco, quando all’improvviso si vede un orso sul sentiero: secondo la teoria periferica un individuo quando incontra un orso scappa, subentrando l’attivazione fisiologica, e solo successivamente si sente spaventato (non appena diventa consapevole delle proprie reazioni fisiche). In sostanza, James e Lange concepirono l’esperienza emozionale come la conseguenza delle reazioni fisiologiche (Bard, 1927).

1.2.2 TEORIA DI CANNON-BARD

I fisiologi statunitensi Walter Cannon (1927) e Philip Bard (1934) confutarono la teoria di James-Lange. Secondo tali autori *il vissuto soggettivo relativo all’emozione e l’attivazione fisiologica sono contemporanei*. Riprendendo l’esempio dell’orso, l’attività contemporanea del

sistema nervoso autonomo e del sistema nervoso centrale produrrà contemporaneamente l'attivazione fisiologica (battito cardiaco, sudorazione, ecc.), la fuga dall'orso e l'esperienza di paura.

Secondo Cannon e Bard, la propria teoria era da preferire ad altre per svariate ragioni:

- il sistema nervoso autonomo reagirebbe troppo lentamente per spiegare la rapida comparsa dell'esperienza emozionale (e.g. il rossore impiega dai 15 ai 30 secondi per manifestarsi, eppure ci si può sentire imbarazzati già prima di tale lasso di tempo);
- spesso si ha difficoltà a percepire accuratamente i cambiamenti nell'attività del proprio sistema nervoso autonomo;
- se alcuni stimoli non-emotigeni come la temperatura possono causare lo stesso pattern di attivazione autonoma evocato dagli stimoli emotigeni, perché allora non si prova paura quando si ha la febbre?
- non esisterebbe un numero di pattern autonomici tali da spiegare tutte le esperienze emozionali sperimentate quotidianamente dalle persone.

1.2.3 TEORIA DEI DUE FATTORI

Gli interrogativi di Cannon e Bard vennero ripresi circa 30 anni più tardi dagli psicologi statunitensi Stanley Schachter e Jerome Singer (1962), i quali intuirono che dell'emozione fanno parte anche fattori puramente cognitivi. Secondo la Teoria dei Due Fattori *si ha un'emozione quando viene applicata una particolare etichetta a una generica attivazione fisiologica*: l'individuo sceglie il termine appropriato attraverso un processo di attribuzione cognitiva (*appraisal*) grazie al quale comprende quali fattori hanno prodotto l'attivazione.

Si immagini che qualcuno sbuchi alle proprie spalle in una strada buia, innescando una risposta di attivazione (batticuore, palmi sudati, ecc.). Se l'attivazione venisse attribuita ad un perfetto estraneo, essa sarebbe etichettata come paura; se venisse attribuita ad un proprio amico, potrebbe essere etichettata come sorpresa o divertimento. Tale etichetta dipende dalle esperienze passate, dalla situazione e dalle reazioni degli altri.

A sostegno della loro teoria gli autori riportarono un esperimento in cui alcune persone dovevano guardare e valutare un film (Schachter e Wheeler, 1962). Prima di vedere il film, ad ogni soggetto venne praticata un'iniezione senza comunicargli di quale sostanza si trattasse. Un terzo dei soggetti ricevette un'iniezione atta a stimolare (adrenalina), un terzo una soluzione fisiologica (placebo) e un terzo ricevette un'iniezione atta a tranquillizzare (clorpromazina).

Nella fase di valutazione, i tre gruppi espressero giudizi diversi in accordo al loro stato di attivazione. Nello specifico, il gruppo che aveva assunto adrenalina valutò il film più positivamente rispetto agli altri due gruppi, mentre il gruppo che aveva assunto clorpromazina valutò il film più negativamente rispetto agli altri due gruppi. Tuttavia, quando venne chiesto loro se il loro stato emotivo fosse attribuibile al film o all'iniezione, tutti i partecipanti risposero attribuendolo al film.

In effetti, nella vita di tutti i giorni può risultare difficile per una persona interpretare correttamente le proprie emozioni. La tendenza degli individui ad etichettare in maniera scorretta l'emozione e la sua fonte viene definito *errata attribuzione dell'arousal*.

Tale processo cognitivo fu studiato per la prima volta da un ingegnoso studio di Dutton e Aron (1974), in cui 85 uomini vennero raggiunti alla fine di due ponti da una donna attraente, confederata degli autori, per chiedere di completare il Thematic Apperception Test (TAT). Tale test richiede di comporre una breve storia sulla base di immagini ambigue. Metà degli uomini si trovava alla fine di un ponte sospeso a 70 metri da terra, che notoriamente induce uno stato di paura in chi lo attraversa; l'altra metà si trovava alla fine di un ponte robusto a 3 metri da terra, molto più sicuro e che non induceva alcuna sensazione di paura. Una volta compilato il questionario la confederata fornì il proprio numero di telefono, spiegando che era disponibile a rispondere a qualsiasi domanda concernente lo studio.

Dutton e Aaron riscontrarono che, rispetto a quelli sul ponte robusto, gli uomini sul ponte sospeso composero storie con maggiori contenuti sessuali e tentarono in misura maggiore di contattare la confederata. Secondo gli autori ciò è avvenuto perché tali individui scambiarono l'elevato arousal provocato dall'altezza del ponte per una attrazione sessuale nei confronti della psicologa.

1.2.4 TEORIA DELL'APPRAISAL

In continuità con le teorie di Schachter e Singer, anche Nico Frijda (1993) ha sottolineato il ruolo della valutazione cognitiva degli stimoli e degli eventi antecedenti un'emozione. Molti degli stimoli provenienti dall'ambiente esterno non sono di per sé piacevoli o spiacevoli, ma vengono valutati e interpretati come tali a seconda della disposizione individuale. L'autore definisce *struttura di significato* delle emozioni l'attribuzione di senso all'evento che, in virtù di esso, potrà produrre risposte emozionali diverse.

Ad esempio, per un individuo avventuroso una discesa impegnativa in canoa lungo le rapide di un fiume può assumere una connotazione positiva di attrazione ed eccitazione; al contrario, per una persona più tranquilla può assumere una connotazione negativa di ansia e paura. Oppure, lo stesso evento potrebbe essere interpretato in maniera diversa dalla stessa persona a distanza di tempo, sulla base delle conoscenze ed esperienze acquisite.

Tuttavia, esiste molto spesso un accordo tra le persone su quale emozione un determinato evento possa suscitare (e.g. essere vicino a qualcosa di repellente provoca disgusto). Si tratta dei cosiddetti *antecedenti emozionali*, che hanno bisogno anch'essi di una valutazione cognitiva facente riferimento alle nostre conoscenze ed esperienze dirette e indirette.

1.2.5 MODELLO CONTEMPORANEO MULTI-COMPONENZIALE

Secondo la prospettiva psicologica contemporanea l'emozione può essere meglio studiata e compresa attraverso un approccio di tipo multi-componenziale, per cui l'episodio emozionale consiste in una serie consequenziale e coordinata di modificazioni.

In particolar modo, nella *Component Process Theory* di Klaus Scherer (1984; 2001; 2005) l'emozione viene descritta come l'organizzazione momentanea di tutti i sistemi di funzionamento dell'organismo in risposta alla valutazione di uno stimolo (esterno o interno) rilevante per l'organismo stesso.

Secondo tale modello teorico, le fasi che costituiscono tale sequenza componenziale sono le seguenti cinque.

1) COMPONENTE COGNITIVA (*APPRAISAL*)

La persona valuta quanto le circostanze a cui è esposto abbiano una rilevanza personale rispetto ai propri bisogni, valori sociali e obiettivi contingenti. L'*appraisal* può essere distinto in primario, automatico e finalizzato alla rapida valutazione delle caratteristiche più salienti dello stimolo, e secondario, più lungo e finalizzato alla valutazione consapevole profonda della situazione e degli stimoli salienti, con un tempo di analisi più prolungato. Secondo Frijda (1993) l'emozione può essere vista come il risultato dell'*appraisal* primario, giacché costituisce il momento iniziale della risposta emozionale, che può essere elaborato più approfonditamente in un secondo momento.

2) ATTIVAZIONE FISIOLOGICA (*AROUSAL*)

La seconda fase consiste nell'attivazione fisiologica dell'organismo. Dopo aver valutato la situazione esterna come urgente, la risposta dell'individuo sarà una modificazione

diffusa in diverse parti del corpo: frequenza cardiaca e respiratoria, temperatura corporea, conduttanza cutanea, ecc. Tale risposta indifferenziata è presente quando si esperiscono emozioni sia positive sia negative, allo scopo di preparare l'organismo a mettere in atto delle azioni funzionali alla risoluzione del problema.

3) COMPONENTE ESPRESSIVA

Rappresenta l'aspetto fondamentale delle emozioni. I gesti, le posture, le espressioni facciali, possono essere considerati dei segnali che hanno lo scopo di comunicare agli altri informazioni salienti sul proprio stato emotivo e preparano in maniera appropriata all'azione propria e altrui.

4) COMPONENTE MOTIVAZIONALE

La tendenza all'azione permette di mettere in atto un comportamento che a sua volta produce una risposta adattiva nell'individuo e/o nelle altre persone. Ad esempio, se una persona prova paura, scappa ed evita il pericolo che minaccia la propria sopravvivenza; se è triste, piange producendo un richiamo da parte di qualcuno che gli porta conforto.

5) ESPERIENZA SOGGETTIVA (*FEELING*)

Il risultato di tutti i cambiamenti avvenuti nelle quattro fasi precedenti può dare luogo all'esperienza soggettiva dell'emozione, ossia come l'emozione viene percepita da un individuo. Tale componente ha una funzione informativa su tutto il processo emozionale e può essere spiegata come una riflessione su tutti i cambiamenti verificatisi durante l'episodio emozionale. Ciò al fine di monitorare e regolare tutto il processo emozionale, dalle circostanze in cui è avvenuto alla rilevanza personale. Ad esempio, se l'individuo esperisce un'emozione positiva riceve un feedback del fatto che è salvo o soddisfatto; se invece esperisce un'emozione negativa riceve un feedback del fatto che era in pericolo ed ha avuto bisogno rapidamente di proteggersi.

Inoltre, secondo tale modello l'esito di qualsiasi episodio di interazione sociale dipende in larga dai processi di *regolazione emozionale*: strategie regolative che sono attuate dagli individui in funzione di specifiche norme apprese e derivanti dalle rappresentazioni sociali tipiche di ogni cultura. Tali norme indicano quali emozioni sono appropriate per le diverse situazioni, come esprimerle verbalmente e come manifestarle attraverso la modalità espressiva non-verbale (Ricci Bitti e Zani, 1983).

Gross (2007) suggerisce una classificazione di tali strategie. Secondo l'autore la *regolazione preventiva* può essere effettuata sia sulla selezione degli stimoli emotigeni sia sulla valutazione cognitiva degli stessi; la *regolazione processuale* interviene sulle diverse componenti della

risposta emozionale; infine, la *regolazione diacronica* interviene sulla rievocazione e sulla comunicazione simbolico-verbale dell'emozione esperita.

1.3 CORRELATI NEURALI DELLE EMOZIONI

I primi studi sulle basi cerebrali delle emozioni risalgono al 1928 quando Bard mostrò una serie di dati provenienti da gatti a cui erano stati asportati parte della corteccia. A seguito dell'asportazione tali gatti presentavano una condizione di *finta rabbia* (Bard, 1928) per cui ne mostravano tutti i segni fisiologici (aumento della pressione sanguigna, del battito cardiaco, dilatazione pupillare, ecc.) e comportamentali (inarcamento del corpo, allungamento degli artigli, ecc.) ma senza che la rabbia fosse direzionata verso un bersaglio specifico. Tale condizione poteva essere interrotta solo disconnettendo l'ipotalamo. Similmente Hess (1939) mostrò che la stimolazione elettrica dell'ipotalamo in gatti neurologicamente sani produceva una risposta di rabbia. Tali primi esperimenti portarono all'idea, ancora oggi valida, secondo cui i comportamenti emozionali sono implementati nelle zone filogeneticamente più antiche del sistema nervoso centrale.

Negli stessi anni Klüver e Bucy (1937; 1938) compirono una serie di esperimenti sui macachi rhesus a cui erano stati asportati i lobi temporali mediali. L'asportazione aveva reso tali animali, solitamente ostili e diffidenti nei confronti degli esseri umani, mansueti. Inoltre, non mostravano alcuna paura quando venivano posti di fronte a dei serpenti (uno stimolo tipicamente avversivo per tali animali).

Questi ed altri studi portarono Papez (1937) a proporre per la prima volta un circuito cerebrale specifico per l'elaborazione delle emozioni. Tale circuito sarebbe formato da una serie di strutture diencefaliche che comincerebbe e finirebbe con l'ippocampo: ippocampo, fornice, corpi mamillari, tratto mammilo-talamico, nucleo talamico anteriore, cingolo, corteccia entorinale, ippocampo.

Alla luce delle conoscenze attuali, la caratterizzazione del Circuito di Papez è stata rivisitata, aggiungendo quelle strutture strettamente relate con le emozioni ed eliminando quelle non relate. Per tale ragione, attualmente si preferisce parlare di *Sistema Limbico* (Figura 1) che comprende le seguenti strutture (Purves et al., 2018): corteccia prefrontale orbitale e mediale, giro cingolato, giro paraippocampale, parte ventrale dei nuclei della base, nucleo medio-dorsale del talamo, ipotalamo amigdala, locus coeruleus. Il sistema limbico è ritenuto di estrema importanza per l'elaborazione e l'espressione delle emozioni.

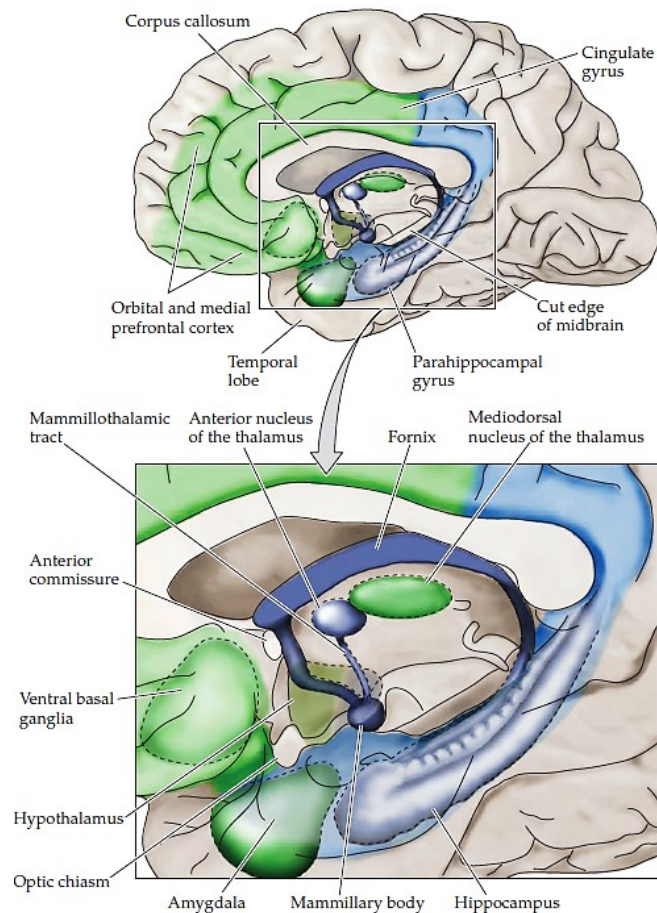


Figura 1 - Sistema Limbico. In verde, strutture correlate con l'elaborazione delle emozioni (Purves et al., 2018)

1.3.1 L'AMIGDALA COME “SCORCIATOIA” EMOZIONALE

Una delle strutture fondamentali per l'elaborazione delle emozioni è sicuramente l'amigdala. L'amigdala è una complessa massa di materia grigia sepolta nella parte anteriore-mediale del lobo temporale, rostralmente all'ippocampo.

Essa è anatomicamente divisibile in tre gruppi di nuclei: il gruppo mediale ha ricche connessioni con il bulbo olfattivo e la corteccia olfattiva, il gruppo basolaterale ha connessioni con la corteccia prefrontale mediale e orbitale, infine il gruppo centrale ha connessioni con l'ipotalamo, il tronco encefalico e le strutture sensoriali viscerali. Appare chiaro come l'amigdala sia in grado di ricevere afferenze ed efferenze da ogni parte del cervello e del corpo, e di analizzare gli stimoli di tutte le modalità sensoriali.

Per anni l'amigdala è stata identificata con l'emozione di paura. Dopo i primi timidi studi animali al riguardo (e.g. MacLean, 1949; Downer, 1961) fu LeDoux (1987) a spingere su tale identità attraverso i suoi studi sul *condizionamento alla paura*. Il condizionamento alla paura si sviluppa quando uno stimolo inizialmente neutro viene ripetutamente associato con un

contemporaneo stimolo avversivo. Nel corso del tempo, l'organismo comincia a rispondere allo stimolo neutrale con comportamenti simili a quelli elicitati dallo stimolo avversivo. Identificato sia negli animali sia negli esseri umani, tale condizionamento avviene grazie ad un circuito coinvolgente l'amigdala (Vervliet, Baker e Craske, 2012).

Tuttavia, parlare di "condizionamento alla paura" o "sistema cerebrale della paura" e associare l'amigdala alla sola emozione di paura è assolutamente sbagliato. Persino lo stesso LeDoux (2012; 2014) ha ritrattato le sue teorie iniziali affermando come nel corso del tempo si siano scambiate la causa e l'effetto tra il processo neurale e la risposta comportamentale.

In effetti, due meta-analisi (Phan et al., 2002; Murphy et al., 2003) riportano come solo tra il 40% e il 60% degli studi di paura individuano un'attivazione dell'amigdala. Al contrario, l'amigdala si attiva sistematicamente in risposta a stimoli visivi minacciosi (Wager et al., 2008) oppure ambigui (Pessoa et al., 2008), ma si attiva anche a stimoli emotigeni positivi se sufficientemente attivanti (Canli et al., 2004).

Alla luce di tali dati diventa chiaro come *l'amigdala abbia un ruolo generale di risposta agli stimoli salienti nell'ambiente* (LeDoux, 2014): ossia quegli stimoli importanti o potenzialmente importanti per la sopravvivenza. La sua attivazione è stata riscontrata maggiormente per stimoli di paura poiché essi rappresentano il prototipo di stimolo saliente per la sopravvivenza. In realtà, l'amigdala può rispondere anche a stimoli interni ed esterni positivi.

Non a caso pazienti con lesioni bilaterali all'amigdala sono ancora in grado di esperire stati emozionali negativi, inclusa la paura, ma non riescono a identificare la salienza degli eventi (Anderson e Phelps, 2001).

Secondo LeDoux (2012; 2014) l'amigdala gestisce un percorso alternativo ed estremamente rapido di elaborazione delle informazioni che si svolge parallelamente all'elaborazione corticale. In altre parole, una volta che le informazioni ambientali vengono raccolte dal talamo per la formazione del percolato, quest'ultimo viene contemporaneamente analizzato dalla *Via Bassa* (o *Via Veloce*), che è un percorso sottocorticale coinvolgente l'amigdala al fine di valutare velocemente il significato emozionale dello stimolo, e dalla *Via Alta* (o *Via Lenta*), un percorso corticale che permette una elaborazione più completa e dettagliata dello stimolo (Figura 2).

Quindi, l'amigdala prepara il corpo prima ancora che i sistemi percettivi abbiano completato l'elaborazione dello stimolo in maniera tale da permettere una risposta rapida a stimoli

potenzialmente pericolosi. Inoltre, se lo stimolo si scopre essere non realmente minaccioso la via alta può inibire la risposta comportamentale che la via bassa aveva preparato.

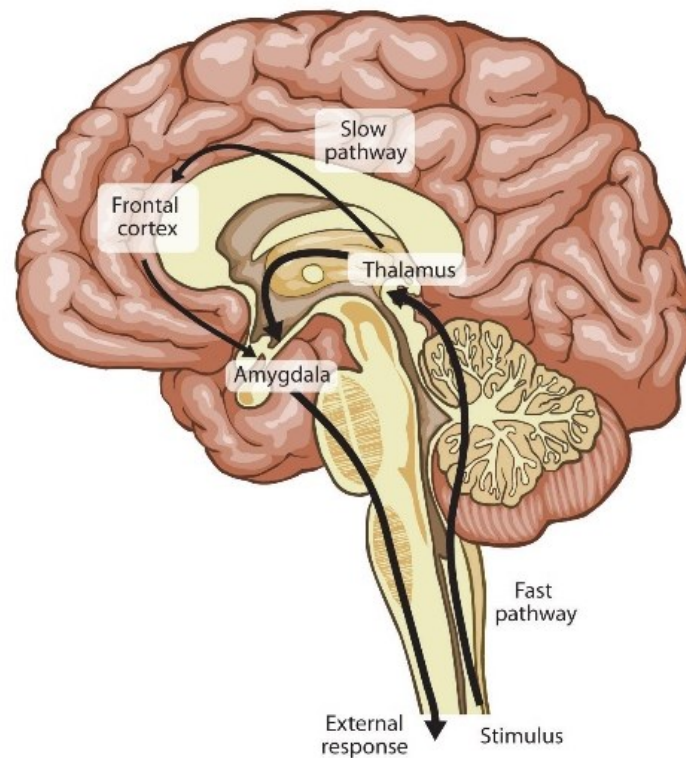


Figura 2 - Via Veloce e Via Lenta dell'elaborazione dell'informazione (Schacter et al., 2020)

1.3.2 LATERALIZZAZIONE EMISFERICA DELLE EMOZIONI

Come avviene per altre funzioni cognitive, anche per le emozioni i due emisferi cerebrali forniscono un contributo differente nell'elaborazione delle emozioni.

Una prima distinzione riguarda la lateralizzazione degli stati umorali. Studi clinici e sperimentali indicano che l'emisfero sinistro è maggiormente coinvolto nelle emozioni positive, mentre l'emisfero destro è maggiormente coinvolto in quelle negative (per una rassegna si veda Lindell, 2013). Non a caso, ad esempio, nella depressione è stata rintracciata una ipo-attivazione frontale sinistra (Palmiero e Piccardi, 2017).

Inoltre, sembra che l'emisfero destro sia dominante nella percezione e nell'espressione delle emozioni. Ad esempio, quando un'espressione facciale viene presentata specificatamente nell'emispazio sinistro, l'emozione trasmessa viene identificata più velocemente e accuratamente. Inoltre, studi cinematici sulle espressioni facciali hanno mostrato come gli individui esprimano più velocemente le emozioni con la muscolatura facciale sinistra che con la destra (Lindell, 2013).

1.3.3 COME EMERGE L'ESPERIENZA SOGGETTIVA?

È stato descritto finora come vengono analizzati gli stimoli emotigeni e come verrebbe prodotta la risposta comportamentale. Ma come viene prodotta a livello cerebrale l'esperienza soggettiva dell'emozione (*feeling*)?

Damasio ha proposto un interessante quanto complesso modello, l'ormai famoso *Modello del Marcatore Somatico* (Damasio, 1994; 1999; 2003; Bechara e Damasio, 2004).

Secondo tale modello, ogni qual volta un individuo prova un'emozione viene generata una mappa somatica contenente le informazioni sia dello stimolo ambientale che ha causato l'emozione sia delle modificazioni fisiologiche e comportamentali che hanno caratterizzato l'emozione¹. Tali informazioni provengono da un lato dai sensi esteroceettivi (vista, udito, gusto, olfatto, tatto), dall'altro dai sensi interoceettivi (e.g. sensazioni viscerali, battito cardiaco, pressione sanguigna, frequenza respiratoria, temperatura, danni ai tessuti, ecc.) (Figura 3).

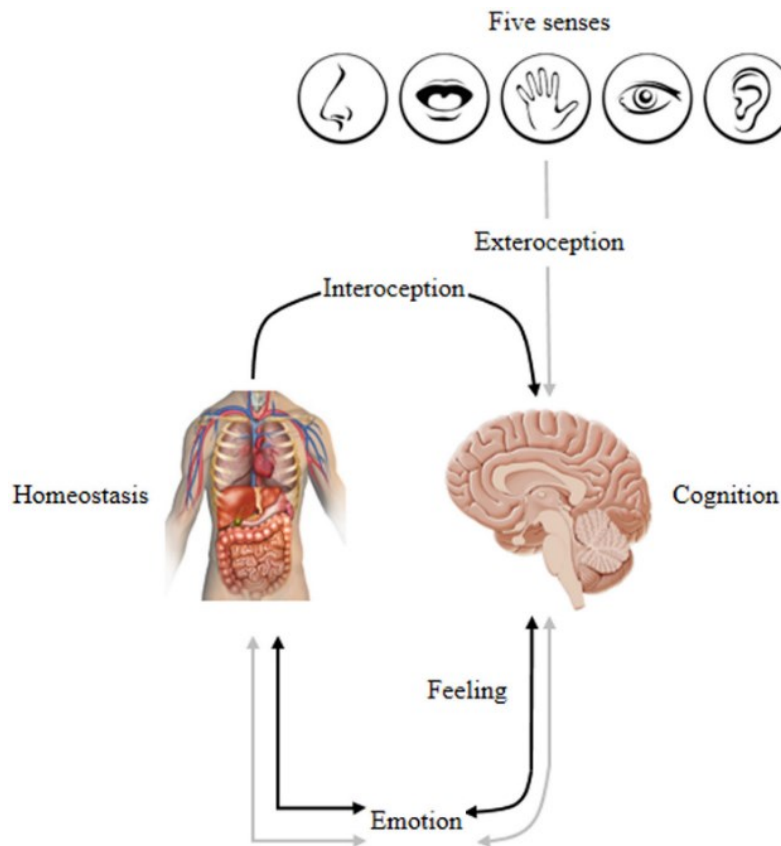


Figura 3 - Schema della generazione delle mappe somatiche (Damasio, 2003)

¹ Secondo Damasio il cervello mapperebbe costantemente l'intero stato interno dell'organismo in ogni suo aspetto (stato degli organi, regolazione omeostatica, livello ormonale, acidità del sangue, ecc.); e l'emozione non sarebbe altro che un caso particolare di tale processo di mappaggio interno.

A livello neurale, tali mappe vengono costruite gerarchicamente nelle seguenti strutture:

- 1) i nuclei troncoencefalici coinvolti nell'enterocezione (e.g. nucleo del tratto solitario, nucleo parabrachiale, sostanza grigia periacqueduttale, area postrema, ecc.) mappano le modificazioni viscerali;
- 2) le corteccie somato-sensoriali (primarie e associative) mappano le informazioni somatiche e sensoriali;
- 3) l'insula integra le informazioni sopradescritte per ottenere una mappa multisensoriale.

Le mappe, poi, vengono lette dalla corteccia prefrontale ventromediale (vmPFC), che possiede connessioni bidirezionali sia con l'amigdala sia con le strutture sopramenzionate, e vengono da essa proiettate alla corteccia prefrontale dorsolaterale (dlPFC) per produrre l'esperienza cosciente dell'emozione.

In base a come sono state costruite, le mappe somatiche possono arrivare a livelli di consapevolezza diversi: se la mappa è stata costruita a livello corticale si avrà una sensazione pienamente consapevole dell'emozione a cui si potrà dare una etichetta ben precisa; se essa è invece rimasta a livello sottocorticale si avrà una sensazione più grezza, vaga e imprecisa.

Il processo sopradescritto viene definito da Damasio *Body Loop*, e può essere attivato da due tipologie di stimoli induttori. La prima tipologia (i.e. stimoli induttori primari) riguarda quegli stimoli emotigeni dell'ambiente che attivano l'amigdala, la quale fornisce risposte automatiche/rapide/immediate. La seconda tipologia (i.e. stimoli induttori secondari) riguarda quegli stimoli interni (ricordi, pensieri, immagini mentali, ecc.) che attivano la dlPFC, la quale fornisce risposte deliberate e più lente. Appare chiaro come il Body Loop porti automaticamente ad una attivazione fisiologica concomitante all'emergere dell'emozione.

Tuttavia, il feeling può essere prodotto anche attraverso un altro processo che Damasio chiama *As-If Body Loop*: l'organismo risponde ad una stimolazione emotigena bypassando completamente il corpo e attivando la mappa somatica immagazzinata nel cervello. Ovviamente ciò è possibile solo se l'individuo è stato già esposto ad una esperienza simile; altrimenti non possiederà ancora una mappa somatica corrispondente all'esperienza. Le strutture cerebrali coinvolte nell'As-If Body Loop sono le stesse descritte per il Body Loop.

Il vantaggio di tale processo risiede nella rapidità dell'attivazione delle mappe neurali rispetto alla lentezza della attivazione corporea nonché il fatto di non dover impiegare energie corporee. È come se il cervello rivivesse la risposta neurale, ma senza eseguirla direttamente nel corpo, per poter mettere in atto il comportamento richiesto dalla situazione.

In sostanza, l'esperienza soggettiva delle emozioni emerge come conseguenza dell'emersione alla coscienza di processi d'elaborazione impliciti. Secondo Damasio, i meccanismi alla base del *feeling* sono importanti perché conferiscono flessibilità al comportamento umano e permettono di anticipare gli esiti di un evento: se un individuo può rappresentarsi come risponderà ad uno stimolo di cui ha già avuto esperienza, potrà anticipare anche quello che dovrà fare senza aspettare la risposta del corpo (e il conseguente feedback alle cortecce).

In particolar modo, quanto più la situazione è incerta tanto più probabilmente verrà usato il Body Loop (perché si necessita di un segnale del corpo tangibile), quanto più la situazione è prevedibile tanto più probabilmente verrà usato l'As-If Body Loop (per risparmiare tempo ed energie).

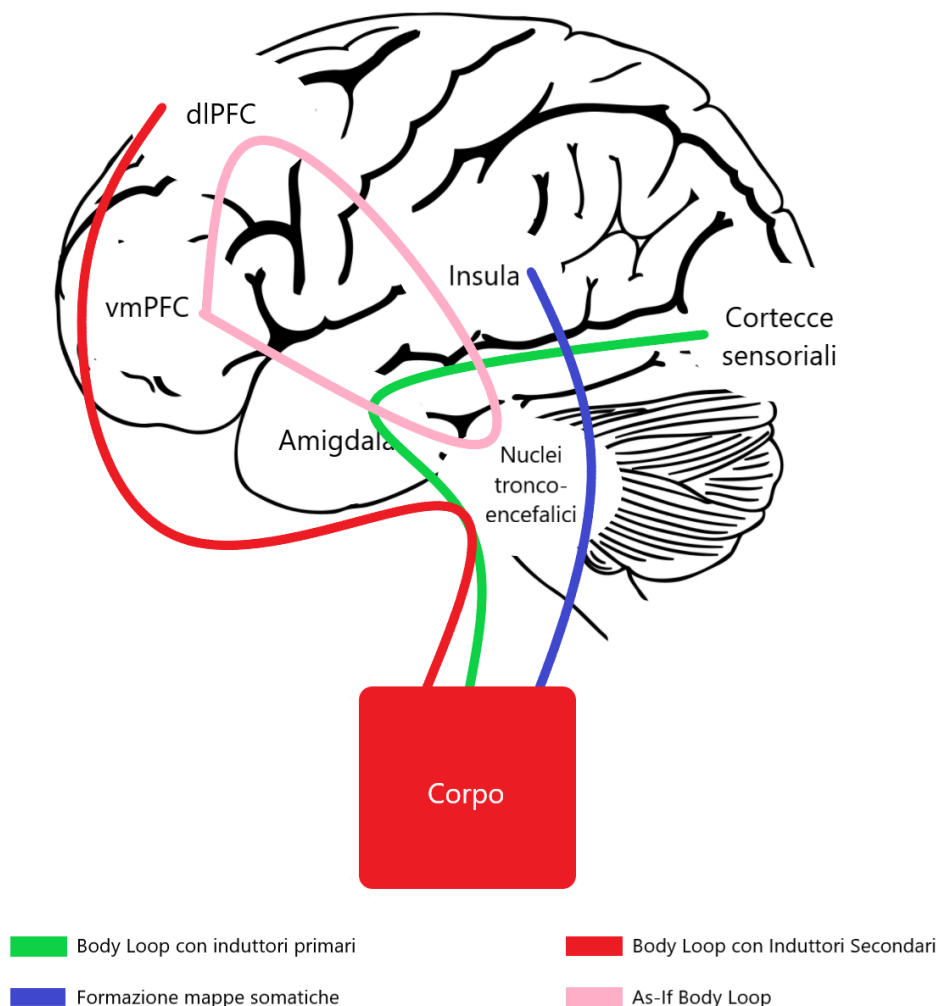


Figura 4 - Processi alla base dell'ipotesi del marcatore somatico (adattato da Bechara e Damasio, 2004)

Le evidenze più importanti a favore del *Modello del Marcatore Somatico* provengono dai soggetti con lesione alla vmPFC (Damasio, 1994; 1999; 2003; Bechara e Damasio, 2004). Tali

pazienti, differientemente dai soggetti neurologicamente sani e da pazienti con lesioni cerebrali in altre sedi, non mostrano una risposta di conduttanza cutanea di fronte a stimoli emotigeni e durante l'esecuzione di specifici test di problem-solving tendono a perseverare su risposte erranee. Secondo Damasio ciò accade perché i pazienti con lesioni vmPFC non sono in grado di attivare le mappe somatiche e, quindi, non sono in grado di prevedere le conseguenze delle proprie azioni.

1.4 TASSONOMIA DELLE EMOZIONI

Tradizionalmente le emozioni vengono raggruppate in Emozioni Primarie (o di base), che sono innate e riscontrabili in qualsiasi popolazione, ed Emozioni Secondarie (o complesse), che invece sono determinate socialmente (Damasio, 1994).

1.4.1 EMOZIONI PRIMARIE

Le emozioni primarie sono considerate come innate, condivise da ogni cultura umana e persino con le altre specie animali. Esse vengono espresse automaticamente con espressioni facciali ben definite, al fine di segnalare agli altri individui come comportarsi in accordo all'emozione espressa. Per tale motivo hanno avuto un ruolo maggiore nella sopravvivenza della specie umana.

Nel corso del tempo numerosi studiosi hanno cercato di stilare una lista di emozioni primarie (per una rassegna si veda Ortony e Turner, 1990; Bann e Bryson, 2014). Tuttavia, non si è ancora arrivati ad un consenso univoco. Di seguito verranno descritti i lavori più importanti.

La tassonomia più conosciuta e utilizzata è sicuramente quella di Ekman (1992), il quale ha identificato sei emozioni primarie: felicità, tristezza, rabbia, paura, sorpresa, disgusto. Come verrà discusso più avanti, secondo l'autore tali emozioni sono individuabili attraverso espressioni facciali innate e universali (Figura 1).

Plutchick (2003) ha proposto e identificato otto emozioni primarie: gioia e tristezza, rabbia e paura, accettazione e disgusto, sorpresa e aspettativa. Raggruppandole in coppie di opposti, le ha collocate in senso circolare creando così la *Ruota delle Emozioni* (Figura 2). Inoltre, secondo l'autore ciascuna coppia di emozioni primarie adiacenti può essere combinata per dare origine ad una terza emozione più complessa.

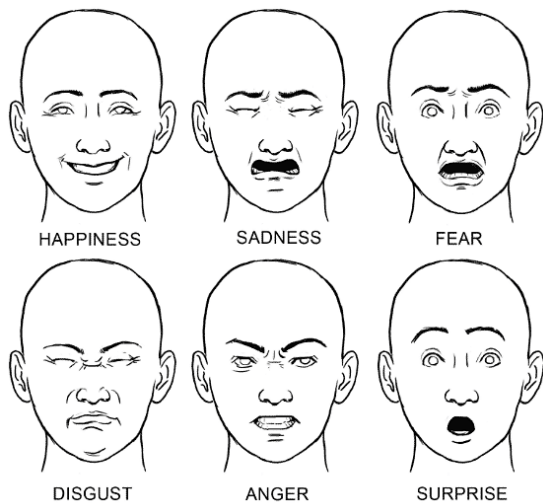


Figura 5 - Prototipi facciali delle emozioni primarie (Ekman, 1995)

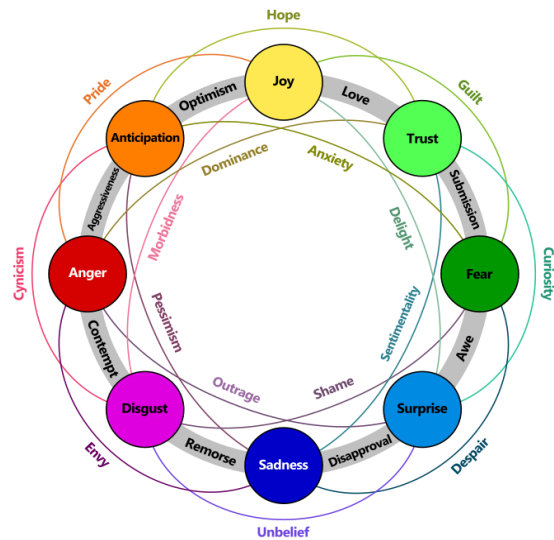


Figura 6 - Ruota delle Emozioni (Plutchick, 2003)

Del parere diametralmente opposto sono Jack e colleghi (Jack et al., 2014), secondo cui le emozioni primarie sarebbero appena quattro. Tali autori hanno scoperto che rabbia e disgusto, così come paura e sorpresa, condividerebbero le stesse caratteristiche configurali del volto. Ciò suggerirebbe che le differenze tra tali coppie di emozioni sono sociali anziché biologiche.

Più recentemente, Barrett ha proposto una visione di tipo eliminativista, secondo cui qualsiasi tassonomia sulle emozioni andrebbe evitata poiché ancorata alla psicologia del senso comune e non basata su criteri specifici e oggettivi (Barrett et al., 2019).

Infatti, secondo l'autrice le emozioni sono delle categorie della realtà sociale e, in quanto tali, sono dipendenti dal contesto (Barrett, 2012). Ad esempio, generalmente con il termine “rabbia” vengono espressi diversi stati funzionali che servono a raggiungere scopi altrettanto differenti: rimuovere un ostacolo che blocca il raggiungimento di un obiettivo importante, migliorare una performance per vincere una competizione o una negoziazione, permettere ad un individuo di apparire più dominante, proteggere contro una minaccia ostile, ecc. Dunque, ridurre stati funzionali differenti ad un'unica etichetta concettuale non permetterebbe di comprendere al meglio le emozioni, le quali sarebbero chiaramente non inquadrabili in un numero ristretto e fisso di categorie mutualmente esclusive (Barrett, 2017).

Alla luce di tali considerazioni, l'autrice (Barrett et al., 2019) sostiene anche che le configurazioni individuate da Ekman (cfr. supra) non siano dei prototipi delle espressioni facciali ma degli stereotipi: rappresentazioni troppo semplificate, le quali non riescono a catturare la ricchezza con cui gli individui muovono spontaneamente i volti per esprimere le

emozioni nella vita quotidiana né riescono a tener conto di tutte variabili contestuali che ne determinano la produzione.

1.4.2 EMOZIONI SECONDARIE

Le emozioni complesse (e.g. senso di colpa, gelosia, ambivalenza, amore, imbarazzo, orgoglio, ecc.) originano dalla combinazione delle emozioni primarie (Ekman, 1992). Esse variano grandemente da persona a persona, poiché la loro espressione è modellata culturalmente. Di conseguenza, presentano delle espressioni facciali non facilmente individualizzabili oppure non ne presentano affatto (Ekman, 1992).

1.4.3 OLTRE L'APPROCCIO DISCRETO

Le tassonomie descritte finora adottano tutte un approccio categoriale: ad ogni emozione corrisponde un profilo unico a livello soggettivo/fisiologico/comportamentale. Tuttavia, appare chiaro come risulti ancora difficile identificare una chiara struttura “discreta” delle emozioni.

Di conseguenza, alcuni autori hanno tentato di risolvere tale difficoltà proponendo di adottare un *approccio dimensionale* (e.g. Russel, 1980; Watson e Tellegen, 1985; Bradley et al., 1992). Secondo tale approccio esisterebbe un numero limitato di dimensioni fondamentali che organizzano tutte le risposte emozionali, a prescindere dalla etichetta linguistica affibbiata o dal profilo psicologico e neuroscientifico associato.

Secondo il modello più diffuso (Russell e Barrett, 1999) tali dimensioni sono (Figura 7):

- *Valence*, che riflette il grado di piacevolezza o spiacevolezza dello stimolo emotivo nonché la disposizione all'approccio o all'evitamento verso tale stimolo;
- *Arousal*, che riflette il grado di attivazione psicofisiologica, lungo un continuum che va da “molto calmo” a “estremamente agitato”.

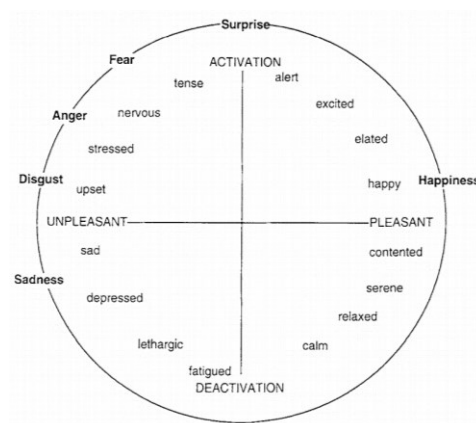


Figura 7 - Collocazione di alcune emozioni secondo *Valence* e *Arousal* (Russell e Barrett, 1999)

CAPITOLO II

L'ESPRESSIONE FACCIALE DELLE EMOZIONI

La comunicazione delle emozioni rappresenta un tipo di comunicazione non-verbale che si manifesta in concomitanza con l'esperienza dell'emozione. I segnali utilizzati da ogni individuo includono: espressioni mimico-facciali, espressioni vocali, gesti, e postura. Mentre il volto e in parte la voce forniscono elementi fondamentali per il riconoscimento di una specifica emozione, gli altri segnali (e.g. le spalle indietro e il petto in fuori nell'orgoglio) veicolano informazioni preziose concernenti l'intensità dell'emozione (Scherer, 2005).

Il legame tra emozione ed espressioni facciali è stato analizzato per la prima volta dal naturalista inglese Charles Darwin nel 1872. Egli osservò che sia gli esseri umani sia le altre specie animali sembravano condividere alcune espressioni facciali e posturali: entrambi, ad esempio, digrignavano i denti per esprimere rabbia, abbassavano la testa per esprimere tristezza, ecc.

Quindi, ipotizzò che tali espressioni fossero un mezzo con cui gli organismi comunicano reciprocamente l'informazione sui propri stati interni: in altre parole, sarebbero un modo conveniente per un individuo per far sapere ad un altro membro della propria specie quali sono le proprie emozioni e dunque quale azione si prepara a compiere.

Darwin non aveva tutti i torti: è ormai noto che le espressioni d'emozione si siano sviluppate nell'uomo per comunicare le proprie emozioni agli altri allo scopo di favorire la sopravvivenza della specie, rappresentando quindi una conquista filogeneticamente importante per la comunicazione sociale (Smith et al., 2005).

Appare chiaro allora come il volto sia lo strumento comunicativo più potente di tutto il corpo umano: esso è in grado di produrre circa 10.000 espressioni diverse, grazie ai suoi 43 muscoli facciali (Rinn, 1984) osservabili nella Figura 8. Inoltre, grazie al volto ogni individuo è capace di fare una serie di rapide inferenze sull'altro: identità (Haxby et al., 2000), genere (O'Toole et al., 1998; Thornhill e Gangestad, 2006), età (Rhodes e Anastasi, 2012), etnia (Tanaka et al.,

2004), orientamento sessuale (Rule e Ambady, 2008; Tskhay et al., 2013), salute fisica (Jones et al., 2012), attrattività (Rhodes, 2006), e status socioeconomico (Telles, 2014).

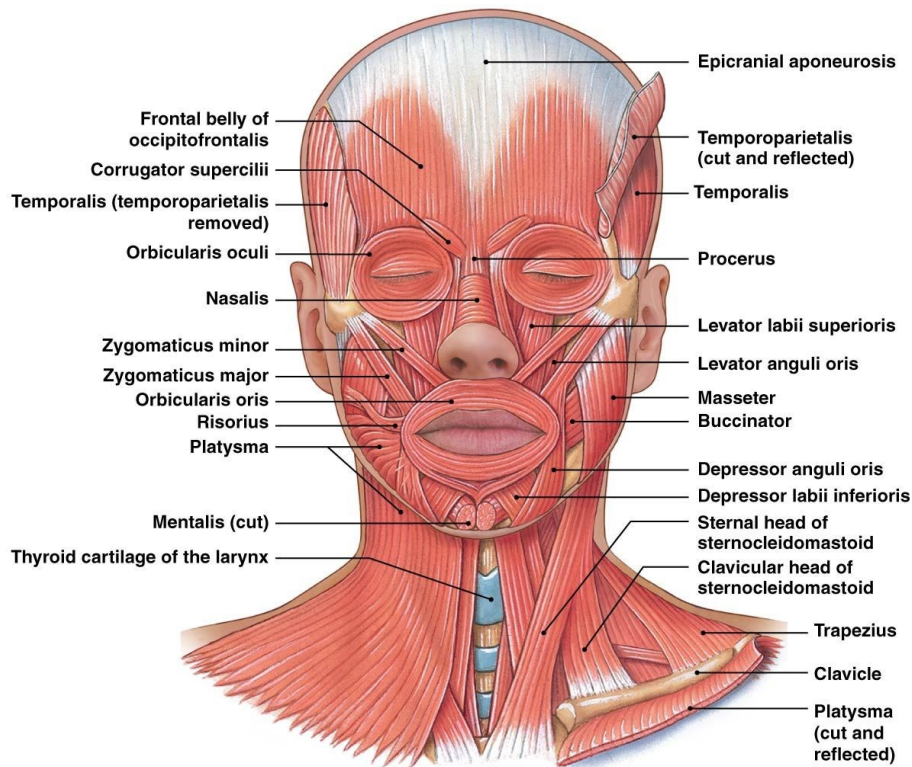


Figura 8 - Denominazione internazionale dei muscoli facciali (Martini et al., 2018)

L'interesse per le espressioni facciali d'emozione ha avuto un andamento intermittente, con una prima fase di grande attività tra gli Anni '20 e gli Anni '40 che però, secondo Bruner e Tagiuri (1954), non ha condotto a risultati importanti. Le ricerche condotte in quegli anni riguardavano principalmente la capacità dei soggetti di giudicare correttamente l'emozione espressa da volti fotografati. Secondo Tomkins e McCarter (1964) le motivazioni di tale fallimento sono molteplici: l'incapacità degli attori a realizzare esattamente quanto richiesto dagli sperimentatori, la staticità dell'immagine fotografica che ritrae solo parzialmente una espressione facciale (di per sé dinamica), il fatto che alcune espressioni manifestassero emozioni miste ma ai giudici fosse consentito usare una sola etichetta per nominarle (portando inevitabilmente una certa imprecisione).

Tali considerazioni hanno spinto Ekman e Friesen (1978; 1982) a sviluppare il *Facial Action Coding System* (FACS) per superare le difficoltà metodologiche. Alla base della costruzione del FACS c'è l'intenzione di individuare nel modo più preciso possibile quale ruolo abbia ciascun muscolo nell'espressione facciale delle emozioni.

Per far ciò sono stati inseriti degli elettrodi ad ago per stimolare i muscoli del volto e stabilire in che modo ogni muscolo modifichi l'espressione del volto. Dopodiché, gli autori hanno catalogato 46 movimenti facciali unici, che hanno chiamato *Unità d'Azione* (o *Action Units – AU*), le cui combinazioni sono correlate a stati emozionali specifici. Per esempio, durante una espressione di felicità si muovono i muscoli *Zygomaticus Major* e *Orbicularis Oculi*, che vengono descritti come AU 6 e 12 (ibid.).

2.1 LE ESPRESSIONI FACCIALI SONO UNIVERSALI?

Darwin (1872), alla luce delle considerazioni menzionate precedentemente, fu il primo ad ipotizzare che le espressioni emozionali avessero lo stesso significato per tutti gli esseri umani. In maniera simile Ekman (1992) con la sua *Teoria Neuro-Culturale* (1992) ha ipotizzato che esistano specifici programmi motorio-facciali corrispondenti ad altrettante specifiche emozioni. Tale corrispondenza biunivoca sarebbe alla base del carattere universale delle espressioni facciali delle emozioni. Le eventuali differenze culturali presenti sarebbero dovute piuttosto a *regole di esibizione* (o *display rules*) che l'individuo utilizza nelle diverse situazioni e circostanze sociali. Ad esempio, mentre negli Stati Uniti è ampiamente considerato naturale arrabbiarsi in pubblico, nei paesi asiatici l'espressione della rabbia viene disincentivata poiché in disaccordo con la natura collettivistica delle loro società.

Due ordini di prove confermerebbero le ipotesi di Darwin e di Ekman.

Secondo la prima serie di prove gli individui sarebbero accurati nel giudicare le espressioni emozionali dei membri di altre culture (e.g. Ekman e Friesen, 1971; Haidt e Keltner, 1999; Frank e Stennet, 2001; Elfenbein e Ambady, 2002). Famoso al riguardo è lo studio di Ekman, Sorenson e Friesen (1969), i quali hanno mostrato fotografie di persone esprimenti le sei emozioni primarie a membri della tribù dei Fore: un popolo che viveva in maniera primitiva sulle alture della Papua Nuova Guinea e che praticamente non aveva mai avuto contatti con il mondo esterno. Tali autori scoprirono che i Fore erano in grado di riconoscere le espressioni emozionali degli occidentali con la stessa accuratezza degli occidentali stessi e viceversa.

Secondo la seconda serie di prove soggetti che non hanno mai visto un volto umano generano le stesse espressioni facciali di chi ne ha visti. Ad esempio, i bambini con cecità congenita hanno scarse opportunità di apprendere le espressioni facciali altrui, eppure mostrano le espressioni relative alle emozioni di base esattamente come le persone dotate di vista (Galati et

al., 1997). Similmente, i neonati di due giorni d'età reagiscono ai sapori dolci con un sorriso e ai sapori amari con un'espressione di disgusto (Steiner, 1973; 1979).

In sostanza, sembrerebbe che almeno le espressioni del volto che indicano le emozioni primarie siano riconosciute in tutto il mondo (Smith et al., 2005; Ekman, 2016). Tuttavia, negli ultimi anni l'ipotesi della universalità è stata messa sempre più in discussione (per una rassegna si veda Gendron et al., 2018): ogni espressione facciale può essere espressa in maniera diversa da popolazioni diverse nonché può esprimere un'emozione diversa in base al contesto in cui si trova l'individuo in quel preciso istante.

Ad esempio, Jack et al. (2012) hanno dimostrato che le espressioni facciali del disgusto e della rabbia vengono distinte in maniera differente dagli occidentali e dagli asiatici (Figura 9): negli occidentali risulta essere più informativa la bocca, invece negli asiatici risultano essere più informativi gli occhi.

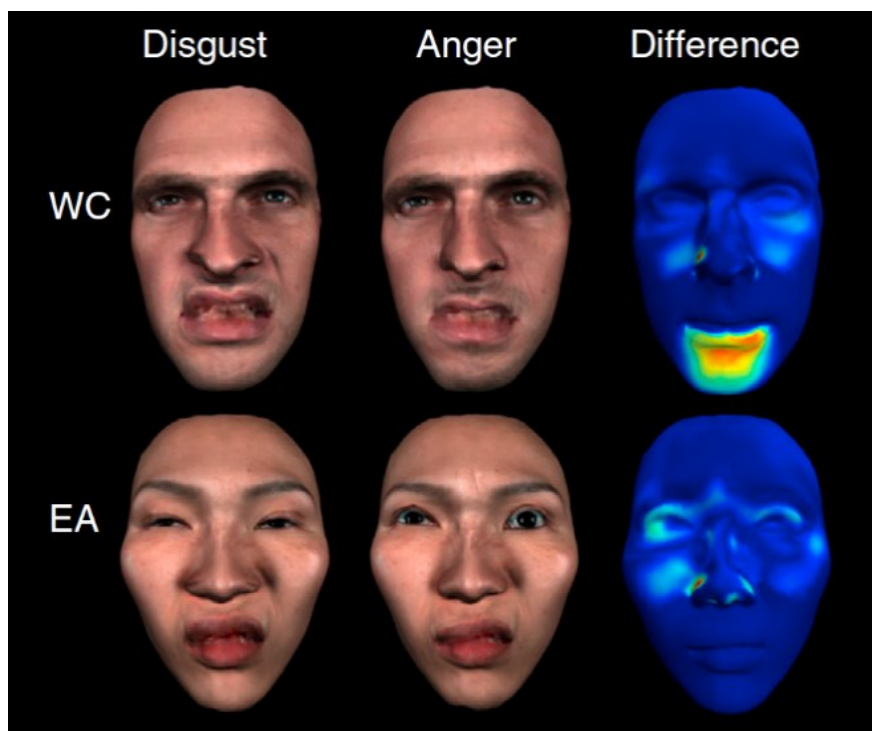


Figura 9 - Specificità culturali delle espressioni facciali (Jack et al., 2012)

Inoltre, differentemente dagli occidentali, gli asiatici usano maggiormente l'attività degli occhi per esprimere l'intensità di un'emozione (ibid.). Ciò è riflesso anche nelle emoticon asiatiche che danno maggior risalto agli occhi (e.g. ^^ per la felicità, >.< per la rabbia, ecc.) mentre le emoticon occidentali danno maggior risalto alla bocca (e.g. 😊 per la felicità, 😞 per la rabbia).

2.2 CARATTERISTICHE DINAMICHE DELLE ESPRESSIONI FACCIALI

Tra l'espressione facciale e l'esperienza dell'emozione sembrerebbe esistere un rapporto bidirezionale. Se da un lato l'emozione causa l'espressione facciale, dall'altro anche le espressioni facciali possono causare l'emozione di cui sono il segno (*Ipotesi del Feedback Facciale* di Tomskin, 1981).

Ad esempio, è stato dimostrato che ci si sente più felici quando viene chiesto ad un individuo di emettere il suono di una lunga "e" o di tenere fra i denti una matita (azioni che causano la contrazione dello *Zygomaticus Mayor*) rispetto a quando viene chiesto di emettere il suono di una lunga "u" o di tenere una matita fra le labbra (Strack et al., 1988; Zajonc et al., 1989). Probabilmente ciò avviene perché, attraverso l'esperienza, la configurazione muscolare facciale e l'emozione di felicità diventano così strettamente associati che l'uno causa sempre l'altro. Quest'ultima ipotesi fa riferimento all'approccio della *Embodied Cognition*, secondo cui l'intero corpo contribuisce a determinare i processi cognitivi e affettivi di un individuo grazie ai processi sensomotori (cfr. Caruana e Borghi, 2013).

Le espressioni facciali non vengono prodotte attraverso meccanismi del tipo tutto-o-nulla ma *si configurano attraverso pattern dinamici che si svelano nel corso del tempo*: esse comprendono una serie di movimenti precoci su cui vengono successivamente innestate specifiche informazioni di tipo sociale e culturale al fine di comprendere l'emozione espressa (Jack et al., 2014). Infatti, l'analisi dinamica delle espressioni facciali ha mostrato una interessante trasmissione gerarchica delle informazioni che vengono analizzate per successive ricategorizzazioni fino alla definitiva identificazione dell'emozione (ibid.).

Ad esempio, attraverso una analisi bayesiana Jack et al. (2012) hanno mostrato che chi vede sia l'espressione della sorpresa sia l'espressione della paura percepisce inizialmente solo le informazioni sulla parte alta del volto, il che rende indistinguibili le due espressioni. In un secondo momento, percepisce anche le informazioni sulla parte bassa del volto, permettendo solo a questo punto di identificare l'emozione espressa dall'altra persona.

In sostanza, l'analisi dinamica ha mostrato che le espressioni facciali delle emozioni sono percettivamente segmentate nel tempo e seguono una evoluzione gerarchica tale per cui cambiando l'ordine delle informazioni trasmesse si modifica l'emozione comunicata. Allora, appare chiaro come le informazioni precoci funzionino da "catturatori dell'attenzione" che facilitano la trasmissione del segnale sociale (Senju e Johnson, 2010).

2.3 SIMULARE LE ESPRESSIONI FACCIALI

Precedentemente è stato descritto come ogni essere umano sia capace di modificare l'esibizione delle espressioni facciali in base al contesto sociale di riferimento (Ekman, 1992). Infatti, una stessa situazione può provocare una reazione diversa in base al contesto di riferimento. Ad esempio, commenti negativi o sarcastici sul proprio aspetto personale possono suscitare forti reazioni avverse (e.g. rabbia, disprezzo) se giungono da un parente o reazioni malcelate (e.g. sorriso di circostanza) se provengono dal datore di lavoro. Tali espressioni sono moderate dalla conoscenza del fatto che è permesso mostrare rabbia o disprezzo verso i pari ma non verso i superiori.

Secondo Ekman (1972) gli esseri umani quando simulano una espressione facciale seguono le seguenti quattro norme:

- *intensificazione*, che porta ad amplificare l'espressione della propria espressione (e.g. fare finta di essere sorpresi per un regalo più di quanto non lo si è in realtà);
- *deintensificazione*, che porta ad inibire l'espressione della propria emozione (e.g. dissimulare l'ansia durante un esame universitario);
- *mascheramento*, che consiste nell'esprimere un'emozione diversa da quella provata;
- *neutralizzazione*, che consiste nel non esibire alcuna espressione facciale nonostante si stia esperendo un'emozione (e.g. rimanere immobili nonostante si sia felici per una buona mano di carte a poker).

Tuttavia, i tentativi di una persona nel simulare un'emozione non sempre funzionano. Come ben osservò Darwin (1872) «*i muscoli del volto, che obbediscono meno di tutti alla volontà, tradiranno a volte da soli un'emozione leggera e transitoria*». In altre parole, quando una emozione genuina viene esperita, l'espressione dell'emozione stessa non può essere soppressa (Baker et al., 2016).

A tal proposito, Ekman (2003) ha identificato quattro insiemi di caratteristiche che permettono di distinguere una espressione genuina da una simulata.

- 1) *Morfologia*: i cosiddetti *muscoli affidabili* tendono ad opporsi al controllo cosciente, cosicché diventano rivelatori della genuinità dell'espressione facciale. Ad esempio, un sorriso è genuino solo quando coinvolge anche l'*Orbicularis Oculi*, mentre lo *Zygomaticus Major* è coinvolto sia nel sorriso genuino sia in quello simulato.

- 2) *Simmetria*: le espressioni genuine tendono ad essere più simmetriche rispetto a quelle simulate. Ad esempio, un sorriso leggermente sbilenco è verosimilmente meno genuino di un sorriso perfettamente simmetrico.
- 3) *Durata*: le espressioni genuine tendono a durare da 0.5 a 6 secondi; invece, le espressioni che durano per periodi più brevi o più lunghi sono simulate.
- 4) *Onset dell'espressione facciale*: le espressioni genuine compaiono e scompaiono in modo graduale nell'arco di pochi secondi, mentre le espressioni simulate hanno un inizio e una fine più bruschi.

Nonostante ciò, nella vita di tutti i giorni le persone non sono così brave a distinguere la genuinità di un'espressione: nella maggior parte degli studi che hanno indagato ciò, i partecipanti non hanno ottenuto punteggi superiori al caso (Bond e DePaulo, 2006; ten Brinke, Vohs, e Carney, 2016). Probabilmente ciò accade per due motivi, ossia la spiccata tendenza degli individui a credere nella sincerità del prossimo e l'incapacità a selezionare le informazioni utili per verificare la genuinità dell'espressione facciale (ibid.).

Inoltre, la conoscenza attuale circa le differenze tra espressioni genuine ed espressioni simulate è sostanzialmente ferma ad un livello prettamente teorico. Nonostante sia opinione comune che vi siano differenze nella mimica delle due tipologie di espressioni facciali, la maggior parte degli studi sulle emozioni utilizzano set di immagini di espressioni simulate (Namba et al., 2017; Zloteanu e Krumhuber, 2021).

Ad esempio, le immagini del FACS di Ekman e Friesen (1976) sono state costruite chiedendo agli individui fotografati di muovere volontariamente determinati muscoli senza mai sapere quale emozione stessero riproducendo. Solo per il sorriso è stata provocata e fotografata una emozione genuina.

Molti studi (e.g. Grosselin et al., 1995; Carrol e Russell, 1997; Scherer e Ellgring, 2007; Krumhber e Scherer, 2011) hanno tentato di risolvere tale problematica utilizzando degli attori capaci di produrre espressioni facciali quanto più simili a quelle spontanee attraverso il Metodo Stanislavskij (1938; 1957): quest'ultimo consiste nel ricorrere alla propria memoria emotiva per rievocare e rivivere emozioni analoghe a quelle del personaggio nonché per esprimerle. Tuttavia, le espressioni facciali di tali attori sono costruite in maniera tale da enfatizzare il messaggio emozionale e, dunque, dovrebbero essere considerate come «*espressioni semi-genuine*» (Buck e VanLear, 2002) che comunque coinvolgono una manipolazione strategica e intenzionale al pari delle espressioni totalmente simulate. In altre parole, le espressioni facciali

generate dagli attori professionisti differirebbero egualmente dalle espressioni genuine che gli individui producono nella loro vita quotidiana.

Di conseguenza, manca un dataset valido di espressioni facciali genuine elicitate in circostanze controllate (e.g. assenza di audience) al fine di individuare gli aspetti morfologici e dinamici delle espressioni facciali d'emozione.

Alcuni timidi tentativi in tal senso sono emersi negli ultimi anni (per una rassegna si veda Jia et al., 2021). Ad esempio, McLellan et al. (2010) ma anche Sowden et al. (2021) hanno prodotto e validato un set di video di espressioni facciali genuine e simulate, basandosi sui giudizi di genuinità percepita. Tali autori hanno optato per set di video poiché questi ultimi sono ormai riconosciuti come una tipologia di stimolo più appropriato ai fini della ricerca, grazie alla loro maggiore validità ecologica, capacità di elicitare emozioni in chi guarda, e facilità d'uso (Gross e Levenson, 1995).

Invece, un approccio diverso è stato utilizzato da Calvo et al. (2018), i quali hanno creato e validato il *KDEF-dyn*. Esso si compone di stimoli facciali “dinamicizzati” in maniera artificiale (i.e. morphing da espressione neutra ad espressione d'emozione) catalogati grazie all'incrocio tra il giudizio soggettivo di genuinità e un'analisi automatica computerizzata.

2.4 BASI NEURALI DELL'ESPRESSIONE FACCIALE

Nel 1862 il neurologo e fisiologo francese Duchenne de Boulogne pubblicò un famoso trattato sulle espressioni facciali. Il suo lavoro fu il primo a esaminare sistematicamente il contributo dei muscoli cranio-facciali nell'espressione delle emozioni. Duchenne usò la stimolazione elettrica transcutanea al fine di attivare singoli muscoli o gruppi di muscoli del volto e del collo, documentando i risultati attraverso una serie di fotografie (Figura 10).



Figura 10 - Alcune delle fotografie scattate da Duchenne (1862)

Grazie a tale tecnica, l'autore fu il primo a mostrare come una emozione genuina di felicità si differenziasse da una simulata per il maggior coinvolgimento di muscoli involontari come l'Orbicularis Oculi. A riconoscimento di tale scoperta, il sorriso genuino viene ancora oggi chiamato «*Sorriso di Duchenne*».

È ormai noto (Tschiassny, 1953; Frank et al., 1993) che il controllo dell'espressione facciale coinvolga due sistemi effettori paralleli che sono anatomicamente e funzionalmente distinti (Figura 11). La *Via Involontaria* (o *Via Extrapiramidale*) origina dalle aree sottocorticali del cervello (in particolar modo dal sistema limbico ventrale, dai nuclei della base e dall'ipotalamo) e produce automaticamente l'espressione sul volto attraverso il sistema motorio extra-piramidale. La *Via Volontaria* (o *Via Piramidale*) origina dalle aree motorie del lobo frontale posteriore, e comunica con il volto attraverso il sistema piramidale e il cervelletto. Appare chiaro come la prima sia coinvolta nelle espressioni facciali genuine mentre la seconda sia coinvolta in quelle simulate.

L'esistenza di due vie distinte è dimostrata anche a livello clinico dalla presenza di doppie dissociazioni nei pazienti con lesioni cerebrali (Tschiassny, 1953). I pazienti con paresi facciale unilaterale, a causa di un danno alle vie discendenti delle cortecce motorie, sono incapaci di muovere volontariamente i muscoli facciali dell'emiviso controlesionale ma sono capaci di produrre movimenti facciali involontari e simmetrici in risposta a stimoli emotigeni. Invece, i pazienti con paresi facciale emozionale presentano il pattern opposto: sono capaci di produrre espressioni facciali volontarie ma sono incapaci di esprimere spontaneamente emozioni.

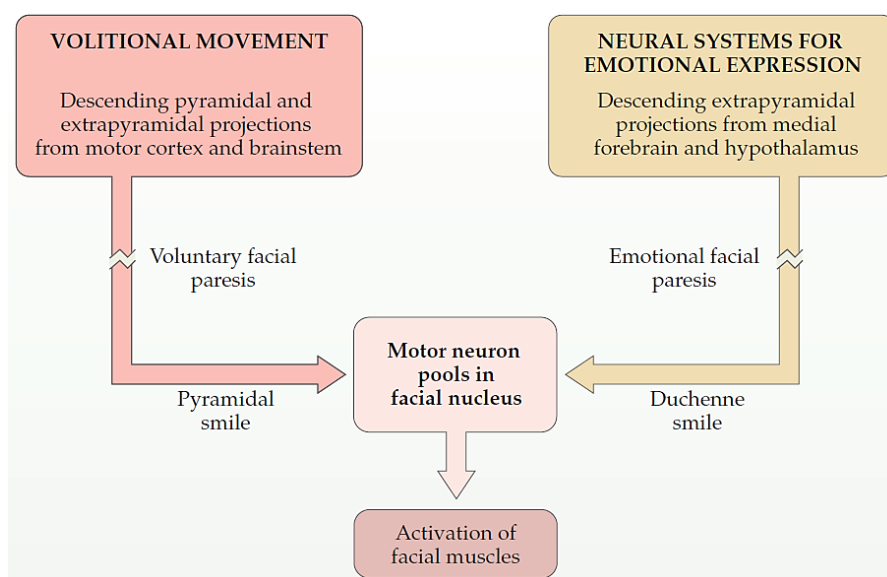


Figura 11 - Rappresentazione grafica delle due vie con relativi deficit (Purves et al., 2018)

Similmente nei pazienti con Malattia di Parkinson è stata rintracciata una compromissione nell'espressione genuina delle emozioni facciali (Bologna et al., 2016). Ciò è dovuto alla degenerazione della substantia nigra, che caratterizza la fisiopatogenesi della malattia. Essa è una formazione nervosa presente in molti dei nuclei della base e, quindi, la sua degenerazione provoca anche una alterazione della Via Involontaria.

I movimenti del sistema motorio extrapiramidale sono sincronizzati, precisi, simmetrici, quasi balistici; invece, i movimenti del sistema motorio piramidale tendono ad esserlo meno. Ciò spiegherebbe, ad esempio, perché i sorrisi genuini hanno una dinamica più fluida con una minore velocità di onset e offset rispetto ai sorrisi simulati (Frank et al., 1993).

2.5 LE PECULIARITÀ DELL'EMOZIONE DI PAURA

La paura è un'emozione indotta solitamente da uno stimolo pericoloso o minaccioso. È probabilmente l'emozione con il più alto coinvolgimento fisiologico e comportamentale poiché può indurre reazioni fisiologiche di attacco o fuga (Öhman, 2002).

A livello fisiologico una risposta di paura comporta (Kozłowska et al., 2015): iperventilazione respiratoria, aumento del battito cardiaco, vasocostrizione periferica dei vasi sanguigni, vasodilatazione cefalica, incremento della tensione muscolare, piloerezione, dispepsia, incremento dei leucociti nel sangue, ecc.

Secondo il FACS (1976; 1982) nell'espressione facciale della paura le sopracciglia sono alzate verso l'alto o in linea orizzontale, le palpebre superiori si alzano, gli occhi si aprono, la bocca può aprirsi ma presenta tensione nelle labbra che si flettono verso l'esterno.

L'espressione facciale della paura ha un alto valore adattivo sia per la persona che la esperisce, facilitando una risposta difensiva ad un pericolo, sia per la persona che l'osserva, che viene avvertita di un potenziale pericolo (Öhman, 2002).

Tuttavia, nonostante l'emozione della paura sia esperienza quotidiana e nonostante vi sia un numero praticamente infinito di studi che hanno studiato la paura a livello cerebrale, non risulta essere così altrettanto semplice studiare l'espressione facciale relativa a tale emozione.

2.5.1 UNA SOLA ESPRESSIONE DI PAURA?

Come menzionato precedentemente, la paura è l'emozione con il più alto coinvolgimento psicofisiologico. A tal proposito Bracha (2004) ha individuato uno spettro di risposte agli

stimoli di paura comune tra uomini e animali (Figura 12).

- *Freeze*: stato di ipervigilanza per cui l'individuo rimane in guardia, osserva attentamente la situazione, e cerca di evitare di essere identificato e catturato.
- *Flight/Fight*: l'individuo cerca di fuggire dal pericolo o di attaccarlo.
- *Fright*: stato di immobilità tonica (o "terrore") in cui l'individuo è in contatto fisico con il predatore e perciò inibisce l'attivazione comportamentale, contraendo i muscoli ma rimanendo in allerta in attesa di possibili vie di fuga.
- *Flag/Faint*: stato di immobilità flaccida con incoscienza e irresponsività, fino allo svenimento vero e proprio.

Secondo, Schauer e Elbert (2010) tale cascata di risposte è una sequenza coerente che si sussegue in funzione della gravità della minaccia cui l'individuo ha di fronte. Ad ogni modo, non è chiaro se ad ogni tipologia di risposta comportamentale corrisponda una diversa espressione facciale d'emozione.

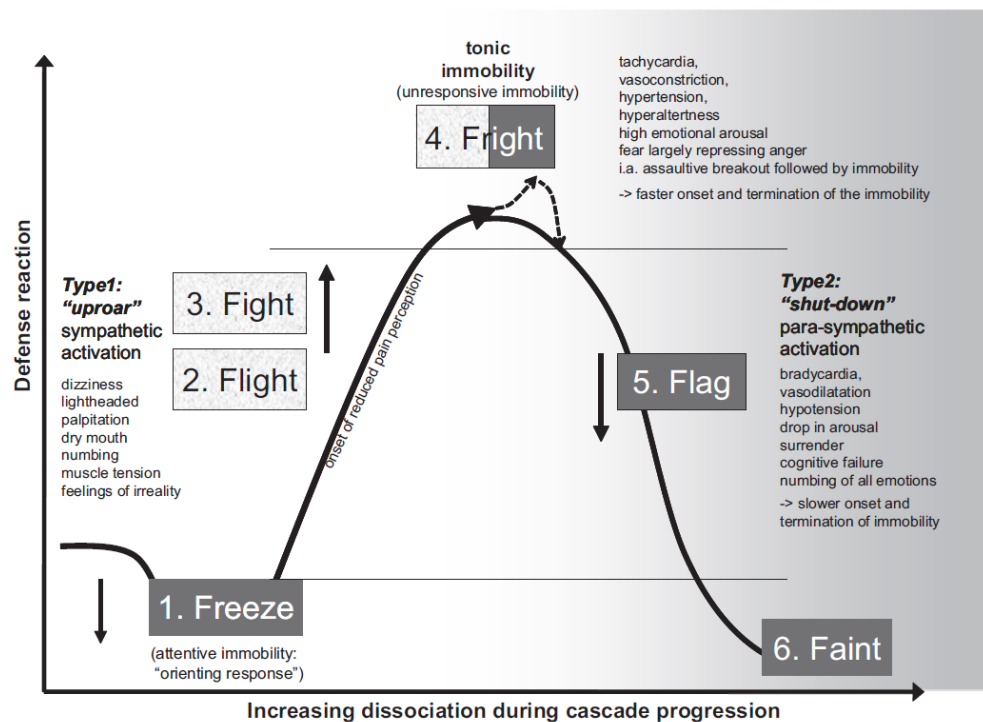


Figura 12 - Cascata di risposte comportamentali di fronte a stimoli di paura (Schauer e Elbert, 2010)

Inoltre, una risposta di paura è spesso accompagnata dal cosiddetto *riflesso di allarme* (Lang, 1990): una rapida onda flessoria discendente (cranio-caudale) che coinvolge diversi distretti muscolari dal capo alle ginocchia. Esso rappresenta una delle risposte riflesse stimolo-specifiche, che sono di origine evolutivista e sono in comune con gli altri animali.

Il riflesso di allarme si verifica a seguito di stimoli improvvisi, di elevata intensità e di breve durata (Lang, 1990). Ha lo scopo di interrompere l'attività in corso e proteggere l'organismo da eventuali pericoli riducendo la superficie corporea esposta: chiudere gli occhi, incassare il collo, flettere le ginocchia, proteggere gli organi interni, esporre meno la pelle, ecc.

Anche se un individuo non produce l'intera onda flessoria, il riflesso di allarme produce sistematicamente il cosiddetto *startle eyeblink* (o *riflesso di ammiccamento*): chiusura delle palpebre per proteggere gli occhi (Lang, 1990).

Appare chiaro come usando determinati stimoli un'espressione di paura possa essere contaminata dalla risposta riflessa di allarme.

2.5.2 PAURA O ANSIA?

Alcuni autori ritengono che negli studi coinvolgenti stimoli di paura si faccia confusione tra due tipologie di stati emotivi (per una rassegna si veda Perkins, 2012):

- la *paura* (*fear*) che rappresenta una reazione breve e intensa, causata da una minaccia chiaramente identificabile, accompagnata da tensione corporea circoscritta e sensazioni soggettive di emergenza;
- l'*ansia* (*anxiety*) che rappresenta una reazione prolungata e aspecifica, causata da una minaccia non chiara, accompagnata da agitazione corporea pervasiva e sensazioni soggettive di accresciuta vigilanza.

Tale differenza si rispecchia anche nella differente attività cerebrale nei due stati emotivi (Walker et al., 2003): mentre la risposta di paura è mediata dall'amigdala, il letto della stria terminale (BNST) perpetua quest'ultima producendo una tipica risposta di ansia.

Allora, appare chiaro come la scelta degli stimoli emotigeni possa portare ad una risposta emozionale differentemente interpretabile (Lang, 1993; Perkins et al., 2012): ad esempio, mostrando ad un partecipante un filmato horror che comincia con una situazione poco chiara è probabile che si provocherà in lui una risposta di ansia, e solo successivamente la risoluzione finale del filmato con uno *jumpscare* provocherà una risposta di paura.

Anche qui il problema risiede nello stabilire se le risposte di ansia e di paura producano una espressione facciale differente. A tal proposito, uno studio di Perkins et al. (2012) ha mostrato come l'auto-percezione dell'ansia sia collegata alla produzione di espressioni facciali che ricordano più lo scanning visivo dell'ambiente e la vigilanza anziché uno stato vero e proprio

di paura. Quindi, secondo tali autori un'espressione specifica per l'ansia potrebbe esistere e potrebbe avere anche un valore informativo, segnalando agli altri individui la presenza di stimoli ambigui.

2.5.3 È POSSIBILE SIMULARE LA PAURA?

Attualmente non è noto come si differenzi un'emozione genuina di paura da una simulata. Stando alle ricerche compiute da chi ha scritto il presente lavoro di tesi, in letteratura non è stato stabilito quali siano i “muscoli affidabili” per l'espressione genuina di paura (Ekman, 2003) né sono state utilizzate altre metodologie per rintracciare differenze morfologiche o dinamiche.

Il presente lavoro di tesi si prefigge, quindi, di essere uno dei primi ad indagare tali aspetti.

2.6 COMPRENDERE LE EMOZIONI ALTRUI

La comprensione delle emozioni altrui è una delle componenti dell'*empatia*, ossia della capacità di comprendere lo stato mentale altrui e di immedesimarsi nell'esperienza emotiva degli altri. Secondo Vignemont e Jacob (2012) la capacità di comprendere lo stato affettivo degli altri consente di prevedere e comprendere i sentimenti, le motivazioni e i comportamenti altrui; e ciò aiuta ad instaurare legami affettivi, spingendo le persone all'aggregazione sociale e alla solidarietà interindividuale.

Mettendo insieme gli studi compiuti fino a quel momento in psicologia e in neuroscienze, Zaki e Ochsner (2012) propongono una modello multicomponenziale secondo cui l'empatia si compone delle seguenti tre componenti.

1) *EXPERIENCE SHARING*

È la componente affettiva e più precoce di condivisione dell'esperienza. Include i meccanismi di simulazione sensorimotoria e di risonanza neurale.

2) *MENTALIZING*

È la componente più tardiva e cognitiva dell'empatia. Include la capacità di presa di prospettiva e la “teoria della mente”, ossia la capacità di ragionare sugli stati affettivi altrui cercando delle inferenze esplicative.

3) *PROSOCIAL CONCERN*

È la componente motivazionale di aiuto verso l'altra persona che permette di attuare comportamenti altruistici e prosociali.

Le componenti cognitive ed affettive sembrano dissociare anatomicamente e funzionalmente.

- Le regioni cerebrali implicate nell'empatia affettiva sono (in verde nella Figura 13): il lobulo parietale inferiore (IPL), il solco temporale superiore posteriore (pSTS), l'insula anteriore (AI), la corteccia premotoria (PMC) e la corteccia cingolata anteriore (ACC).
- Le regioni cerebrali implicate nella empatia cognitiva sono (in blu nella Figura 14): la giunzione temporo-parietale (TPJ), il polo temporale (TP), la corteccia cingolata posteriore (PCC), il precuneo e la corteccia prefrontale mediale (MPFC).

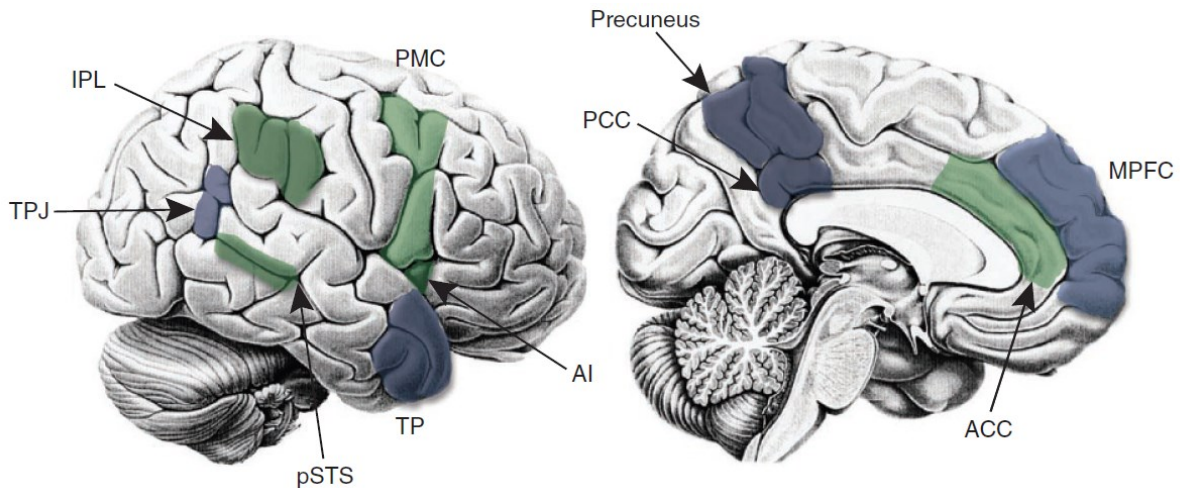


Figura 13 - Aree cerebrali associate all'empatia (Zaki e Ochsner, 2012)

Inoltre, sembrerebbe importante nell'empatia affettiva anche il giro frontale inferiore, con particolare riferimento alle Aree di Brodmann (BA) 44, 45 e 47. Non è un caso, giacché la BA 44 è una delle regioni cerebrali che presenta i famosi *neuroni specchio* (Rizzolatti e Craighero, 2004): neuroni motori che si attivano sia quando un individuo compie un'azione sia quando un individuo osserva la stessa azione compiuta da un'altra persona.

2.6.1 RICONOSCIMENTO DEI VOLTI

Allo stato attuale delle conoscenze scientifiche è noto che ogni qual volta un individuo si trovi davanti ad un altro individuo, nel suo cervello si attiva una rete neurale distribuita atta a identificare il volto dell'altro (Haxby e Gobbini, 2011).

A sua volta tale rete presenta un *sistema centrale* di aree visive extra-striate adibito, per l'appunto, all'analisi visiva del volto. Il sistema centrale da un lato compie un'analisi delle caratteristiche invarianti dei volti, estraendo le informazioni statiche e strutturali grazie al giro fusiforme laterale e al giro occipitale inferiore; dall'altro analizza le caratteristiche transienti dei volti quali l'orientamento della testa, la direzione dello sguardo, i movimenti della bocca,

ecc. grazie al solco temporale superiore. Tale sistema permette all'individuo di riconoscere l'identità sociale dell'altra persona nonché di compiere quelle rapide inferenze descritte all'inizio del capitolo.

Inoltre, la rete neurale distribuita presenta anche un *sistema esteso*: insieme di regioni fronto-parieto-temporali coinvolte nella rappresentazione della conoscenza sulla persona (tratti personali, attitudini, intenzioni, stati mentali, conoscenze biografiche, ricordi di episodi, ecc.), la quale può essere o meno associata ad una risposta emozionale per gli individui familiari.

2.6.2 RUOLO DELLA SIMULAZIONE SENSORIMOTORIA

Parallelamente all'analisi visiva e al riconoscimento mnestico del volto, avviene l'attribuzione del significato dell'espressione facciale mostrata dall'altra persona.

L'attribuzione del significato delle espressioni facciali avviene grazie al processo di *Simulazione Sensorimotoria* (Niedenthal et al., 2015): di fronte ad una espressione facciale d'emozione, l'individuo riproduce "internamente" quella stessa espressione facciale attivando quelle stesse regioni cerebrali (motorie, somatosensoriali, affettive) che si attiverebbero se la esperisse in prima persona. In altre parole, la simulazione sensorimotoria implica una stretta corrispondenza tra la produzione e il riconoscimento: gli individui riconoscono nell'altro un'emozione perché viene rivissuta in prima persona.

A riprova di ciò è stato dimostrato che quando un individuo è esposto ad una determinata espressione facciale, si verifica una attivazione dei muscoli facciali tipicamente coinvolti nell'espressione in prima persona dell'emozione corrispondente (Seibt et al., 2015). Tale attivazione non è visibile ad occhio nudo, ma è rilevabile solo attraverso l'attività elettromiografica. Il processo appena descritto viene generalmente chiamato "*facial mimicry*" (ibid.).

In una rassegna della letteratura Wood et al. (2016) hanno spiegato molto chiaramente come la Simulazione Sensorimotoria contribuisca al riconoscimento dell'emozione nell'altra persona. Per una migliore comprensione, la descrizione seguirà i riferimenti della Figura 14.

L'attivazione contemporanea del sistema centrale [A] e del sistema adibito alla simulazione sensorimotoria [B] provoca l'attivazione dei programmi motori cerebrali associati all'espressione facciale dell'emozione. I programmi motori possono trasformarsi in un'attività di mimica facciale o rimanere in uno stato silente, a seconda del grado di attivazione.

I due sistemi appena menzionati si scambiano continuamente informazioni [F], in maniera tale che una migliore simulazione sensorimotoria possa migliorare la definizione con cui viene costruita la rappresentazione visiva dello stimolo facciale.

Inoltre, tali sistemi attivano le aree cerebrali normalmente coinvolte nell'esperienza in prima persona dell'emozione osservata, al fine di simulare lo stato emozionale dell'altro [C]. E se eventualmente il contesto [I] lo richieda, possono produrre una risposta comportamentale [D]. Infine, la cascata di attivazioni cerebrali permette il riconoscimento e l'etichettamento dell'emozione osservata [E].

La simulazione e l'attivazione emozionale non sono necessariamente consapevoli, né l'emozione inferita è necessariamente esplicitata linguisticamente.

Nonostante la descrizione possa far sembrare che ci sia una sequenza logico-temporale negli eventi, è bene evidenziare come tutti i sistemi neurali implicati nel processo di riconoscimento dell'espressione facciale d'emozione interagiscano continuamente tra loro.

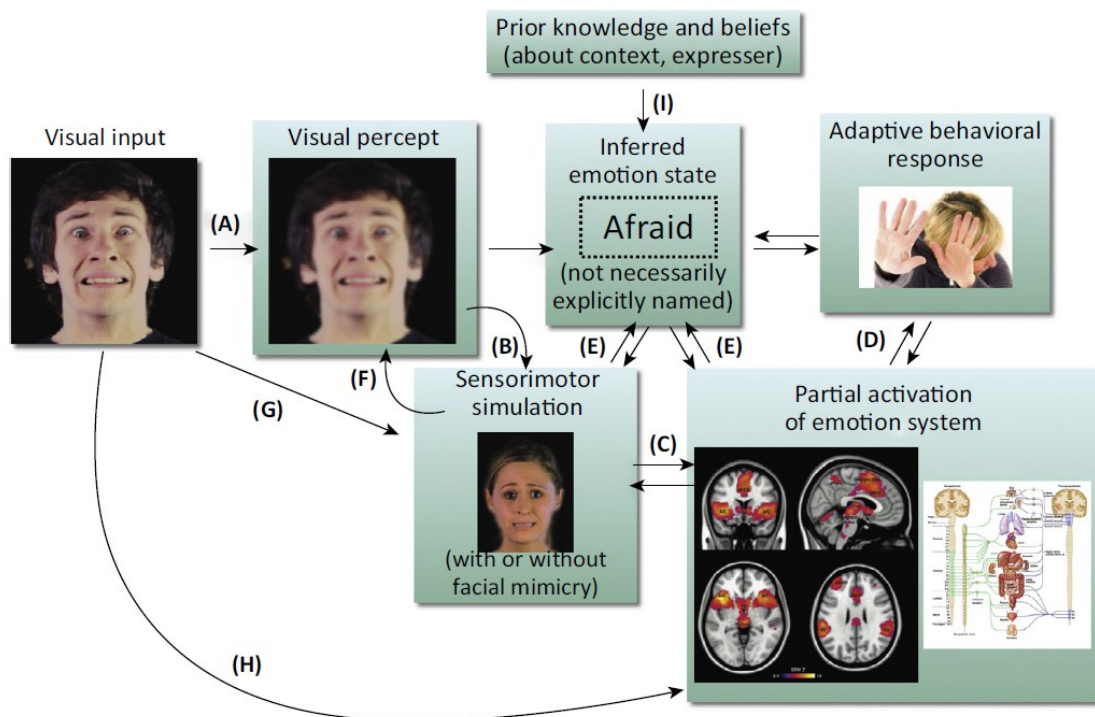


Figura 14 - Meccanismi di riconoscimento dell'espressione facciale d'emozione altrui (Wood et al., 2016)

2.6.3 RICONOSCIMENTO DELLA GENUINITÀ

Nonostante la grande mole di studi sul riconoscimento delle espressioni facciali delle emozioni ben poco si sa sui meccanismi cognitivi e neurali alla base del riconoscimento della sua

genuinità. E ancora una volta, i pochi dati disponibili sono stati rintracciati utilizzando l'espressione della felicità

Ad esempio, in linea con gli studi sulla Simulazione Sensorimotoria, Surrakka e Hietanen (1998) hanno mostrato come negli individui si verifichi una maggiore attivazione elettromiografica dei muscoli facciali in risposta ad emozioni genuine. Come suggeriscono Manera e colleghi (Manera et al., 2013), ciò potrebbe significare che il riconoscimento della genuinità avviene automaticamente grazie ad una amplificazione della risposta empatica.

Alcuni studi hanno mostrato come la familiarità con il volto osservato faciliti il riconoscimento della genuinità delle espressioni facciali (e.g. Wild-Wall et al., 2008; Herba et al., 2008; Huynh et al., 2010; Lahera et al., 2013). Inoltre, a parte per quella di felicità, i bambini di età scolare sembrano non riuscire a discriminare la genuinità delle espressioni facciali (Dawel et al., 2015). Tali studi sembrano suggerire che gli esseri umani apprendano implicitamente nel corso del tempo a identificare la genuinità delle espressioni facciali d'emozione.

Più recentemente Calvo e colleghi (Calvo et al., 2013) hanno studiato i meccanismi attentivi che intercorrono nel giudizio della genuinità di espressioni facciali di felicità, attraverso l'analisi dei movimenti oculari (*eye-tracking*). Gli autori hanno mostrato che:

- L'orientamento fasico dell'attenzione è equivalente sia per le espressioni genuine sia per le espressioni simulate di felicità, con la prima saccade oculare rivolta verso la bocca; ciò probabilmente avviene a causa dell'alta salienza della bocca sorridente.
- I meccanismi tonici dell'attenzione sono differenti tra le categorie di stimoli, con le espressioni simulate che provocano un numero maggiore di fissazioni rivolte verso gli occhi nonché dei tempi di fissazione più lunghi; ciò probabilmente è dovuto alla necessità di risolvere l'ambiguità o l'incongruenza tra la bocca sorridente e gli occhi non felici.
- Quando gli individui venivano forzati a guardare dapprima gli occhi, tramite un cue visivo, il giudizio di genuinità per le espressioni simulate avveniva più rapidamente e più accuratamente; probabilmente tale spostamento forzato dell'attenzione ha permesso di bypassare l'informazione contraddittoria proveniente dalla bocca.

Infine, uno studio EEG di Miolla et al. (2021) ha mostrato che durante la visione di espressioni facciali simulate si verifica una attivazione più intensa e più duratura della corteccia cingolata. Ciò è coerente con la natura funzionale di tale struttura cerebrale, particolarmente coinvolta nel processamento degli stimoli ambigui (Purves et al., 2018). Invece, durante la visione di

espressioni facciali genuine si verifica una attivazione più intensa e duratura del giro frontale inferiore e dell'amigdala, coerentemente con la detezione della salienza emozionale dello stimolo.

CAPITOLO III

TECNICHE DI STUDIO DELLE ESPRESSIONI FACCIALI D'EMOZIONE

Alla luce di quanto visto finora, si evince che l'espressione genuina delle emozioni può essere studiata solo ponendo il partecipante in una situazione realmente emotigena (e.g. attraverso l'emozione di video), anziché limitarsi a presentargli foto statiche e in posa prese da database ormai superati.

Secondo Barrett et al. (2019), le tecniche per misurare lo stato emozionale di un individuo possono essere raggruppate nelle seguenti tre macrocategorie.

- **Misure soggettive:** consistono in giudizi provenienti dai partecipanti stessi che completano delle misure self-report, da altri osservatori ingenui che inferiscono le emozioni nei partecipanti, oppure dai ricercatori stessi che utilizzano criteri specifici per l'identificazione dell'emozione espressa.
- **Misure comportamentali:** analizzano i cambiamenti che avvengono nelle espressioni facciali, nelle espressioni vocali, e nei movimenti gestuali.
- **Misure oggettive:** riguardano i cambiamenti negli indici fisiologici, tra cui l'attività elettrica ed emodinamica del cervello, la frequenza cardiaca, il volume e/o la frequenza respiratoria, la temperatura del corpo, la pressione sanguigna, i livelli di conduttanza cutanea.

A loro volta, le tecniche per studiare le espressioni facciali delle emozioni possono essere suddivise nelle seguenti macrocategorie (Barrett et al., 2019): tecniche elettromiografiche, tecniche qualitative, tecniche quantitative.

Nel presente capitolo verranno brevemente descritte le caratteristiche delle tecniche utilizzate per studiare le espressioni facciali di emozione, con particolare riferimento al FACS per le tecniche qualitative e alla analisi cinematica per le tecniche quantitative.

3.1 TECNICHE ELETTROMIOGRAFICHE

L'elettromiografia (EMG) rappresenta forse la tecnica più sensibile e oggettiva per misurare

l'attività dei muscoli facciali e, di conseguenza, le espressioni facciali. Essa consiste nella registrazione dell'attività elettrica che si propaga dal muscolo alla pelle attraverso i liquidi extra-cellulari (Pennisi e Sarlo, 1998). Quindi, rappresenta non una misura della tensione muscolare bensì dell'attività elettrica che accompagna gli eventi meccanici.

Il vantaggio dell'EMG facciale risiede nell'essere una misura indipendente dalla percezione sensoriale del partecipante giacché l'attività dei muscoli facciali è registrabile dall'elettromiogramma anche quando non è visibile ad occhio nudo.

Tuttavia, l'utilità dell'EMG facciale è sfortunatamente limitata dalla sua scarsa praticità. Essa richiede di applicare degli elettrodi di superficie sul volto del partecipante in una particolare configurazione; inoltre, una persona tipicamente può tollerare solo pochi elettrodi sul volto per volta (Pennisi e Sarlo, 1998).

Non a caso, secondo una rassegna di Barrett et al. (2019), solo un centinaio di studi riporta l'uso dell'EMG, la maggior parte dei quali hanno misurato l'attività elettrica di un numero molto limitato di muscoli.

3.2 TECNICHE QUALITATIVE

Le tecniche qualitative si basano essenzialmente sull'analisi visiva dei muscoli facciali. Tale metodologia si serve di video e/o foto che possono essere analizzati da valutatori esperti in uno specifico sistema di codifica oppure attraverso metodi computerizzati come l'analisi delle feature o delle texture facciali.

La tecnica qualitativa più utilizzata nello studio delle espressioni facciali è senza dubbio il *Facial Action Coding System* (FACS) (Ekman e Friesen, 1978): un approccio sistematico volto a descrivere come la contrazione di ogni muscolo facciale, singolarmente o in combinazione con altri muscoli, cambi la configurazione del volto.

Esso descrive le espressioni facciali come la combinazione di 46 *Unità d'Azione* (*Action Units* – AU), ognuna delle quali rappresenta la contrazione o il rilassamento di uno o più muscoli. Di conseguenza, la codifica di un'espressione facciale consiste nel decomporre quest'ultima nelle specifiche AU che compongono i movimenti muscolari. Ad esempio, un'espressione di felicità è considerata la combinazione dell'innalzamento degli angoli della bocca (AU 12), con eventualmente l'apertura della bocca (AU 25), e l'arricciamento dei muscoli orbicolari degli

occhi (AU 6) (Ekman e Friesen, 1978). Inoltre, ad ogni AU può essere assegnata una lettera, da A ad E, che indica l'intensità del movimento muscolare (ibid.).

La tecnica richiede un'alta competenza ed un alto impegno da parte dei codificatori. L'addestramento per poter raggiungere una buona affidabilità nell'identificazione delle espressioni facciali richiede un lungo periodo di pratica intensiva. E anche la decodifica di un video può richiedere molto tempo, in base alla complessità e alla densità delle espressioni facciali presenti in un video.

Per ovviare a tali difficoltà negli ultimi anni sono stati sviluppati numerosi sistemi di decodifica automatica che impiegano algoritmi computerizzati basati sul FACS. Secondo la rassegna di Barrett et al. (2019) gli operatori esperti raggiungono una affidabilità inter-giudici dell'80%, mentre gli algoritmi automatizzati risultano accurati al 90%.

Appare chiaro come tale metodologia mostri un'estrema efficacia e versatilità, tanto da essere oggi utilizzata dalle più grosse aziende tecnologiche (e.g. Pixar, Electronic Arts, Apple, ecc.) per l'animazione in CGI, i videogiochi e il riconoscimento facciale.


























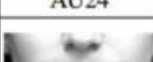
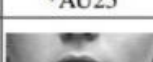


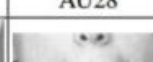
Upper Face Action Units					
AU1	AU2	AU4	AU5	AU6	AU7
					
Inner Brow Raiser *AU41	Outer Brow Raiser *AU42	Brow Lowerer *AU43	Upper Lid Raiser AU44	Cheek Raiser AU45	Lid Tightener AU46
					
Lip Droop	Slit	Eyes Closed	Squint	Blink	Wink
Lower Face Action Units					
AU9	AU10	AU11	AU12	AU13	AU14
					
Nose Wrinkler	Upper Lip Raiser	Nasolabial Deepener	Lip Corner Puller	Cheek Puffer	Dimpler
					
Lip Corner Depressor	Lower Lip Depressor	Chin Raiser	Lip Puckerer	Lip Stretcher	Lip Funneler
					
Lip Tightener	Lip Pressor	Lips Parts	Jaw Drop	Mouth Stretch	Lip Suck

Figura 15 - Action Units per la parte alta e bassa del volto (Ekman e Friesen, 1978)

3.3 TECNICHE QUANTITATIVE

Nonostante siano ampiamente utilizzate, le tecniche qualitative ignorano gli aspetti dinamici delle espressioni facciali d'emozione (Namba et al., 2017). Invece, tali aspetti sono esplorabili grazie alle tecniche quantitative, le quali permettono di analizzare pattern spaziali e temporali all'interno delle espressioni facciali delle emozioni (Sowden, 2021).

Tra le tecniche quantitative rientra l'analisi cinematica, ossia la metodologia utilizzata nel presente lavoro di tesi.

L'analisi cinematica è lo studio del movimento indipendentemente dalle forze interne ed esterne che lo causano (Castiello, 1995). Con il termine "informazioni cinematiche" ci si riferisce alle proprietà di un movimento del volto o del corpo: velocità, accelerazione, *jerk* (i.e. le variazioni nel tempo dell'accelerazione). Giacché tali caratteristiche tendono ad essere altamente correlate, gli studi di cinematica si sono spesso focalizzati sulla velocità come variabile rappresentativa dei cambiamenti dinamici (Sowden, 2021).

Si può affermare come l'interesse per il movimento degli animali e dell'essere umano sia vivo sin dai primi giorni della preistoria e affondi le sue radici nella storia dell'arte. Tuttavia, fu solo nell'Ottocento che la prima telecamera registrò esempi di locomozione. Il fisiologo francese Étienne-Jules Marey registrò per la prima volta nel 1885 l'andatura nell'uomo e, attraverso la cronofotografia, ottenne la sequenza segmento per segmento di un atleta in corsa. Nello stesso periodo il fotografo britannico Eadweard Muybridge (1878) registrò la sequenza di un uomo al galoppo in 24 fotogrammi (Figura 16).

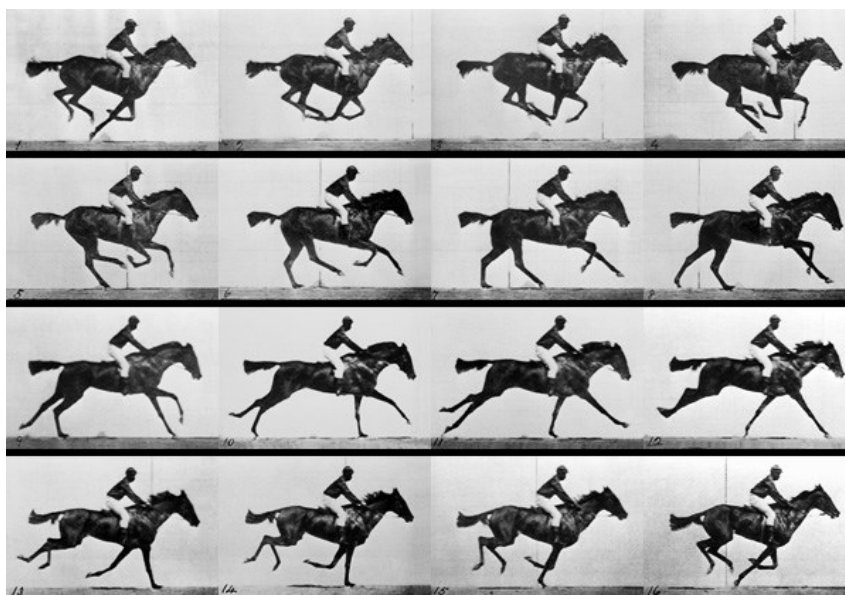


Figura 16 - *Il cavallo in movimento* (Muybridge, 1878)

Tali serie di istantanee permisero di ottenere per la prima volta informazioni fino ad allora sconosciute. In particolar modo, Muybridge (1878) dimostrò che durante la corsa i cavali non estendono contemporaneamente le quattro zampe, così come immaginato dagli illustratori del tempo, ma le sollevano piegandole ad intervalli di tempo regolari.

Dai primi studi di cronofotografia ad oggi, i progressi tecnologici sono stati relativamente rapidi portando ad una serie di metodologie per l'analisi cinematica (per una rassegna si veda Bonfiglioli e Castiello, 2005): le tecniche cinematografiche, le tecniche televisive, le tecniche per esposizioni multiple. Tra le ultime nonché tra le più utilizzate, vi sono le tecniche optoelettroniche.

Le tecniche optoelettroniche si basano sulla possibilità di posizionare sul soggetto marker di tipo attivo o passivo (Castiello, 1995; Popat et al., 2009).

I marker attivi sono dei diodi luminosi che emettono raggi infrarossi e che, attraverso un complesso sistema di fili, sono collegati ad una centralina posizionata sul soggetto. I raggi vengono emessi in modo sequenziale e la posizione del diodo viene catturata da una telecamera: in altre parole, la luce emessa dal diodo fornisce due segnali, uno che indica la coordinata x e l'altro che indica la coordinata y (Castiello, 1995; Popat et al., 2009).

Invece, i marker passivi sono semisfere di plastica ricoperte di materiale riflettente, il cui riconoscimento e la cui conseguente codifica spaziale avviene utilizzando la loro luminosità o la loro forma (Castiello, 1995). In questo caso nessun componente elettronico è posizionato sul soggetto. I marker passivi possono essere utilizzati per ottenere coordinate tridimensionali utilizzando due o più telecamere che registrino la posizione del marker nello spazio. A tal proposito, Popat et al. (2009) consigliano di utilizzare almeno quattro telecamere, in maniera tale da accertarsi che i dati da almeno due telecamere siano sempre disponibili.

Le tecniche optoelettroniche presentano il vantaggio di essere riferite ad un sistema spaziale di riferimento assoluto, facilitando l'analisi cinematica (Castiello, 1995). Inoltre, i marker passivi, non avendo fili ed essendo facili da montare, fanno sì che il soggetto si senta libero e senza impedimenti durante il suo compito. Invece i marker attivi da un lato richiedono minori interventi di post-produzione, ma dall'altro impediscono il movimento del soggetto a causa della centralina su di lui posizionata (Castiello, 1995; Popat et al., 2009).

CAPITOLO IV

LA RICERCA

4.1 OBIETTIVO DELLO STUDIO

Nel Capitolo II è stato descritto come, allo stato attuale della letteratura, non esistano studi che abbiano indagato in maniera puntuale le differenze tra un'espressione facciale di paura genuina e un'espressione facciale di paura simulata.

Di conseguenza, il presente lavoro di tesi si è posto l'obiettivo di indagare, attraverso l'analisi cinematica dei movimenti muscolo-facciali, se sono presenti differenze nella dinamica delle due tipologie di espressioni emozionali.

4.2 MATERIALI E METODI

4.2.1 PARTECIPANTI

La ricerca è stata condotta su un campione totale di 40 partecipanti giovani adulti, 11 maschi e 29 femmine, di età compresa tra 22 e 27 anni (media = 24.9; d.s. = 2.3). Ogni partecipante era neurologicamente sano, riportava una vista normale o corretta da lenti e una capacità uditiva nella norma. Inoltre, non era a conoscenza né del disegno sperimentale né dell'obiettivo di ricerca. Infine, per poter essere incluso nel campione, non doveva riportare punteggi elevati né alla *Toronto Alexithymia Scale* (Taylor et al., 1992) né alla *Levenson Self-Report Psychopathy Scale* (Levenson et al., 1995).

La raccolta dei dati è avvenuta tra Ottobre e Novembre 2020 presso il Laboratorio di Analisi Cinematica dell'Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Psicologia Generale, in ottemperanza alle norme emanate per contenere l'emergenza epidemiologica da COVID-19 (*Protocollo Contrasto e Contenimento Virus Sars-CoV-2* adottato con Decreto del Rettore n. 3093 del 24 Settembre 2020 e successivi aggiornamenti).

L'esperimento è stato approvato dal Comitato Etico della Ricerca Psicologica Area 17 dell'Università di Padova (Protocollo N° 3580). In accordo con tali principi etici i partecipanti,

tutti volontari, hanno firmato un modulo di consenso informato alla partecipazione a ricerche di psicologia e al trattamento dati personali (D.lgs. 196/2003; UE GDPR 679/2016).

4.2.2 STRUMENTAZIONE

Per la presente ricerca è stato utilizzato: un monitor LCD da 15 pollici, sul quale venivano presentati gli stimoli, controllato da un computer con software OpenSesame[®] (Mathôt et al., 2012) e un sistema optoelettronico ad alta precisione per la registrazione cinematografica dei movimenti facciali.

Tale sistema optoelettronico, dal nome SMART-DX[®] (BTS Bioengineering Corp.), consta di:

- 6 telecamere ad infrarossi disposte a semicerchio ad una distanza di circa 1 m dalla seduta dei partecipanti,
- 22 marker passivi riflettenti di forma emisferica dal diametro di 3 mm fissati sul volto del partecipante attraverso sticker biadesivi monouso adatti alla cute.



Figura 17 - Setting sperimentale

Le sei telecamere registrano l'infrarosso riflesso dai marker come punto luminoso e il sistema, attraverso la procedura di triangolazione, combina le immagini bidimensionali provenienti da ogni telecamera per elaborare un'immagine tridimensionale. In tal modo viene ricostruita la posizione tridimensionale di ogni marker in ogni istante di tempo.

Per effettuare la ricostruzione delle posizioni di un marker devono essere noti la posizione e l'orientamento di ogni videocamera. Questi ed altri parametri vengono calcolati nella fase di calibrazione del sistema, che permette di sincronizzare le telecamere e, quindi, ottenere una registrazione ottimale.

La calibrazione avviene generalmente nelle seguenti fasi.

1) **SETTING DELLE TELECAMERE**

Vengono impostate la posizione e l'angolo delle telecamere, lo zoom, la messa a fuoco, la soglia, la luminosità delle immagini.

2) **CALIBRAZIONE STATICA (o *AXIS SEQUENCE*)**

La terna ortogonale, una struttura costituita da tre barre in fibra di carbonio, viene disposta al centro dello spazio. Su ognuna di tali barre sono collocati dei marker sferici secondo una disposizione nota ben definita. In tal modo viene definito un sistema di riferimento cartesiano globale.

3) **CALIBRAZIONE DINAMICA (o *WAND SEQUENCE*)**

Si estrae dalla terna l'asse y, ottenendo una bacchetta contenente tre marker posizionati a distanza nota l'uno dall'altro. La bacchetta viene mossa all'interno dello spazio di sperimentazione. In tal modo viene definito il volume totale di spazio in cui il partecipante effettivamente si muoverà nonché vengono raffinati i parametri calcolati nella fase di calibrazione statica.

Tutto ciò permette la corretta stima della posizione 3D di un qualsiasi punto dello spazio inquadrato in contemporanea da almeno due camere.

4.2.3 STIMOLI E PROCEDURE

Prima di procedere con la sessione sperimentale, ad ogni partecipante è stato chiesto di leggere e firmare il consenso informato. All'interno del consenso veniva spiegato brevemente cosa egli avrebbe fatto durante la sessione, gli strumenti utilizzati, il diritto ad abbandonare la ricerca in qualsiasi momento, e il trattamento dei propri dati sensibili.

Dopodiché sul volto del partecipante sono stati applicati i marker semisferici nelle 22 posizioni antropometriche, 4 medio-sagittali e 18 bilaterali, di cui in Figura 18. La maggior parte di tali posizioni sono state identificate sia seguendo le definizioni di Farkas (1994; ma si veda anche Swennen et al., 2006) sia alla luce delle Action Units definite dal FACS (Ekman e Friesen, 1978).

- un videogioco flash chiamato *Scary Maze* dello sviluppatore Jeremy Winterrowd (2003) in cui bisogna condurre un puntino alla fine di un labirinto, ma dopo aver completato il terzo livello appare una figura spaventosa e urlante da film horror.

Dopo ogni prova il partecipante ha risposto ad un breve questionario contenente le seguenti domande:

- 1) Quale emozione hai provato?
La risposta da fornire era di tipo categoriale (i.e. nome dell'emozione).
- 2) Quanto genuina era l'emozione provata?
La risposta andava segnata su una Scala Likert a 15 punti (da -7 a 7).
- 3) Quanto intensa era l'emozione provata?
La risposta andava segnata su una Scala Likert a 10 punti (da 0 a 9).

Per tutta la durata dell'esperimento il partecipante doveva rimanere seduto, ma era libero di reagire senza alcun limite o vincolo imposto dallo sperimentatore.

4.2.4 ELABORAZIONE DEI DATI CINEMATICI

Il sistema optoelettronico SMART-DX[®] è corredato da una suite di software computerizzati che accompagnano ogni fase dell'elaborazione del dato cinematico.

Per la registrazione si utilizza il software SMART-DX Capture[®], che permette la gestione completa e in tempo reale sia della calibrazione sia dell'acquisizione dei dati cinematici.

Successivamente i dati grezzi vengono ricostruiti tridimensionalmente attraverso il software SMART-DX Tracker[®]. In tale fase ad ogni marker viene assegnata una traiettoria (*3D tracking*), e successivamente ad ogni traiettoria viene assegnato un nome (*labelling*) sulla base di un modello tridimensionale creato in precedenza (Figura 19). In particolar modo, per il presente esperimento sono stati ricostruiti il volto del partecipante nonché le posizioni occupate dai marker nello spazio 3D in funzione del tempo.

Infine, i dati di interesse vengono processati e analizzati attraverso il software SMART-DX Analyzer[®]. In tale fase viene costruito ad hoc ed applicato un protocollo di analisi che permette di calcolare specifici parametri cinematici: distanze, angoli, velocità, accelerazioni, definizione di eventi d'interesse, tempo di movimento, ecc.

Per analizzare l'espressione della paura sono stati considerati i marker degli angoli della bocca (Rch e Lch) e i marker del punto mediano delle sopracciglia (Reyeb e Leyeb) giacché rappresentano le AU più importanti per l'espressione facciale di tale emozione.

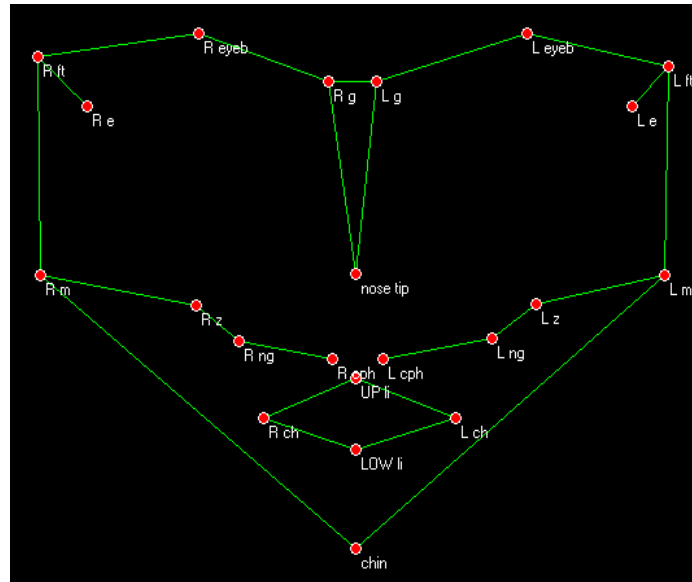


Figura 19 - Modello 3D del volto. I punti sono gli stessi di Figura 18 e sono individuabili grazie agli acronimi

I parametri utilizzati per l'analisi cinematica sono i seguenti:

- Massima Distanza (*Maximum Distance* – MD) calcolata come la massima distanza tra i marker della bocca e quella tra i marker delle sopracciglia (unità di misura: *mm*);
- Massima Velocità (*Maximum Speed* – MS), calcolata come la massima velocità raggiunta dai marker della bocca (unità di misura: *mm/s*);
- *Time To Maximum Amplitude* (TMA), calcolato come il tempo richiesto per raggiungere la massima distanza, ossia l'intervallo tra l'onset dell'espressione facciale e il momento in cui viene raggiunta la massima distanza tra i marker (unità di misura: *ms*).

4.2.5 ANALISI STATISTICA

Prima di procedere, i dati ottenuti attraverso lo SMART Analyzer[©] sono stati esportati in formato foglio elettronico. Dopodiché l'analisi statistica è stata compiuta attraverso il software SPSS 28.0 (IBM Corp., 2021). Come test statistico è stato scelto una ANOVA ad una via per campioni appaiati, due code, e con un livello di significatività (α) pari 0.05.

In alcuni trial, a causa della perdita di uno o di entrambi i marker della bocca durante la registrazione dell'espressione facciale, si è utilizzata la tecnica dell'Imputazione Multipla utilizzando come modello il *Predictive Mean Matching* (per una descrizione si veda van Buuren, 2019).

4.3 RISULTATI

Per quanto riguarda la parte bassa del volto (i.e. angoli della bocca) è stato trovato che le espressioni genuine e quelle simulate di paura si differenziano sia per le componenti temporali sia per quelle spaziali del movimento.

La distanza massima (MD) tra gli angoli della bocca è risultata essere maggiore quando i partecipanti hanno mostrato un'espressione genuina (media = 62.729; d.s. = 4.060) rispetto a quando hanno prodotto un'espressione simulata (media = 59.050; d.s. = 3.501). Tale differenza risulta essere statisticamente significativa per $p < 0.05$.

Inoltre, la massima velocità (MS) raggiunta dai marker della bocca è risultata maggiore per le espressioni genuine (media = 44.420; d.s. = 19.99) che per le espressioni simulate (media = 7.829; d.s. = 6.81). Tale differenza risulta essere statisticamente significativa per $p < 0.05$.

Infine, il tempo richiesto per raggiungere la massima distanza (TMA) è risultato maggiore per le espressioni genuine (media = 0.898; d.s. = 0.274) che per le espressioni simulate (media = 0.606; d.s. = 0.207). Tale differenza risulta essere statisticamente significativa per $p < 0.05$.

Le seguenti figure esemplificano graficamente i risultati descritti per gli angoli della bocca.

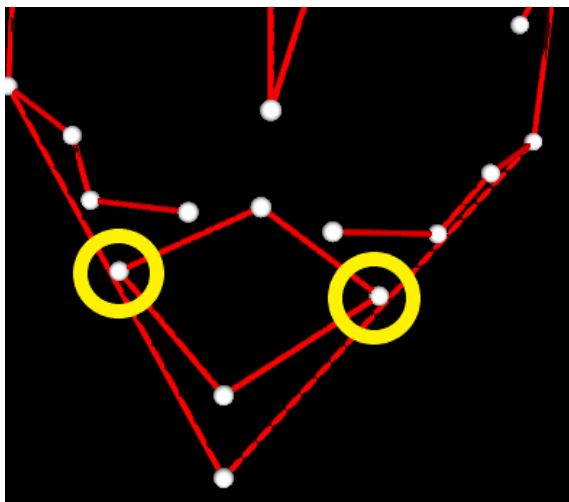


Figura 20 - Marker degli angoli della bocca
(Rch e Lch)

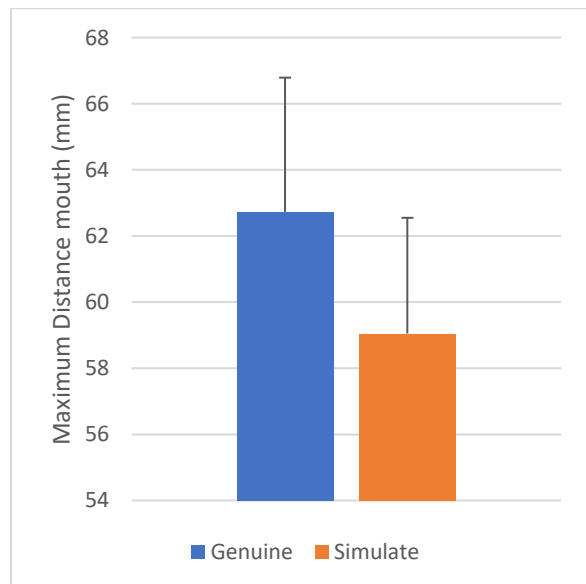


Figura 21 - MD degli angoli della bocca

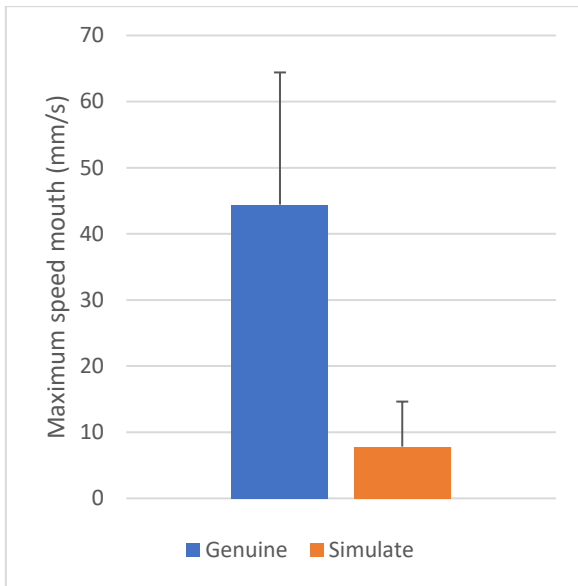


Figura 22 - MS degli angoli della bocca

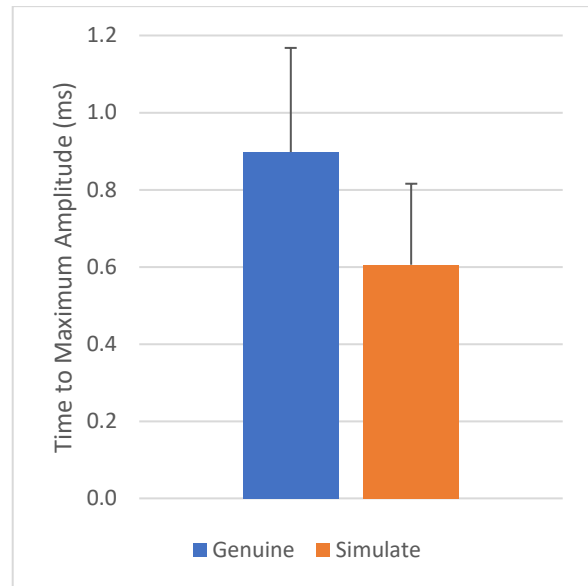


Figura 23 - TMA degli angoli della bocca

Invece, per quanto riguarda la parte alta del volto (i.e. sopracciglia) è stato trovato che le due tipologie di espressioni non differivano per le componenti spaziali.

Infatti, la distanza massima (MD) tra le due sopracciglia è risultata essere molto simile tra le espressioni di paura genuine (media = 76.011; d.s. = 5.273) e quelle simulate (media = 76.285; d.s. = 7.334).

In maniera similare, la distanza massima (MD) tra il naso e il sopracciglio sinistro è risultata essere molto simile tra le espressioni di paura genuine (media = 76.923; d.s. = 3.160) e quelle simulate (media = 78.186; d.s. = 5.751).

Infine, allo stesso modo la distanza massima (MD) tra il naso e il sopracciglio destro risultava essere molto simile tra le espressioni di paura genuine (media = 76.011; d.s. = 5.273) e quelle simulate (media = 76.285; d.s. = 7.334).

A conferma di ciò, in tutti e tre i casi le differenze nelle distanze mancavano di significatività statistica.

Le seguenti figure esemplificano graficamente i risultati descritti per le sopracciglia.

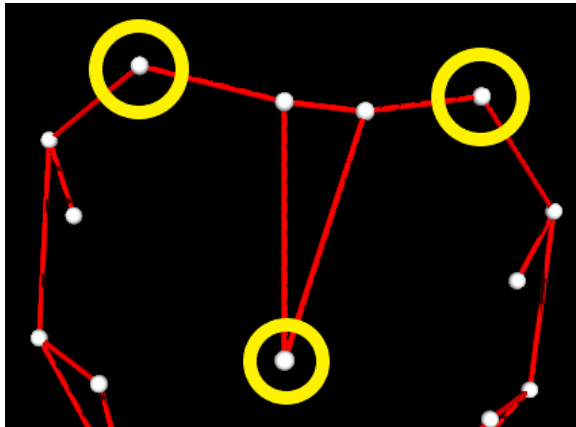


Figura 24 - Marker delle sopracciglia (Reyeb e Leyeb) e del naso (nosetip)

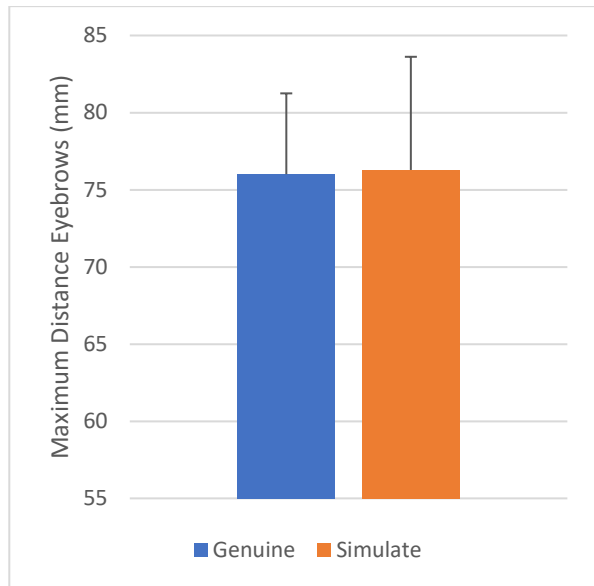


Figura 25 - MD delle sopracciglia

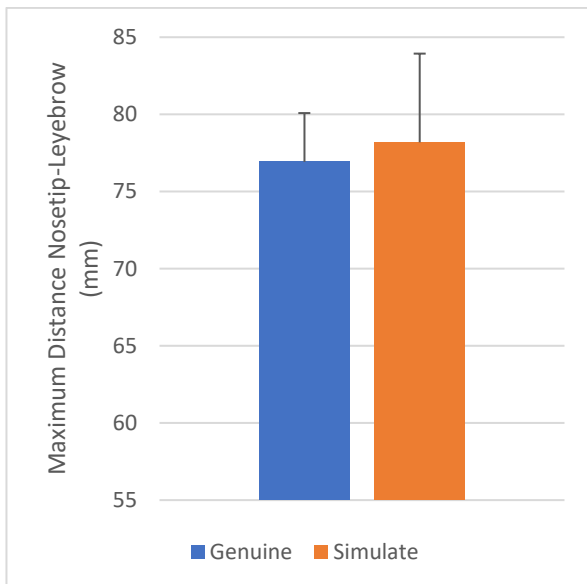


Figura 26 - MD tra il naso e il sopracciglio sinistro

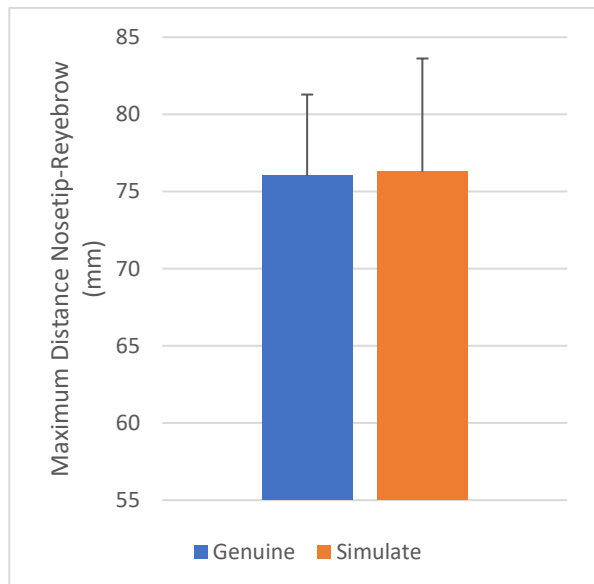


Figura 27 - MD tra il naso e il sopracciglio destro

4.4 DISCUSSIONE

I dati ottenuti indicano che le espressioni genuine di paura sono caratterizzate da una maggior ampiezza della distanza tra gli angoli della bocca e da un picco di velocità maggiore. Tuttavia, il tempo richiesto dalla bocca per raggiungere la massima estensione è più lungo nelle espressioni genuine rispetto a quelle simulate.

Quest'ultimo risultato è coerente con le analisi compiute da Ekman (2003), secondo cui le espressioni genuine si sviluppano in maniera più graduale rispetto alle espressioni simulate, che compaiono invece in maniera più brusca.

Secondo i dati ottenuti, non ci sarebbe invece differenza tra le espressioni genuine e simulate di paura per le componenti spaziali della parte alta del volto. Infatti, entrambe le tipologie di espressioni appaiono caratterizzate dalla stessa distanza tra le sopracciglia; in maniera simile, le distanze di ogni sopracciglio dal naso appare essere la stessa in entrambe le tipologie di espressioni facciali.

Ciò potrebbe significare che, a differenza dei muscoli della bocca, quelli delle sopracciglia non sarebbero “muscoli affidabili”, ossia detettori della genuinità di un’espressione facciale (Ekman, 2003).

In effetti, anche da un punto di vista puramente qualitativo è stato possibile notare come durante la produzione volontaria dell’espressione di paura i partecipanti mostrassero più difficoltà nel riprodurre lo stiramento delle labbra. Di conseguenza, è possibile che quello specifico movimento delle labbra sia difficilmente riproducibile utilizzando la Via Volontaria.

4.4.1 LIMITI DELLO STUDIO E SVILUPPI FUTURI

Come descritto nel paragrafo 4.2.3, due dei tre stimoli utilizzati per elicitare un’emozione di paura consistevano in clip tratte da film horror. Entrambe le clip erano composte di due parti: un primo momento preparatorio, caratterizzato da tensione per una minaccia indefinita, e lo jumpscare finale con immagini spaventose e suoni forti. Nel presente lavoro di tesi sono stati utilizzati solo i dati provenienti dalle scene finali dei video (i.e. *jumpscare*).

La suddivisione in parti delle clip combacia perfettamente con la distinzione che intercorre tra ansia e paura (descritta nel paragrafo 2.5.2). Di conseguenza, sarebbe interessante studiare le differenze cinematiche che intercorrono tra le espressioni facciali mostrate durante i momenti preparatori delle clip e quelle mostrate durante i *jumpscare*. Ciò al fine di verificare se davvero paura e ansia possano essere accompagnate da espressioni facciali diverse.

Inoltre, le analisi statistiche si sono concentrate solo sulle differenze nella distanza massima tra le sopracciglia e tra ogni sopracciglio e la punta del naso. Tuttavia, durante l’analisi cinematica è emerso, ad un livello puramente qualitativo, che durante lo *jumpscare* circa la metà dei soggetti ha mostrato un pattern peculiare dei movimenti delle sopracciglia: il loro allontanamento era preceduto da un loro avvicinamento. È probabile che gli stimoli che accompagnavano lo *jumpscare* avessero quelle caratteristiche adatte a provocare un riflesso di allarme. Di conseguenza, sarebbe interessante confrontare i soggetti che hanno mostrato un riflesso di allarme con i soggetti che non lo hanno mostrato, per

studiare quanto la commistione con tale riflesso modifichi i profili dinamici dell'espressione facciale di paura.

Si spera che ciò possa contribuire a migliorare la conoscenza sulle caratteristiche configurali e dinamiche che differenziano le espressioni genuine e le espressioni simulate della paura.

A tal proposito è da puntualizzare che il campione utilizzato era composto principalmente da partecipanti di genere femminile. Pertanto, sarebbe auspicabile replicare il presente studio reclutando un maggior numero di partecipanti di genere maschile. Ciò permetterebbe di ottenere dei risultati più solidi giacché, come ipotizzato da Jia et al. (2021), i maschi sembrerebbero presentare delle *feature* geometriche (i.e. distanza tra differenti coppie di landmark) più discriminative rispetto alle donne.

CONCLUSIONI

Quali conclusioni si possono trarre alla fine del presente lavoro di tesi?

Innanzitutto, emerge con estrema chiarezza come il costrutto di emozione sia estremamente complesso. Già solo definire tale costrutto risulta essere un'impresa ardua. Inoltre, numerosi processi di tipo psicologico/cerebrale/sociale intervengono sia quando le emozioni vengono esperite, sia quando vengono espresse da un individuo, sia quando vengono lette nell'altra persona.

Nel presente lavoro di tesi si è cercato di proporre una rassegna degli aspetti più importanti circa le emozioni e l'espressione facciale delle emozioni: la ricerca in tale ambito si configura come estremamente affascinante e impegnativa. Inoltre, si è fatto soprattutto riferimento alle differenze tra espressioni genuine ed espressioni simulate. In effetti, la speranza è che in futuro si possa costruire un dataset di espressioni genuine e simulate elicitate in condizioni controllate.

Riprendendo le parole con cui è stato aperto il presente lavoro di tesi, lo studio delle espressioni facciali dell'emozione riveste un'assoluta importanza sia scientifica che pratica. Individuare l'essenza della comunicazione delle emozioni sarà fondamentale per ottenere una comprensione migliore di tale linguaggio sia tra gli esseri umani che tra gli animali. In particolar modo, ciò permetterà di comprendere fino a che punto l'espressione delle emozioni è innata o appresa, e di individuare appieno i meccanismi che ne sottendono la produzione e la comprensione.

A tal proposito, emerge con altrettanta chiarezza la versatilità dell'analisi cinematografica. Essa permette di studiare in maniera quantitativa gli aspetti dinamici delle espressioni facciali, e quindi di individuare differenze molto sottili tra gli individui. Attualmente, il problema principale consiste nella mancanza di misure oggettive/affidabili/sensibili circa gli aspetti temporali e spaziali dell'espressione facciale delle emozioni (Barrett et al., 2019). Di conseguenza, l'obiettivo a lungo termine dovrà consistere nell'individuare un metodo standardizzato atto a valutare l'espressività emozionale in maniera sia qualitativa sia quantitativa.

Ciò potrebbe rivelarsi particolarmente utile, ad esempio, per l'ambito forense in cui si potrebbe comparare il report linguistico di un soggetto con le espressioni facciali che egli esprime, al

fine di individuare menzogne. Ma l'applicazione dell'analisi cinematica alle espressioni facciali dell'emozione non si limita solo a tale ambito.

Nel campo clinico vi è un bisogno urgente di identificare biomarcatori funzionali che possano monitorare sensibilmente la progressione di malattia. È noto, ad esempio, che patologie quali i disturbi dello spettro autistico (e.g. Brewer et al., 2016), la malattia di Parkinson (e.g. Bologna et al., 2016), la malattia di Huntington (e.g. Stout et al., 2011), l'alessitimia (e.g. McDonald e Prkachin, 1990), e alcune sindromi genetiche (e.g. Taggart et al., 2016), siano accompagnate da alterazioni nell'espressione facciale, che a volte possono emergere anche anni prima dell'insorgenza della patologia.

Di conseguenza, una maggiore conoscenza delle espressioni facciali potrebbe permettere di individuare gli individui con compromissioni funzionali precoci, monitorare la progressione della patologia, e costruire trattamenti riabilitativi basati sull'espressione delle emozioni.

Inoltre, lo studio di come le informazioni vengono trasmesse diversamente dalla parte alta e dalla parte bassa del volto durante l'espressione delle emozioni, risulta particolarmente interessante alla luce della attuale pandemia da Sars-CoV-2. Nel biennio 2020-2021 l'utilizzo degli strumenti di protezione individuale (e.g. mascherine chirurgiche e filtranti facciali) da un lato ha permesso la protezione dal possibile contagio, ma dall'altro ha portato a possibili conseguenze nella comunicazione delle emozioni. Infatti, come riportato da uno studio recentissimo (Marini et al., 2021), l'utilizzo delle mascherine presenta due effetti collaterali principali. In primo luogo, interferisce con il riconoscimento di alcune espressioni facciali in quanto i dispositivi vanno a coprire la bocca; in secondo luogo, compromette il processo di *mimicry* facciale e, conseguentemente, riduce la risposta empatica.

Infine, in ambito informatico la costruzione di un nuovo dataset, che possa contenere un'ampia gamma di espressioni genuine e simulate, potrebbe dare una nuova linfa agli studi sull'interazione uomo-macchina (Pantic, 2009). Oggigiorno le maggiori compagnie informatiche stanno investendo grandi energie per sviluppare sistemi robotici e automatizzati atti a riconoscere e rispondere a segnali emozionali, sistemi che possono essere applicati in ambiti quali la sicurezza, la medicina, l'educazione e la comunicazione digitale. Ad esempio, i giganti della *Silicon Valley* (quali Microsoft, IBM, Amazon) hanno sviluppato algoritmi computerizzati che individuano le emozioni di un individuo al fine di valutare l'idoneità ad un determinato lavoro, scovare le bugie, rendere le pubblicità più accattivanti, e diagnosticare disturbi psicologici e neurologici (dalla depressione alla demenza).

Di conseguenza, la psicologia e l'informatica dovranno cooperare sempre più a stretto contatto in modo tale che le più recenti conoscenze ottenute dalla prima aiutino la seconda nella costruzione di strumenti sempre più raffinati.

In sostanza, come sostiene anche Barrett (Barrett et al., 2019), è tempo di muoversi verso una scienza che indagli come gli individui muovano “per davvero” i propri volti per esprimere le emozioni nella vita reale, nonché i processi grazie ai quali tali movimenti comunicano informazioni circa il proprio stato emotivo a qualcun altro. La nuova scienza dovrà valutare il repertorio espressivo degli esseri umani attraverso misure altamente dimensionali, lungo differenti situazioni e contesti. In altre parole, un approccio da *big data* applicato alle emozioni.

Ciò permetterà da un lato di comprendere meglio come funzionano gli aspetti sociocomunicativi di un individuo (sia di quello sano sia di quello con patologie), e dall'altro di creare strumenti (clinici, forensi, di marketing, ecc.) atti a prendere decisioni affidabili e a migliorare la qualità della vita degli individui.

BIBLIOGRAFIA

Anderson, A., & Phelps, E. (2001). Lesions of the human amygdala impair enhanced perception of emotionally salient events. *Nature*, *411*(6835), 305-309.

Baker, A., Black, P., & Porter, S. (2021). The truth is written all over your face! Involuntary aspects of emotional facial expressions. In C. Abell & J. Smith, *Studies in emotion and social interaction. The expression of emotion: Philosophical, psychological, and legal perspectives* (pp. 219-243). Cambridge: Cambridge University Press.

Bann, E. Y., & Bryson, J. J. (2014). The conceptualisation of emotion qualia: semantic clustering of emotional tweets. In J. Mayor, & P. Gomez (Eds.), *Computational Models of Cognitive Processes: Proceedings of the 13th Neural Computation and Psychology Workshop* (pp. 249-263). (Progress in Neural Processing; No. 21). World Scientific.

Bard, P. (1928). A diencephalic mechanism for the expression of rage with special reference to the sympathetic nervous system. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, *84*(3), 490-515.

Bard, P. (1934). On emotional expression after decortication with some remarks on certain theoretical views: Part 1. *Psychological Review*, *41*(4), 309–329.

Barrett, L. F. (2012). Emotions are real. *Emotion*, *12*(3), 413-429.

Barrett, L. F. (2017). The theory of constructed emotion: an active inference account of interoception and categorization. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *12*(11), 1833-1833.

Barrett, L. F., Adolphs, R., Marcella, S., Martinez, A., & Pollak, S. (2019). Emotional Expressions Reconsidered: Challenges to Inferring Emotion from Human Facial Movements. *Psychological Science in The Public Interest*, *20*(3), 165-166.

Bechara, A., & Damasio, A. (2005). The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. *Games And Economic Behavior*, *52*(2), 336-372.

- Bologna, M., Berardelli, I., Paparella, G., Marsili, L., Ricciardi, L., Fabbrini, G., & Berardelli, A. (2016). Altered Kinematics of Facial Emotion Expression and Emotion Recognition Deficits Are Unrelated in Parkinson's Disease. *Frontiers In Neurology*, 7(230).
- Bond, C., & DePaulo, B. (2006). Accuracy of Deception Judgments. *Personality And Social Psychology Review*, 10(3), 214-234.
- Bonfiglioli, C., & Castiello, U. (2005). *Metodi di indagine in neuroscienze cognitive*. Padova: Piccin.
- Bracha, H. (2004). Freeze, Flight, Fight, Fright, Faint: Adaptationist Perspectives on the Acute Stress Response Spectrum. *CNS Spectrums*, 9(9), 679-685.
- Bradley, M., Greenwald, M., Petry, M., & Lang, P. (1992). Remembering pictures: Pleasure and arousal in memory. *Journal Of Experimental Psychology: Learning, Memory, And Cognition*, 18(2), 379-390.
- Bruner, J., & Tagiuri, R. (1954). The perception of People. In G. Landzey, *Handbook of Social Psychology* (2nd ed.). Cambridge: Addison-Wesley.
- Buck, R., & VanLear, C. (2002). Verbal and Nonverbal Communication: Distinguishing Symbolic, Spontaneous, and Pseudo-Spontaneous Nonverbal Behavior. *Journal Of Communication*, 52(3), 522-541.
- Buuren, S. (2018). *Flexible Imputation of Missing Data* (2nd ed.). Boca Raton: Chapman and Hall/CRC.
- Calvo, M., Fernández-Martín, A., Recio, G., & Lundqvist, D. (2018). Human Observers and Automated Assessment of Dynamic Emotional Facial Expressions: KDEF-dyn Database Validation. *Frontiers In Psychology*, 9.
- Calvo, M., Gutiérrez-García, A., Averó, P., & Lundqvist, D. (2013). Attentional mechanisms in judging genuine and fake smiles: Eye-movement patterns. *Emotion*, 13(4), 792-802.
- Cannon, W. B. (1927). The James-Lange theory of emotions: a critical examination and an alternative theory. *The American Journal of Psychology*, 39, 106–124.
- Carroll, J., & Russell, J. (1997). Facial expressions in Hollywood's portrayal of emotion. *Journal Of Personality and Social Psychology*, 72(1), 164-176.

Caruana, F., & Borghi, A. (2013). Embodied Cognition: una nuova psicologia. *Giornale Italiano Di Psicologia*, 1(2013), 23-48.

Castiello, U. (1995). *Tecniche sperimentali di ricerca in psicologia* (pp. 63-93). Padova: Piccin-Nuova Libreria.

Damasio, A. (1994). *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*. London: Putnam Publishing.

Damasio, A. (1999). *The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness*. New York: Harcourt Inc.

Damasio, A. (2003). *Looking for Spinoza: Joy, Sorrow, and the Feeling Brain*. Orlando: Houghton Mifflin Harcourt.

Darwin, C. (1872). *The Expression of the Emotions in Man and Animals* (1st ed.). London: John Murray.

Dawel, A., Palermo, R., O'Kearney, R., & McKone, E. (2015). Children can discriminate the authenticity of happy but not sad or fearful facial expressions and use an immature intensity-only strategy. *Frontiers In Psychology*, 6.

de Vignemont, F., & Jacob, P. (2012). What Is It like to Feel Another's Pain? *Philosophy Of Science*, 79(2), 295-316.

Dijksterhuis, A., Bos, M., Nordgren, L., & van Baaren, R. (2006). On Making the Right Choice: The Deliberation-Without-Attention Effect. *Science*, 311(5763), 1005-1007.

Downer, J. (1961). Changes in Visual Gnostic Functions and Emotional Behaviour Following Unilateral Temporal Pole Damage in the 'Split-Brain' Monkey. *Nature*, 191(4783), 50-51.

Duchenne, G.-B. (1862), *Mécanisme de la physionomie humaine, ou analyse électro-physiologique de ses différents modes de l'expression*. Paris: Archives générales de médecine, P. Asselin; vol. 1, pp. 29-47, 152-174.

Dutton, D., & Aron, A. (1974). Some evidence for heightened sexual attraction under conditions of high anxiety. *Journal Of Personality and Social Psychology*, 30(4), 510-517.

Edwards, J., Jackson, H., & Pattison, P. (2002). Emotion recognition via facial expression and affective prosody in schizophrenia. *Clinical Psychology Review*, 22(6), 789-832.

- Eisener, J. (2013). *One Last Drive (Trailer)* [Film]. USA: Yer Dead Inc. Production.
- Ekman, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition And Emotion*, 6(3-4), 169-200.
- Ekman, P. (2006). Darwin, Deception, and Facial Expression. *Annals Of The New York Academy of Sciences*, 1000(1), 205-221.
- Ekman, P. (2016). What Scientists Who Study Emotion Agree About. *Perspectives On Psychological Science*, 11(1), 31-34.
- Ekman, P., & Friesen, W. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *Journal Of Personality and Social Psychology*, 17(2), 124-129.
- Ekman, P., & Friesen, W. (1978). *Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement*. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.
- Ekman, P., & Friesen, W. (1982). Felt, false, and miserable smiles. *Journal Of Nonverbal Behavior*, 6(4), 238-252.
- Ekman, P., Sorenson, E., & Friesen, W. (1969). Pan-Cultural Elements in Facial Displays of Emotion. *Science*, 164(3875), 86-88.
- Elfenbein, H., & Ambady, N. (2002). On the universality and cultural specificity of emotion recognition: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 128(2), 203-235.
- Farkas, L. (1994). *Anthropometry of the head and face*. New York, N.Y.: Raven Press.
- Frank, M., & Stennett, J. (2001). The forced-choice paradigm and the perception of facial expressions of emotion. *Journal Of Personality and Social Psychology*, 80(1), 75-85.
- Frank, M., Ekman, P., & Friesen, W. (1993). Behavioral markers and recognizability of the smile of enjoyment. *Journal Of Personality and Social Psychology*, 64(1), 83-93.
- Frijda, N. (1993). The place of appraisal in emotion. *Cognition & Emotion*, 7(3-4), 357-387.
- Galati, D., Scherer, K., & Ricci-Bitti, P. (1997). Voluntary facial expression of emotion: Comparing congenitally blind with normally sighted encoders. *Journal Of Personality and Social Psychology*, 73(6), 1363-1379.

- Gosselin, P., Kirouac, G., & Doré, F. (1995). Components and recognition of facial expression in the communication of emotion by actors. *Journal Of Personality and Social Psychology*, 68(1), 83-96.
- Gould, S. (1991). Exaptation: A Crucial Tool for an Evolutionary Psychology. *Journal Of Social Issues*, 47(3), 43-65.
- Gross, J. J. (Ed.). (2007). *Handbook of emotion regulation*. The Guilford Press.
- Gross, J., & Levenson, R. (1995). Emotion elicitation using films. *Cognition & Emotion*, 9(1), 87-108.
- Haxby, J., & Gobbini, M. (2011). Distributed Neural Systems for Face Perception. *Oxford Handbooks Online*.
- Haxby, J., Hoffman, E., & Gobbini, M. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends In Cognitive Sciences*, 4(6), 223-233.
- Herba, C., Benson, P., Landau, S., Russell, T., Goodwin, C., & Lemche, E. et al. (2008). Impact of familiarity upon children's developing facial expression recognition. *Journal Of Child Psychology and Psychiatry*, 49(2), 201-210.
- Hess, W. (1939). Physiology of the brain stem. *Journal Of the American Medical Association*, 112(18), 1851.
- Huynh, C., Vicente, G., & Peissig, J. (2010). The Effects of Familiarity on Genuine Emotion Recognition. *Journal Of Vision*, 10(7), 628-628.
- IBM Corp. (2021). *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 28.0*. Armonk, NY: IBM Corp.
- Isen, A., Daubman, K., & Nowicki, G. (1987). Positive affect facilitates creative problem solving. *Journal Of Personality and Social Psychology*, 52(6), 1122-1131.
- Jack, R., Garrod, O., & Schyns, P. (2014). Dynamic Facial Expressions of Emotion Transmit an Evolving Hierarchy of Signals over Time. *Current Biology*, 24(2), 187-192.
- Jack, R., Garrod, O., & Schyns, P. (2014). Dynamic Facial Expressions of Emotion Transmit an Evolving Hierarchy of Signals over Time. *Current Biology*, 24(2), 187-192.

- Jack, R., Garrod, O., Yu, H., Caldara, R., & Schyns, P. (2012). Facial expressions of emotion are not culturally universal. *Proceedings Of the National Academy of Sciences*, *109*(19), 7241-7244.
- James, W. (1884). What is an Emotion? *Mind*, *9*(34), 188-205.
- Jia, S., Wang, S., Hu, C., Webster, P., & Li, X. (2021). Detection of Genuine and Posed Facial Expressions of Emotion: Databases and Methods. *Frontiers In Psychology*, *11*.
- Jones, A., Kramer, R., & Ward, R. (2012). Signals of personality and health: The contributions of facial shape, skin texture, and viewing angle. *Journal Of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *38*(6), 1353-1361.
- Jung, N., Wranke, C., Hamburger, K., & Knauff, M. (2014). How emotions affect logical reasoning: evidence from experiments with mood-manipulated participants, spider phobics, and people with exam anxiety. *Frontiers In Psychology*, *5*.
- Kelemen, D., Rottman, J., & Seston, R. (2013). Professional physical scientists display tenacious teleological tendencies: Purpose-based reasoning as a cognitive default. *Journal Of Experimental Psychology: General*, *142*(4), 1074-1083.
- Keltner, D., & Haidt, J. (1999). Social Functions of Emotions at Four Levels of Analysis. *Cognition & Emotion*, *13*(5), 505-521.
- Klüver, H., & Bucy, P. (1937). "Psychic blindness" and other symptoms following bilateral temporal lobectomy in Rhesus monkeys. *American Journal of Physiology*, *119*, 352-353.
- Klüver, H., & Bucy, P. (1938). An Analysis of Certain Effects of Bilateral Temporal Lobectomy in the Rhesus Monkey, with Special Reference to "Psychic Blindness". *The Journal of Psychology*, *5*(1), 33-54.
- Kouo, J., & Egel, A. (2016). The Effectiveness of Interventions in Teaching Emotion Recognition to Children with Autism Spectrum Disorder. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*, *3*(3), 254-265.
- Kozłowska, K., Walker, P., McLean, L., & Carrive, P. (2015). Fear and the Défense Cascade. *Harvard Review of Psychiatry*, *23*(4), 263-287.

- Krumhuber, E., & Scherer, K. (2011). Affect bursts: Dynamic patterns of facial expression. *Emotion, 11*(4), 825-841.
- Lahera, G., Herrera, S., Fernández, C., Bardón, M., de los Ángeles, V., & Fernández-Liria, A. (2014). Familiarity and face emotion recognition in patients with schizophrenia. *Comprehensive Psychiatry, 55*(1), 199-205.
- Lang, P., Bradley, M., & Cuthbert, B. (1990). Emotion, attention, and the startle reflex. *Psychological Review, 97*(3), 377-395.
- Lang, P., Greenwald, M., Bradley, M., & Hamm, A. (1993). Looking at pictures: Affective, facial, visceral, and behavioural reactions. *Psychophysiology, 30*(3), 261-273.
- LeDoux, J. (2012). Rethinking the Emotional Brain. *Neuron, 73*(4), 653-676.
- LeDoux, J. (2014). Coming to terms with fear. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*(8), 2871-2878.
- LeDoux, J. E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience, 23*, 155–184.
- Lindell, A. (2013). Continuities in Emotion Lateralization in Human and Non-Human Primates. *Frontiers In Human Neuroscience, 7*.
- MacLean, P. (1949). Psychosomatic Disease and the "Visceral Brain"; recent developments bearing on the Papez theory of emotion. *Psychosomatic Medicine, 11*(6), 338-353.
- Mandler, G. (1984). *Mind and Body: Psychology of Emotion and Stress*. New York: Norton.
- Manera, V., Grandi, E., & Colle, L. (2013). Susceptibility to emotional contagion for negative emotions improves detection of smile authenticity. *Frontiers In Human Neuroscience, 7*.
- Marini, M., Ansani, A., Paglieri, F., Caruana, F., & Viola, M. (2021). The impact of facemasks on emotion recognition, trust attribution and re-identification. *Scientific Reports, 11*(1).
- Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods, 44*(2), 314-324.
- McLellan, T., Johnston, L., Dalrymple-Alford, J., & Porter, R. (2010). Sensitivity to genuine versus posed emotion specified in facial displays. *Cognition & Emotion, 24*(8), 1277-1292.

- Miolla, A., Mellis, G., Maffei, A., & Scarpazza, C. (2021). *Detection of spontaneous and posed dynamic emotional facial expressions using Time Frequency Analysis*. Presentation, ESCAN 2021, Budapest.
- Murphy, F., Nimmo-Smith, I., & Lawrence, A. (2003). Functional neuroanatomy of emotions: A meta-analysis. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3(3), 207-233.
- Muybridge, E. (1878). *The Horse in Motion*. "Sallie Gardner," owned by Leland Stanford. Retrieved 16 May 2021, from <https://www.loc.gov/item/97502309/>
- Namba, S., Makihara, S., Kabir, R., Miyatani, M., & Nakao, T. (2017). Spontaneous Facial Expressions Are Different from Posed Facial Expressions: Morphological Properties and Dynamic Sequences. *Current Psychology*, 36(3), 593-605.
- Niedenthal, P., Mermillod, M., Maringer, M., & Hess, U. (2010). The Simulation of Smiles (SIMS) model: Embodied simulation and the meaning of facial expression. *Behavioral And Brain Sciences*, 33(6), 417-433.
- Nordgren, L., & Dijksterhuis, A. (2009). The Devil Is in the Deliberation: Thinking Too Much Reduces Preference Consistency. *Journal Of Consumer Research*, 36(1), 39-46.
- O'Toole, A., Deffenbacher, K., Valentin, D., McKee, K., Huff, D., & Abdi, H. (1998). The perception of face gender: The role of stimulus structure in recognition and classification. *Memory & Cognition*, 26(1), 146-160.
- Öhman, A. (2002). Automaticity and the Amygdala: Nonconscious Responses to Emotional Faces. *Current Directions in Psychological Science*, 11(2), 62-66.
- Ortony, A., & Turner, T. (1990). What is basic about basic emotions? *Psychological Review*, 97(3), 315-331.
- Palmiero, M., & Piccardi, L. (2017). Frontal EEG Asymmetry of Mood: A Mini-Review. *Frontiers In Behavioral Neuroscience*, 11(224).
- Panksepp, J. (1998). *Affective Neuroscience: The Foundations of Human and Animal Emotions*. Oxford: Oxford University Press.

- Pantic, M. (2009). Machine Analysis of Facial Behaviour: Naturalistic and Dynamic Behaviour. *Philosophical Transactions of The Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1535), 3505-3513.
- Pennisi, P., & Sarlo, M. (1998). *Indici elettrofisiologici in psicologia*. Padova: CLUEP.
- Perkins, A., Inchley-Mort, S., Pickering, A., Corr, P., & Burgess, A. (2012). A facial expression for anxiety. *Journal Of Personality and Social Psychology*, 102(5), 910-924
- Pessoa, L., Padmala, S., & Morland, T. (2005). Fate of unattended fearful faces in the amygdala is determined by both attentional resources and cognitive modulation. *Neuroimage*, 28(1), 249-255.
- Phan, K., Wager, T., Taylor, S., & Liberzon, I. (2002). Functional Neuroanatomy of Emotion: A Meta-Analysis of Emotion Activation Studies in PET and fMRI. *Neuroimage*, 16(2), 331-348.
- Phelps, E. (2004). Human emotion and memory: interactions of the amygdala and hippocampal complex. *Current Opinion in Neurobiology*, 14(2), 198-202.
- Plutchik, R. (2003). *Emotions and life: perspectives from psychology, biology, and evolution*. Washington: American Psychological Association.
- Popat, H., Richmond, S., Benedikt, L., Marshall, D., & Rosin, P. (2009). Quantitative analysis of facial movement—A review of three-dimensional imaging techniques. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 33(5), 377-383.
- Purves, D., Augustine, G., Fitzpatrick, D., Hall, W., LaMantia, A., & Mooney, R. et al. (2018). *Neuroscience* (6th ed.). New York: Oxford University Press USA.
- Rhodes, G. (2006). The Evolutionary Psychology of Facial Beauty. *Annual Review of Psychology*, 57(1), 199-226.
- Rhodes, M., & Anastasi, J. (2012). The own-age bias in face recognition: A meta-analytic and theoretical review. *Psychological Bulletin*, 138(1), 146-174.
- Ricci Bitti, P., & Zani, B. (1983). *La comunicazione come processo sociale*. Bologna: Ed. il Mulino.

- Rinn, W. (1984). The neuropsychology of facial expression: A review of the neurological and psychological mechanisms for producing facial expressions. *Psychological Bulletin*, 95(1), 52-77.
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The Mirror-Neuron System. *Annual Review of Neuroscience*, 27(1), 169-192.
- Rule, N., & Ambady, N. (2008). Brief exposures: Male sexual orientation is accurately perceived at 50 ms. *Journal Of Experimental Social Psychology*, 44(4), 1100-1105.
- Russell, J. (1980). A circumplex model of affect. *Journal Of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161-1178.
- Russell, J., & Barrett, L. (1999). Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion: Dissecting the elephant. *Journal Of Personality and Social Psychology*, 76(5), 805-819.
- Sandberg, D. (2013). *Lights Out* [Short Film]. Sweden: Sandberg Company.
- Schachter, S., & Singer, J. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological Review*, 69(5), 379-399.
- Schachter, S., & Wheeler, L. (1962). Epinephrine, chlorpromazine, and amusement. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 65(2), 121-128.
- Schacter, D., Gilbert, D., Nock, M., & Wegner, D. (2020). *Introducing Psychology* (5th ed.). New York: Worth Publishers.
- Schauer, M., & Elbert, T. (2010). Dissociation Following Traumatic Stress. *Zeitschrift Für Psychologie / Journal of Psychology*, 218(2), 109-127.
- Scherer, K. (2005). What are emotions? And how can they be measured? *Social Science Information*, 44(4), 695-729.
- Scherer, K. R. (1984). Emotion as a multicomponent process: A model and some cross-cultural data. *Review of Personality & Social Psychology*, 5, 37-63.
- Scherer, K. R. (2001). *Appraisal considered as a process of multilevel sequential checking*. In K. R. Scherer, A. Schorr, & T. Johnstone (Eds.), *Series in affective science. Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research* (p. 92-120). Oxford University Press.

- Scherer, K., & Ellgring, H. (2007). Are facial expressions of emotion produced by categorical affect programs or dynamically driven by appraisal? *Emotion*, 7(1), 113-130.
- Seibt, B., Mühlberger, A., Likowski, K., & Weyers, P. (2015). Facial mimicry in its social setting. *Frontiers In Psychology*, 6.
- Senju, A., & Johnson, M. (2010). Is eye contact the key to the social brain? *Behavioral And Brain Sciences*, 33(6), 458-459.
- Smith, M., Cottrell, G., Gosselin, F., & Schyns, P. (2005). Transmitting and Decoding Facial Expressions. *Psychological Science*, 16(3), 184-189.
- Sowden, S., Schuster, B., Keating, C., Fraser, D., & Cook, J. (2021). The role of movement kinematics in facial emotion expression production and recognition. *Emotion*.
- Stanislavskij, K. (1938). *Il Lavoro dell'Attore su Sé Stesso (trad. italiana di Gerardo Guerrieri)*. Roma: Laterza.
- Stanislavskij, K. (1957). *Il Lavoro dell'Attore sul Personaggio (trad. italiana di Fausto Malcovati)*. Roma: Laterza.
- Steiner, J. (1979). Human Facial Expressions in Response to Taste and Smell Stimulation. *Advances In Child Development and Behavior*, 257-295.
- Steiner, J. E. (1973). *The gustofacial response: Observation on normal and anencephalic newborn infants*. In J. F. Bosma (Ed.), *Oral sensation and perception: Development in the foetus and infant: Fourth symposium*. Us Government Printing Office, Dhew.
- Stout, J., Paulsen, J., Queller, S., Solomon, A., Whitlock, K., & Campbell, J. et al. (2011). Neurocognitive signs in prodromal Huntington disease. *Neuropsychology*, 25(1), 1-14.
- Street, C., & Vadillo, M. (2017). Commentary: Can Ordinary People Detect Deception after All? *Frontiers In Psychology*, 8.
- Surakka, V., & Hietanen, J. (1998). Facial and emotional reactions to Duchenne and non-Duchenne smiles. *International Journal of Psychophysiology*, 29(1), 23-33.
- Swennen, G., Schutyser, F., & Hausamen, J. (2006). *Three-Dimensional Cephalometry*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- Tanaka, J., Kiefer, M., & Bukach, C. (2004). A holistic account of the own-race effect in face recognition: evidence from a cross-cultural study. *Cognition*, *93*(1), B1-B9.
- Telles, E. (2014). *Pigmentocracies. Ethnicity, Race, and Color in Latin America*. Chapel Hill, NC: University of North Carolina Press.
- Thornhill, R., & Gangestad, S. (2006). Facial sexual dimorphism, developmental stability, and susceptibility to disease in men and women. *Evolution And Human Behavior*, *27*(2), 131-144.
- Tomkins, 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*(2), 355-357.
- Tomkins, S., & McCarter, R. (1964). What and where are the Primary Affects? Some Evidence for a Theory. *Perceptual And Motor Skills*, *18*(1), 119-158.
- Tschiassny, K. (1953). Eight Syndromes of Facial Paralysis and Their Significance in Locating the Lesion. *Annals Of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, *62*(3), 677-691.
- Tskhay, K., Feriozzo, M., & Rule, N. (2013). Facial Features Influence the Categorization of Female Sexual Orientation. *Perception*, *42*(10), 1090-1094.
- Turati, C., & Valenza, E. (2019). *Promuovere lo sviluppo della mente*. Bologna: Il Mulino.
- Vervliet, B., Baker, A., & Craske, M. (2012). Fear Conditioning in Animals and Humans. *Encyclopaedia Of the Sciences of Learning*, 1273-1276.
- Vuilleumier, P. (2005). How brains beware: neural mechanisms of emotional attention. *Trends In Cognitive Sciences*, *9*(12), 585-594.
- Wager, T., Davidson, M., Hughes, B., Lindquist, M., & Ochsner, K. (2008). Prefrontal-Subcortical Pathways Mediating Successful Emotion Regulation. *Neuron*, *59*(6), 1037-1050.
- Walker, D., Toufexis, D., & Davis, M. (2003). Role of the bed nucleus of the stria terminalis versus the amygdala in fear, stress, and anxiety. *European Journal of Pharmacology*, *463*(1-3), 199-216.
- Watson, D., & Tellegen, A. (1985). Toward a consensual structure of mood. *Psychological Bulletin*, *98*(2), 219-235.

Wild-Wall, N., Dimigen, O., & Sommer, W. (2008). Interaction of facial expressions and familiarity: ERP evidence. *Biological Psychology*, 77(2), 138-149.

Winterrowd, J. (2003). *Scary Maze Game*. <http://www.winterrowd.com/maze/>.

Wittgenstein, L. (1953). *Philosophical Investigation*. New York: Macmillan.

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.

Zaki, J., & Ochsner, K. (2012). The neuroscience of empathy: progress, pitfalls, and promise. *Nature Neuroscience*, 15(5), 675-680.

Zebrowitz, L., & McDonald, S. (1991). The impact of litigants' baby-facedness and attractiveness on adjudications in small claims courts. *Law And Human Behavior*, 15(6), 603-623.

Zloteanu, M., & Krumhuber, E. (2021). Expression Authenticity: The Role of Genuine and Deliberate Displays in Emotion Perception. *Frontiers In Psychology*, 11(611248).

BIBLIOGRAFIA DELLE FIGURE

Figura 1: Purves, D., Augustine, G., Fitzpatrick, D., Hall, W., LaMantia, A., Mooney, R., Patt, M. and White, L., 2018. *Neuroscience*. 6th ed. New York: Oxford University Press USA.

Figura 2: Schacter, D., Gilbert, D., Nock, M. and Wegner, D., 2020. *Introducing Psychology*. 5th ed. New York: Worth Publishers

Figura 3: Damasio, A., 2003. *Looking for Spinoza: Joy, Sorrow, and the Feeling Brain*. Orlando, Fla.: Harcourt.

Figura 4: creazione originale adattata da Bechara, A. and Damasio, A., 2005. The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. *Games and Economic Behavior*, 52(2), pp. 336-372.

Figura 5: Ekman, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition And Emotion*, 6(3-4), 169-200.

Figura 6: Plutchik, R. (2003). *Emotions and life: perspectives from psychology, biology, and evolution*. Washington: American Psychological Association.

Figura 7: Russell, J., & Barrett, L. (1999). Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion: Dissecting the elephant. *Journal Of Personality and Social Psychology*, 76(5), 805-819.

Figura 8: Martini, F., Tallitsch, R., Nath, J., Ober, W., Ober, C., Welch, K., O'Keefe, R. and Hutchings, R., 2018. *Human Anatomy*. 9th ed. New York, N.Y.: Pearson.

Figura 9: Jack, R., Garrod, O., Yu, H., Caldara, R. and Schyns, P., 2012. Facial expressions of emotion are not culturally universal. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(19), pp. 7241-7244.

Figura 10: Duchenne, G.-B. (1862), *Mécanisme de la physionomie humaine, ou analyse électro-physiologique de ses différents modes de l'expression*. Paris: Archives générales de médecine, P. Asselin; vol. 1, pp. 29–47, 152–174.

Figura 11: Purves, D., Augustine, G., Fitzpatrick, D., Hall, W., LaMantia, A., Mooney, R., Patt, M. and White, L., 2018. *Neuroscience*. 6th ed. New York: Oxford University Press USA.

Figura 12: Schauer, M., & Elbert, T. (2010). Dissociation Following Traumatic Stress. *Zeitschrift Für Psychologie / Journal of Psychology*, 218(2), 109-127.

Figura 13: Zaki, J., & Ochsner, K. (2012). The neuroscience of empathy: progress, pitfalls, and promise. *Nature Neuroscience*, 15(5), 675-680.

Figura 14: 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.

Figura 15: Friesen, E., & Ekman, P. (1978). Facial action coding system: a technique for the measurement of facial movement. *Palo Alto*, 3(2), 5.

Figura 16: Muybridge, E. (1878). *The Horse in Motion*. "Sallie Gardner," owned by Leland Stanford. Retrieved 16 June 2021, from <https://www.loc.gov/item/97502309/>