

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**Dipartimento di Psicologia Generale**

**Corso di Laurea Magistrale in Psicologia Clinica**

**Tesi di Laurea**

**Elaborazione emozionale in un campione di giovani adulti  
sani selezionati in base ai tratti empatici: effetto di stimoli  
statici e dinamici sull'attività EEG**

*Emotional processing in a sample of healthy young adults selected  
according to their empathic traits: effect of static and dynamic stimuli on  
EEG activity*

*Relatrice*   
**Prof.ssa Chiara Spironelli**

*Laureanda*  
**Giulia Zaniboni**

*Correlatrice*  
**Dott.ssa Zaira Romeo**

*Matricola*  
**1238564**

**Anno Accademico 2021/2022**



## **CAPITOLO I**

### **LO STUDIO DELLE EMOZIONI: CENNI STORICI**

1.1 La teoria periferica delle emozioni di William James e Carl George Lange.....	5
1.2 La teoria talamica, o centrale, delle emozioni di Walter Cannon e Philip Bard... 10	
1.3 La neuroanatomia delle emozioni: il circuito di Papez.....	19
1.4 Un approccio cognitivo allo studio delle emozioni: l'esperienza di Stanley Schachter e Jerome Singer.....	27
1.5 L'approccio comportamentale di Jeffrey Alan Gray: la Reinforcement Sensitivity Theory (RST).....	31

## **CAPITOLO II**

### **TEORIE E STRUMENTI ALLA BASE DELLO STUDIO COMPORTAMENTALE ED ELETTROFISIOLOGICO DELLE EMOZIONI**

2.1 La <i>Right Hemisphere Hypothesis</i> e l'ipotesi della valenza.....	37
2.2 Lo studio delle emozioni in laboratorio: gli strumenti utilizzati nella misura delle emozioni.....	47
2.3 <i>Overview</i> di studi che hanno utilizzato l'elettroencefalogramma (EEG) nell'ambito dell'empatia e delle emozioni: rassegna dei risultati.....	54

## **CAPITOLO III**

### **LA RICERCA**

3.1 Introduzione ed ipotesi sperimentali.....	63
3.2 Metodo.....	64
3.2.1 <i>Partecipanti</i> .....	64
3.2.2 <i>Stimoli, compiti e procedure</i> .....	65

3.2.3 <i>Analisi statistiche</i> .....	68
3.2.4 <i>sLORETA</i> .....	70
3.3 Risultati.....	71
3.3.1 <i>Caratteristiche del campione</i> .....	71
3.3.2 <i>Indici soggettivi di valenza ed arousal (SAM)</i> .....	72
3.3.3 <i>Tempi di decisione per valenza e arousal (SAM)</i> .....	74
3.3.4 <i>Dati EEG</i> .....	76

## **CAPITOLO IV**

### **DISCUSSIONE E CONCLUSIONI**

4.1 <i>Discussione</i> .....	79
4.2 <i>Limiti e prospettive future</i> .....	85
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	87

## CAPITOLO I

### LO STUDIO DELLE EMOZIONI: CENNI STORICI

#### 1.1 La teoria periferica delle emozioni di William James e Carl George Lange

Cos'è un'emozione? *“Tutti sanno cos'è fino a che non si chiede loro di definirla”* (Fehr & Russell, 1984). Tale quesito tanto generico quanto misterioso, costituisce il titolo della prima elaborazione della teoria delle emozioni dello psicologo americano William James, la quale venne pubblicata in un articolo del 1884 dal titolo *“What is an emotion?”*. L'articolo si rivelò rivoluzionario per il modo in cui l'autore formulò la risposta alla domanda.

Secondo il “senso comune” sulle emozioni, la percezione di un evento evoca la disposizione mentale chiamata emozione e questo stato d'animo da origine all'espressione corporea. La teoria di James, al contrario, propone che i cambiamenti corporei seguano direttamente la percezione del fatto eccitante, e la nostra percezione dei cambiamenti mentre si verificano sia l'emozione. *“[...]Se immaginiamo un'emozione e poi cerchiamo di astrarre dalla coscienza che abbiamo di essa tutte le sensazioni dei suoi sintomi corporei, scopriamo che non ci resta più nulla, nessuna materia mentale da cui l'emozione può essere costituita, e tutto ciò che resta è uno stato, freddo e neutro, di percezione intellettuale”* (James, 1884).

Pertanto, secondo la concezione dell'autore, senza gli stati corporei che seguono la percezione dello stimolo non si potrebbe generare l'emozione.

Tra gli anni 1884 e il 1885 ebbero appunto origine le teorie sulle emozioni di William James e del fisiologo danese Carl George Lange. La teoria periferica di James-Lange è uno degli esempi più noti di teoria fisiologica delle emozioni, e sostiene che le emozioni derivano dalla percezione delle modificazioni fisiologiche indotte dallo stimolo; pertanto, l'esperienza emotiva deriva da un meccanismo che parte dalla periferia dell'organismo e arriva al sistema nervoso centrale. È la percezione delle modificazioni fisiologiche, ovvero reazioni viscerali e neurovegetative determinate dall'evento emotigeno, a costituire l'esperienza emotiva.

Secondo il “senso comune”, dice James, noi piangiamo perché ci sentiamo tristi e fuggiamo perché siamo impauriti. Secondo l’autore, tuttavia, questo ordine di successione è inesatto: uno stato mentale non è immediatamente determinato dall'altro, ma tra i due si frappongono le manifestazioni corporee. Egli inverte tale relazione per spiegare l’emozione: noi siamo tristi perché piangiamo e impauriti perché fuggiamo: *“Senza gli stati corporei che la caratterizzano, la percezione emozionale sarebbe di forma puramente conoscitiva, pallida, scolorita, senza colore emozionale”* (James, 1884).

La teoria periferica di James-Lange afferma infatti che gli eventi stimolanti innescano una reazione fisica, e tale reazione fisica viene etichettata con un'emozione corrispondente. Ad esempio, se camminando in un bosco ci imbattiamo in un orso, la nostra frequenza cardiaca aumenta. Secondo la teoria di James-Lange l'aumento della frequenza cardiaca è ciò che ci fa capire che abbiamo paura (James, 1884).

Pertanto, noi non scappiamo perché abbiamo paura, ma abbiamo paura perché scappiamo (Figura 1.1).



Figura 1.1: Esempificazione grafica della teoria periferica di James e Lange.

Sia James che Lange affermano dunque che l’emozione è l’espressione dei cambiamenti organici, muscolari e viscerali. Non è quindi un sentimento primario, suscitato direttamente dall’oggetto o pensiero eccitante, ma un sentimento secondario suscitato indirettamente. La teoria di James (1894) non riscosse inizialmente molto seguito da parte dei colleghi psicologi; infatti, ricevette alcune critiche, tra cui quella mossa da Wundt (1891) che contestava la mancanza della “motivazione mentale essenziale nella produzione dell'emozione”. Gli veniva criticato che non è il semplice oggetto in quanto tale ciò che determina gli effetti fisici, ma il sentimento soggettivo verso l'oggetto.

Inoltre, Worcester (1893) mosse un’ulteriore critica contro la suddetta teoria. Per esempio, né la corsa né altri sintomi che James riporta essere associati alla paura, risultano

necessariamente alla vista di un orso. Un orso in gabbia, infatti, può suscitare sentimenti di curiosità ed un cacciatore ben armato potrebbe provare sensazioni piacevoli nell'incontrarne un esemplare nel bosco. Non è quindi la sola percezione dell'orso che provoca paura: infatti non fuggiamo dall'orso a prescindere, ma solo se percepiamo che possa ferirci fisicamente. Inoltre, quando fuggiamo secondo il "senso comune" è perché ci opponiamo all'essere mangiati; ma, secondo James, la ragione per cui non ci piace essere mangiati è perché fuggiamo (Worcester, 1893).

James controbatte affermando che la forza di tali obiezioni risiede nella sbrigativa brevità del linguaggio utilizzato nel suo testo quando riporta che "Non corriamo perché abbiamo paura, ma abbiamo paura perché corriamo". Ma, a detta di James, la parola "correre" rappresenta anche molti altri movimenti in noi, di cui quelli viscerali sembrano essere quelli essenziali (James, 1894).

James e Lange ritenevano pertanto che un individuo, dopo aver percepito un evento stimolante, sperimenta istantaneamente e automaticamente cambiamenti fisiologici (ad es. aumento o diminuzione della frequenza cardiaca, cambiamenti nella frequenza respiratoria, sudorazione). Tuttavia, è nel pensare e valutare questi cambiamenti fisiologici che l'individuo assegna loro un'emozione. James credeva che le risposte emotive esistessero lungo un continuum e l'assegnazione di un'emozione specifica alla propria esperienza dipendesse esclusivamente dalle distinte reazioni fisiologiche che si sperimentano come conseguenza dello stimolo. James credeva anche che le reazioni emotive fossero, in una certa misura ordinate: infatti ha elencato le categorie di emozioni (es. rabbia, paura, amore, odio, gioia), che sono accoppiate con forti reazioni corporee. In questo modo si potrebbero raggruppare alcuni insiemi di reazioni fisiologiche in modo prevedibile (Niemic, 2004).

Lange (1885) definisce l'emozione come "una vasta disposizione a rispondere che può comprendere un comportamento linguistico misurabile, azioni manifeste organizzate ed un sistema fisiologico (somatico e viscerale) di supporto per tali eventi". James e Lange affermano che le emozioni coincidono con le reazioni corporee associate: l'emozione corrisponde alla percezione di modificazioni fisiologiche, che precedono e attivano le emozioni. Il quesito che si pone Lange e che costituisce il centro della sua indagine riguarda la natura della relazione tra le emozioni e le espressioni corporee (Lange, 1885).

Secondo l'autore, nella concezione popolare le emozioni sono entità che afferrano l'uomo e producono in lui manifestazioni corporee e mentali, che possono essere esemplificate da espressioni come: "La paura mi ha sopraffatto". Secondo Lange in ogni emozione abbiamo come fattori certi e manifesti: una causa (un'impressione sensoriale) che agisce di regola con l'aiuto della memoria; ed un effetto, ovvero i cambiamenti vasomotori e, derivanti da essi, i cambiamenti nelle funzioni corporee e mentali.

Lange si chiede che tipo di relazione intercorre tra questi due fattori. Per esempio: se comincio a tremare perché sono minacciato con una pistola carica, avviene prima in me un processo psichico, sorge il terrore, ed è questo che provoca il mio tremore, palpitazione del cuore e confusione di pensiero; oppure questi fenomeni corporei sono prodotti direttamente dalla causa terrificante, cosicché l'emozione consiste esclusivamente nelle sensazioni fisiologiche del mio corpo? (Lange, 1885).

L'autore conclude che l'effetto immediato di un processo seguito da un'emozione è di natura puramente psichica, mentre i fenomeni corporei sono solo fenomeni sussidiari, che non mancano mai, ma sono tuttavia in sé e per sé del tutto non essenziali. Contro questa concezione, Lange suggerisce che l'emozione non può esistere senza i suoi attributi corporei, infatti: "Se da una persona terrorizzata vengono rimossi i sintomi corporei che l'accompagnano, il polso può battere piano, lo sguardo diventare fermo, il colore naturale, i movimenti rapidi e sicuri, la parola forte, i pensieri chiari, cosa resta del suo terrore?" (Lange, 1885).

Lange cercò di provare che le manifestazioni corporee delle emozioni possono esistere indipendentemente dai fenomeni psichici. Per esempio, le conseguenze piacevoli dell'alcool e i suoi effetti sulla circolazione non hanno bisogno dell'intervento della mente per agire sul centro vasomotorio. Secondo Lange, quindi, la stimolazione del centro vasomotorio risulta essere alla base dell'esperienza emotiva. Infatti, se le percezioni che colpiscono i nostri sensi non li stimolassero, "[...] *vagheremmo per la vita senza passione, tutte le impressioni del mondo esterno arricchirebbero solo la nostra esperienza, aumenterebbero la nostra conoscenza, ma non susciterebbero né gioia né rabbia, non ci darebbero né cura né paura*" (Lange, 1885).

Lo stato psichico, che secondo la psicologia tradizionale precederebbe e provocherebbe le emozioni, non esiste secondo l'autore. Infatti, egli sostiene che ci siano emozioni che non derivano da alcuna idea: il vino dà la gioia, l'alcool il coraggio, l'hashish l'eccitazione.



La vera causa è fisica, e l'emozione non è altro che la sensazione dei movimenti organici provocati dalla causa emozionale. Ci si può dunque aspettare che ogni azione connessa con cambiamenti funzionali del sistema vasomotorio debba avere anche un'espressione emotiva (Lange, 1885).

Lange trae dunque la conclusione che la causa delle emozioni non è psichica, ma fisiologica, e che l'emozione è l'effetto, non la causa della reazione corporea che l'accompagna. Pertanto, dapprima si riteneva che ogni stato emozionale risultasse da uno stato intellettuale, una percezione o un'idea, come punto di partenza (una cattiva o una buona notizia, un fatto terrificante, ecc.), cui facesse seguito l'emozione (tristezza, collera, paura, gioia, ecc..) cui susseguissero i fenomeni fisiologici. Invece, secondo la dottrina di Lange, inizialmente è presente la percezione dello stimolo, cui seguono le diverse modificazioni a livello fisiologico, e solo alla fine si produce l'emozione psichica, che è la coscienza delle variazioni a livello somatico.

James e Lange concordavano sul fatto che l'emozione è la percezione delle modificazioni fisiologiche. Tuttavia, misero in evidenza meccanismi fisiologici differenti. Secondo l'ipotesi di Lange, infatti, i diversi riflessi che sono i fattori delle emozioni dipendono principalmente dalle modificazioni nell'apparato circolatorio, e il centro vasomotorio racchiude la spiegazione dell'esperienza emotiva. Se una rappresentazione provoca dei riflessi vaso-motori che modificano l'irrigazione sanguigna dei visceri, del cervello, della pelle, ne seguono delle modificazioni nell'attività funzionale degli organi, e l'insieme delle sensazioni che ne risultano costituisce l'emozione. James invece non considera la reazione vasomotoria come primaria, ma attribuisce una grande importanza, nella genesi dell'emozione, alle modificazioni muscolari, viscerali e, in generale, alle modificazioni periferiche.

Tuttavia, entrambi gli autori ritenevano che se queste sensazioni organiche venivano rimosse immaginativamente da un'esperienza emotiva, di essa non rimaneva nulla (Gemelli, 1909). I contributi di William James e Carl George Lange vennero raccolti insieme in un manuale pubblicato nel 1922 dal titolo "The Emotions, VI".

Come riferì Agostino Gemelli (1909), il metodo impiegato da questi due autori è unico: per trattare un soggetto scientificamente, dice Lange (1885), deve essere studiato nei suoi caratteri obiettivi. Tale visione si appropria all'emozione mediante lo studio dei fenomeni

organici che la accompagnano, al fine di giungere ad una comprensione scientifica del fenomeno (Gemelli, 1909).

La disputa storica nello studio delle emozioni è ben rappresentata dalla contrapposizione tra la teoria di James-Lange e Cannon-Bard.

## **1.2 La teoria talamica, o centrale, delle emozioni di Walter Cannon e Philip Bard**

Il più importante fisiologo delle emozioni all'inizio del XX secolo fu Walter Bradford Cannon, docente all'Università di Harvard. Il laboratorio di Cannon fu il principale centro per lo studio della fisiologia delle emozioni negli anni '10 e '20. Cannon utilizzò un approccio fisiologico nello studio dell'emozione.

Egli, riportando alcune opinioni di autori negli anni '20 riguardo alla teoria di James e Lange, riferì che la loro teoria delle emozioni era divenuta talmente radicata nel pensiero scientifico che era assunta in quegli anni come base per lo studio della vita emotiva (Cannon, 1927). Prima di iniziare la sua trattazione, Cannon ammise come al momento della sua pubblicazione ci fossero strumenti di laboratorio per lo studio delle componenti fisiologiche che non erano disponibili quando James e Lange svilupparono le loro teorie.

La critica pubblicata nel 1927 da Cannon presentò numerose argomentazioni tese a confutare la teoria di James-Lange:

(1) “La separazione totale dei visceri dal sistema nervoso centrale non altera il comportamento emotivo”.

Per dimostrare tale affermazione Cannon cita i risultati degli esperimenti di Sherrington (1900) il quale, dopo aver sezionato il midollo spinale e il nervo vago dei cani in modo da distruggere ogni connessione del cervello con il cuore, i polmoni, lo stomaco e altri organi addominali per isolare tutte le strutture in cui si riteneva risiedessero le emozioni, concluse che non si verificavano evidenti cambiamenti nel comportamento emotivo. Infatti, l'animale si comportava ancora come se provasse delle emozioni e presentava dunque reazioni emotive. Quando veniva minacciato o colpito, si metteva ad abbaiare, ringhiava e tentava di azzannare, esattamente come faceva prima dell'intervento.

Allo stesso modo, Cannon e alcuni collaboratori (Cannon, Lewis & Britton, 1927) rimossero in alcuni gatti l'intera divisione simpatica del sistema nervoso autonomo. In tal

modo abolirono tutte le reazioni vascolari controllate dal centro vasomotorio, la secrezione dalla midollare surrenale non poteva più essere evocata, l'azione dello stomaco e dell'intestino non poteva essere inibita, i peli non potevano essere eretti e il fegato non poteva liberare lo zucchero nel flusso sanguigno. Queste operazioni ampiamente invasive hanno avuto poco o nessun effetto sulle risposte emotive degli animali, che mostravano comportamenti emotivi anche se avevano delle lesioni nelle connessioni dei nervi afferenti che forniscono al cervello il feedback proveniente dalle viscere. Entrambi i gruppi di animali, dunque, si sono comportati con piena espressione emotiva in tutti gli organi ancora connessi con il cervello; l'unico fallimento era negli organi disconnessi. Pertanto, l'assenza di riverbero dei visceri, rivela Cannon (1927), non ha alterato in alcun modo l'espressione emotiva come invece avrebbe dovuto verificarsi secondo la teoria di James. Poiché James e Lange sostenevano che se le sensazioni organiche venivano rimosse da un'esperienza emotiva di essa non sarebbe rimasto nulla, in seguito alle rimozioni chirurgiche delle sensazioni organiche negli animali di Sherrington e Cannon, l'emozione sarebbe dovuta scomparire. Tuttavia, gli animali agivano, nella misura in cui le connessioni nervose lo permettevano, senza diminuire l'intensità della manifestazione emotiva, andando a confutare l'ipotesi di James e Lange.

(2) “Gli stessi cambiamenti viscerali si verificano in stati emotivi molto diversi e in stati non emotivi”.

Secondo Cannon (1927), le fibre pregangliari della divisione simpatica del sistema nervoso autonomo sono legate ai neuroni periferici, e la risultante innervazione della muscolatura liscia e delle ghiandole in tutto il corpo non è specifica, ma diffusa. Contemporaneamente all'emissione di impulsi simpatici, l'adrenalina viene rilasciata nella circolazione sanguigna che è distribuita in tutto il corpo. Pertanto il sistema simpatico entra in azione in maniera uniforme e i cambiamenti viscerali prodotti dalla stimolazione simpatica – come: aumento della frequenza cardiaca e respiratoria, inibizione dell'attività delle ghiandole digestive, sudorazione, dilatazione pupillare e rilascio di adrenalina – si verificano allo stesso modo in stati emotivi molto diversi tra loro, come la paura e la rabbia, ma anche in stati non emotivi, come l'esposizione al freddo, l'asfissia, l'ipoglicemia e la febbre inducono la maggior parte dei cambiamenti sopra elencati. Secondo Cannon, dunque, le modificazioni viscerali sembrano troppo

uniformi per offrire un mezzo soddisfacente per distinguere le emozioni che sono invece molto diverse soggettivamente. Pertanto, non sarebbe plausibile l'ipotesi di James-Lange secondo la quale le modificazioni fisiologiche negli organi viscerali producono le emozioni, perché tali modificazioni sarebbero troppo indifferenziate per giustificare la varietà di emozioni che si provano e le loro molteplici sfumature.

(3) “I visceri sono strutture relativamente insensibili”.

Secondo Cannon: “*C'è una credenza comune secondo cui più il corpo viene penetrato in profondità, più diventa sensibile, ma non è così*”. Egli riporta infatti come siamo inconsapevoli delle contrazioni e dei rilassamenti dello stomaco e dell'intestino durante la digestione, dello sfregamento dello stomaco contro il diaframma, dei moti di compressione della milza, dei processi nel fegato. I chirurghi inoltre hanno scoperto che il tratto digerente può essere tagliato, strappato, schiacciato o bruciato in operazioni sulla persona non anestetizzata senza tuttavia evocare alcuna sensazione di disagio. Possiamo sentire il battito del cuore perché preme contro la parete toracica, possiamo anche sentire il battito dei vasi sanguigni perché passano attraverso tessuti ben forniti di nervi sensoriali, ma normalmente non percepiamo il funzionamento dei processi viscerali, sembra pertanto improbabile che i cambiamenti che intervengono in essi possano contribuire al riconoscimento di stati emozionali, come invece sostenuto da James.

(4) “I cambiamenti viscerali sono troppo lenti per essere fonte di sentimenti emotivi”.

Gli organi viscerali, spiega Cannon, sono composti da muscolatura liscia e sono strutture relativamente insensibili e scarsamente innervate, ad eccezione del cuore. La muscolatura liscia e le ghiandole rispondono con relativa lentezza: infatti, secondo studi citati da Cannon, le risposte fisiologiche autonome hanno una velocità di reazione che varia da qualche secondo a diversi minuti. Pertanto, sarebbe impossibile che le modificazioni viscerali con tempi di latenza prolungati possano generare risposte rapide come le emozioni. Secondo la teoria di James-Lange, tuttavia, le reazioni emotive derivano dai riverberi dei visceri. Ma come è possibile? Ai lunghi periodi di latenza della muscolatura liscia e delle ghiandole, sopra citati, si deve aggiungere il tempo necessario perché gli impulsi nervosi passino dal cervello alla periferia e quindi di nuovo al cervello. È chiaro,

sostiene Cannon, che i cambiamenti organici non potrebbero avvenire abbastanza rapidamente da consentire la comparsa di stati emotivi.

(5) “L'induzione artificiale dei cambiamenti viscerali tipici delle emozioni forti non produce tali emozioni”.

L'ultima obiezione sollevata da Cannon è che certe sostanze producono modificazioni viscerali identiche a quelle notate negli stati di attivazione emotiva intensa, ma non generano un'autentica esperienza emotiva. A dimostrazione di ciò, riporta i risultati dell'esperimento di Gregorio Marañon (1924) in cui ai partecipanti veniva iniettata l'adrenalina. Nonostante nella maggior parte dei soggetti tale sostanza provocò le tipiche modificazioni fisiologiche (aumento della frequenza cardiaca e respiratoria, ecc...), alla richiesta di riferire quello che percepivano, il 71% di loro riportò i sintomi fisici, ma nessun vissuto emozionale in senso stretto. Secondo la teoria di James-Lange, tuttavia, all'iniezione di adrenalina e la conseguente comparsa dei sintomi corporei, sarebbero dovute seguire percezioni emotive. Marañon invece osservò che i cambiamenti viscerali inducevano nei partecipanti una sensazione simile, ma non comparabile, ad un vissuto emozionale. L'adrenalina induce dilatazione dei bronchioli, costrizione dei vasi sanguigni, liberazione di zuccheri dal fegato, arresto delle funzioni gastrointestinali e altre alterazioni tipiche delle emozioni intense. Se le emozioni fossero la conseguenza dei cambiamenti viscerali dovremmo ragionevolmente aspettarci che, in accordo con i postulati della teoria di James-Lange, seguano a tali cambiamenti fisiologici. Tuttavia, i partecipanti riferirono le loro percezioni delle modificazioni vegetative senza avvertire alcuna emozione. Cannon conclude affermando che si possono esperire modificazioni viscerali senza provare un'emozione vera e propria, e ciò dimostrerebbe che la componente fisiologica non è sufficiente per generare l'emozione, confutando le affermazioni di James e Lange.

Procedendo nell'esposizione delle critiche alla teoria dei colleghi, Cannon ipotizza la presenza di due fonti dei processi cerebrali dell'emozione:

(1) “L'espressione emotiva risulta dall'azione dei centri sottocorticali”.

Per rafforzare l'ipotesi che le emozioni fossero il risultato dell'azione di centri sottocorticali, nel 1925 Cannon e Britton introdussero un nuovo metodo di studio delle

emozioni rimuovendo la corteccia cerebrale, la sostanza bianca sottostante e i gangli della base da alcuni gatti, che a seguito dell'intervento manifestavano spontaneamente un'intensa rabbia caratterizzata da: aumento della frequenza cardiaca e della pressione sanguigna, erezione dei peli del dorso e della coda e risposte somato-motorie quali dorso inarcato, artigli estratti, coda agitata e ringhio. Tale risposta era eccessiva rispetto alle consuete manifestazioni di rabbia di questi animali, e inadeguata rispetto alle stimolazioni ricevute; gli autori per distinguerla dal normale comportamento di rabbia la identificarono con il nome "*sham rage*", ovvero "finta rabbia" (Cannon & Britton, 1925). Cannon successivamente suggerì al suo allievo, il fisiologo Philip Bard, di dedicarsi alla ricerca delle basi fisiologiche dell'emozione a livello cerebrale. L'opera di Bard, insieme agli elementi già assemblati nel laboratorio di Cannon, costituiva la teoria talamica delle emozioni.

Gli ulteriori studi di Bard (1928) mostrarono che la risposta emotiva di "finta rabbia" si protraeva anche dopo l'ablazione di tutta la regione cerebrale anteriore al diencefalo. Solo quando la porzione inferiore e posteriore del talamo veniva rimossa, le emozioni di "finta rabbia" nel gatto scomparivano. Pertanto, questi risultati identificarono il talamo come una regione predominante per l'espressione emotiva, dalla quale, in assenza di controllo corticale, vengono scaricati impulsi che evocano un grado estremo di attività "emotiva", sia muscolare che viscerale. Secondo Bard la "finta rabbia" è una reazione esagerata ed incontrollata che può essere dovuta alla mancanza della funzione di controllo che la corteccia cerebrale (in precedenza rimossa dal gatto) normalmente esercita sull'attività dei centri cerebrali collocati più in profondità nel cervello.

Gli studi di Bard perfezionarono pertanto la teoria talamica secondo cui il talamo, in seguito alla percezione di uno stimolo emotivamente scatenante, invia impulsi al sistema nervoso simpatico, responsabile delle reazioni fisiologiche, ed alla corteccia cerebrale, che consente la consapevolezza dell'emozione. Bard concepì, come il suo maestro Cannon, l'emozione come una reazione primitiva, automatica e adattiva, mediata dai centri sottocorticali del cervello. Gli esperimenti di Bard identificarono l'ipotalamo come struttura di importanza fondamentale per la coordinazione delle componenti autonome e somatiche del comportamento emotivo (Bard, 1928). Infatti, Bard osservò che la risposta da parte dei gatti di "finta rabbia" si manifestava solo se la porzione caudale dell'ipotalamo era intatta. Egli dimostrò come non fosse possibile ottenere uno stato di

“*sham rage*” dopo aver sezionato l'encefalo nella congiunzione tra l'ipotalamo e il mesencefalo. Tali esperimenti evidenziarono che l'emozione dipende dall'azione integrativa dell'ipotalamo piuttosto che da quella del talamo dorsale o della corteccia, poiché può verificarsi appunto quando la corteccia ed il talamo dorsale vengono totalmente rimossi; concludendo che i circuiti che controllano i comportamenti associati alle emozioni sono localizzati nel diencefalo e nelle strutture del tronco encefalico a esso collegate.

Il comportamento che elicitava le emozioni primarie quali, per esempio, la paura e la rabbia, è sollecitato dall'urgenza di determinate circostanze ed è diretto alla conservazione dell'individuo. Costituisce quindi una reazione ancestrale, intenzionale e comune ai diversi vertebrati. Tale considerazione suggerisce che la reazione emotiva dipende dalle divisioni del sistema nervoso più arcaiche (Bard, 1928).

Coerentemente con l'evidenza sperimentale e farmacologica, dice Cannon (1927), vi è l'evidenza che emerge dai casi patologici. In certe forme di emiplegia i pazienti possono essere incapaci di muovere il viso dal lato paralizzato; se improvvisamente però queste persone provano un'emozione dolorosa o gioiosa, i muscoli, che non rispondono al controllo volontario, entrano in azione e danno a entrambi i lati del viso un'espressione di tristezza o di allegria. Questi casi si verificano quando il tratto motorio è interrotto e il talamo ottico è intatto. L'opposto di questa condizione si osserva nella lesione unilaterale del talamo. Un paziente, infatti, muoveva simmetricamente entrambi i lati del viso a suo piacimento, ma quando rideva o faceva una smorfia di dolore il lato destro rimaneva immobile. Dall'autopsia venne riscontrato un tumore al centro del talamo ottico sinistro. Tutte queste osservazioni, sperimentali e cliniche, indicano il talamo come una regione in cui risiede l'organizzazione neurale per le diverse espressioni emotive. Secondo Cannon i risultati di questi studi renderebbero falsa l'ipotesi di James, per la quale non esistono nel cervello centri specializzati per le emozioni.

(2) “I processi talamici sono una fonte di esperienza affettiva”.

Cannon presenta alcuni casi clinici studiati da Head (1921) di pazienti con lesioni unilaterali nel talamo che presentavano una tendenza a reagire eccessivamente agli stimoli affettivi. Tale risposta sproporzionata è stata attribuita alla disconnessione del

talamo dalle inibizioni corticali: *“Quando il talamo era liberato dal controllo corticale, gli stati emotivi erano particolarmente intensi”* (Cannon, 1927). Pertanto, secondo l'autore, la regione talamica genera la componente emotiva della sensazione. In seguito a questa affermazione propose un concetto chiave nella sua teoria ovvero che: *“Quando si verifica la scarica talamica, i cambiamenti corporei avvengono quasi contemporaneamente all'esperienza emotiva”*.

Le prove presentate fino a questo punto, secondo Cannon, dimostrano che la sensazione proveniente dai cambiamenti corporei periferici, contrariamente alla visione di James, è "pallida e priva di calore emotivo", mentre i processi talamici contribuiscono a dare colore a stati altrimenti semplicemente cognitivi. Dopo aver criticato la teoria di James-Lange e concludendo che tale teoria non fornisce una spiegazione adeguata sulla genesi delle emozioni, Cannon procede nella sua disquisizione esponendo la “Teoria dell’emozione basata sui processi talamici”, chiamata anche “Teoria centrale delle emozioni”.

La teoria talamica delle emozioni di Cannon-Bard è stata pertanto sviluppata nel 1927 da Walter Cannon e successivamente elaborata da Philip Bard (1928-1929). Secondo tale teoria i centri di attivazione, di controllo e di regolazione dei processi emotivi non si trovano in sedi periferiche (ad esempio i visceri), ma sono localizzati nel sistema nervoso centrale (ragione per cui è chiamata teoria centrale delle emozioni), ed in particolare nel talamo, che svolge un ruolo fondamentale nell’esperienza emotiva, divenendo il centro neurale che riceve e trasmette impulsi. Ad ogni emozione, secondo gli autori, corrisponde una distinta e specifica configurazione di attivazioni neurofisiologiche.

Secondo tale teoria, rappresentata nella Figura 1.2, gli stimoli emotivi provenienti dall'esterno ed elaborati dal talamo sono inviati simultaneamente verso la corteccia cerebrale (2b), in cui viene prodotta l’esperienza emotiva, e verso l’ipotalamo (2a). A sua volta, l’ipotalamo invia i segnali ai muscoli del corpo, agli organi (3a), ed alla corteccia cerebrale (3b) che controlla il pensiero cosciente. I segnali trasmessi dal talamo al sistema nervoso autonomo (ghiandole e organi viscerali) e ai muscoli scheletrici producono le modificazioni fisiologiche. L’interazione nella corteccia tra i messaggi riguardanti l’identità dello stimolo e il suo significato emotivo produce l’esperienza cosciente dell’emozione (4). Inoltre, quando i segnali relativi alle afferenze sensoriali ricevute dalla corteccia raggiungono il talamo, si manifestano le emozioni.



Pertanto, l'interazione nella corteccia tra i messaggi riguardanti l'identità dello stimolo (2b) e il suo significato emotivo (3b), produce l'esperienza cosciente dell'emozione (sentimento). Secondo questa teoria, l'esperienza emozionale e le modificazioni fisiologiche avvengono in parallelo, piuttosto che l'una come causa dell'altra, e la qualità specifica dell'emozione viene aggiunta alla semplice sensazione non appena viene stimolato il processo talamico (Figura 1.2).

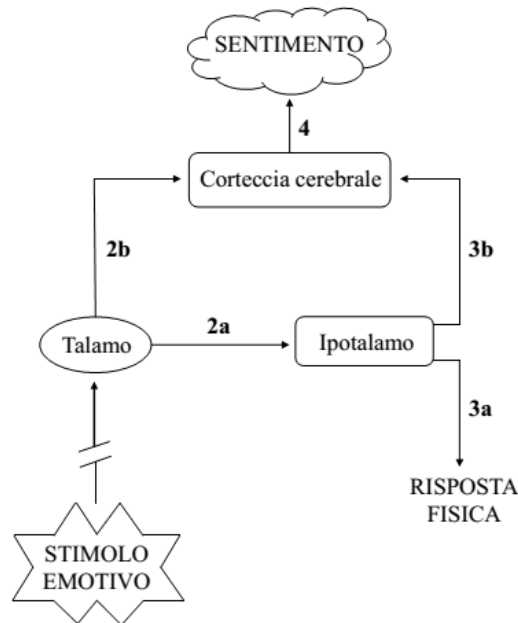


Figura 1.2: Visione d'insieme della teoria talamica delle emozioni di Cannon e Bard.

Cannon e Bard hanno pertanto introdotto il concetto secondo cui per provocare delle emozioni sono necessari gli input che provengono sia dalla corteccia cerebrale, sia dal sistema nervoso autonomo. Secondo la teoria talamica delle emozioni, dunque, il talamo ottico è la regione in cui risiede l'organizzazione neurale per le diverse espressioni emotive, e i processi talamici sono una fonte di esperienza affettiva (Cannon, 1927). I segnali nervosi provenienti dal talamo, infatti, provocano l'attivazione delle risposte espressivo-motorie e viscerali delle emozioni, e determinano le loro componenti soggettive attraverso le connessioni con la corteccia cerebrale. Cannon, sulla base della sua discussione, sostiene che le disposizioni neurali per l'espressione emotiva risiedono nei centri sottocorticali e che questi centri sono pronti per una scarica istantanea quando vengono liberati dal controllo corticale e vengono adeguatamente stimolati, divenendo fonte di vivide esperienze affettive. I processi talamici possono essere istantaneamente pronti a prendere il controllo delle risposte motorie, e possono essere controllati, tuttavia,

dai processi nella corteccia cerebrale. Quando viene rilasciato il controllo corticale, i neuroni talamici forniscono la condizione affinché l'emozione persista (Cannon, 1927).

Cannon e Bard, a differenza di James e Lange, sottolinearono pertanto l'importanza del talamo e dell'ipotalamo nella genesi dell'emozione: infatti, queste strutture avrebbero una duplice funzione: di induzione delle risposte comportamentali periferiche (attivazione fisiologica) e di proiezione delle informazioni sensoriali alla corteccia, dove avrebbe luogo l'elaborazione cognitiva che genera l'emozione (Figura 1.3).



Figura 1.3: Esempificazione grafica della teoria talamica (o centrale) di Cannon e Bard.

La teoria talamica delle emozioni di Cannon-Bard ha segnato il passaggio dalla teoria di James-Lange allo studio dei meccanismi cerebrali centrali delle emozioni, distinguendo tra modelli viscerali simpatici e modelli viscerali parasimpatici nel discernere diverse classi di emozioni. Fornendo una visione d'insieme delle due teorie si può affermare che entrambe si concentrano sulla componente fisiologica delle emozioni, ma mentre James e Lange conferiscono all'aspetto fisiologico un primato sull'emozione, Cannon e Bard sostengono che i centri di attivazione, di controllo e di regolazione dei processi emotivi non si trovano in sedi periferiche (per esempio i visceri), ma sono localizzati a livello del sistema nervoso centrale. Uno stimolo emotivo, pertanto, produce una scarica talamica che invia contemporaneamente i segnali al sistema nervoso simpatico e alla corteccia cerebrale: il primo produce le reazioni fisiologiche (viscerali e motorie), mentre la seconda causa il vissuto soggettivo dell'emozione. Per esempio, vedere un serpente potrebbe suscitare sia una sensazione di paura (risposta emotiva) sia un battito cardiaco accelerato (reazione fisica). Secondo la teoria periferica di James-Lange questo stimolo pericoloso porterebbe al verificarsi di una serie di reazioni somatiche e viscerali che

provocherebbero nell'individuo l'emozione di paura (con le parole di James si potrebbe riferire: “*Tremo, dunque ho paura*”). Invece la teoria di Cannon-Bard suggerisce che quando vediamo un serpente, il talamo attiverrebbe simultaneamente la corteccia cerebrale, producendo il vissuto di paura, e il sistema nervoso periferico, aumentando l'apporto di sangue nei muscoli per favorire la fuga (reazione fisiologica) (Figura 1.4).

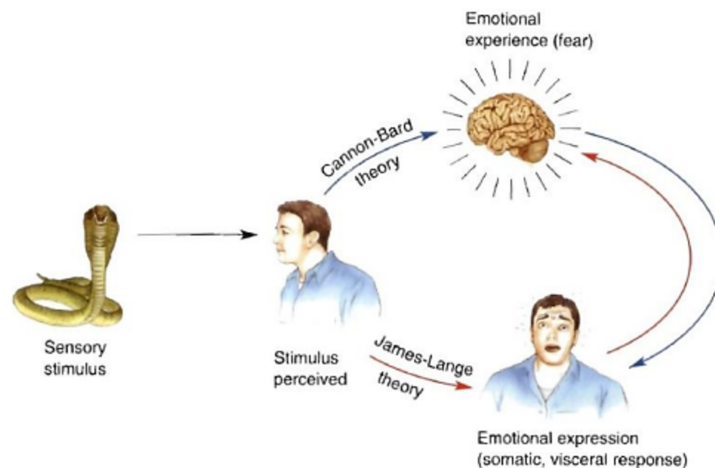


Figura 1.4: Visione d'insieme delle teorie di James-Lange e Cannon-Bard.

Concludendo, la teoria talamica di Cannon-Bard, a sua volta, è stata un importante precursore di successive teorie sulle emozioni, come quelle proposte da James Papez e Paul MacLean.

### 1.3 La neuroanatomia delle emozioni: il circuito di Papez

Nel 1937 l'anatomista statunitense James Papez fu il primo autore ad avanzare l'ipotesi di un sistema di aree cerebrali implicate nel controllo, nell'elaborazione e nella regolazione delle emozioni. Papez postulò che la base anatomica delle emozioni si trovasse nel circuito cerebrale che prende il suo nome ed è formato da: ipotalamo, nuclei del talamo anteriore, giro del cingolo, ippocampo e dalle loro reciproche interconnessioni. Secondo la teoria di James Papez, infatti, l'insieme di queste strutture cerebrali e le loro interconnessioni, rappresenta la base anatomica delle emozioni.

Nella sua teoria l'autore suggerì l'ipotesi che i processi emozionali fossero elaborati nell'ippocampo e poi trasferiti, attraverso il fornice, al corpo mammillare; da qui raggiungerebbero, attraverso il tratto mammillo-talamico, i nuclei anteriori del talamo,

irradiandosi poi alla corteccia del giro del cingolo, al corpo calloso, alla corteccia entorinale per concludere il circuito tornando all'ippocampo (Papez, 1937).

Secondo Papez il termine “emozione” come viene comunemente utilizzato implica due condizioni: un modo di agire (“*way of acting*”) e un modo di sentire (“*way of feeling*”). Il primo è designato come espressione emotiva, il secondo come esperienza emotiva o sentimento soggettivo (Papez, 1937). L'espressione emotiva e l'esperienza emotiva possono essere fenomeni dissociati nell'essere umano; quindi, l'emozione come stato soggettivo deve essere riferita ad un livello psichico superiore.

Per chiarire il quadro anatomico, Papez, che propone come probabile meccanismo corticotalamico dell'emozione, illustra la seguente immagine che identifica le principali strutture del circuito (Figura 1.5).

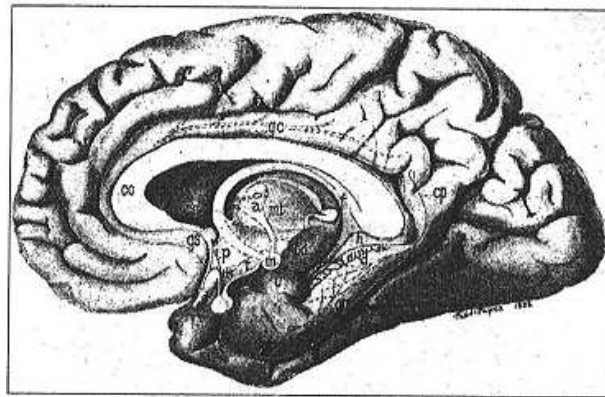


Figura 1.5: Vista mediale dell'emisfero cerebrale destro, che mostra l'ippocampo (h) e la sua connessione con il corpo mammillare (m) attraverso il fornice (f) e anche le connessioni del corpo mammillare (m) ai nuclei talamici anteriori e quindi alla corteccia del giro del cingolo (gc). (Fonte: Adattata da Papez, 1937).

Nel cervello umano, spiega l'autore, il corpo mammillare è collegato in modo efferente alla corteccia del giro del cingolo e riceve connessioni afferenti da altre fonti, la più importante delle quali è il fornice della formazione ippocampale. Come mostra la figura, è il corpo mammillare che congiunge le principali connessioni ipotalamiche con la corteccia cerebrale. Questa è una connessione a due vie nella natura di un circuito che attraversa la corteccia cerebrale, a livello superiore, e attraversa il corpo mammillare, a livello ipotalamico. Gli stimoli di origine corticale passerebbero prima dall'ippocampo e poi attraverso il fornice al corpo mammillare. Da qui passerebbero verso l'alto attraverso il tratto mammillo-talamico ai nuclei anteriori del talamo e quindi mediante la radiazione talamo-corticale mediale, alla corteccia del giro del cingolo. Il processo emotivo centrale di origine corticale può dunque essere concepito come costruito nella formazione

dell'ippocampo e trasferito al corpo mammillare e quindi, attraverso i nuclei talamici anteriori, alla corteccia del giro del cingolo.

Pertanto, afferma l'autore, il giro del cingolo può essere considerato come la regione ricettiva per l'esperienza dell'emozione, come risultato di impulsi provenienti dall'ipotalamo. La propagazione del segnale emotivo dal giro del cingolo ad altre regioni della corteccia cerebrale aggiungerebbe una "colorazione emotiva" ai processi psichici che si verificano altrove.

Questo circuito spiegherebbe come l'emozione possa sorgere in due modi: come risultato dell'attività psichica, e come conseguenza dell'attività ipotalamica. L'ipotalamo infatti è accessibile alle impressioni sensoriali sia viscerali che somatiche provenienti da molte fonti periferiche, e la "colorazione emotiva" può essere associata a tutti i tipi di esperienze sensoriali di origine corporea e recettoriale. Sorge la domanda su come queste sensibilità afferenti, che passano attraverso il talamo dorsale e poi attraverso la capsula interna alla corteccia cerebrale, siano in grado di acquisire tale "colorazione emotiva". I risultati fisiologici implicano che il processo emotivo è mediato dall'ipotalamo, e i dati anatomici suggeriscono che è il corpo mammillare ad inviare le stimolazioni alla corteccia del giro del cingolo. L'ipotalamo è il destinatario delle impressioni vaghe e indefinite provenienti da molte fonti corporee che nella loro totalità rappresentano materiale afferente in grado di influenzare le funzioni regolative dell'ipotalamo. I nuclei del talamo ventrale inviano all'ipotalamo connessioni di fibre diffuse, alcune delle quali sono meglio conosciute come decussazioni sopraottiche. Terminano in genere nella *pars optica* e nel *tuber cinereum*, le regioni che regolano l'attività viscerale e l'espressione emotiva. La *pars optica* e il *tuber* sono collegati con il corpo mammillare, il quale diventa il destinatario di varie eccitazioni afferenti, che raggiungono l'ipotalamo soprattutto attraverso i centri afferenti del talamo ventrale. Pertanto, si può affermare che le vie afferenti dagli organi recettori si dividono a livello talamico in tre vie, ciascuna delle quali conduce un flusso di impulsi di particolare importanza. Una via conduce gli impulsi attraverso il talamo dorsale e la capsula interna al corpo striato. Questo percorso rappresenta il "flusso del movimento".

Il secondo percorso conduce gli impulsi sensoriali in entrata, dal talamo attraverso la capsula interna fino alla corteccia cerebrale laterale, dove lo stimolo viene percepito ed i

ricordi ad esso associati vengono attivati. Le aree della corteccia sensoriale attiveranno, a loro volta, la corteccia cingolata. Questo canale rappresenta “il flusso del pensiero”.

Il terzo percorso conduce il flusso di segnali proveniente dalle aree sensoriali del talamo ventrale, che viene trasmesso all’ipotalamo e, attraverso il corpo mammillare ed i nuclei del talamo anteriore, al giro del cingolo nella parete mediale dell’emisfero cerebrale. Questo percorso rappresenta “il flusso del sentimento”. In tal modo le eccitazioni sensoriali che raggiungono la corteccia laterale attraverso la capsula interna, acquisiscono valenza emotiva grazie ai processi mediati dall’ipotalamo. Pertanto, le regioni anatomiche del circuito di Papez e le loro connessioni, prese nel loro insieme, possono essere considerate come un meccanismo integrato. Ciò può essere interpretato come un mantenimento dei processi emotivi fisiologici e della funzione psicologica dell’emozione stessa (Papez, 1937).

Le strutture che costituiscono il circuito di Papez possono mostrare atrofia in pazienti con disturbi neuropsichiatrici (Beckmann, 1999); malattie neurodegenerative (Teipel et al., 2007) ed epilessia (Kremer et al., 2001). Ciò suggerisce che l'integrità strutturale del circuito di Papez può fornire un indicatore della progressione delle malattie neuropsichiatriche e sottolinea l'importanza delle neuroimmagini per la diagnosi precoce ed il monitoraggio dell'evoluzione della malattia (Granziera et al., 2011).

Secondo la concezione di Papez, le emozioni vengono prodotte quando la corteccia cingolata integra i segnali provenienti dalla corteccia sensoriale e dall’ipotalamo (Figura 1.6).

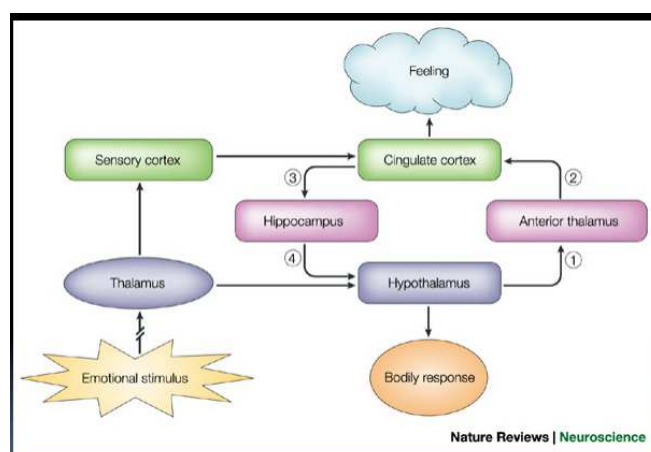


Figura 1.6: Ricostruzione grafica della neuroanatomia delle emozioni nel circuito di Papez. Papez (1937) ha sostenuto che i messaggi sensoriali riguardanti gli stimoli emotivi che arrivano al talamo sono poi diretti sia alla corteccia (flusso del pensiero) che all’ipotalamo (flusso del sentimento). L’autore ha proposto una serie di connessioni dall’ipotalamo al talamo anteriore (1) e alla corteccia cingolata (2). Le esperienze emotive vengono elicitate quando la corteccia del cingolo integra questi segnali provenienti dall’ipotalamo con le informazioni dalla corteccia sensoriale. L’output indirizzato dalla corteccia cingolata all’ippocampo (3) e quindi all’ipotalamo (4), consente il controllo corticale dall’alto verso il basso (top-down) delle risposte emotive (Fonte: Dalgleish, 2004).

Pertanto, i segnali in uscita dalla corteccia cingolata verso l'ippocampo e l'ipotalamo consentono ai pensieri che hanno origine nella corteccia cerebrale di controllare le risposte emotive (Figura 1.6). Questo circuito così strutturato risponde ai requisiti fisiologici proposti da Cannon e Bard rispetto alla teoria dell'emozione basata sui processi diencefalo-corticali.

Alcuni autori (Shah, et al., 2012) in tempi più recenti hanno analizzato l'anatomia del circuito di Papez *post mortem* in 10 cervelli umani, che sono stati immersi in una soluzione di formalina al 10% per 30 giorni. Sono stati quindi congelati a -10° C da tre a quattro settimane, dopodiché sono stati lasciati scongelare sott'acqua per 24 ore. Gli emisferi sono stati sezionati secondo le tecniche di dissezione delle fibre (Klingler, 1935) delineando così l'andamento, la lunghezza e le relazioni anatomiche delle strutture che compongono il circuito di Papez. Gli autori hanno scoperto che tale struttura cerebrale inizia nell'ippocampo e continua nel fornice per raggiungere il corpo mammillare. Da lì, il tratto mammillo-talamico prosegue fino al nucleo anteriore del talamo, che a sua volta si collega al cingolo mediante radiazioni talamiche anteriori. Il giro del cingolo scorre intorno al corpo calloso per terminare nella corteccia entorinale, che poi si proietta all'ippocampo, completando così il circuito. L'intero circuito di Papez è stato prima dissezionato anatomicamente nell'emisfero, ed è stato poi ricostruito all'esterno dopo aver rimosso i suoi componenti mediante la dissezione di fibre fini al microscopio chirurgico. La dissezione è iniziata dalla superficie mediale del cervello. Per la delineazione anatomica del circuito di Papez e del sistema limbico è stato utilizzato un approccio emisferico cerebrale mediale: gli emisferi cerebrali sono stati bisecati sulla linea mediana attraverso il corpo calloso e sono stati conservati in formalina al 4% tra le sessioni di dissezione. Dopo aver identificato i principali punti di riferimento anatomici sulla superficie mediale dell'emisfero cerebrale ed aver staccato con cura le coperture ependimali sulla superficie mediale del talamo e dell'ipotalamo, la dissezione è iniziata con il carotaggio della materia grigia del talamo.

È stato identificato il tratto mammillo-talamico che decorre verso l'alto dal corpo mammillare. Il tratto è stato tracciato accuratamente finché non è stato visto entrare nel nucleo anteriore del talamo. Successivamente è stata estratta la materia grigia del giro del cingolo sopra il corpo calloso ed è stato identificato il cingolo, che è stato

tracciato anteriormente fino al suo culmine nell'area subcallosa e nel giro paraterminale. Posteriormente, il cingolo continuava nel lobo temporale mediale per terminare come radiazione del cingolo che poteva essere identificata dopo la rimozione della materia grigia paraippocampale. Successivamente sono state tracciate le fibre del cingolo che entrano nelle cortecce frontale e parietale. L'attenzione è stata in seguito rivolta alla regione temporale mesiale. La materia grigia del giro paraippocampale è stata rimossa per visualizzare il *subiculum*, il giro dentato e la fimbria del fornice. La materia grigia è stata tracciata fino a proseguire nel *crus* del fornice e il corpo del fornice è stato separato dalla superficie inferiore del corpo calloso. Il corpo del fornice è stato tracciato anteriormente nelle colonne del fornice, che terminavano nel corpo mammillare. Per completare il circuito, è stata tracciata la continuazione del tratto mammillo-talamico fino al cingolo. Il corpo calloso è stato rimosso con cura, evitando danni al cingolo (Figura 1.7).



Figura 1.7: Fotografia del cingolo e delle strutture circostanti dopo che la metà anteriore del corpo calloso era stata tagliata e rimossa: (a) giro del cingolo; (b) fibre del cingolo che entrano nella corteccia parietale; (c) corpo calloso; (d) testa del nucleo caudato; (e) corpo del fornice; (f) colonne del fornice; (g) corpo mammillare; (h) tratto mammillo-talamico; (i) nucleo anteriore del talamo; (j) radiazione del cingolo; (k) giro paraolfattivo; (l) giro paraterminale. (Fonte: Shah et al., 2012).

Sono stati visualizzati la testa e il corpo caudato nel pavimento del ventricolo laterale. La stria terminale è stata vista correre tra il talamo e il nucleo caudato. L'ependima sopra la testa caudata è stata rimossa. L'intera testa caudata è stata quindi sollevata (Figura 1.8) per rivelare le fibre talamiche anteriori sottostanti che si irradiano dal nucleo anteriore del talamo ed entrano nella superficie inferiore del cingolo (Figura 1.9).





Figura 1.8: Fotografia della radiazione talamica anteriore dopo che la testa caudata era stata sollevata: (a) testa caudata; (b) radiazione talamica anteriore; (c) fornice; (d) corpo mammillare; (e) tratto mammillo-talamico. (Fonte: Shah et al., 2012).

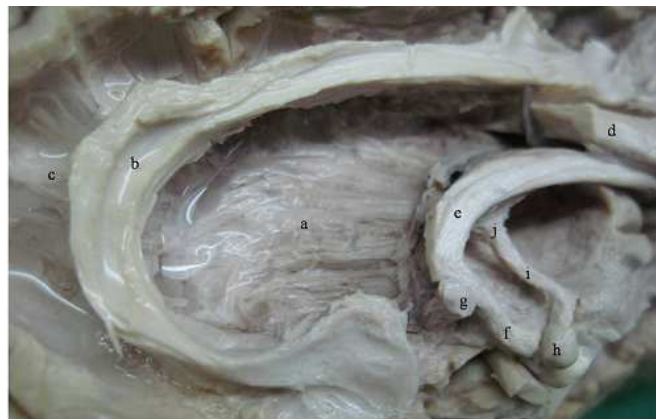


Figura 1.9: Fotografia della radiazione talamica che si proietta sul cingolo dopo che la testa caudata è stata rimossa: (a) radiazione talamica anteriore; (b) cingolo; (c) fibre che dal cingolo entrano nella corteccia frontale; (d) estremità del corpo calloso; (e) corpo del fornice; (f) crus del fornice; (g) commessura anteriore; (h) corpo mammillare; (i) tratto mammillo-talamico; (j) nucleo anteriore del talamo. (Shah et al., 2012).

Questo ha completato la dissezione e l'isolamento del circuito di Papez, che inizia dall'ippocampo, continua nel fornice e termina nel corpo mammillare. Il tratto mammillo-talamico raggiunge quindi il cingolo, che ruota attorno allo splenio del corpo calloso per terminare come radiazione del cingolo nell'ippocampo, completando così il circuito. Gli autori hanno poi continuato la dissezione rimuovendo i vari componenti del sistema limbico, realizzandone un modello ricostruito (Figura 1.10).

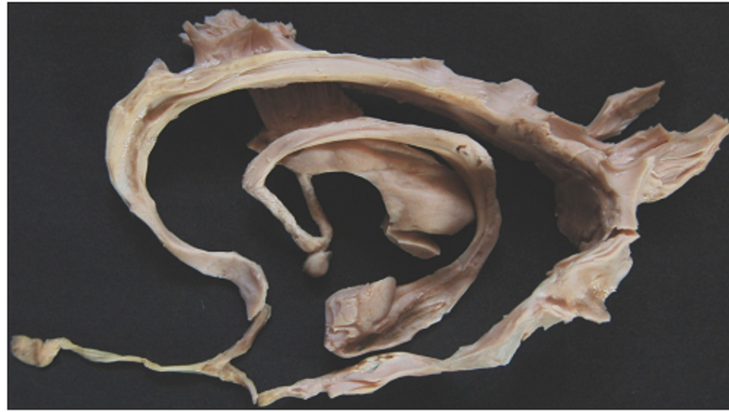


Figura 1.10: Modello ricostruito che mostra le varie connessioni del sistema limbico (Shah et al., 2012).

Il sistema limbico è tra le parti più complesse e meno comprese del sistema nervoso (Shah et al., 2012). È filogeneticamente una delle aree cerebrali più primitive (Parent & Carpenter, 1996) e nel 1952, fu denominato sistema limbico da Paul McLean che, oltre alle aree del circuito di Papez, aggiunse l'amigdala, il setto e la corteccia prefrontale. Tra le numerose funzioni del sistema limbico abbiamo anche la regolazione delle emozioni. In particolare, le aree parte tale circuito cerebrale importanti per l'elaborazione delle emozioni sono l'ipotalamo e l'amigdala, che regola le emozioni di ansia, aggressività, paura e anche la cognizione sociale (Rajmohan & Mohandas, 2007).

Alcuni autori (Granziera et al., 2011) hanno utilizzato *imaging* di diffusione tramite la risonanza magnetica per visualizzare il circuito di Papez in soggetti sani e hanno messo in evidenza i quattro principali fasci di fibre del circuito: il primo fascio collega l'ippocampo con il corpo mammillare omolaterale, attraverso il fornice; il secondo è la via mammillo-talamica che collega il corpo mammillare e il nucleo del talamo anteriore. Il terzo fascio è costituito dalle connessioni tra il *subiculum* e la corteccia cingolata. Il *subiculum* è coinvolto nella formazione e nel recupero della memoria e la corteccia del cingolo svolge un ruolo importante negli aspetti emotivi e non emotivi del comportamento. La quarta componente del circuito di Papez è rappresentata dalle sparse connessioni tra il talamo ed il giro del cingolo.

Nel presente studio, pertanto, sono state identificate connessioni tra l'ippocampo-il corpo del fornice-il corpo anteriore del fornice- ed il corpo mammillare (Figura 1.11).

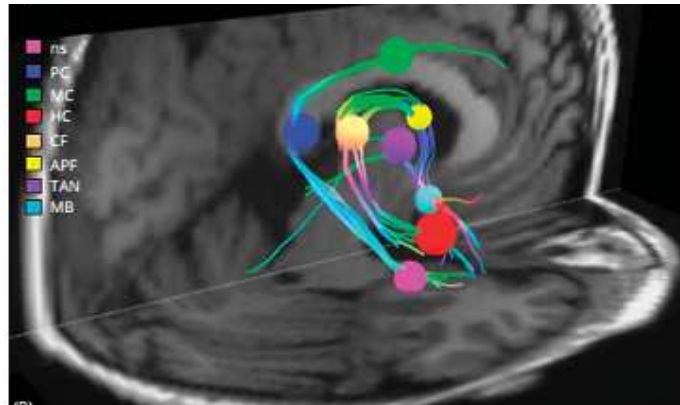


Figura 1.11: Struttura del circuito Papez di una partecipante. La codifica a colori delle fibre si basa sul codice standard rosso-verde-blu applicato al vettore in corrispondenza di ogni segmento di ciascuna fibra. Il blu indica la direzione rostrocaudale; rosso il piano mediolaterale; e verde l'orientamento dorsoventrale: PC=corteccia cingolata posteriore; MC=corteccia cingolata media; HC=formazione dell'ippocampo; CF=corpo del fornice; APF=corpo anteriore del fornice; TAN=talamo anteriore; MB=corpo mammillare. (Fonte: Adattata da Granziera et al., 2011).

Gli autori concludono sostenendo che il circuito di Papez svolge un ruolo cruciale nell'elaborazione mnestica ed emotiva e l'alterazione dei suoi componenti è associata a una serie di malattie neurologiche e psichiatriche tra cui Alzheimer, schizofrenia ed epilessia (Granziera et al., 2011).

#### **1.4 Un approccio cognitivo allo studio delle emozioni: l'esperimento di Stanley Schachter e Jerome Singer**

Nel 1962 gli psicologi statunitensi Schachter e Sinner presentarono la Teoria cognitivo-attivazionale, detta anche Teoria dei due fattori (Schachter & Singer, 1962), secondo cui ciò che conferisce specificità ad un vissuto emotivo sarebbero l'interpretazione e la valutazione cognitiva che il soggetto dà all'attivazione neurofisiologica, di per sé indistinta (Schachter & Singer, 1962). Questo significa che per riconoscere uno stato emotivo dobbiamo possedere la 'cognizione adeguata' per nominarlo, e non è l'ambiente in sé che influisce sull'individuo, bensì il modo in cui l'individuo rappresenta l'ambiente stesso. La teoria dei due fattori enuncia che l'emozione è prodotta sia dall'attivazione aspecifica del sistema nervoso simpatico, caratterizzata da sensazioni somatiche (aumento della frequenza cardiaca e respiratoria, tremore agli arti, ...) ma in particolar modo dalla cognizione, ovvero dall'interpretazione che la persona fa dell'attivazione fisiologica. In aggiunta a tale processo, la situazione viene valutata dal punto di vista cognitivo e l'esperienza emotiva viene etichettata. Per gli autori l'attivazione fisiologica determina l'intensità dell'esperienza emotiva, mentre il processo di valutazione cognitiva

produce la qualità di tale esperienza. Pertanto, secondo la teoria dei due fattori, perché si abbia un'emozione devono esserci sia un'attivazione fisiologica, sia una spiegazione cognitiva adeguata di tale stato, basata sull'interpretazione della situazione. L'ipotesi iniziale degli autori (Schachter & Singer, 1962) era che dato uno stato di eccitazione fisiologica per la quale l'individuo non abbia una spiegazione adeguata, i fattori cognitivi possono portarlo a descrivere i suoi sentimenti con una qualsiasi etichetta emotiva: *“È nostra assunzione di base che gli stati emotivi siano una funzione dell'interazione di tali fattori cognitivi con uno stato di eccitazione fisiologica”* (Schachter & Singer, 1962). Pertanto, il quesito che si pongono gli autori è se la valutazione cognitiva delle circostanze in cui viene elicitata una determinata emozione gioca un ruolo determinante nella definizione dell'emozione stessa.

Questa linea di pensiero ha portato alle seguenti proposizioni:

(1) Dato uno stato di attivazione fisiologica per il quale l'individuo non ha una spiegazione immediata, ovvero non ne conosce le cause, "etichetterà" questo stato e descriverà i suoi sentimenti tendendo ad utilizzare le informazioni presenti nell'ambiente per definire lo stato emotivo. Pertanto, uno stesso stato di eccitazione fisiologica potrebbe essere etichettato come "gioia" o "rabbia" o una qualsiasi altra emozione a seconda di come la persona percepisce ed elabora la situazione. Quindi due emozioni differenti come quelle sopra riportate potrebbero avere un pattern fisiologico di attivazione simile, e potrebbero essere confuse in situazioni di incertezza.

(2) Dato uno stato di eccitazione fisiologica per il quale un individuo ha una spiegazione del tutto appropriata non sorgeranno esigenze valutative, ed è improbabile che l'individuo etichetti i suoi sentimenti in modo alternativo.

(3) Date le stesse circostanze, l'individuo reagirà emotivamente o descriverà i suoi sentimenti come emozioni solo nella misura in cui sperimenta uno stato di eccitazione fisiologica.

Per verificare l'esattezza delle suddette ipotesi i ricercatori idearono un *setting* sperimentale in cui poter indurre uno stato di attivazione fisiologica insieme a circostanze ambientali che fornivano informazioni differenti sulla situazione. Ai partecipanti veniva riferito che lo scopo era testare l'effetto del composto vitaminico "*Suproxin*" sulla vista. Tale sostanza veniva iniettata, tuttavia in realtà era, a seconda delle condizioni sperimentali, o adrenalina o un placebo. Gli effetti dell'adrenalina mimano una scarica del

sistema nervoso simpatico: poco dopo l'iniezione aumentavano la pressione sanguigna sistolica, la frequenza cardiaca, il flusso sanguigno muscolare e cerebrale, così come la frequenza respiratoria. I principali sintomi erano palpitazioni, tremore, sensazione di rossore e respiro accelerato, che si verificavano entro 3-5 minuti dall'iniezione. È stata considerata la misura in cui il soggetto aveva una spiegazione inequivocabile della sua condizione corporea. Questa dimensione di appropriatezza è stata manipolata in tre condizioni sperimentali chiamate: Epinefrina Informata (Epi Inf), Epinefrina Ignorante (Epi Ign), ed Epinefrina Disinformata (Epi Mis). I partecipanti vennero divisi in quattro gruppi a seconda del tipo di informazione che ricevevano e le informazioni riferite variavano in base al tipo di situazione sperimentale.

-Epinefrina informata: venivano riferiti gli effetti collaterali transitori che poteva scatenare l'iniezione di "Suproxin", e indicativamente la loro durata. In questa condizione, quindi, i soggetti hanno una previsione ed una spiegazione del tutto appropriata del loro stato corporeo.

-Epinefrina ignorante (o non informata): in questa condizione lo sperimentatore riferiva ai soggetti che l'iniezione non avrebbe avuto effetti collaterali. In questa condizione, quindi, il soggetto non riusciva a fornire spiegazioni al suo stato corporeo.

-Epinefrina male informata: venivano riferiti gli effetti collaterali transitori e la loro durata, ma, a differenza del primo gruppo, venivano riportati effetti collaterali che l'adrenalina (epinefrina) non poteva causare; quindi, era inverosimile che si verificassero (sensazioni di insensibilità agli arti, prurito, o leggero mal di testa). Queste istruzioni fornivano al soggetto una spiegazione del tutto inappropriata delle sue sensazioni corporee.

-Infine, c'era la condizione placebo (iniezione di soluzione salina) in cui veniva detto ai soggetti che la sostanza era del tutto innocua.

L'ipotesi iniziale degli autori postulava che, dato uno stato di eccitazione fisiologica per il quale l'individuo non ha una spiegazione adeguata, i fattori cognitivi possono indurre l'individuo a descrivere i suoi sentimenti con una qualsiasi emozione. Per verificare questa ipotesi, gli autori hanno deciso di manipolare stati emotivi che possono essere considerati molto diversi (euforia e rabbia) mediante alcune situazioni sociali. In una condizione i partecipanti venivano messi insieme ad un complice che era addestrato ad agire in modo euforico, in un'altra condizione erano con un complice che assumeva

atteggiamenti rabbiosi. Schachter e Singer ipotizzarono che i soggetti del gruppo non informato (Epi Ign) e quelli del gruppo informato disinformato (Epi Mis), ovvero i soggetti cui era stata somministrata l'adrenalina, ma non avevano ricevuto spiegazioni sufficienti per comprendere il loro stato di attivazione fisiologica, avrebbero cercato nell'ambiente circostante gli indizi per capire il perché si sentivano così attivati. Pertanto, dopo l'iniezione ai soggetti fu detto di attendere in una stanza, ed un complice che si fingeva un partecipante dell'esperimento, si comportava a seconda della condizione sperimentale in maniera allegra (ridendo, scherzando, giocherellando con i vari oggetti presenti nella stanza coinvolgendo i partecipanti, in modo da suscitare euforia) o arrabbiata, per suscitare rabbia. In quest'ultima condizione, nell'attesa veniva dato sia ai soggetti sperimentali che al complice un questionario da compilare, in cui si trovavano domande impertinenti (ad es. "Chi nella tua famiglia non si lava con regolarità?"). Il complice si mostrava sempre più irritato fino ad infuriarsi, strappare il questionario e precipitarsi fuori dalla stanza inveendo contro gli sperimentatori. Dai risultati di questo esperimento è emerso, in primo luogo, che uno stato di eccitazione fisiologica del quale l'individuo ignori l'origine lo porterà a cercare spiegazioni nelle conoscenze a sua disposizione circa la situazione, valutando cognitivamente lo stimolo. Ciò implica che, manipolando la cognizione di un individuo, si possano influenzare le sue emozioni in direzioni diverse; infatti, i soggetti che non avevano spiegazione per le loro manifestazioni corporee hanno fornito indicazioni comportamentali e di autovalutazione coerenti con la manipolazione sperimentale verso stati emotivi di euforia o di rabbia. Ne consegue che, dato uno stato di eccitazione fisiologica per il quale l'individuo ha una spiegazione del tutto soddisfacente, non etichetterà questo stato in termini di cognizioni alternative disponibili. Infatti, nelle condizioni sperimentali in cui i partecipanti erano stati informati su quali sarebbero stati gli effetti dell'iniezione, e quindi sapevano a cosa attribuire il loro stato di attivazione fisiologica, si sono dimostrati relativamente immuni a qualsiasi effetto della manipolazione cognitiva, mostrando una reazione emotiva lieve in entrambe le condizioni di euforia e rabbia. Tenevano infatti in misura minima ad imitare e lasciarsi influenzare dal comportamento e dall'umore del complice. Nella condizione euforica, per esempio, essi si dichiaravano molto meno felici dei soggetti con un identico stato corporeo ma che, viceversa, non avevano nessuna conoscenza adeguata del motivo per cui si sentivano in quel modo. I partecipanti che non erano stati informati

dei possibili effetti o avevano ricevuto informazioni inadeguate, invece, mostrarono una forte reazione emozionale congruente con la condizione ambientale di rabbia o euforia. Tenevano infatti ad assumere l'umore del complice mostrando atteggiamenti lamentosi nella situazione che produceva uno stato di collera, e si comportavano in modo frivolo in quella divertente. Pertanto, se le informazioni sulle cause dell'arousal erano insufficienti o erranee, l'emozione dipendeva interamente dalla valutazione cognitiva della situazione in cui il partecipante si trovava. Le ipotesi di partenza erano dunque perfettamente in linea con le aspettative teoriche. Grazie a questo esperimento Schachter e Singer riuscirono a mostrare che i fattori cognitivi possono essere i principali determinanti delle etichette emotive che applichiamo ad uno stato comune di eccitazione simpatica, evidenziando che le emozioni hanno origine dall'interpretazione cognitiva che la persona fa dei suoi cambiamenti fisiologici. Gli autori conclusero che i fattori cognitivi sembrano essere indispensabili nella formulazione dell'emozione; infatti, la reazione emotiva (di rabbia o di euforia) era il risultato dell'interpretazione cognitiva della situazione. Dai risultati emerge dunque che la cognizione derivante dalla situazione fornisce la cornice entro la quale si comprendono ed etichettano le proprie emozioni; pertanto, sia l'arousal, sia le interpretazioni cognitive che si danno alle circostanze concomitanti all'attivazione entrano in gioco nel vivere l'emozione (Schachter & Singer, 1962).

### **1.5 L'approccio comportamentale di Jeffrey Alan Gray: la Reinforcement Sensitivity Theory (RST)**

Oggi, nell'ambito di ricerca, è comune mettere in relazione i fattori della personalità con le emozioni ed i sistemi motivazionali, ma questo consenso non prevaleva prima del lavoro originale di Gray (1970, 1987). Partendo dagli studi sull'apprendimento negli animali e da quelli comportamentali in soggetti umani, lo psicologo britannico presentò nel 1987 una teoria innovativa sulla struttura e le basi delle differenze interindividuali nella personalità che definì "*Reinforcement Sensitivity Theory*" (RST). Secondo tale modello, nel cervello dei mammiferi il controllo del comportamento è regolato dall'attività di tre sistemi separati ed interagenti, e le differenze individuali sono dovute a meccanismi biologici che riguardano le reazioni al rinforzo, alla punizione, o a stimoli e situazioni nuove. La RST si basa sulla descrizione di sistemi neurali, emozioni e comportamenti associati, relativamente a breve termine, che danno origine ai tratti

emotivi e comportamentali a lungo termine, che caratterizzano la personalità dell'individuo. Questa teoria sostiene che i fattori di personalità sono fonti di variazione che sono stabili nel tempo, e che derivano dalle caratteristiche di un individuo. Gray ha descritto tre principali meccanismi neuropsicologici che determinano le tendenze comportamentali, e che sono alla base dell'apprendimento e delle emozioni: il sistema di approccio comportamentale, "*Behavioral Activation/Approach System*" (BAS), che viene utilizzato quando il comportamento è motivato verso incentivi e/o ricompense; il sistema di inibizione comportamentale, "*Behavioral Inhibition System*" (BIS) che favorisce i comportamenti di evitamento delle minacce del mondo esterno; e il "*Fight/Flight System*" (FFS).

Il BAS è implicato nell'attivazione dell'organismo verso la ricerca della ricompensa ed è implicato nella ricerca di stimoli sociali e nell'attenzione agli stimoli esterni. Esso media le reazioni a tutti gli stimoli appetitivi, condizionati e incondizionati. Questo sistema genera l'emozione appetitiva del "piacere anticipatorio". La personalità associata comprende l'ottimismo, i comportamenti di approccio in risposta a stimoli condizionati e incondizionati, appetitivi vs. avversivi; l'orientamento alla ricompensa e l'impulsività, che clinicamente si associano a comportamenti di dipendenza (ad es. gioco d'azzardo patologico) ed alcune varietà di comportamenti ad alto rischio ed impulsivi. Gli individui con un'attività del BAS eccessiva sono maggiormente suscettibili ai disturbi riguardanti l'impulsività (Gray, 1990); disturbi bipolari (Depue & Iacono, 1989); disturbi da deficit di attenzione e iperattività (Mitchell & Nelson-Gray, 2006); a dipendenze (per es. il gioco d'azzardo), o comportamenti rischiosi e antisociali. L'attivazione del BAS è legata agli stimoli condizionati appetitivi, è quindi considerato come un sistema a *feedback* positivo, sensibile agli stimoli associati alla ricompensa o alla mancata punizione. Tale sistema è responsabile delle emozioni positive, ed è ritenuto strettamente dipendente dall'attività delle vie dopaminergiche ascendenti e dei circuiti cortico-striato-pallido-talamici (Fowles, 1980).

Alla base del modello BIS, invece, troviamo una funzione valutativa dell'ambiente che confronta costantemente gli eventi che si verificano con gli eventi attesi. Tale funzione di comparazione che svolge questo sistema è detta "*checking mode*". Inoltre, il modello BIS è implicato nel blocco dell'attività motoria che è stata programmata da altri sistemi, ovvero l'inibizione del comportamento in corso, qualora tra di essi non vi fosse



compatibilità (“*control mode*”). Il BIS risulta essere attivato preferenzialmente da stimoli condizionati avversi, quindi da segnali di punizione o di mancato premio. Gray ritenne questo sistema responsabile della dimensione di personalità dell’ansia. Una disfunzione nella direzione di un’iperattività di questo sistema può quindi generare disturbi patologici quali il Disturbo d’Ansia Generalizzato (GAD) o i disturbi ossessivo-compulsivi (OCD). Tra le funzioni del sistema BIS è presente anche la modulazione del controllo del comportamento esplorativo al fine di indirizzare l’attenzione verso uno stimolo nuovo, disatteso o minaccioso. In caso di incompatibilità tra eventi attesi ed eventi che si stanno verificando, l’azione si arresta ed il sistema BIS entra in gioco per ispezionare l’ambiente al fine di avere maggiori informazioni, aumentando l’attenzione focalizzata e lo stato di arousal generale. Pertanto, elevati livelli del BIS producono una maggiore attivazione dell’organismo con un alto livello di vigilanza. Dallo studio di Gray (1982) è emerso che un eccessivo livello di attivazione del sistema BIS predispone ai disturbi associati all’ansia; viceversa, un funzionamento del BIS troppo debole è relato a casi di psicopatia primaria (Gray, 1987). Il sistema BIS sarebbe dunque responsabile dell’inibizione comportamentale e sarebbe implicato nel comportamento di ritiro (Sutton & Davidson, 1997). Inoltre, il funzionamento di questo sistema dipenderebbe principalmente dall’attività dei sistemi noradrenergico e serotoninergico che interessano il sistema ippocampale, il circuito di Papez e la corteccia orbitofrontale.

Il terzo sistema, FFS, è stato originariamente descritto da Gray (1987) come sensibile agli stimoli avversivi incondizionati (ad esempio, gli stimoli dolorosi) ed ai comportamenti di aggressione o evitamento in situazioni di rabbia o di panico. Questo sistema controlla dunque le espressioni del comportamento di collera e panico, e la sua attività è principalmente mediata dalle strutture ipotalamiche e amigdaloidi. Il pattern di risposta comportamentale di attacco/fuga (*fight/flight response*) è stato descritto inizialmente da Cannon nel 1929 in riferimento alla reazione presente nella maggior parte delle specie animali di fronte ad eventi minacciosi. Tale sistema modula gli effetti comportamentali degli eventi avversivi incondizionati quali l’attacco difensivo (*fight*) o l’immediato evitamento della stimolazione punitiva (*flight*). Il sistema FFS risponde preferenzialmente agli stimoli incondizionati avversivi (innati) e vengono associate a questo sistema emozioni quali la paura, la rabbia ed il panico.

Inoltre, Gray (1970) ha suggerito che i livelli di attivazione di BAS e BIS sono associati ai tratti di personalità, al temperamento ed alla possibilità di sviluppare sintomatologia depressiva. Gli individui che hanno un sistema BAS più attivo tendono ad essere più estroversi ed impulsivi, rispetto agli individui che hanno più attività del sistema BIS, che tendono ad essere più nevrotici e ansiosi. Alcuni ricercatori (Sutton e Davidson, 1997) hanno mostrato che gli individui che hanno un sistema BAS più attivo tendono anche ad avere una maggiore attivazione dell'emisfero sinistro. Al contrario, gli individui che presentano una maggiore attivazione del sistema BIS tendono ad avere una maggiore attivazione dell'emisfero destro.

La revisione della *Reinforcement Sensitivity Theory* (RST) di Gray e McNaughton (2000) aggiorna ed estende la versione classica. Gli autori hanno aggiunto il sistema *Fight-Flight-Freezing* (FFFS, attacco-fuga-immobilizzazione) ritenuto responsabile della mediazione delle reazioni a stimoli avversivi di ogni tipo, condizionati ed incondizionati. Il sistema FFFS media l'emozione della paura ed il fattore di personalità associato comprende la predisposizione alla paura e l'evitamento, che è clinicamente “mappato” su disturbi come fobia e panico. Tale sistema è caratterizzato da irrigidimento posturale e da consistenti decrementi dell'attività cardiovascolare e somato-motoria. In termini evolutivi, la preda che rimane immobilizzata evita la cattura più facilmente, poiché la corteccia visiva e la retina dei mammiferi carnivori è predisposta primariamente per intercettare gli oggetti in movimento e non i colori (Bracha, 2004). Il comportamento di *freezing* appare nei casi in cui gli stimoli minacciosi sono inevitabili, mentre quelli evitabili inducono risposte di *fight/flight* legate a stati di collera o di paura. Il FFFS media tutte le stimolazioni avversive, cioè gli stimoli innati condizionati e incondizionati.

Nella revisione della teoria (Gray e McNaughton, 2000) il BAS è sensibile ad entrambi gli stimoli appetitivi, sia condizionati che incondizionati. Inoltre, la revisione postula che il sistema BIS entri in funzione solo quando sono attivati entrambi i sistemi FFFS e BAS, cioè quando il soggetto è investito da un conflitto approccio/evitamento che elicitava uno stato d'ansia. Inoltre, secondo gli autori, il pattern neurofisiologico che riflette, a livello vegetativo e motorio, la tipica reazione alla paura, sembra essere associato ad aree cerebrali specifiche, tra cui l'amigdala, l'ipotalamo mediale e la sostanza grigia periacqueduttale. Il BIS genera pertanto l'emozione dell'ansia, che comporta l'inibizione di comportamenti conflittuali, il coinvolgimento di processi di valutazione del rischio, la

scansione della memoria e dell'ambiente per aiutare a risolvere il conflitto di obiettivi concomitanti. In questa revisione, il BIS assume un nuovo fondamentale ruolo di risolutore del conflitto (*Goal Conflict Resolution*) creato dalla simultanea attivazione del BAS e dell'FFFS, ponendosi come meccanismo intermedio tra la tendenza alla risposta di approccio e quella di evitamento. Il BIS risolve i conflitti aumentando la valenza negativa degli stimoli fino a quando non si verifica una risoluzione comportamentale a favore dell'approccio o dell'evitamento. La personalità associata comprende predisposizione alla preoccupazione e ruminazione ansiosa, portando ad essere costantemente alla ricerca di possibili segni di pericolo, che mappano clinicamente condizioni come l'ansia generalizzata e il disturbo ossessivo-compulsivo. Esiste un livello ottimale di attivazione del BIS: poca attivazione porta alla ricerca del rischio (ad es. psicopatia) e troppa all'avversione al rischio (ansia generalizzata), entrambi riflettono una risoluzione non ottimale dei conflitti. Pertanto, nella versione rivisitata della RST (Gray e McNaughton, 2000), la funzione del BIS e del BAS è inquadrata in una cornice neuropsicologica volta a comprendere come il meccanismo di regolazione del comportamento sia strettamente legato alla personalità ed alle disfunzioni psicopatologiche.



## CAPITOLO II

# TEORIE E STRUMENTI ALLA BASE DELLO STUDIO COMPORTAMENTALE ED ELETTROFISIOLOGICO DELLE EMOZIONI

### 2.1 La *Right Hemisphere Hypothesis* e l'ipotesi della valenza

Nel corso dei decenni si sono susseguite numerose teorie e visioni contrastanti sul modo in cui il cervello elabora le emozioni; in particolare, sono stati avanzati due modelli principali riguardanti la relazione tra emozioni e lateralizzazione emisferica: la *Right Hemisphere Hypothesis* (Gainotti, 1972) e l'ipotesi della valenza (Davidson, 1984).

La prima teoria, conosciuta come *Right Hemisphere Hypothesis* (Gainotti, 1972), ha suggerito un generale predominio dell'emisfero destro (RH) per ogni tipo di risposta emozionale, indipendentemente dalla sua valenza positiva o negativa. Teorizza pertanto una dominanza dell'emisfero destro nella regolazione e nell'espressione delle emozioni. Questo modello è stato proposto da Gainotti (1972) sulla base di osservazioni cliniche fatte in pazienti con lesioni dell'emisfero destro o sinistro. I pazienti (afasici) con danno cerebrale sinistro mostravano tipicamente "reazioni catastrofiche" nei loro frustranti tentativi di espressione verbale, mentre i pazienti con gravi lesioni dell'emisfero destro mostravano tipicamente una "reazione di indifferenza" nei confronti della loro disabilità. Poiché questa reazione includeva una negazione o una mancanza di preoccupazione per la disabilità e per i fallimenti durante l'esame neuropsicologico e una tendenza dei pazienti a scherzare in modo fatuo, ironico o sarcastico, Gainotti propose che questo modello di comportamento era molto più anormale delle reazioni catastrofiche dei pazienti con danni all'emisfero sinistro. Si è ritenuto che le reazioni emotive anormali fossero dovute al maggiore coinvolgimento dell'emisfero destro nell'elaborazione emotiva, in accordo con la relazione che esiste tra i disturbi del linguaggio dei pazienti con danno cerebrale sinistro ed il predominio dell'emisfero sinistro per il linguaggio.

Tale teoria potrebbe anche spiegare alcune funzioni tipiche dell'emisfero destro, come la generazione automatica di sentimenti di familiarità, coinvolti nel riconoscimento dell'identità facciale (Gainotti, 2007). Quanto alle funzioni propriamente emotive, questo

modello potrebbe spiegare anche la persistenza nell'emisfero destro di un'elaborazione primitiva delle emozioni attraverso la via sottocorticale (LeDoux 1996). Recenti indagini hanno rilevato che l'amigdala destra gioca un ruolo fondamentale nella valutazione precoce dell'emotività degli stimoli; l'insula anteriore destra fornisce il substrato per stati emotivi soggettivi e la corteccia prefrontale ventromediale destra è coinvolta nel controllo e nella modulazione “*top-down*” di intense risposte emotive, supportando e fornendo un quadro aggiornato dei primi modelli che presupponevano una predominanza generale dell'emisfero destro per le emozioni (Gainotti, 2019).

Negli anni successivi ai primi studi sono state condotte diverse indagini sperimentali che valutavano la comprensione o la produzione di emozioni positive e negative attraverso l'espressione facciale o la prosodia emotiva vocale. I dati emersi mostrano che la comprensione e l'espressione delle emozioni attraverso il viso e la voce sono in larga misura lateralizzate nell'emisfero destro, indipendentemente dalla valenza emotiva (Ley & Bryden, 1979). Le differenze del campo visivo per il riconoscimento dell'espressione emotiva sono state studiate utilizzando una procedura tachistoscopica. Come stimoli sono stati usati immagini di cartoni animati di cinque personaggi maschi adulti, ciascuno con cinque espressioni emotive da estremamente positive a estremamente negative, presentati unilateralmente per 85 millisecondi (ms). Ai 20 partecipanti è stato chiesto di confrontare questo volto con un volto successivo presentato centralmente, e di decidere se le espressioni emotive dei due volti fossero uguali o differenti. È emersa una significativa superiorità del campo visivo sinistro (CVS) – il cui stimolo viene elaborato dall'emisfero destro – per il riconoscimento dell'espressione emotiva. I risultati di questo esperimento sono coerenti con la letteratura sperimentale e clinica che ha indicato una dominanza dell'emisfero destro per il riconoscimento facciale e per l'elaborazione degli stimoli emotivi (Ley & Bryden, 1979).

Studi su pazienti con lesioni cerebrali unilaterali hanno dimostrato che i pazienti con danno emisferico destro possono comprendere il significato di una frase, ma non sono in grado di riconoscere l'emozione espressa dal tono di voce di chi parla (Ross, 1981). Altri autori hanno mostrato che i pazienti con lesioni destre sono gravemente compromessi nel riconoscere le espressioni emotive facciali (Borod et al., 2002). Sebbene la maggior parte dei dati ottenuti in adulti sani e pazienti cerebrolesi supporti fortemente l'ipotesi di una dominanza generale dell'emisfero destro per la comprensione e l'espressione emotiva, i

risultati di alcune indagini (Reuter-Lorenz & Davidson, 1981; Sackeim & Grege, 1987; Mandal & Singh, 1990) condotte in partecipanti sani con diverse procedure sperimentali, potrebbero sostenere l'ipotesi di una diversa specializzazione dell'emisfero destro (RH) per le emozioni negative e dell'emisfero sinistro (LH) per le emozioni positive (Figura 2.1).

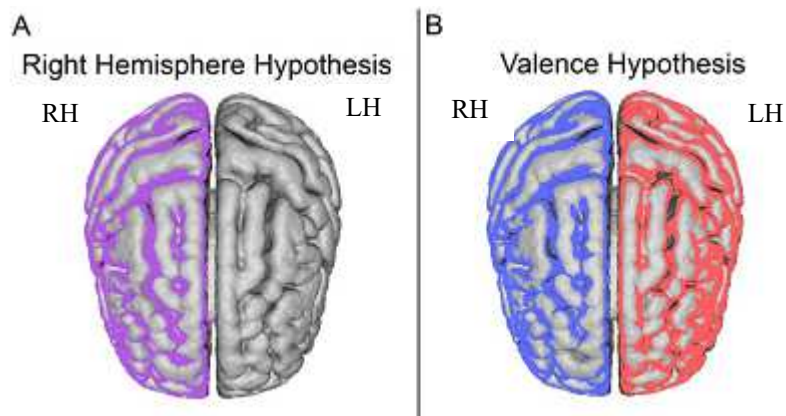


Figura 2.1: Due ipotesi per l'elaborazione delle emozioni nel cervello. L'ipotesi dell'emisfero destro (A) presuppone che l'emozione venga elaborata prevalentemente nell'emisfero destro. L'ipotesi della valenza (B) suggerisce che l'emisfero destro sia dominante nell'elaborazione delle emozioni negative e l'emisfero sinistro come dominante nell'elaborazione delle emozioni positive. (Figura adattata da Lindquist et al., 2012).

Questo modello, noto appunto come “ipotesi della valenza” (Davidson, 1984), assume una predominanza dell'emisfero sinistro per l'elaborazione delle emozioni positive e dell'emisfero destro per l'elaborazione delle emozioni negative, a partire dai risultati ottenuti su studi degli aspetti comunicativi non verbali delle emozioni in adulti sani e pazienti con lesioni cerebrali unilaterali. Reuter-Lorenz e Davidson (1981), infatti, indagando la comprensione emotiva con una presentazione tachistoscopica lateralizzata di volti emotivi nel campo visivo destro e sinistro, avevano evidenziato un vantaggio dell'emisfero destro per le emozioni negative, e un vantaggio dell'emisfero sinistro per le emozioni positive.

Il ruolo dominante dell'emisfero destro nella percezione delle emozioni è stato dimostrato per la comprensione uditiva delle informazioni emotive (Heilman et al., 1975), l'apprezzamento della prosodia nel discorso (Ross, 1981) e la percezione dell'emotività facciale (Borod, 1992). Tuttavia, le differenze individuali in queste asimmetrie emisferiche sono importanti (Levy, 1983) e il loro significato non è ben compreso. Nel loro lavoro, Lane et al. (1995) hanno indagato se una nuova misura di differenziazione e

complessità nell'elaborazione cognitiva delle informazioni emotive possa aiutare a spiegare il significato funzionale delle differenze individuali nel grado di asimmetria interemisferica nella percezione dell'emozione facciale. I dati sui tempi di reazione indicano forti differenze tra i campi visivi nell'elaborazione dei volti felici rispetto a quelli tristi. Quando vengono presentati inizialmente all'emisfero sinistro (cioè nel campo visivo destro, CVD), i volti felici vengono percepiti più rapidamente rispetto ai volti tristi. Un pattern opposto è emerso quando le facce sono state inizialmente presentate all'emisfero destro (cioè nel campo visivo sinistro, CVS). L'attuale serie di risultati dimostra che gli emisferi rispondono in maniera selettiva quando percepiscono emozioni diverse, mettendo così in discussione l'ipotesi della dominanza dell'emisfero destro per l'elaborazione di tutte le emozioni.

Terzian & Cecotto (1959) e Rossi & Rosadini (1967) hanno riferito che l'iniezione di sodio amytal nella carotide sinistra produce una "reazione depressiva catastrofica" (caratterizzata da un atteggiamento triste con scoppi di lacrime), mentre l'inattivazione dell'emisfero destro (RH) è seguita da una reazione "euforico-maniacale", ed hanno attribuito queste diverse reazioni emotive all'interruzione dei meccanismi neurali alla base di aspetti opposti dell'umore. Le reazioni depressivo-catastrofiche sono state attribuite all'inattivazione di un centro per le emozioni positive situato nell'emisfero sinistro, mentre le reazioni euforico-maniacali all'interruzione di un centro per le emozioni negative situato nell'emisfero destro. L'ipotesi della valenza, o della lateralizzazione, dichiara inoltre che le regioni prefrontali di sinistra potrebbero essere collegate al comportamento di avvicinamento ed al mantenimento degli obiettivi, mentre le aree prefrontali di destra potrebbero essere associate ad un comportamento di evitamento/ritiro. È interessante inoltre notare che le emozioni negative più forti in persone depresse potrebbero essere dovute all'ipoattivazione della corteccia prefrontale sinistra (Davidson et al., 2002). Secondo tale approccio, dunque, sarebbe presente una specializzazione emisferica per quanto concerne le emozioni, non una dominanza emisferica, come ipotizzato dalla *Right Hemisphere Hypothesis*.

Nel 1992 Davidson ha passato in rassegna le ricerche sull'asimmetria cerebrale e l'espressione delle emozioni svolte fino a quel momento. Gli studi descritti suggeriscono che i sistemi neurali che mediano le emozioni e le azioni legate all'approccio e al ritiro sono, in parte, rappresentati nelle regioni frontali sinistra e destra, rispettivamente, e che



le differenze individuali nei livelli di attivazione di questi sistemi costituiscono lo stile affettivo di una persona (Davidson, 1992). Davidson (1984) presentò una rassegna dei risultati di laboratorio a sostegno della sua teoria. Alcune ricerche iniziali su popolazioni cliniche evidenziarono un'elevata incidenza di emotività negativa e "reazioni catastrofiche" tra i pazienti con danno unilaterale dell'emisfero sinistro, caratterizzate da eccessivo affetto negativo, paura e pessimismo sul futuro (Alford, 1933; Goldstein, 1939) e reazioni prevalentemente di indifferenza, associate ad anosognosia e mancanza di responsività emotiva, o reazioni euforiche (che includevano manifestazioni inadeguate di affetto positivo, scherzi, risate) tra i pazienti con danno unilaterale dell'emisfero destro (Hécaen et al., 1951; Denny-Brown et al., 1952). A due gruppi costituiti da 80 pazienti con danno all'emisfero sinistro e 80 con danno all'emisfero destro è stata somministrata una batteria di test neuropsicologici, con l'obiettivo di effettuare un'analisi dettagliata delle loro reazioni emotive di fronte ai fallimenti. I comportamenti che denotano una reazione catastrofica o che indicano un orientamento ansioso-depressivo dell'umore (reazioni ansiose, scoppi di lacrime, rinuncia depressa o netto rifiuto di proseguire l'esame) sono risultati più frequenti tra i pazienti con danno cerebrale sinistro. Al contrario, i sintomi che denotano reazioni emotive opposte (anosognosia, minimizzazione, reazioni di indifferenza e tendenza allo scherzo) ed espressioni di odio verso gli arti paralizzati sono risultate significativamente più frequenti tra i pazienti con una lesione dell'emisfero destro. Le reazioni depressive e catastrofiche dei pazienti con danno cerebrale sinistro sono state riscontrate principalmente in coloro che presentavano afasia grave, e sono apparse generalmente dopo ripetuti fallimenti nella comunicazione verbale. Risultati coerenti sono stati ottenuti in una revisione di 109 casi di pazienti con risata e pianto patologici (Sackeim et al., 1982). Questi ricercatori hanno scoperto che le lesioni dell'emisfero sinistro erano più frequentemente associate al pianto, mentre le lesioni dell'emisfero destro erano spesso associate alla risata. Altri ricercatori hanno anche riportato una percentuale più elevata di anomalie nel tracciato EEG dell'emisfero destro, rispetto a quello sinistro, tra i pazienti depressi rispetto ai controlli (Abrams & Taylor, 1979).

Per testare sia la RHH che l'ipotesi della valenza, nello studio di Killgore & Yurgelun-Todd (2007), i partecipanti hanno osservato, durante la risonanza magnetica funzionale, diversi stimoli: alcuni presentavano un viso caratterizzato da una metà del volto con

un'espressione felice o triste, e l'altra metà da un'espressione neutra, ciascuno di questi stimoli era presentato per 20 ms e subito seguito dall'immagine del volto interamente con un'espressione neutra. I risultati suggeriscono che le aree posteriori dell'emisfero destro vengono attivate genericamente durante la percezione emotiva del viso indipendentemente dalla valenza affettiva, sebbene una maggiore attivazione sia prodotta da segnali facciali con valenza negativa. Ovvero, l'attività cerebrale era maggiore nell'emisfero destro durante tutte e quattro le condizioni affettive dell'emifaccia indipendentemente dalla valenza affettiva (felice vs. triste) o dal campo visivo di presentazione (CVS o CVD). L'emisfero destro, infatti, era attivato in modo più esteso rispetto al sinistro durante la visione dei visi emotivi, indipendentemente dalla valenza dello stimolo o dal campo visivo di input. Tuttavia, è possibile che le corteccie prefrontali siano impegnate bilateralmente nell'elaborazione a valle dell'informazione, ma che il pattern di attivazione lateralizzato emerso rappresenti un maggiore "sforzo" investito nell'elaborazione delle informazioni affettive della metà della corteccia prefrontale, che è meno specializzata per quella particolare emozione, nel caso dell'emisfero destro l'emozione positiva. L'emisfero sinistro (aree posteriori) era generalmente meno attivato dai volti emotivi, ma sembrava anche reclutare regioni cerebrali anteriori bilaterali in modo specifico per la valenza dell'emozione presentata dal volto. Supponendo, infatti, che l'emisfero sinistro sia in effetti "sfavorito" nell'elaborazione delle manifestazioni facciali di emozioni rispetto a quello destro, come riporta la RHH, è probabile che abbia maggiori difficoltà a discriminare tra l'ampia gamma di espressioni emotive negative, di cui esistono almeno quattro o cinque categorie di base (ad es. rabbia, tristezza, disgusto, paura e disprezzo; Ekman, 1992). Al contrario, le espressioni emotive positive possono essere relativamente meno impegnative da identificare per tale emisfero, perché possono essere approssimativamente riassunte in un'unica ampia categoria di "felicità", la più facilmente identificabile di tutte le emozioni (Esteves & Ohman, 1993). Di conseguenza, le espressioni positive visualizzate nel campo visivo destro e proiettate nell'emisfero sinistro, emotivamente non dominante, possono essere identificate più facilmente delle espressioni negative, a causa della limitata elaborazione necessaria per riconoscere la categoria generale delle emozioni positive. Pertanto, questi risultati di *neuroimaging* funzionale suggeriscono un complesso sistema di percezione emotiva lateralizzato che comprende i processi proposti sia dalla *Right Hemisphere Hypothesis* che dall'ipotesi

della valenza, evidenziando i meriti di due teorie che sembrano affrontare componenti separate, ma interconnesse, dello stesso sistema, e riflettere diverse sfaccettature di un complesso sistema di elaborazione delle emozioni (Killgore & Yurgelun-Todd, 2007).

Inoltre, alcune prove suggeriscono che la lateralizzazione della percezione emotiva può essere influenzata da variabili individuali come il genere (Killgore & Gangestad, 1999), la manualità (Rodway et al., 2003) o anche lo stato d'animo attuale (Killgore & Cupp, 2002). Un'ulteriore ricerca (Smith & Bulman-Fleming, 2005) ha messo in discussione la *Right Hemisphere Hypothesis* rilevando le asimmetrie emisferiche per la percezione conscia e inconscia degli stimoli emotivi. Parole negative, positive e neutre sono state presentate per 17 ms in un campo visivo o nell'altro. La percezione cosciente è stata misurata utilizzando una misura soggettiva del rapporto di consapevolezza riportata dai partecipanti ogni prova. La percezione inconscia è stata misurata utilizzando un "compito di esclusione", in cui veniva richiesto di procedere al completamento della radice delle parole. È emerso un vantaggio dell'emisfero destro per la percezione cosciente di informazioni negative, ma uno svantaggio dell'emisfero destro per la percezione inconscia di informazioni negative. Contrariamente alle previsioni dell'ipotesi dell'emisfero destro, non c'erano asimmetrie emisferiche per la percezione di informazioni emotive positive, suggerendo così che l'ipotesi dell'emisfero destro potrebbe non essere applicabile a tutti gli studi comportamentali. Ci sono due importanti implicazioni della ricerca attuale: in primo luogo, il vantaggio di RH per la percezione cosciente e il relativo deficit di RH per la percezione inconscia replica la precedente ricerca degli autori (Smith & Bulman-Fleming, 2004); in secondo luogo, il mancato rilevamento delle differenze emisferiche per la percezione delle emozioni positive forniscono prove contro l'ipotesi della *Right Hemisphere Hypothesis*. Se questa ipotesi fosse del tutto valida, infatti, gli stimoli negativi e positivi avrebbero suscitato risultati simili. Invece, il vantaggio previsto dell'emisfero destro è stato trovato solo per gli stimoli negativi. È possibile, dunque, che i risultati di tali studi siano meglio spiegati dall'ipotesi della valenza (Davidson, 1984) o da un ibrido di queste due teorie.

Un filone di ricerca ha esaminato come il danno cerebrale potrebbe alterare l'esperienza delle emozioni ed esplorare i meccanismi neurali e psicologici sottostanti. Questo è stato particolarmente studiato in pazienti con negazione del deficit (anosognosia) dopo lesioni cerebrali del lato destro. Questi pazienti spesso non hanno mostrato le risposte emotive

negative alla loro paresi che ci si potrebbe aspettare. In particolare, hanno avuto meno episodi di pianto e crollo emotivo (le cosiddette reazioni "catastrofiche") rispetto a quelli con lesioni dell'emisfero sinistro. Questi pazienti spesso non erano semplicemente inconsapevoli dei loro deficit, ma a volte erano inutilmente ottimisti riguardo alla loro condizione medica (cioè "euforico-maniacali"). L'osservazione di questi pazienti suggerisce che l'"assenza" di emozioni negative dopo un danno all'emisfero destro fosse correlata alla compromissione di un sistema specializzato nell'elaborazione di emozioni con questa valenza. Sarebbe, dunque, presente un sistema frontale destro specializzato e coinvolto in stati emotivi negativi (correlati al ritiro), con regioni frontali sinistre associate ad emozioni positive (correlate all'approccio). Pertanto, Davidson ha interpretato le reazioni depressive in pazienti con lesioni del lato sinistro come il risultato di un'interruzione di un sistema di emozioni positive (Davidson & Irwin, 1999). Al contrario, l'anosognosia risulterebbe da un'interruzione di un sistema emotivo negativo (lato destro), lasciando il paziente con solo un sistema emotivo positivo (Turnbull et al., 2021).

Schaffer, Davidson & Saron (1983) hanno studiato l'asimmetria EEG frontale e parietale a riposo in un gruppo di 6 adulti con depressione e 9 controlli sani. Dai risultati è emerso che la principale differenza tra i gruppi è che i pazienti depressi mostrano una maggiore attivazione frontale destra, mentre i controlli mostrano una leggera attivazione frontale sinistra. Dai dati emergono tre importanti conclusioni: (1) è più probabile che il danno dell'emisfero sinistro porti ad un'accentuazione delle emozioni negative ed alla manifestazione di una reazione catastrofico-depressiva; invece il danno dell'emisfero destro è più spesso associato a indifferenza o euforia; (2) gli individui che presentano depressione hanno un'attivazione dell'emisfero destro accentuata in particolari regioni corticali rispetto ai controlli; (3) queste differenze emisferiche sono più evidenti nella regione frontale. Tali dati supportano l'ipotesi di un'iperattivazione dell'emisfero destro nella regione frontale degli individui depressi, e sono coerenti con gli studi secondo cui le regioni frontali sinistra e destra possono essere diversamente specializzate per particolari affetti positivi e negativi. L'associazione dell'asimmetria del lobo frontale con il comportamento affettivo non sorprende sulla base dell'anatomia di questa regione cerebrale: i lobi frontali hanno una reciprocità anatomica più estesa con le strutture limbiche rispetto a qualsiasi altra regione corticale (Kelly, 1973).

Suberi & McKeever (1977) hanno invece studiato la memoria di riconoscimento per i volti emotivi e non emotivi (neutri) nei due campi visivi, ed hanno trovato un maggiore vantaggio del campo visivo sinistro (emisfero destro) caratterizzato da un tempo di reazione più veloce nel riconoscimento dei volti emotivi rispetto a quelli non emotivi. I risultati sono coerenti con precedenti prove tachistoscopiche di superiorità dell'emisfero destro nella velocità di riconoscimento facciale, e supportano un modello di specializzazione emisferica nell'elaborazione dell'emozione, andando a sostenere in particolare la *Right Hemisphere Hypothesis*. Allo stesso modo, Ley & Bryden (1979) hanno svolto uno studio in cui ai partecipanti era richiesto di riconoscere facce emotive che erano esposte in modo tachistoscopico a ciascun campo visivo. In tutte le emozioni, i soggetti in media hanno mostrato un vantaggio del campo visivo sinistro per questo compito. Tuttavia, quando sono state esaminate le emozioni separate, è stato riscontrato che i soggetti commettevano più errori quando venivano presentate espressioni estremamente positive al campo visivo sinistro rispetto alla presentazione di espressioni estremamente negative allo stesso campo visivo.

In un esperimento progettato per valutare le differenze nella percezione degli stimoli emotivi positivi e negativi (Reuter-Lorenz & Davidson, 1981) ai partecipanti sono state presentate contemporaneamente delle immagini di volti con espressioni emotive e neutre, con uno stimolo che veniva presentato al campo visivo sinistro (CVS) e l'altro presentato al campo visivo destro (CVD). I soggetti dovevano indicare da quale parte era stata presentata la faccia emotiva e veniva registrato il tempo di reazione alla pressione di un pulsante. Le facce felici ricevevano una risposta più rapida quando venivano mostrate nel campo visivo destro, rispetto a quando venivano presentate nel campo visivo sinistro. Risultati opposti sono stati invece ottenuti in risposta alle facce tristi. In un ulteriore studio (Davidson et al., 1987) è stato condotto un esperimento in cui sono stati mostrati volti emotivi o neutri al campo visivo sinistro o destro. Quando ai partecipanti è stato chiesto di valutare il grado in cui il viso evocava in loro varie emozioni, sono emersi effetti significativi del campo visivo. In particolare, quando è stato chiesto di valutare quanto si fossero sentiti felici in risposta agli stimoli, i soggetti hanno riferito di aver sperimentato più felicità in risposta ai volti presentati al campo visivo destro (cioè all'emisfero sinistro) rispetto alle risposte ai volti identici ma presentati nel campo visivo sinistro (emisfero destro). Inoltre, sono emerse valutazioni più elevate della tristezza in

risposta alla presentazione degli stimoli nel campo visivo sinistro rispetto alle presentazioni nel campo visivo destro. Secondo Davidson, i risultati precedentemente riportati suggeriscono che esistono differenze emisferiche nel dominio emotivo, e si discostano dall'idea che l'emisfero destro sia prevalentemente coinvolto in tutti i comportamenti emotivi. I dati elettrofisiologici su popolazioni cliniche e adulti di controllo, così come su campioni di neonati, sostengono dunque che la regione frontale è un sito importante per l'asimmetria affettiva. Studi su tutte e tre le popolazioni hanno indicato che le attivazioni asimmetriche, registrate a livello del lobo frontale, discriminano tra determinate condizioni emotive positive e negative. I dati non escludono la possibilità che anche altre regioni corticali mostrino modelli simili di attivazione asimmetrica. In effetti, alcuni studi (per es. Flor-Henry et al., 1979) hanno riscontrato asimmetrie simili nella regione temporale. Inoltre, sulla base dell'evidenza anatomica, è probabile che le regioni frontale e temporale siano i due siti corticali per le attivazioni asimmetriche nell'ambito delle emozioni, poiché queste aree hanno ampie connessioni anatomiche con strutture limbiche che sono implicate nel comportamento emotivo. I risultati sulla lateralizzazione emisferica per stimoli emozionali indicano che nell'uomo esiste un importante sistema corticale che differenzia tra certe emozioni positive e negative. Basandosi sulle asimmetrie elettroencefalografiche (EEG) osservate a livello dei lobi frontali durante l'elaborazione di emozioni positive e negative, Davidson (1992) ha affermato che queste asimmetrie non sono legate alla valenza degli stimoli emotivi, ma ai sistemi motivazionali coinvolti da questi stimoli. L'autore ha proposto che la corteccia prefrontale sinistra (PFC) possa essere coinvolta in un sistema che facilita l'approccio agli stimoli appetitivi, mentre la PFC destra potrebbe essere coinvolta in un sistema che facilita il ritiro da stimoli avversi. Nel suo resoconto teorico, egli assegna un ruolo importante nel comportamento correlato all'approccio e al ritiro, rispettivamente, alle regioni frontali e temporali anteriori sinistra e destra dei due emisferi. Concludendo, numerosi studi hanno suggerito che le regioni corticali frontali sinistra e destra sono coinvolte in modo asimmetrico nell'espressione e nell'esperienza delle emozioni, suggerendo che l'attività corticale frontale sinistra è associata ad emozioni positive e comportamenti di approccio; mentre l'attività corticale frontale destra è associata ad emozioni negative e comportamenti di evitamento (Harmon-Jones, 2003). Inoltre, ricerche più recenti, principalmente sulla rabbia, suggeriscono che una maggiore attività

corticale frontale sinistra rispetto a destra è associata all'approccio che può essere sia con valenza positiva (per es. entusiasmo) che con valenza negativa (per es. rabbia), (Harmon-Jones et al., 2010).

## **2.2 Lo studio delle emozioni in laboratorio: gli strumenti utilizzati nella misura delle emozioni**

Le emozioni possono essere studiate e misurate attraverso almeno tre diverse modalità di risposta: fisiologica, cognitiva e comportamentale (Lang, 1985). All'interno di questo ampio approccio alla definizione delle emozioni, ci sono almeno due prospettive principali adottate per comprenderle in modo più specifico. Il primo approccio può essere definito prospettiva discreta delle emozioni, che considera le emozioni risposte specifiche, interculturali, innate e sistemiche (Ekman, 1992). Ad esempio, si può pensare alla paura come un'emozione che, in tutte le culture, è caratterizzata da un'elevata eccitazione fisiologica, minaccia percepita e comportamento di fuga (Barlow 2002). D'altro canto, la prospettiva dimensionale suggerisce che le emozioni sono risposte a stimoli ambientali che variano lungo le dimensioni di caratteristiche chiave. All'interno della prospettiva dimensionale sull'emozione, la teoria ed il lavoro empirico suggeriscono almeno tre caratteristiche fondamentali ad una risposta emotiva: valenza/piacevolezza, eccitazione/arousal e dominio/controllo (Osgood et al., 1957).

Gli strumenti self-report sono utilizzati comunemente per misurare le dimensioni di una risposta emotiva.

La *Semantic Differential Scale* (SDS; Mehrabian e Russell, 1974) è uno strumento che è stato ampiamente utilizzato per misurare la valenza, l'eccitazione e il grado di controllo elicitati dalla visione di uno stimolo emotigeno, mediante 18 coppie di aggettivi valutati per mezzo di una scala Likert a 9 punti. Tuttavia, con questa misura sono emerse limitazioni significative, tra cui un laborioso set di dati che era difficile da analizzare e difficile da utilizzare con individui di culture non anglofone e con popolazioni che non possiedono adeguate capacità linguistiche (ad es. bambini, pazienti afasici, ecc.), (Bradley & Lang, 1994).

Al fine di affrontare tali limiti Bradley e Lang (1984) hanno ideato il SAM (*Self-Assessment Manikin*) per valutare una risposta emotiva ad un oggetto o evento. Il SAM è uno strumento contenente cinque immagini per ciascuna delle tre dimensioni affettive che

il partecipante valuta su una scala da 1 a 9 punti. Il SAM è una tecnica di valutazione comportamentale breve e non verbale dello stato emotivo che è stata utilizzata in vari contesti e con varie popolazioni (ad esempio, sesso, età, etnia; Bradley et al., 1992; Lang, 1985). Si basa su modelli dimensionali dell'emozione, e quindi misura le dimensioni chiave della risposta emotiva (Bynion & Feldner, 2020) mediante le immagini. Il questionario è stato progettato per misurare tre caratteristiche della risposta emotiva che sono state identificate come centrali per l'emozione nella ricerca condotta da Lang et al., (1993). Nello specifico, il SAM è composto da scale a singolo *item* che misurano la valenza/piacevolezza della risposta (da positivo a negativo), l'eccitazione percepita (da livelli alti a livelli bassi) e le percezioni di dominanza/controllo (da livelli bassi ad alti). Lo strumento SAM può essere somministrato tramite computer e utilizza una scala a 21 punti, o esiste anche una versione carta e matita in cui gli intervistati esprimono il loro giudizio in una scala da 1 a 9. La valenza va da positiva (rappresentata da una figura sorridente), a neutra, a negativa (una figura accigliata). L'eccitazione (arousal) va da una attivazione elevata (rappresentata da un omino con occhi spalancati) ad una bassa eccitazione (occhi chiusi). La scala di eccitazione, utilizzando le stesse cifre, raffigura anche l'intensità di eccitazione con immagini aggiuntive sull'area dell'addome che vanno da alta intensità (immagini che rappresentano un'esplosione) a bassa intensità (immagini che rappresentano una piccola puntura di spillo). Infine, il dominio/controllo varia dal sentirsi controllato o sottomesso (una figura molto piccola) al sentirsi in controllo o dominante (una figura molto grande). Lo strumento è raffigurato in Figura 2.2.

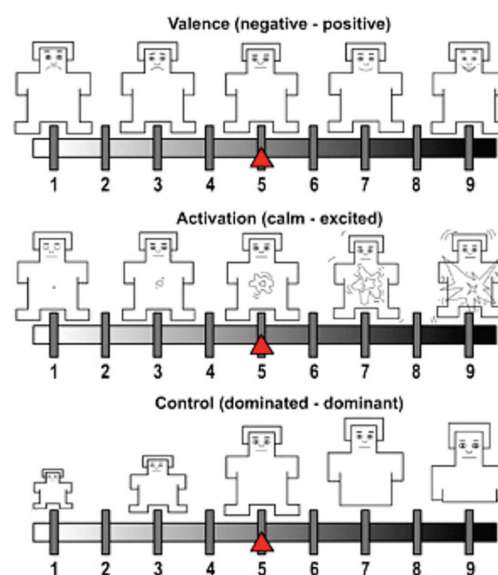


Figura 2.2: Il “Self-Assessment Manikin”.



Per quanto concerne le possibili applicazioni, il SAM è una misura basata su immagini che quindi può essere pensata come priva di linguaggio. Pertanto, l'uso del SAM non è circoscritto a nessuna cultura e può essere facilmente compreso ed appropriato per l'uso in diversi paesi (Bradley et al. 1992). Allo stesso modo, il SAM può essere somministrato efficacemente sia con bambini ed adulti, sia con varie popolazioni cliniche (Bradley e Lang, 1994). Un'altra caratteristica che lo rende ampiamente applicabile è la brevità. Grazie a ciò può essere usato per catturare emozioni in risposta ad una vasta gamma di metodi di elicitazione delle stesse (Bynion & Feldner, 2020).

L'*International Affective Picture System* (IAPS; Lang et al., 1997) è un famoso database di immagini sviluppato per fornire una serie di stimoli emotivi standardizzati per le indagini sperimentali sull'emozione e l'attenzione. È composto da un'ampia serie di fotografie a colori standardizzate, emotivamente evocative ed accessibili a livello internazionale, che include valutazioni di piacere, eccitazione e dominanza. Lo IAPS comprende circa 956 immagini a colori che vanno da oggetti e scene di uso quotidiano, come mobili per la casa e paesaggi, a scene estremamente rare o eccitanti, come corpi mutilati e nudi erotici (Mikels et al., 2005). Lo IAPS utilizza stimoli che sono stati validati su una grande coorte di partecipanti, rivelando che le immagini proposte riescono a suscitare un coinvolgimento emotivo nei soggetti sperimentali, testando così l'efficacia di tale strumento. È stato validato per l'elicitazione delle emozioni sia a valenza negativa che positiva. Questi dati rivelano molteplici categorie emotive per le immagini, e indicano che questo set di immagini ha un grande potenziale negli studi di laboratorio (Mikels et al., 2005). Lo IAPS è attualmente utilizzato in indagini sperimentali sulle emozioni e l'attenzione in tutto il mondo, poiché fornisce un controllo sperimentale nella selezione degli stimoli emotivi, facilita il confronto dei risultati tra diversi studi e incoraggia la replica all'interno laboratori di ricerca psicologici e neuroscientifici.

La presentazione delle immagini si è dimostrato un approccio potente e controllabile che ha permesso di studiare i meccanismi sottostanti l'elaborazione delle emozioni in condizioni normali o potenzialmente patologiche. Infine, la disponibilità di un'ampia serie di stimoli affettivi standardizzati per i ricercatori sulle emozioni, ciascuno identificato da un numero e corredato di dati valutativi, fornisce inoltre una base per una replica esatta nelle diverse indagini di laboratorio che desiderino studiare le emozioni.

Le immagini emotigene sono uno degli strumenti più utilizzati: infatti sono una classe di stimoli molto facili da implementare in un esperimento. Inoltre, pongono uno sforzo di elaborazione molto basso ai partecipanti, facilitandone l'uso con diverse popolazioni (es. bambini, campioni clinici). Un'altra caratteristica utile delle immagini è che forniscono agli sperimentatori la capacità di controllare le caratteristiche percettive degli stimoli, e anche di manipolarli sperimentalmente, consentendo così un grande controllo generale. Infine, è importante riconoscere che la grande diffusione delle immagini come mezzo di elicitazione delle emozioni è dovuta alla grande disponibilità di database, tra cui appunto ricordiamo IAPS, POFA, KDEF, NAPS. La POFA (*Picture of Facial Affect*; Ekman, 1976) è uno strumento composto da 110 fotografie in bianco e nero di espressioni facciali che sono state ampiamente utilizzate negli studi interculturali e, più recentemente, nella ricerca neuropsicologica. Il KDEF (*Karolinska Directed Emotional Faces*; Lundqvist et al., 1998) è un database di 490 immagini di espressioni facciali emotive da utilizzare nella ricerca sulle emozioni. Il NAPS (*Nencki Affective Picture System*; Marchewka, 2014) sviluppato per contrastare alcune limitazioni tra cui un numero limitato di stimoli in categorie specifiche o una scarsa qualità dell'immagine degli stimoli visivi, consiste in 1.356 fotografie realistiche di alta qualità suddivise in cinque categorie (persone, volti, animali, oggetti e paesaggi).

Tuttavia, la necessità di una serie convalidata di *clip* emotive per suscitare le emozioni in un contesto sperimentale è in aumento (Maffei & Angrilli, 2019): infatti, l'induzione di uno stato emotivo in laboratorio rappresenta un problema nelle indagini sulle emozioni umane. Un aspetto critico riguarda la necessità di trovare un equilibrio tra il controllo psicométrico delle principali variabili percettive (luminosità, colore, livello sonoro, tono sonoro, durata, ecc.), e la capacità di indurre un'emozione efficace, ecologica e spontanea in laboratorio. Ci sono molti metodi diversi disponibili per l'induzione delle emozioni: immagini emotive, presentazione di stimoli visivi (diapositive e video), presentazione di suoni o musica, ricordo di memorie autobiografiche e, più recentemente, realtà virtuale. Tuttavia, come riportano Maffei & Angrilli (2019), le immagini hanno alcune limitazioni importanti. Una delle carenze più critiche è che sono statiche, quindi l'esperienza affettiva suggerita dalla visualizzazione delle immagini non è né forte, né sufficientemente ecologica rispetto a quella indotta con una modalità dinamica, come la presentazione video (Westermann et al., 1996). I filmati consentono infatti una stimolazione

multimodale dello spettatore, con un coinvolgimento simultaneo e coerente del sistema sensoriale visivo e uditivo. Sono adatti per suscitare emozioni di base, come paura o disgusto, così come per indurre sentimenti più complessi. Inoltre, la recente diffusione delle moderne applicazioni *software* di *editing video* ha reso molto semplice la selezione e l'*editing* di clip video per un uso sperimentale. Due lavori storici in questo campo sono stati realizzati da Philippot (1993) e da Gross & Levenson (1995), che per primi hanno studiato sistematicamente l'efficacia dei filmati per l'induzione emotiva e hanno costruito un set di dati convalidato di stimoli. Tali autori si sono dunque interrogati sulla necessità di utilizzare stimoli dinamici (video) per suscitare risposte emotive in laboratorio nella maniera più ecologica, realistica ed affidabile possibile. I loro lavori sono stati seguiti negli ultimi anni da nuovi sforzi per fornire set di dati estesi, più ampi e aggiornati di cortometraggi (Rottenberg, et al., 2007); (Schaefer et al., 2010); (Gabert-Quillen, et al., 2015). Ciascuno di questi set di dati ha l'obiettivo di colmare il divario nella disponibilità di stimoli standardizzati, che ha limitato l'applicazione di questo metodo. Il lavoro di Maffei & Angrilli, (2019), mirava a fornire un *database* di filmati progettati esplicitamente per soddisfare le esigenze di studi di *neuroimaging* e della ricerca psicofisiologica, contrastando la diffusione di strumenti che utilizzano *clip* prive di dati di validazione su vasta scala e che potrebbero limitare la generalizzabilità dei risultati.

Nel *database* di filmati ideato da Maffei & Angrilli (2019) per l'induzione sperimentale delle emozioni, denominato E-MOVIE, sono utilizzati estratti da film commerciali secondo diversi criteri: 1) durata di circa due minuti per consentire l'induzione della maggior parte delle emozioni, anche quelle che richiedono più tempo per svilupparsi (es. tristezza, compassione); 2) capacità di favorire uno sviluppo coerente e di facile comprensione della trama (senza cambiamenti improvvisi o transizioni); 3) selezione di scene che mostrino la parte più eccitante della *clip* nel secondo minuto. Il *database* si è rivelato efficace per la manipolazione affettiva e l'elicitazione di diversi stati emotivi. È stato costruito con lo scopo di fungere da strumento flessibile per i ricercatori e, rispetto ai *database* del passato, sono state inserite nuove categorie di *clip* altamente omogenee.

Al fine di fornire stimoli adatti all'elicitazione dello stato affettivo positivo e negativo, gli stimoli presentati sono organizzati in sei categorie di filmati: tre negativi (paura, tristezza e compassione), due positivi (erotici e scenari) e una categoria neutra. Una caratteristica innovativa di E-MOVIE è stata l'introduzione di due nuove categorie emotive non

presenti nei precedenti database di filmati: scenario e compassione, al fine di aumentare la gamma di emozioni che i *videoclip* possono suscitare nei partecipanti. Scenario è una categoria positiva che induce nell'osservatore una risposta contemplativa, mentre la categoria compassione può servire a generare ipotesi specifiche su individui con disturbi di personalità o psichiatrici caratterizzati da empatia alterata. Per studiare il profilo affettivo suggerito da ciascuna categoria 174 partecipanti hanno valutato i film su più dimensioni. Le *clip* erotiche si sono dimostrate efficaci nell'indurre uno stato emotivo positivo, caratterizzato da alti livelli di eccitazione. D'altra parte, le *clip* di paura (prive della presenza di sangue e mutilazioni poiché queste provocano nello spettatore reazioni cognitive, comportamentali e fisiologiche molto specifiche) provocano un affetto caratterizzato da alta eccitazione, bassa valenza e alti livelli di paura ed ansia. Le *clip* di compassione, caratterizzate dalla rappresentazione di persone in lacrime, inducono uno stato affettivo dominato dalla tristezza e dal sentimento di commozione, coerente con una reazione empatica alla sofferenza emotiva. Le *clip* di tristezza, invece, hanno suscitato uno stato affettivo caratterizzato da tristezza insieme ad angoscia. Le *clip* che raffigurano ambienti naturali (scenario) hanno suscitato nello spettatore uno stato affettivo sorpreso e ispirato, caratterizzato da alta valenza ed eccitazione (soprattutto nei maschi), classificandoli come più piacevoli rispetto alle *clip* che raffigurano la manipolazione di oggetti, ovvero la condizione neutra. Gli sviluppi futuri di questo *database* includono: l'aggiunta di nuove categorie emotive omogenee (es. mutilazioni, sangue, disgusto per lo sporco, ecc.) allargando il campione di partecipanti in diversi paesi, lingue e culture e lo studio di pazienti neurologici e psichiatrici con deficit specifici nella risposta emotiva. In conclusione, i filmati permettono quindi di suscitare con maggiore intensità sia stati affettivi semplici che complessi e, allo stesso tempo, tali stimoli rappresentano anche un metodo ecologico per indurre un'esperienza emotiva dal vivo e costituiscono un metodo ideale per indagare come le differenze nelle capacità empatiche modulino la reattività emotiva dell'individuo (Maffei et al., 2019).

Inoltre, il valore aggiunto nell'utilizzo dei filmati al fine di elicitare emozioni in un contesto sperimentale, può essere esposto mediante alcune dimensioni chiave salienti per la selezione e l'uso di queste procedure (Rottenberg et al., 2007).

-Intensità emotiva: gli sperimentatori devono affrontare importanti vincoli etici per quanto riguarda la forza delle risposte emotive che possono suscitare poiché l'esperienza

di intense emozioni negative può essere dolorosa e traumatica. La potenza relativa dei film può essere dovuta in parte al potere intrinseco di stimoli accuratamente elaborati, e dinamici. Ci sono anche prove che i film sono in grado di suscitare attivazioni attraverso molti dei sistemi di risposta associati alle emozioni. Nella misura in cui i ricercatori vogliono suscitare risposte ampie e multisistema, i film possono avere vantaggi rispetto ad altre procedure.

-Complessità: un filmato può essere una sequenza dinamica, visiva e uditiva (o muta) che descrive temi complessi. I filmati utilizzati per l'induzione delle emozioni tendono ad essere dinamici, multimodali e narrativi di una sequenza di eventi. Date queste caratteristiche, quindi, la maggior parte dei film che suscitano emozioni richiedono livelli relativamente elevati di sforzo cognitivo ai partecipanti, potenzialmente uno svantaggio quando si testano popolazioni come bambini piccoli o adulti con problemi cognitivi.

-Cattura dell'attenzione: in quanto *display* dinamico che coinvolge modalità sia visive che uditive, i filmati sono consigliati per catturare l'attenzione. In effetti, l'efficacia del film può essere ridotta da svolgimento di compiti concorrenti; pertanto, i film possono essere una procedura non ottimale in contesti sperimentali in cui i partecipanti devono svolgere un compito secondario (ad esempio, calcoli numerici).

-Standardizzazione: il contenuto dello stimolo, l'apparato di presentazione e le condizioni di visualizzazione possono essere tutti fortemente controllati con i video. La standardizzazione dei filmati è quindi elevata, consentendo la potenziale replicazione degli effetti tra i laboratori.

-Considerazioni temporali: i fenomeni che vengono modificati dall'emozione nell'arco di secondi o millisecondi (come il riflesso di sorpresa, i potenziali cerebrali correlati agli eventi o le attivazioni cerebrali) richiedono tecniche di raccolta dati che consentano un alto grado di risoluzione temporale. I filmati hanno una risoluzione temporale superiore rispetto alle sequenze di immagini.

-Validità ecologica: come molti degli stimoli che elicitano emozioni nella vita reale, i filmati rappresentano una visualizzazione dinamica di situazioni prototipiche rilevanti per il benessere e la sopravvivenza. Da questo punto di vista, i film sembrano avere un'elevata validità ecologica e sono più naturalistici (e quindi più generalizzabili) di una serie di altre tecniche come le immagini (Rottenberg et al., 2007).

### **2.3 Overview di studi che hanno utilizzato l'elettroencefalogramma (EEG) nell'ambito dell'empatia e delle emozioni: rassegna dei risultati**

L'elettroencefalogramma (EEG) è una tecnica ampiamente utilizzata in ambito psicofisiologico per misurare l'attività cerebrale durante lo svolgimento di compiti o durante una condizione di riposo (Tenke et al., 2015). L'EEG può essere usato sia in contesti clinici all'interno degli ospedali, ma anche all'interno dei laboratori di ricerca per lo studio di particolari processi cognitivi. Attraverso tale strumento molti ricercatori hanno cercato di comprendere i correlati elettrofisiologici sottostanti l'elaborazione delle emozioni, utilizzando paradigmi sperimentali di vario tipo (visione di immagini, video, volti) e considerando diverse variabili, come ad esempio il genere, i tratti individuali o livelli di empatia dei partecipanti (Mikels et al., 2005; Goshvarpour & Goshvarpour, 2019; Maffei et al., 2019).

Nel 1909 lo psicologo inglese Edward Titchener coniò il termine "empatia" così come lo conosciamo oggi, traducendolo dall'etimologia greca "empathia". Nel corso dei decenni il concetto di empatia si è evoluto e numerosi autori si sono approcciati al suo studio. La capacità di comprendere e regolare le proprie emozioni è una componente centrale nell'empatia (Goldstein & Bloom, 2010). Il complesso meccanismo di regolazione delle emozioni comprende il modo in cui i soggetti riconoscono e manifestano i propri stati emotivi, considerando le caratteristiche personali del singolo ma anche aspetti più cognitivi di valutazione del contesto (Wolfsdorf et al., 2006). L'empatia è un importante costrutto psicologico, che è stato al centro di una grande quantità di ricerche; tuttavia, un'unica definizione condivisa di empatia è ancora lontana dall'essere raggiunta (Batson, 2009), sebbene vi sia un consenso generale sul considerarla non come una capacità unitaria, ma piuttosto come un costrutto multidimensionale. Una visione generalmente accettata postula che sia possibile distinguere almeno due aspetti, quello relativo alla capacità di comprendere lo stato interno dell'altro, comunemente indicato come "empatia cognitiva", ed un altro legato al processo di condivisione dei sentimenti altrui, solitamente definito come "empatia emotiva" (Davis, 1983).

Dato che l'empatia potrebbe costituire un aspetto importante per lo studio delle emozioni, Maffei et al. (2019) hanno indagato in che modo le differenze individuali nei tratti empatici possono essere associate a differenze nell'esperienza affettiva soggettiva e nell'attività corticale suscitate in risposta a filmati emotivi con valenza positiva e negativa.

In questo studio sono state reclutate esclusivamente partecipanti di sesso femminile, suddivise in due gruppi in base a livelli di tratti empatici alti (gruppo “HE”), e bassi livelli di tratti empatici (gruppo “LE”). L’esperimento includeva la registrazione dell’attività cerebrale EEG durante la visione di filmati emotivi suddivisi in quattro diverse categorie: erotica, paura, compassione, e neutra. Alla fine di ogni filmato le partecipanti valutavano il loro stato emotivo suscitato dallo stimolo utilizzando il SAM, ed è stato utilizzato il *software* sLORETA per identificare le sorgenti dell’attività gamma elicitate da ciascuna categoria di film. L’analisi dei punteggi dell’arousal ha rivelato che le partecipanti con alti tratti empatici hanno riferito di sentirsi più attivate durante la visione di filmati emotivi, rispetto alle partecipanti con bassi tratti empatici. Inoltre, tutte le *clip* emozionali sono state valutate come più eccitanti rispetto agli estratti neutrali e, per quanto concerne l’analisi condotta per indagare le dinamiche corticali alla base dell’elaborazione delle *clip* emotive, è emerso come nel gruppo HE tutti i filmati emotivi, indipendentemente dal grado di piacevolezza, hanno suscitato un’attività gamma maggiore rispetto alle *clip* neutre, ed i filmati erotici hanno prodotto un’attivazione corticale inferiore rispetto alle categorie compassione e paura (Figura 2.3, grafico di sinistra). Ciò è in linea con la teoria dell’asimmetria delle emozioni (Baumeister et al., 2001), poiché il nostro cervello è più sensibile ad emozioni spiacevoli, per ragioni di sopravvivenza.

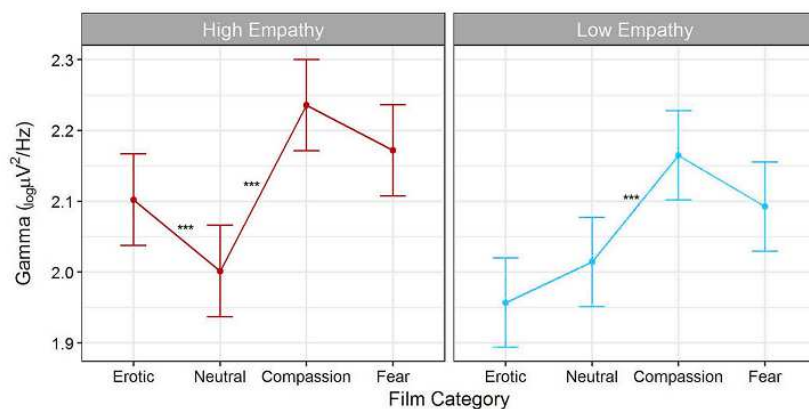


Figura 2.3: Effetto della categoria dei filmati sull’attività gamma EEG: emerge una maggiore attività corticale a tutti i film emotivi (esclusa la condizione neutra) nel gruppo HE. Il gruppo LE ha mostrato, invece, una risposta corticale aumentata alle clip negative (compassione e paura), ma una risposta appiattita a quelle erotiche. (Fonte: Maffei et al., 2019).

Invece, l’attività corticale per il gruppo LE (Figura 2.3, grafico di destra) era caratterizzata da una maggiore attività in risposta alle *clip* di paura e compassione (valenza negativa), mentre l’attività suscitata dalle clip erotiche e neutre non era significativa.

L'analisi LORETA ha inoltre rivelato che il lobulo parietale inferiore destro (IPL) era la regione corticale che mostrava la relazione più forte tra attività gamma ed arousal nel gruppo HE, in risposta ai film sulla compassione. Tale area costituisce un importante snodo per l'integrazione sensomotoria, considerata un meccanismo fondamentale per la condivisione empatica delle emozioni altrui. Non è stato invece riscontrato nessun effetto significativo per il gruppo LE. L'aumento dell'attività gamma corticale riflette probabilmente le connessioni anatomiche di *feedback* dalle regioni subcorticali, in particolare l'amigdala, alla corteccia posteriore. I risultati derivanti dall'attività EEG suggeriscono dunque che elevati livelli empatici erano associati ad una maggiore attività gamma ed una maggiore eccitazione auto-riferita a tutti gli stimoli emotivi, rispetto a quelli neutri, mentre le partecipanti nel gruppo LE hanno presentato una risposta maggiore solo in riferimento alle *clip* negative. Tali risultati evidenziano che le differenze individuali nei tratti empatici modulano il modo in cui le persone rispondono agli stimoli emotivi in un ambiente ecologico (Maffei et al., 2019).

Nella comprensione di quali regioni cerebrali sono coinvolte nelle emozioni, esiste un certo accordo sull'attivazione di alcune aree in una determinata stimolazione emotiva. Infatti, il ruolo dell'amigdala nella paura è stato osservato da diversi scienziati (LaBar et al., 1998). Inoltre, diversi studi in letteratura supportano il ruolo del *nucleus accumbens* per il divertimento, la gioia e l'elaborazione della ricompensa; l'insula per l'evitamento, il disgusto e il dolore; il giro postcentrale per il dolore o l'aspettativa di dolore (Schreuders et al., 2018; Yoshino et al., 2017).

Altri ricercatori hanno indagato la risposta elettrofisiologica indotta da stimoli con diverso contenuto emozionale. Ad esempio, Balconi et al. (2006) hanno condotto uno studio su partecipanti sani mentre osservavano volti emotivi (felici, tristi, arrabbiati, timorosi) o neutri. È stata condotta un'analisi delle diverse bande di frequenza EEG, al fine di esplorare il ruolo delle oscillazioni cerebrali (delta, theta, alfa e beta) per la comprensione emotiva del viso. I risultati hanno mostrato che il significato motivazionale dello stimolo può modulare la sincronizzazione dell'attività cerebrale (diminuzione della desincronizzazione correlata agli eventi (ERD)) all'interno delle bande di frequenza delta e theta. I risultati hanno inoltre rivelato che la discriminazione emotiva nella frequenza theta è osservabile principalmente entro un intervallo di tempo 150–250 ms in seguito alla presentazione dello stimolo ed è più distribuita nelle regioni anteriori, mentre delta è



sincronizzata al massimo entro un intervallo di 250–350 ms e distribuita nelle regioni posteriori. Infine, è emersa una dominanza dell'emisfero destro per l'attività theta durante l'elaborazione emotiva del viso e, per quanto riguarda la frequenza alfa, è stata evidenziata un'oscillazione legata alla memoria, fortemente correlata con la memoria di lavoro e probabilmente con la memoria a lungo termine. È stato suggerito che le risposte della banda alfa molto probabilmente riflettono i processi cerebrali associati alla vigilanza, ed è stata trovata un'asimmetria anteriore nella riduzione dell'attività alfa, che è stata spiegata come correlata ai cambiamenti sullo stato affettivo individuale. Per l'attività della banda alfa, dunque, una caratteristica interessante sono i cambiamenti spettrali in risposta allo stimolo, rispetto ai valori in *baseline*. In particolare, l'attività alfa è diminuita maggiormente (desincronizzazione) fino a 150 ms per tutta la durata dello stimolo; inoltre, l'attività alfa si desincronizza in risposta ad uno stimolo di avvertimento e potrebbe essere collegata al processo attentivo. Pertanto, la variazione dell'attività alfa può essere un indicatore della prima fase dell'elaborazione dello stimolo correlata al meccanismo di allerta.

Un ulteriore studio (Aftanas et al., 2002) ha misurato la desincronizzazione (ERD) e la sincronizzazione (ERS) correlata agli eventi nelle bande di frequenza theta, alfa-1, alfa-2 e alfa-3 in risposta a stimoli IAPS (Affective Picture System) con contenuto di eccitazione (arousal) basso, moderato e alto (LA, MA e HA). Sono state inoltre registrate la risposta alla conduttanza cutanea (SCR) e la frequenza cardiaca (FC) mentre i soggetti osservavano le immagini presentate in sequenza e le valutavano dopo ogni presentazione. Nella banda theta, entrambi gli stimoli MA e HA rispetto a LA hanno indotto una maggiore sincronizzazione nelle aree corticali anteriori di sinistra e bilateralmente nelle aree corticali posteriori. Tuttavia, sia gli stimoli MA che HA hanno prodotto una maggiore sincronizzazione alfa-1 rispetto a LA, prevalentemente nelle aree occipitali. In entrambe le bande theta e alfa-1, stimoli affettivamente salienti hanno generato una sincronizzazione delle regioni posteriori dell'emisfero destro, indipendentemente dalla categoria di stimolo. Infine, nella banda alfa-3, gli stimoli HA hanno indotto un aumento di attivazione nelle regioni anteriori dell'emisfero sinistro. Pertanto, le asimmetrie emisferiche rivelate indicano il reclutamento non solo delle regioni posteriori dell'emisfero destro (bande theta e alfa-1), ma anche delle regioni anteriori dell'emisfero sinistro (bande theta e alfa-3) nell'analisi dell'emozione. Infine, nella frequenza theta la

discriminazione degli stimoli affettivi inizia già 200 ms dopo lo stimolo, mentre nelle bande alfa-1 e alfa-3 questo processo è ritardato di fino a 800–1200 ms. Inoltre, il ruolo della specifica banda di frequenza EEG nell'elaborazione delle emozioni è stato evidenziato da ulteriori ricercatori, rilevando che durante la visione di scene disgustose è stata osservata una prominente attivazione dell'attività alfa nelle regioni posteriori di destra (Sarlo et al., 2005). È stato infatti dimostrato che stimoli disgustosi raffiguranti mutilazioni suscitano un pattern di risposta autonoma distinto e richiedono maggiori risorse attentive rispetto ad altri stimoli visivi spiacevoli. In questo studio EEG, ai partecipanti sono stati presentati 4 filmati raffiguranti un'operazione chirurgica, un'invasione di scarafaggi, un attacco umano ed un paesaggio neutro durante la registrazione EEG, ed era richiesto di valutare ciascuna *clip* per valenza, eccitazione ed emozioni di base. L'attivazione corticale maggiore è stata riscontrata durante la visualizzazione delle scene chirurgiche ed era prominente nelle regioni posteriori destre. Dai risultati di Schutter et al. (2001), invece, è emersa un'associazione estremamente significativa tra l'asimmetria beta nella regione parietale e la visione di stimoli che rappresentavano volti arrabbiati. Inoltre, altri studi (Everhart et al., 2003) hanno utilizzato stimoli di tipo verbale, come ad esempio elenchi di parole positive e negative (*Affective Auditory Verbal Learning Test*, AAVL; Rey, 1964) utili nell'indurre un particolare umore. L'AAVL è composto da cinque presentazioni di un elenco di 15 parole a valenza positiva e negativa che consente ai ricercatori di studiare l'acquisizione di informazioni verbali. Il presente studio ha indagato i cambiamenti nell'attività alfa (7.5–9.5 Hz) durante e dopo il completamento dell'elenco di parole positive o negative. Dai risultati è emerso che i partecipanti che hanno completato l'elenco negativo hanno riportato un significativo calo dello stato d'animo alla fine della sessione e hanno riportato una significativa riduzione dell'attività alfa (rispetto alla baseline) nelle regioni parietali (Everhart et al., 2003). Lo studio di Uusberg e collaboratori (2013) si è concentrato sull'importante ruolo della banda alfa nello studio delle emozioni. Infatti, l'azione inibitoria dell'attività alfa può essere utilizzata per migliorare la comprensione delle sue funzioni nei processi affettivi. A tal fine, i partecipanti di questo esperimento hanno visualizzato cinque tipologie di immagini emotigene che variano in termini sia di valenza che di arousal. I risultati hanno rivelato che l'attività alfa era aumentata dal contenuto emotivo in generale, ed in particolare dagli stimoli negativi. Gli sviluppi nell'ambito delle neuroscienze

cognitive suggeriscono che l'attività alfa può riflettere l'inibizione corticale selettiva coinvolta nell'amplificazione del segnale, piuttosto che svolgere una funzione passiva di inattività neurale. Per molto tempo, infatti, si è ritenuto che l'attività alfa provenisse da regioni cerebrali inattive. Di recente, tuttavia, è stata proposta un'alternativa a questo modello che mette in relazione l'alfa con l'inibizione attiva piuttosto che con l'inattivazione passiva. Infatti, l'inibizione di alcuni processi cerebrali rispetto ad altri è un meccanismo cruciale per controllare il flusso di informazioni in tutto il cervello; tale funzione è appunto mediata dalla sincronia neurale nella banda di frequenze alfa (Jensen e Mazaheri, 2010). Una moltitudine di risultati ottenuti mediante studi con EEG supportano l'idea che l'attività alfa rifletta l'inibizione selettiva automatica e controllata delle regioni cerebrali non rilevanti per il compito. Ad esempio, il potenziamento di un emicampo visivo mediante l'attenzione spaziale selettiva si riflette in una diminuzione dell'attività alfa (es. desincronizzazione correlata agli eventi, ERD) sulle aree occipitali controlaterali ed in un aumento dell'alfa (es. sincronizzazione correlata agli eventi, ERS) sulle regioni ipsilaterali (Worden et al., 2000). L'attenzione motivata o affettiva si riferisce all'idea che l'emozione funzioni come un segnale innato di rilevanza per l'obiettivo. Gli autori hanno ipotizzato che l'attività alfa sia correlata all'eccitazione emotiva a causa dell'aumentata inibizione neurale indotta dall'attenzione affettiva per facilitare l'elaborazione sensoriale focalizzata su stimoli significativi da un punto di vista motivazionale. In linea di principio, le informazioni significative possono essere poste in evidenza nel cervello mediante la disinibizione delle rappresentazioni rilevanti e l'inibizione delle rappresentazioni irrilevanti. È stato ipotizzato che le immagini negative dovrebbero suscitare un'inibizione più forte e/o più diffusa generando più attività alfa rispetto agli stimoli neutri. Dai risultati è emerso che l'attività alfa può riflettere l'inibizione corticale coinvolta nei processi emotivi, in particolare per quanto concerne la modulazione della percezione. In base ai risultati emersi, è stato proposto che i processi inibitori coinvolti nell'affetto potrebbero essere studiati utilizzando l'attività alfa. È stato rilevato che il contenuto emozionale dello stimolo, in particolare quello avversivo, aumentava costantemente l'attività dell'alfa superiore centrale e posteriore (Figura 2.4). Tale modello è in linea con l'ipotesi di inibizione degli insiemi neurali irrilevanti al fine dell'amplificazione degli stimoli emotivi. La forte risposta alfa alle immagini avversive può essere spiegata da una maggiore inibizione coinvolta nella costrizione della portata

del pensiero e dell'attenzione. Il restringimento dell'ambito percettivo e cognitivo indotto dall'affetto negativo dovrebbe essere mantenuto da una maggiore inibizione corticale e quindi dovrebbe manifestarsi con un aumento dell'attività alfa. Questa ipotesi è stata supportata dalla scoperta che tutti i cluster alfa erano selettivamente sensibili agli stimoli avversi che elicitavano emozioni negative. Inoltre, non è emersa alcuna riduzione consistente della attività alfa indotta dall'affetto positivo.

In conclusione, l'attività alfa è aumentata in risposta a tutti gli stimoli emotivi rispetto a quelli neutri, e gli stimoli negativi in particolare aumentavano ulteriormente tale attività (Figura 2.4). Pertanto, tale sensibilità potrebbe essere spiegata da un meccanismo di attenzione affettiva che utilizza l'inibizione corticale per facilitare l'elaborazione potenziata degli stimoli emotivi. Le argomentazioni teoriche ed empiriche suggeriscono dunque che l'analisi dell'attività alfa è da considerarsi come una risorsa negli studi sulle emozioni.

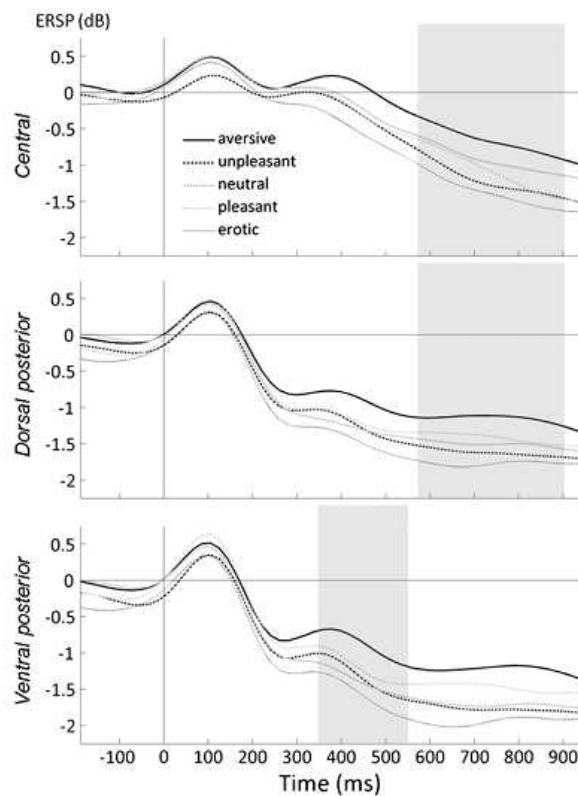


Figura 2.4: modulazioni affettive dell'attività alfa in tre regioni corticali. Le aree ombreggiate denotano finestre temporali in cui si è verificato un effetto emotivo significativo in un dato cluster di stimoli. (Fonte: Uusberg et al., 2013).

Ulteriori studi confermano l'evidenza secondo cui, rispetto agli stimoli neutri, le immagini affettive possono aumentare l'alfa sia nelle regioni posteriori che anteriori

(Aftanas et al., 2002, 2004). Infine, lo studio di Schubring et al., (2019) ha esaminato l'elaborazione degli stimoli emotivi nel contesto delle variazioni dei compiti e dell'attività EEG di base. I partecipanti hanno visualizzato immagini erotiche e romantiche, presentate brevemente (120 ms). L'elaborazione delle immagini erotiche rispetto a quelle romantiche era associata ad una diminuzione dell'attività nella banda alfa e beta nei gruppi di sensori posteriori ed anteriori tra 600 e 1000 ms dopo lo stimolo. I risultati sono discussi rispetto all'ipotesi che l'attività della banda alfa e beta possano riflettere l'attivazione corticale associata al significato dello stimolo emotivo. Infatti, l'obiettivo principale dello studio era di esaminare le oscillazioni corticali associate al significato di tale stimolo. Dai risultati è emerso che l'elaborazione delle immagini erotiche rispetto a quelle romantiche era associata ad una diminuzione dell'attività nella banda alfa e beta in siti sensoriali posteriori ed anteriori. Questi risultati suggeriscono che l'aumento dell'arousal dello stimolo è associato a diminuzioni di attività nella banda alfa e beta che si presume riflettano l'attivazione corticale associata al significato dello stimolo emotivo. Inoltre, la durata della presentazione dell'immagine influenza sistematicamente l'attività alfa. In questo studio differenze sistematiche nell'attività alfa sono state indotte variando la lunghezza dell'intervallo tra gli stimoli (cioè ~ 1 vs. ~ 8 s). Questa manipolazione ha comportato una diminuzione dell'attività alfa per gli intervalli brevi rispetto a quelli lunghi. È stato infine riscontrato che l'attività asimmetrica frontale di base a riposo predice le risposte emotive: gli individui con un'attività frontale destra relativamente maggiore (rispetto alle regioni omologhe sinistre) durante le sessioni di registrazione di base mostravano risposte affettive negative più ampie a film che inducevano emozioni negative (paura e disgusto) e mostravano anche risposte affettive positive minori a film che inducevano emozioni positive (Wheeler et al., 1993).

Da tali evidenze possiamo supporre che gli stimoli emotivi sono associati all'attivazione di diverse bande di frequenza dell'attività EEG, a seconda della funzione delle regioni corticali coinvolte.



## CAPITOLO III

### LA RICERCA

#### 3.1 Introduzione ed ipotesi sperimentali

Come emerso dal capitolo precedente, i dati presenti in letteratura sono eterogenei per quanto concerne i correlati elettrofisiologici studiati in laboratorio, forse a causa della scarsa sensibilità della tipologia di stimoli utilizzati per l'induzione delle emozioni. Il presente lavoro di tesi si inserisce nell'ampio contesto dello studio delle emozioni e dei suoi correlati anatomo-funzionali, allo scopo di verificare innanzitutto se la visione di un breve filmato a contenuto emozionale sia più efficace nell'indurre un'attivazione fisiologica (la cosiddetta risposta viscerale) rispetto all'elaborazione di un'immagine statica (che rappresenta, tuttavia, esattamente lo stesso contenuto del video). Per questo motivo, il lavoro di tesi ha indagato i correlati elettrofisiologici sottostanti la visione di stimoli a diverso contenuto emozionale: venivano presentati stimoli positivi/piacevoli (erotici), negativi/spiacevoli (thriller) e neutri (documentari). L'obiettivo è stato quello di confrontare la risposta cerebrale elicitata in seguito a diversi metodi di presentazione degli stessi contenuti (erotico, thriller o neutro), denominati rispettivamente stimoli statici (immagini ricavate a partire dai brevi filmati) e stimoli dinamici (videoclip).

Un secondo obiettivo della ricerca consisteva poi nel cercare di controllare alcune variabili soggettive dei partecipanti, che possono tuttavia contribuire a parte dell'eterogeneità dei risultati emersi negli studi passati. In particolare, si è scelto di selezionare i partecipanti in base ai loro profili empatici. L'idea di base era che una persona più empatica potrebbe essere più "ricettiva" a stimoli emozionali, rispetto ad una persona più fredda, o emotivamente distaccata. In base ai profili emersi dal test IRI (per la valutazione dell'empatia; Davis, 1980) e tenendo in considerazione ulteriori informazioni demografiche di ciascun soggetto, sono stati quindi selezionati 40 partecipanti, 20 donne e 20 uomini, con profilo empatico medio-alto, a rappresentanza delle caratteristiche nella media della popolazione generale. È stato selezionato un campione omogeneo al fine di evitare, durante le analisi statistiche, un'alterazione dei valori a causa di livelli di empatia troppo disomogenei tra i partecipanti.

Secondo l'ipotesi sperimentale, la modalità di presentazione degli stimoli potrebbe influenzare le risposte fornite dai partecipanti: in particolare è stato ipotizzato che i video

(modalità di presentazione dinamica) potessero elicitare risposte più intense rispetto alle immagini che rappresentavano delle sequenze statiche (*screenshot*) tratte dai suddetti videoclip.

In linea con i dati relativi all'ipotesi della valenza di Davidson, secondo cui l'esperienza di un'emozione negativa porterebbe ad un'attivazione in particolare dell'emisfero destro, mentre l'elaborazione delle emozioni positive sarebbe lateralizzata prevalentemente nell'emisfero sinistro, il presente studio vuole testare tale ipotesi prendendo anche in considerazione, tra le variabili, i livelli di empatia dei soggetti sperimentali (scarsamente considerati in letteratura), ed indagare a quale livello si manifesta l'attivazione cerebrale durante la visione degli stimoli.

## **3.2 Metodo**

### **3.2.1 Partecipanti**

I soggetti sperimentali sono stati selezionati tra un vasto campione di circa 200 universitari innanzitutto reclutati online, dopo aver compilato un questionario in cui gli venivano richiesti numerosi informazioni: caratteristiche anagrafiche, storia medica, uso di farmaci al momento della compilazione, orientamento sessuale (per la ricerca, era infatti necessario reclutare solo partecipanti eterosessuali in quanto gli stimoli erotici avevano come protagonisti un uomo ed una donna in procinto di consumare un rapporto sessuale). I partecipanti hanno inoltre svolto il test *Interpersonal Reactivity Index* (IRI, Davis, 1980), strumento composto di 28 item con formato di risposta su scala Likert a 4 punti, ampiamente utilizzato per la misura dell'empatia in adolescenti e adulti e costituito dalle seguenti sottoscale: *fantasy*, *empathic concern*, *personal distress* e *perspective taking*.

Il campione finale di partecipanti che ha preso parte all'esperimento in laboratorio includeva 40 soggetti eterosessuali (20 maschi e 20 femmine), che non manifestavano disturbi neurologici o psichiatrici o fobie specifiche. L'età media delle femmine era pari a 23.45 anni ( $\pm 2.91$ ); contro un'età media dei maschi di 22.40 anni ( $\pm 2.41$ ). Tutti i partecipanti avevano vista normale o corretta, ed hanno compilato e firmato il consenso informato a prendere parte all'esperimento, in accordo con la Dichiarazione di Helsinki.



Le procedure sperimentali sono state approvate dal Comitato Etico del Dipartimento di Psicologia Generale dell'Università degli Studi di Padova.

### ***3.2.2 Stimoli, compiti e procedure***

La sessione sperimentale è stata svolta all'interno di un laboratorio dedicato e consisteva nella compilazione di alcuni questionari e nella visione passiva di stimoli a diverso contenuto emozionale, durante la registrazione concomitante di indici elettrofisiologici (EEG).

Al suo arrivo, ogni partecipante veniva accolto e fatto accomodare di fronte ad un monitor mediante il quale avrebbe svolto il task. Dopodiché gli veniva misurata la circonferenza cranica per permetterci di posizionare la cuffia EEG della giusta misura. Dopo aver brevemente descritto le finalità e in cosa sarebbe consistito l'esperimento, il partecipante ha firmato il consenso informato per partecipare alla ricerca e ha iniziato la compilazione dei test carta e matita. Venivano innanzitutto somministrate le batterie di questionari brevi STAI-Y1 e STAI-Y2 (Spielberger, 1983) per valutare rispettivamente l'ansia di stato, mediante domande riferite a come il partecipante si sentiva al momento della somministrazione del questionario, quindi nel contesto sperimentale del laboratorio, e l'ansia di tratto, mediante quesiti che indagano come il soggetto si sentiva abitualmente. Il questionario *Edinburgh Handedness Inventory* (Oldfield, 1971) è stato inoltre somministrato dagli sperimentatori per misurare la dominanza manuale.

In seguito è stato somministrato il questionario PANAS (*Positive and Negative Affect Schedule* - PANAS; Watson et al., 1988). La PANAS è uno degli strumenti più utilizzati per valutare gli stati affettivi positivi e negativi. Esso misura due dimensioni distinte e indipendenti: l'affetto positivo e l'affetto negativo. Tale questionario è composto da 20 aggettivi, 10 per la scala di affetto positivo (PA) e 10 per la scala di affetto negativo (NA). La sottoscala PA riflette il grado in cui la persona si sente attiva, entusiasta e determinata; la sottoscala NA fa riferimento ad alcuni stati spiacevoli generici come la rabbia, la paura e la colpa. Il partecipante doveva valutare quanto si sentiva abitualmente nel modo descritto dall'aggettivo, rispondendo mediante una scala Likert a 5 punti (1= "per nulla"; 2= "poco"; 3= "moderatamente"; 4= "abbastanza"; 5 = "molto").

Dopo aver terminato la compilazione dei test carta e matita, abbiamo posizionato la cuffia già precedentemente montata con tutti gli elettrodi in base alla misura della circonferenza

cranica del partecipante. Il montaggio utilizzato comprendeva 64 canali (Figura 3.1), secondo il Sistema Internazionale 10-20.

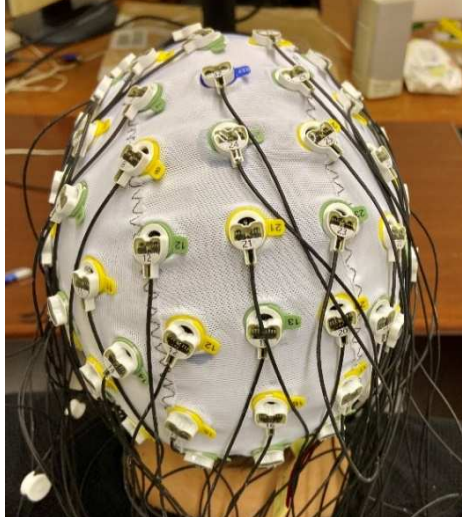


Figura 3.1: Immagine della cuffia composta da 64 canali utilizzata nel nostro esperimento.

Durante la procedura del montaggio, abbiamo inserito il gel in ogni elettrodo mediante una siringa dall'ago smussato, al fine di ridurre l'impedenza cutanea, migliorare la conduttività degli elettrodi, consentire una migliore l'aderenza degli stessi alla cute ed una migliore acquisizione del segnale EEG (Figura 3.2).



Figura 3.2: Momento in cui veniva inserito il gel all'interno degli elettrodi per ridurre l'impedenza cutanea.

Prima di iniziare la parte del compito vero e proprio, è stata svolta una registrazione della durata di 5 minuti per ogni partecipante durante la quale è stata registrata l'attività a riposo (una condizione nota come *resting state*), ad occhi aperti, mentre fissavano un punto davanti a loro sullo schermo. In questa fase veniva suggerito ai partecipanti di restare immobili, non irrigidirsi e rilassarsi.

Successivamente, ha avuto inizio la sessione sperimentale che consisteva nella presentazione di tre tipologie di stimoli aventi contenuto emozionale diverso: Piacevole, Neutro e Spiacevole. Gli stimoli consistevano in immagini (condizione statica) o brevi videoclip (condizione dinamica), provenienti da film commerciali o documentari.

Nel presente esperimento erano previsti 15 stimoli piacevoli (erotici), 15 stimoli spiacevoli (thriller, privi di contenuti horror) e 15 stimoli neutri (documentari), per ciascuna condizione (statica e dinamica). In particolare, le immagini rappresentavano uno *screenshot* del corrispettivo video che catturava una scena saliente.

Tutti gli stimoli venivano presentati per 13 secondi e sono stati ricavati da stimoli validati in precedenza, che fanno parte del database E-MOVIE (*Experimental MOVies for Induction of Emotions in neuroscience*; Maffei & Angrilli, 2019).

Le condizioni (statica e dinamica) sono state controbilanciate tra i soggetti: i primi 20 partecipanti sono stati prima sottoposti prima alla visione di immagini e successivamente dei video, mentre i secondi 20 hanno prima visto i video e poi le immagini, questo per controllare un potenziale effetto dell'ordine di presentazione degli stimoli. Dopo la presentazione di ciascuno stimolo i partecipanti dovevano valutare il grado di valenza (piacevolezza) ed arousal (attivazione) sperimentati. A tal fine dopo ogni stimolo compariva sul monitor il *Self-Assessment Manikin* (SAM; Lang, 1980), descritto nel capitolo precedente, ovvero una tecnica di valutazione affettiva non verbale che presenta una serie di figure umanoidi stilizzate, tramite cui si è in grado di misurare i livelli di piacevolezza e di eccitazione (arousal) evocati da una serie di stimoli. I partecipanti dovevano quindi indicare su una scala da 1 a 9 quanto l'immagine o il video appena visto gli era piaciuto, e successivamente quanto la visione dello stimolo lo aveva attivato. Tale operazione veniva ripetuta al termine di ogni stimolo. La rappresentazione schematica della sequenza sperimentale è mostrata nella Figura 3.3.

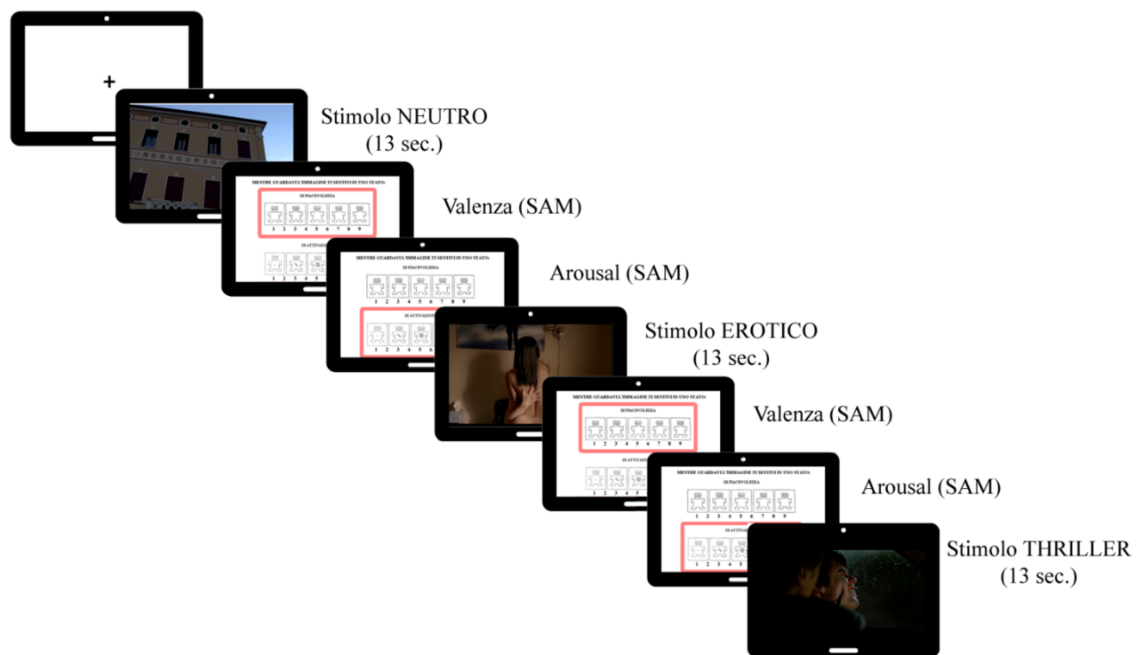


Figura 3.3. Rappresentazione schematica del compito emozionale, con degli esempi di stimoli emozionali (erotici e thriller) e immagini neutre (condizione di controllo). Tra uno stimolo e l'altro, veniva chiesto di valutare valenza e *arousal* mediante il SAM.

Conclusa la seconda parte del compito l'esperimento terminava e, dopo aver tolto la cuffia, i partecipanti compilavano il test PANAS per la seconda volta ed il modulo per ricevere il compenso.

### 3.2.3 Analisi statistiche

#### *Dati comportamentali*

Per quanto riguardava le analisi statistiche, sono stati svolti una serie di *t* test preliminari sulle misure somministrate prima del compito (IRI, STAI-Y1 e Y2) per verificare la presenza di eventuali differenze di genere. Successivamente sono stati analizzati i punteggi ottenuti dalle due somministrazioni della PANAS (*Positive Affect*, PA, e *Negative Affect*, NA) prima e dopo il compito sperimentale, mediante un'Analisi della Varianza (ANOVA) a una via. Infine, sono stati considerati i punteggi ottenuti dalla valutazione soggettiva di valenza ed *arousal* mediante il SAM. L'analisi dei dati comportamentali è stata realizzata su due livelli: risposte soggettive-comportamentali e tempi di decisione (TD) ottenuti misurando la latenza tra l'*onset* dell'immagine del SAM usata per valutare la valenza o l'*arousal* e il momento in cui il partecipante valutava ciascuna dimensione.

Per le analisi di tali misure (valenza ed *arousal*) sono state svolte analisi della varianza (ANOVA), tramite il *software* STATISTICA 6. È stata utilizzata la correzione *Greenhouse-Geisser* (GG) per i fattori con gradi di libertà maggiori di 2, mentre per i confronti *post-hoc* è stato usato il test *Newman-Keuls* per  $p < 0.05$ ; queste correzioni sono state svolte per ottenere stime non distorte degli effetti.

### Dati EEG

I dati elettrofisiologici sono stati preprocessati con i *software* *BrainVision Analyzer* e *Brainstorm*. Nella prima parte di analisi (*Brain Vision Analyzer*) sono stati interpolati eventuali canali rumorosi ed è stata ricostruita l'attività del canale FCz (riferimento online). Infine, l'attività di tutti i canali è stata ri-riferita all'attività media di tutto lo scalpo attraverso l'*average reference*.

Gli *step* successivi di *preprocessing* del segnale EEG sono stati svolti attraverso *Brainstorm* ed includevano:

- Allineamento dei canali ad un *template* MRI.
- Applicazione dei filtri (*lower cut-off*: 0.05 Hz, *upper cut-off*: 125 Hz).
- *Independent Component Analysis* (ICA) al fine di individuare le componenti artefattuali tipicamente presenti nel tracciato EEG, come ad esempio gli artefatti oculari (*blink*, movimenti orizzontali o verticali) o altri artefatti da movimenti. La figura 3.4 mostra un esempio di artefatto oculare prima dell'ICA.

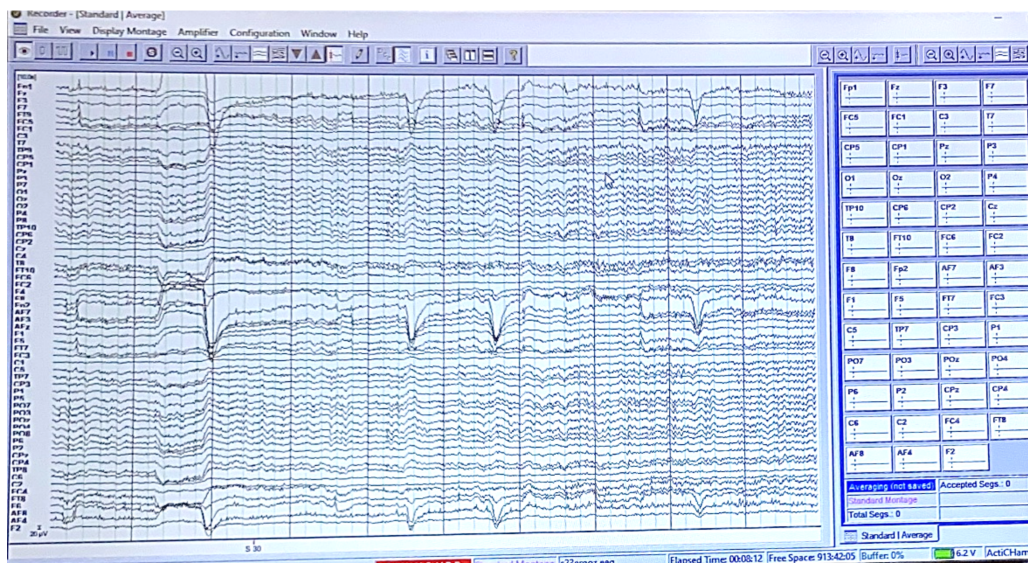


Figura 3.4: tracciato elettroencefalografico che presenta degli artefatti di “blink” (chiusura automatica delle palpebre).

Dopo la selezione delle componenti e la correzione degli artefatti, i tracciati sono stati suddivisi in epoche di 2 secondi. In seguito, al fine di eliminare epoche con artefatti residui è stato applicato un ulteriore filtro (-150 e 150 microVolts,  $\mu\text{V}$ ), per escludere tutte le variazioni di ampiezza maggiori di questo intervallo. Tutte le epoche sono poi state ricontrollate visivamente.

### **3.2.4 sLORETA**

In questo lavoro di tesi sono stati analizzati sia i dati relativi alla condizione di *resting state*, sia l'attività EEG durante la visione di stimoli emozionali. Al fine di verificare se stimoli dinamici (brevi videoclip) inducevano una maggiore attivazione corticale rispetto a quelli statici (immagini), tutte le epoche valide sono state inserite nel *software* sLORETA (*standardised Low Resolution Electromagnetic Tomography*; Pascual-Marqui, 2002). Tale *software* ha permesso, qualora emergesse una differenza significativa tra l'attività EEG elicitata dall'elaborazione di stimoli dinamici vs. statici, di identificare la sorgente cerebrale di tale attività.

Sono state pertanto create delle matrici di cross-correlazione (38x38) dell'attività EEG in tutte le bande di frequenza, tra tutte le epoche valide, per ogni partecipante e condizione (sia per il compito emozionale, sia per la condizione di *resting state*). Successivamente, ciascuna matrice di cross-correlazione è stata convertita nella corrispondente matrice delle sorgenti della densità di corrente dell'attività di ciascuna banda EEG (delta (0.5-4 Hz), theta (4.5-7.5 Hz), alfa (8-12 Hz)), beta (20.5-35 Hz) e gamma (35.5-80 Hz), mediante un apposito algoritmo di trasformazione previsto in sLORETA, e che utilizza un modello sferico *three-shell* in cui sono registrate le coordinate Talairach del cervello umano (Talairach & Tournoux, 1988) disponibili nella versione digitalizzata MRI dal *Brain Imaging Centre, Montreal Neurologic Institute* (MNI). Inoltre, lo spazio per le soluzioni è stato limitato alla materia grigia. La stima delle sorgenti della densità di corrente dell'attività EEG per ciascuna banda (delta, theta, alfa, beta e gamma) è stata calcolata sottraendo l'attività di base (*resting state*) di ogni partecipante dall'attività EEG ottenuta durante lo svolgimento del compito emozionale. Questa scelta nasce dalla volontà di voler standardizzare i dati individuali tenendo conto del livello di attività corticale che spontaneamente ciascuno presenta. Questi dati così normalizzati sono stati sottoposti ad analisi statistica (che in sLORETA prevede venga applicato lo *Standardized non-Parametric Mapping* (SnPM) che, mediante la randomizzazione casuale dei dati

(5000 permutazioni), permette di controllare l'errore di tipo I) allo scopo di stabilire quali regioni corticali fossero responsabili delle differenze tra caratteristiche dello stimolo statico e dinamico ( $p < 0.05$ , a due code). E' importante notare che le analisi di sorgente fanno riferimento all'attività EEG normalizzata, in cui l'attività in condizione di *resting state* è stata sottratta da ciascuna delle possibili condizioni sperimentali previste dal compito, per tutte e 5 le bande EEG. Per ciascun tipo di stimolo (Erotico, Neutro, Thriller), l'analisi di localizzazione delle sorgenti svolta ha confrontato la condizione statica (immagini) con la condizione dinamica (clips).

### 3.3 Risultati

#### 3.3.1 Caratteristiche del campione

Preliminarmente, sono stati svolti dei confronti, tramite *t* test, delle caratteristiche sociodemografiche, dei livelli di ansia (ricavati con lo STAI) e di empatia (ricavati con l'IRI) tra femmine e maschi. Dalla Tabella 3.1 si evince che i due gruppi non mostrano differenze significative, ad eccezione dei punteggi ottenuti agli *item* che fanno capo alla sottoscala del *personal distress* dell'IRI. Tuttavia, il punteggio totale dell'IRI non ha evidenziato differenze tra maschi e femmine.

Variabili	Femmine (n=20)	Maschi (n= 20)	<i>t</i> test (38)	<i>p</i> value
<i>Età</i>	23.45 ± 2.91	22.40 ± 2.42	1.24	<i>ns</i>
<i>Dominanza manuale</i>	78.63 ± 28.02	71.50 ± 32.54	0.74	<i>ns</i>
<i>STAI-Y1</i>	32.45 ± 7.24	32.55 ± 4.36	-0.05	<i>ns</i>
<i>STAI-Y2</i>	41.00 ± 10.18	39.20 ± 9.28	0.59	<i>ns</i>
<i>Fantasy Scale (FS)</i>	25.65 ± 4.26	24.95 ± 3.83	0.55	<i>ns</i>
<i>Empathic Concern (EC)</i>	28.90 ± 3.01	27.20 ± 3.44	1.66	<i>ns</i>
<i>Perspective Taking (PT)</i>	26.80 ± 3.89	26.80 ± 3.97	0.00	<i>ns</i>
<i>Personal Distress (PD)</i>	19.35 ± 2.62	17.05 ± 4.33	2.03	0.049
<b>TOTALE</b>	<b>100.70 ± 8.40</b>	<b>96.00 ± 10.15</b>	<b>1.59</b>	<b><i>ns</i></b>

Tabella 3.1. Tabella riassuntiva delle medie per genere dei T-test, *p* value, Deviazioni Standard per genere, per le variabili della dominanza manuale, le due versioni dello STAI e delle sottoscale dell'IRI.

Dal momento che i partecipanti compilavano la PANAS sia prima che dopo la sessione sperimentale, è stata svolta anche un'analisi per vedere se cambiasse qualcosa dopo la presentazione degli stimoli emozionali. Per entrambe le sottoscale del test PANAS (PA e NA) sono state dunque condotte analisi della varianza a misure ripetute (ANOVA), includendo il Genere come fattore *between-subject* (due livelli: maschi vs. femmine) e la Sessione come fattore *within-subject* (due livelli: pre-task vs. post-task).

Per quanto riguardava gli *item* che misuravano l'affettività positiva (PANAS-PA), è emerso un effetto principale della Sessione ( $F(1,38)=10.56, p=0.002$ ) che rivelava che i partecipanti hanno riferito punteggi significativamente più bassi al termine dell'esperimento. Non sono emerse differenze significative né relative al Genere, né all'interazione tra Genere e Sessione.

Anche per quanto concerne gli *item* che misuravano l'affettività negativa (NA) è emerso un effetto principale della Sessione ( $F(1,38)=5.17, p=0.02$ ) in quanto i partecipanti hanno riportato punteggi significativamente più bassi al termine dell'esperimento. Nel caso dell'affettività negativa sono emerse differenze significative relative al Genere ( $F(1,38)=5.27, p=0.02$ ), in quanto le femmine hanno espresso punteggi mediamente più elevati al PANAS-NA.

### **3.3.2 Indici soggettivi di valenza ed arousal (SAM)**

Le valutazioni soggettive dei partecipanti per la dimensione della valenza e dell'*arousal* a seguito della visione di immagini e clip sono state analizzate mediante un'ANOVA con Stimoli (erotico vs. neutro vs. thriller) e Condizione (immagini statiche vs. clip dinamiche) come fattori *within-subject*. Dal momento che le precedenti analisi non hanno evidenziato particolari differenze tra il gruppo di maschi e femmine, tutte le analisi hanno preso in considerazione il campione completo di 40 partecipanti.

L'analisi svolta sui punteggi soggettivi relativi alla **valenza** ha rivelato un effetto principale del fattore Stimolo ( $F(2,78)=126.76, GG \epsilon = 0.78, p<0.001$ ) ed un'interazione significativa tra Condizione e Stimolo ( $F(2,78)=2.97, GG \epsilon = 0.72, p=0.05$ ). Come si può vedere in Figura 3.5, i partecipanti hanno mostrato il classico effetto valenza: infatti, gli stimoli positivi sono stati valutati come più piacevoli rispetto a quelli neutri ( $p<0.001$ ), che a loro volta sono considerati più piacevoli degli stimoli negativi ( $p<0.001$ ). Tale andamento della valutazione riguardo la piacevolezza è stato mantenuto sia che lo stimolo



fosse statico sia che fosse dinamico. Tuttavia, solo per quanto riguarda gli stimoli neutri, i partecipanti hanno riportato punteggi per la piacevolezza (valenza) maggiori nel caso dei video neutri rispetto alle immagini neutre ( $p < 0.01$ ).

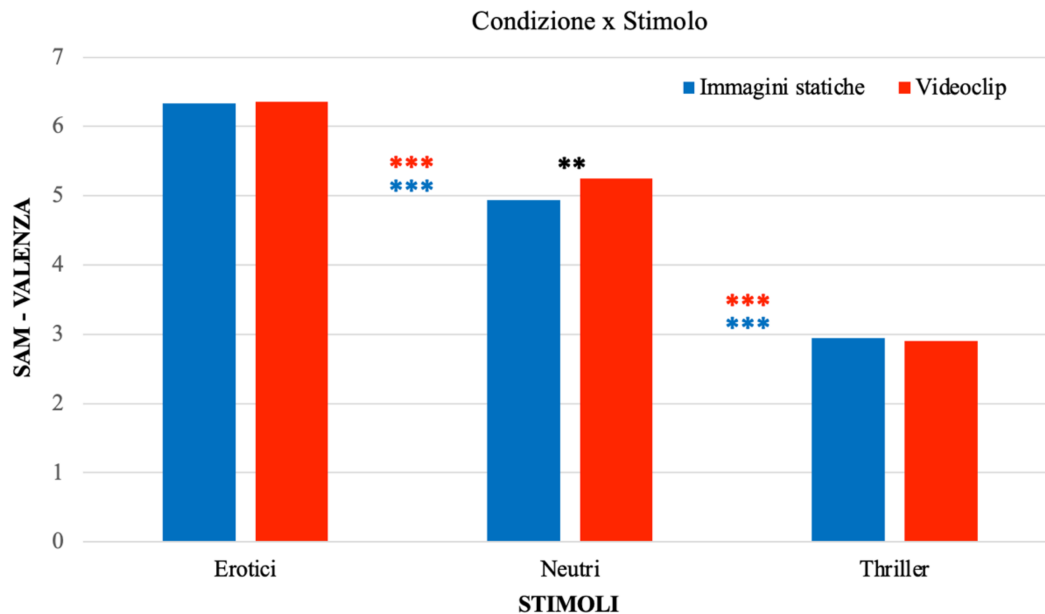


Figura 3.5: grafico che riporta l'andamento secondo cui i partecipanti hanno valutato gli stimoli erotici più piacevoli di quelli neutri, a loro volta valutati più piacevoli degli stimoli thriller; questo si è verificato sia che gli stimoli in questione da valutare fossero statici (immagini) che dinamici (videoclip). Gli asterischi colorati si riferiscono alle differenze *within* ogni condizione, quelli neri alle differenza *between* le condizioni. \*\*\*  $p < 0.001$  \*\*  $p < 0.01$

L'analisi svolta sui punteggi soggettivi relativi all'*arousal* ha rivelato un effetto principale sia del fattore Condizione ( $F(1,39)=18.48$ ,  $p < 0.001$ ), che del fattore Stimolo ( $F(2,78)=75.12$ ,  $GG \epsilon = 0.93$ ,  $p < 0.001$ ). L'effetto principale della Condizione mostrava che, a prescindere dallo stimolo che i partecipanti stanno vedendo, i partecipanti danno giudizi di arousal più elevati ai videoclip rispetto alle immagini statiche. L'effetto principale dello Stimolo rivelava che, a prescindere che vengano mostrate clip o immagini, gli stimoli erotici e thriller sono stati valutati come più attivanti rispetto agli stimoli neutri ( $p < 0.001$ ). Inoltre, è emersa un'interazione significativa Condizione x Stimolo ( $F(2,78)=20.41$ ,  $GG \epsilon = 0.97$ ,  $p < 0.001$ ), la quale ha rivelato che le clip erotiche elicitarono un arousal maggiore rispetto alle immagini erotiche ( $p < 0.01$ ), e che le clip thriller venivano valutate come significativamente più attivanti rispetto alle immagini thriller ( $p < 0.001$ ). Tale differenza nella valutazione dell'*arousal* tra stimoli statici e

dinamici non è presente quando si considerano gli stimoli neutri. Come rappresentato in Figura 3.6 è emerso un classico effetto arousal: le due condizioni emozionali (stimoli positivi e negativi) hanno attivato i partecipanti in misura maggiore rispetto alla condizione neutra ( $p<0.001$ ), sia che gli stimoli fossero statici, che dinamici. Inoltre, le immagini erotiche vengono valutate come più attivanti rispetto alle immagini thriller ( $p<0.001$ ).

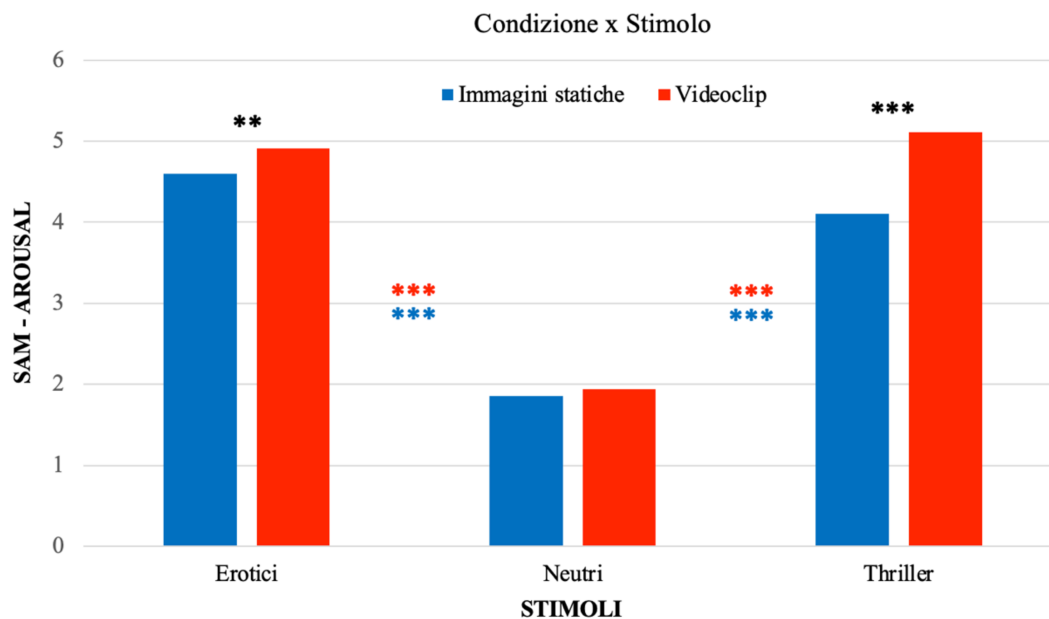


Figura 3.6: Interazione Condizione x Stimolo: gli stimoli emozionali dinamici (video erotici e thriller) genero maggiore *arousal* rispetto alle immagini statiche. Gli asterischi colorati si riferiscono alle differenze *within* ogni condizione, quelli neri alle differenza *between* le condizioni. \*\*\*  $p<0.001$  \*\*  $p<0.01$

Dal momento in cui gli stimoli neutri, siano essi immagini statiche o clip dinamiche, non alterano il livello di arousal, gli stimoli dinamici con contenuto emozionale risultano più efficaci nell'indurre un'attivazione fisiologica rispetto agli stimoli statici.

### 3.3.3 Tempi di decisione per valenza e arousal (SAM)

Questi indici non si riferiscono a valutazioni soggettive delle due dimensioni del SAM, ma sono indicatori impliciti del tempo impiegato dai partecipanti nel fornire la valutazione della valenza ed arousal. Per quanto concerneva la *valenza*, emergeva un effetto principale sia del fattore Condizione ( $F(1,39)=5.74$ ,  $p<0.01$ ), che del fattore Stimolo ( $F(2,78)=11.30$ ,  $GG \epsilon = 0.95$ ,  $p<0.001$ ). L'effetto principale della Condizione riferiva che, indipendentemente dal contenuto che stanno vedendo, i partecipanti

impiegavano un tempo più elevato a fornire il giudizio della piacevolezza nelle clip (stimoli dinamici). L'effetto principale dello Stimolo mostrava che, a prescindere che vengano osservate clip o immagini, i partecipanti impiegavano un tempo maggiore per valutare la valenza degli stimoli erotici e thriller, rispetto agli stimoli neutri ( $p < 0.001$ ). Emergeva altresì l'interazione significativa della Condizione x Stimolo ( $F(2,78)=5.36$ ,  $GG \varepsilon = 0.71$ ,  $p < 0.01$ ), la quale evidenziava che, per quanto riguardava le immagini erotiche, i partecipanti hanno impiegato un tempo maggiore rispetto alla valutazione delle immagini neutre ( $p < 0.05$ ). Invece, per quanto riguardava gli stimoli dinamici, hanno impiegato un tempo maggiore nella valutazione dei video thriller rispetto ai video neutri ( $p < 0.001$ ). In particolare, emergeva che per valutare la piacevolezza degli stimoli thriller dinamici, i partecipanti hanno impiegato un tempo significativamente maggiore rispetto alla valutazione della valenza degli stimoli thriller statici ( $p < 0.001$ ; Figura 3.7).

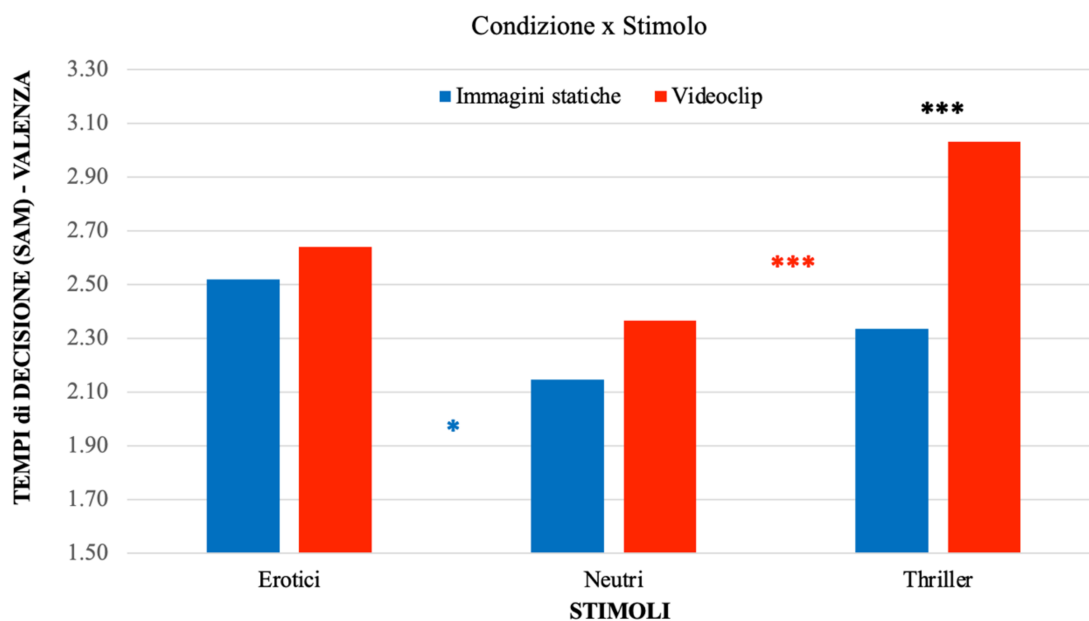


Figura 3.7: Interazione Stimolo X Condizione relativa ai tempi di risposta impiegati per dare un giudizio sulla piacevolezza degli stimoli. Gli asterischi colorati si riferiscono alle differenze *within* ogni condizione, quelli neri alle differenza *between* le condizioni. \*\*\*  $p < 0.001$  \*  $p < 0.05$

Per quanto concerneva l'*arousal*, invece, emergeva un effetto principale della Condizione ( $F(1,39)=4.35$ ,  $p < 0.05$ ) da cui derivava che i soggetti sperimentali impiegavano un tempo maggiore per valutare l'*arousal* delle clip dinamiche, piuttosto che delle immagini statiche. Inoltre, emergeva un effetto principale dello Stimolo ( $F(2,78)=12.33$ ,  $GG \varepsilon = 0.83$ ,  $p < 0.001$ ) che mostrava che i partecipanti impiegano più tempo a valutare l'*arousal* per quanto riguarda gli stimoli erotici rispetto agli stimoli neutri ( $p < 0.001$ ) e gli stimoli

thriller rispetto agli stimoli neutri ( $p < 0.001$ ). Pertanto, indipendentemente dal fatto che venissero presentati stimoli statici o dinamici, i due stimoli emozionali (thriller ed erotico) necessitavano dei tempi di decisione maggiori per la valutazione dell'arousal, rispetto agli stimoli neutri.

### 3.3.4 Dati EEG

Prima di passare in rassegna i risultati emersi dall'analisi dei dati EEG, è importante ricordare, come già riportato nel metodo, che tali dati sono stati normalizzati sottraendo il valore EEG di *baseline* da ogni banda. La *baseline* è stata ottenuta da ogni singolo partecipante durante i 5 minuti di registrazione *resting state* a riposo prima di iniziare il compito. Per ciascuno stimolo (erotico, neutro e thriller), sono stati dunque analizzati i contrasti Condizione Statica *versus* Condizione Dinamica per 5 bande EEG (delta, theta, alfa, beta e gamma) al netto dell'attività individuale in condizione di *resting state*. Dai risultati è emerso che solo la banda alfa (8-12 Hz) ha mostrato risultati significativi. Perciò tutte le analisi successive fanno riferimento alla stima delle sorgenti per l'attività alfa normalizzata tenendo conto dei livelli ottenuti durante il *resting state*.

#### *Stimoli Negativi (Thriller)*

Dalle analisi svolte con il *software* sLORETA sull'attività EEG alfa (8-12 Hz) è emersa una differenza significativa tra immagini e *clip* con contenuto Thriller ( $t=4.40$ ,  $p=0.002$ ). In particolare, la condizione statica (visione immagini) elicita una maggiore attività alfa nelle aree visive associative di destra (coordinate MNI: 20, -80, 20; area 19 di Brodmann; Figura 3.8).

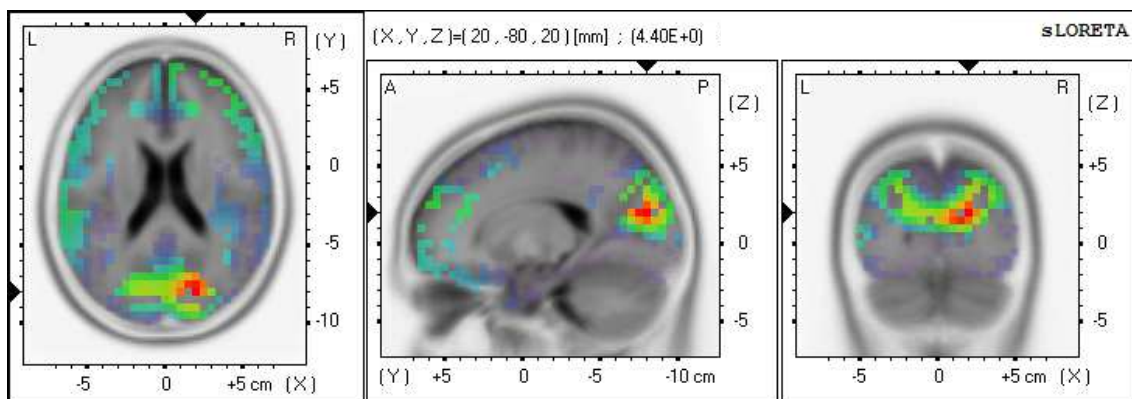


Figura 3.8: visualizzazione dell'attività cerebrale durante la visione degli stimoli thriller. Dai dati emersi si registra un'attività alfa localizzata in particolare nell'emisfero destro, con un maggior coinvolgimento delle aree visuo associative (V2), in particolare l'area di Brodmann (19)

In altre parole, tale risultato indica che era presente una maggiore attività alfa nelle aree posteriori di destra quando i soggetti guardavano gli stimoli thriller statici rispetto ai dinamici.

### *Stimoli Positivi (Erotici)*

Dalle analisi svolte mediante il *software* sLORETA sull'attività EEG alfa (8-12 Hz) è emersa una differenza significativa tra immagini e clip con contenuto Erotico ( $t=8.38$ ,  $p=0.0002$ ). In particolare, la condizione statica (visione immagini) elicita una maggiore attività alfa nelle aree visuomotorie ventrali di sinistra (coordinate MNI: -15, -70, 30; area 7 di Brodmann; Figura 3.9). Tale risultato indica che era presente una maggiore attività alfa nel lobo parietale di sinistra quando i partecipanti guardavano gli stimoli erotici statici rispetto agli stimoli dinamici.

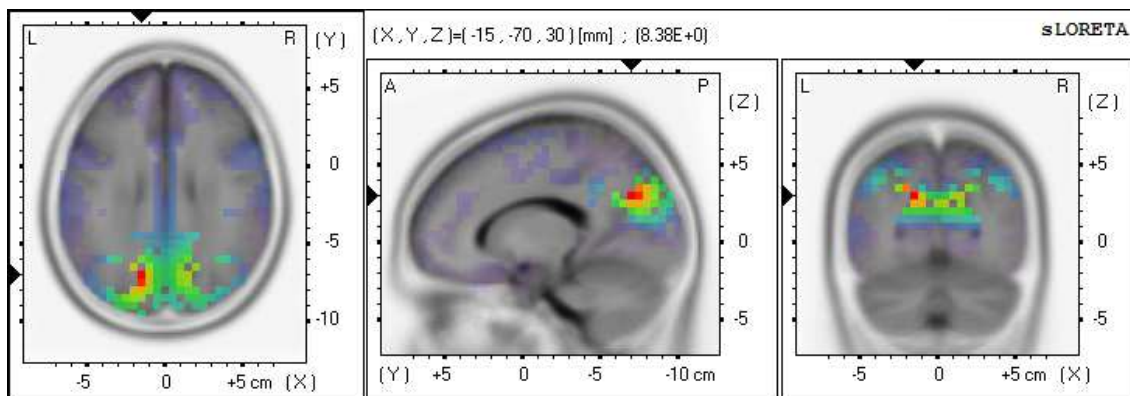


Figura 3.9: visualizzazione dell'attività cerebrale durante la visione degli stimoli erotici. Emerge un'attivazione localizzata in particolare nell'emisfero sinistro, con un maggior coinvolgimento delle aree visuomotorie ventrali nel lobo parietale, in particolare l'area di Brodmann (7).

### *Stimoli Neutri*

È stata svolta un'analisi di contrasto (statico vs. dinamico) anche per gli stimoli neutri che ha tuttavia mostrato un risultato tendente alla significatività ( $t=3.60$ ,  $p=0.052$ ), con le immagini che elicitarono una relativa maggiore attività alfa nelle aree visuomotorie di destra (coordinate MNI: 25, -75, 35; area 7 di Brodmann). Tale risultato indica che era presente una relativa maggiore attività alfa nel lobo parietale di destra quando i partecipanti guardavano gli stimoli neutri statici rispetto ai corrispettivi video.



## CAPITOLO IV

### DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

#### 4.1 Discussione

Il presente studio è stato condotto con lo scopo di indagare la risposta cerebrale elicitata in seguito alla visione di stimoli a diverso contenuto emozionale: piacevoli (stimoli erotici), sgradevoli (stimoli thriller) e neutri (documentari), presentati mediante due modalità: statica (immagini) e dinamica (videoclip) della durata di 13 secondi.

L'ipotesi principale del lavoro di ricerca sosteneva infatti che la modalità di presentazione degli stimoli influenzasse le risposte fornite dai soggetti sperimentali: in particolare è stato ipotizzato che la modalità di presentazione dinamica (video) potesse elicitare risposte più intense rispetto alla modalità di presentazione statica (immagini). Inoltre, il presente studio ha indagato l'ipotesi della valenza di Davidson sull'attivazione degli emisferi durante la visione degli stimoli a diverso contenuto emozionale (piacevoli vs. spiacevoli), prendendo in considerazione, tra le variabili, i livelli di empatia dei partecipanti.

Come riportato nel Capitolo II, è presente l'evidenza secondo cui gli stimoli dinamici, rispetto a quelli statici, siano maggiormente realistici ed ecologici poiché basati su stimolazione multimodale, con un coinvolgimento simultaneo del sistema sensoriale visivo ed uditivo. Sono inoltre adatti per suscitare emozioni di base così come per indurre sentimenti più complessi e presentano una maggiore complessità dello stimolo (essendo composti da una sequenza di eventi). Abbiamo pertanto deciso di testare in maniera sistematica tale evidenza, in condizioni di laboratorio, cercando di controllare le caratteristiche degli stimoli estraendoli dalla medesima fonte (*E-MOVIE: Experimental MOVies for Induction of Emotions in neuroscience*, Maffei & Angrilli, 2019).

È stata attuata la manipolazione degli stimoli in linea con la nostra ipotesi secondo cui i video sarebbero più efficaci delle immagini nell'induzione dell'emozione, proprio per la loro natura ecologica (Westermann et al., 1996; Rottenberg et al., 2007). Tali stimoli potrebbero aiutare a disambiguare i risultati in letteratura rispetto alla valenza emozionale.

Per svolgere questo studio sono stati dunque reclutati 40 partecipanti, 20 maschi e 20 femmine, con profilo empatico medio-alto, i quali sono stati sottoposti ad una sessione EEG e hanno svolto la visione passiva di stimoli emozionali. Abbiamo chiesto inoltre di valutare, dopo la somministrazione di ogni stimolo, il livello di piacevolezza percepito ed il livello di arousal mediante il SAM, proprio con lo scopo di ottenere un indicatore soggettivo.

Per quanto concerne la valutazione soggettiva della piacevolezza, è emerso il classico effetto valenza, in base al quale gli stimoli erotici sono stati valutati come più piacevoli rispetto agli stimoli neutri, che a loro volta sono stati valutati come più piacevoli degli stimoli thriller. Questo dato è in linea con quanto emerso anche in altri studi, si vedano ad esempio i lavori di Bühler et al. (2008); Mermillod et al. (2010); Ciesielski et al. (2010); Gabert-Quillen et al. (2015); Maffei et al. (2019). L'effetto appare evidente sia che lo stimolo fosse statico, sia che fosse dinamico. Pertanto, apparentemente sembra che, per quanto riguarda la piacevolezza, non ci siano particolari modulazioni a livello soggettivo. Tuttavia, l'analisi di un indice implicito, ovvero il tempo che il partecipante impiega nel processo decisionale rispetto alla dimensione della valenza, segnala l'esistenza di un effetto categoriale. Infatti, se per gli stimoli statici non emergono particolari modulazioni nella valutazione, per gli stimoli dinamici il tempo di risposta aumenta notevolmente nella valutazione della piacevolezza (valenza) dei videoclip thriller. Lo stimolo thriller dinamico, infatti, implica un'elaborazione molto complessa sul piano cognitivo, data dalle caratteristiche intrinseche della scena che questo tipo di stimolo rappresenta. Pertanto, lo stimolo thriller è molto più articolato e richiede una maggiore riflessione rispetto allo stimolo erotico (immediato, auto-esplicante e biologicamente rilevante). Il mancato effetto a livello soggettivo rispetto alla valenza dello stimolo thriller dinamico, valutato spiacevole allo stesso modo dello stimolo thriller statico, potrebbe quindi essere il risultato di un *bias* di desiderabilità sociale.

In linea con quanto ipotizzato, si è rivelato decisamente diverso il risultato per quanto concerne la valutazione dell'arousal. Infatti, in questo caso anche dall'analisi a livello soggettivo (SAM) emerge che i partecipanti percepiscono maggiore reattività a livello fisiologico in termini di attivazione viscerale. Tendono pertanto a valutare come più attivanti gli stimoli dinamici rispetto a quelli statici. Emerge dunque un effetto principale della condizione (stimolo statico o dinamico) secondo cui gli stimoli video, a prescindere



che si guardi un video positivo o negativo, tendono ad indurre un maggiore arousal nei partecipanti. Ciò non avviene per gli stimoli neutri che, a prescindere che siano statici o dinamici, non alterano il livello di arousal. Pertanto, è presente il tipico effetto a “V”, con le due condizioni emozionali (thriller ed erotiche) che attivano i partecipanti in misura maggiore rispetto alla condizione neutra, come emerso anche dagli studi di Lane et al. (1997) e Ciesielski et al. (2010). Per quanto concerne la variabile implicita del tempo che i partecipanti hanno impiegato per fornire le risposte, nel caso dell’arousal emerge l’effetto condizione per cui impiegano più tempo a valutare l’arousal dopo aver osservato una clip (dinamica) erotica e thriller, rispetto a neutra.

Pertanto, la nostra ipotesi secondo cui lo stimolo dinamico sarebbe stato più efficace nell’indurre un’attivazione fisiologica, quantomeno a livello di arousal percepito, è supportata dai risultati emersi, in accordo con quanto in precedenza suggerito da lavori che in passato hanno utilizzato filmati emozionali (Westermann et al., 1996; Kilts et al., 2003); Maffei et al., 2019).

Inoltre, per quanto concerne gli stimoli statici, è emerso che le immagini erotiche inducevano una maggiore reattività fisiologica rispetto alle immagini thriller: questo probabilmente a causa di un effetto biologicamente rilevante e più attivante dato della natura degli stimoli erotici. Lo stimolo dinamico, invece, proprio perché più ecologico e coinvolgente, annulla questo effetto, aumentando la capacità degli stimoli thriller di indurre una reattività fisiologica. Pertanto, almeno dal punto di vista dell’arousal percepito soggettivamente, i vantaggi maggiori derivati dall’uso di uno stimolo dinamico sembrano essere riservati agli stimoli thriller.

Per quanto concerne l’analisi dei dati fisiologici è stata considerata la banda di frequenza alfa in quanto indicatore di inibizione cognitiva; pertanto, nel momento in cui emerge nei risultati un aumento o una diminuzione dell’attività alfa, questi andamenti sono indicativi, rispettivamente, di una maggiore o minore inibizione cerebrale. L’attività EEG alfa è importante per la sua capacità di riflettere i processi attenzionali (Ray et al., 1985). È stato inoltre suggerito che l’attività di tale banda riflette i processi cerebrali associati alla vigilanza e, dal momento in cui potrebbe essere collegata al processo attentivo, la variazione dell’attività alfa può indicare la prima fase di elaborazione dello stimolo, correlata al meccanismo di allerta (Balconi et al., 2006).

Un primo punto importante dei nostri risultati è che gli stimoli dinamici, a prescindere dalla valenza positiva o negativa, inducono sempre un minore livello di attività alfa rispetto agli stimoli statici. Infatti, la direzione dei risultati emersi dall'analisi delle sorgenti, mostra sempre maggiore attività alfa associata alla visione degli stimoli statici. Questo dato, quindi, sembra suggerire che la visione degli stimoli dinamici, a prescindere dal contenuto, di per sé stessa riduca l'inibizione corticale nelle regioni posteriori dello scalpo (in particolare le regioni visuo-associative impiegate nel processo di codifica ed elaborazione del contenuto visivo presentato). L'attivazione avviene a livello delle aree posteriori perché il compito è di visione passiva di determinati stimoli. In particolare, l'area di Brodmann 19, regione del lobo occipitale, comprende la corteccia extrastriata, la quale è un'area deputata all'elaborazione di stimoli visivi, riconoscimento delle caratteristiche, forme, ed implicata in processi di integrazione dell'attenzione. Tale area è sensibile all'elaborazione di sagome in movimento e dati fMRI mostrano che le diverse regioni che comprendono l'area 19 hanno delle connessioni con le aree associative posteriori del lobo parietale e con quelle inferiori del lobo temporale. Alla luce di questi studi, si pensa che l'area 19 sia il punto di differenziazione dei due flussi visivi, dei circuiti del "what" e del "where". La regione dorsale potrebbe contenere dei neuroni motorio-sensitivi, e le regioni ventrali potrebbero essere specializzate nel riconoscimento degli oggetti (Hyvärinen et al., 1981).

Al di là di questo andamento generale, considerando i singoli contrasti della condizione sperimentale, diventa di particolare interesse il fatto che lo stimolo a valenza positiva (contenuto erotico), elicit una minore inibizione nelle regioni posteriori visuomotorie ventrali di sinistra (area di Brodmann, BA, 7). Il lobulo parietale posteriore superiore (BA 7) è coinvolto nell'orientamento dell'attenzione spaziale (Vallar et al., 2014) e nel mantenimento di un sistema di riferimento spaziale per il comportamento orientato agli obiettivi (Hyvärinen et al., 1974). L'area 7 di Brodmann si estende nella parete mediale e laterale della corteccia parietale del cervello umano. Medialmente, la zona corrispondente a tale area viene detta precuneo, mentre lateralmente prende il nome di lobulo parietale superiore. Questa regione si trova nella parte posteriore della corteccia somatosensoriale primaria, e nella parte superiore del lobo occipitale, e gioca un ruolo fondamentale nella coordinazione visuo-motoria, essendo coinvolta in una vasta gamma di elaborazioni complesse, incluso l'utilizzo del linguaggio. Svolge inoltre un ruolo essenziale nella

creazione di pensieri consapevoli riguardanti la disposizione degli oggetti nello spazio (Hyvärinen et al., 1974). Alcuni studi presenti in letteratura confermano i nostri risultati. Per esempio, in un lavoro condotto mediante fMRI, gli stimoli erotici attivano l'area di Brodmann 7 localizzata a sinistra (coordinate MNI: -27, -42, 53) nel lobo parietale. Tale pattern suggerisce che questo tipo di stimoli sia associato ad una maggiore attivazione anche nelle regioni di elaborazione percettiva, probabilmente perché permette una maggiore focalizzazione sui dettagli della scena (Schaefer et al., 2006). In un ulteriore studio (Ferretti et al., 2005) svolto mediante fMRI, per i *videoclip* erotici è emersa una maggiore attivazione nel precuneo sinistro (BA 7; coordinate MNI: -31,-53, 42), similmente a quanto avveniva per le immagini statiche erotiche (BA 7; coordinate MNI: -25, -59, 43). Gli autori hanno proposto un modello secondo cui le aree cerebrali che sono risultate associate al meccanismo cognitivo includono la rete "attentiva" nella corteccia orbitofrontale e nei lobuli parietali superiori (BA 7). Sulla base di un'interpretazione neuro-comportamentale, si può ipotizzare che il controllo del comportamento sessuale sia mediato dall'ipotalamo, mentre l'attivazione dell'amigdala è correlata al processo di valutazione attraverso il quale gli stimoli erotici vengono valutati come incentivi sessuali (Beauregard et al., 2001). È emerso inoltre che immagini erotiche hanno indotto un'attività maggiore nel giro fusiforme e nel lobo parietale superiore di sinistra (BA7; coordinate MNI: -33,-57, 54). Considerando la natura gratificante degli stimoli sessuali, possono essere interpretati come un riflesso dell'elaborazione implicita della ricompensa. Gli stimoli erotici potrebbero, quindi, rappresentare di per sé un incentivo altamente saliente (Walter et al., 2008). È noto, infatti, che le scene erotiche suscitino una forte risposta biologica (Bradley et al., 2001). Da uno studio che ha utilizzato fMRI e ha presentato stimoli erotici è emersa un'attivazione nell'area di Brodmann 7 dell'emisfero sinistro (coordinate MNI: -21 -54, 54). Evidenze dell'elaborazione dello stimolo erotico sono state rilevate già 300 ms dopo la presentazione dello stimolo stesso; inoltre, l'aumento dell'attivazione in tale area in risposta a stimoli erotici probabilmente riflette un'attenzione visiva sostenuta a tali stimoli motivazionali rilevanti (Bühler et al., 2008). Da un ulteriore studio è emerso che, essendo gli stimoli erotici appetitivi ed evolutivamente rilevanti, la loro visione ha effetti sulle prime fasi dell'elaborazione dell'attenzione, come indicato dai potenziali evento-relati che compaiono a partire da 130 ms dopo l'inizio dello stimolo (P1). Pertanto, come riferito nello studio precedente,

l'elaborazione attenzionale precoce degli stimoli erotici può essere influenzata dai sistemi motivazionali (Kuhr et al., 2013).

È importante sottolineare che la riduzione dell'attività alfa è stata generata nelle aree parietali di sinistra che, secondo Posner e Peterson (1990), costituiscono un sistema di controllo attenzionale responsabile del raggiungimento e del mantenimento della sensibilità agli stimoli in entrata. Pertanto, queste aree hanno un ruolo nel processo di attenzione e nella codifica di stimoli visivi specifici (Amezcu-Gutiérrez et al., 2021).

Mostrando ai partecipanti gli stimoli thriller (spiacevoli), invece, è emerso un pattern opposto: in particolare, la condizione statica (visione immagini) elicitava una maggiore attività alfa nelle aree visuo-associative di destra (coordinate MNI: 20, -80, 20; area 19 di Brodmann, o cuneo). Tale risultato indica che era presente una maggiore attività delle onde alfa nelle aree posteriori di destra quando i soggetti guardavano gli stimoli thriller statici. Oltre, quindi, all'effetto generico del vantaggio legato alla caratteristica dello stimolo (statico vs. dinamico), emerge anche un effetto valenza, dal momento in cui la valenza dello stimolo (positivo o spiacevole) attiva rispettivamente l'emisfero sinistro e destro. Pertanto, anche i dati fisiologici sembrano supportare l'ipotesi della valenza.

Per quanto concerne l'attivazione da parte degli stimoli thriller (spiacevoli) della BA 19, studi precedenti suggeriscono che l'elaborazione visiva è una funzione primaria in questa regione (Brodmann, 1909). In uno studio svolto mediante PET è stata riportata un'attivazione significativa dell'emisfero destro nella BA 19 per le condizioni di attenzione focalizzata sui volti nuovi e sull'ambiente (Kim et al., 1999). Altri dati suggeriscono che BA 19 potrebbe essere specificamente coinvolta nell'elaborazione di nuovi stimoli visivi (Arnold et al., 2002) e possedere molte aree retinotopiche che rappresentano il campo visivo controlaterale (Kawachi et al., 2017).

Inoltre, anche da uno studio svolto mediante PET è emerso che stimoli spiacevoli attivavano l'area di Brodmann 19 destra. Tale incremento di flusso sanguigno in questa regione può riflettere le proiezioni dell'amigdala a tutti i livelli del sistema visivo, ad un livello che supera l'input che riceve da queste strutture. L'amigdala potrebbe svolgere un ruolo nella messa a punto del sistema visivo per diventare più sensibile ai segnali di minaccia. Pertanto, come è emerso nel nostro studio, per quanto concerne le emozioni spiacevoli (stimoli thriller) è emersa l'attivazione del lobo occipitale anche in questo lavoro; ed in particolare l'area di Brodmann 19, esclusivamente per stimoli spiacevoli e

non per i positivi e neutri (Lane et al., 1997). Anche in un ulteriore studio, svolto mediante fMRI, la visione di stimoli negativi ha generato un incremento di attivazione nella corteccia associativa visiva (BA 19) di destra (Hofer et al., 2006), in linea con i risultati della nostra ricerca.

Il lobo occipitale mediale, inoltre, comprende il cuneo, area attivata nel nostro esperimento. Tale area è rilevante nell'elaborazione visiva per l'orientamento e la direzione di stimoli, colore e volti. Inoltre, numerosi studi funzionali hanno dimostrato che il cuneo è coinvolto in attività di elaborazione visiva di base come frequenza spaziale, orientamento, movimento, direzione e velocità. Il cuneo è coinvolto nel riconoscimento facciale e nella complessa elaborazione dell'espressione emotiva ed è necessario per l'elaborazione visiva di ordine superiore, inclusa l'elaborazione delle espressioni facciali emotive (Palejwala et al., 2021). Dai risultati degli studi citati in precedenza, i quali hanno proposto che la BA 19 sia una regione critica per l'esplorazione dell'ambiente ed è coinvolta nell'attenzione selettiva e nell'allargamento del focus attentivo, è inoltre emerso che una maggiore attivazione a questo livello potrebbe riflettere il fatto che in un contesto di una scena thriller in cui c'è qualcuno che fugge da un aggressore, i partecipanti prestino maggiore attenzione all'ambiente del contesto cinematografico per cercare una via di fuga. Pertanto, nei partecipanti il focus attentivo si potrebbe ampliare, consentendo una maggiore esplorazione del contesto ed un contemporaneo aumento dell'arousal fisiologico e dell'attivazione del sistema di allerta.

Infine, dall'elaborazione dei dati emerge che i risultati del nostro studio sono in linea con l'ipotesi della valenza di Davidson (1984), secondo cui gli stimoli emozionali positivi sarebbero salienti per l'emisfero sinistro, mentre gli stimoli emozionali negativi sarebbero salienti per l'emisfero destro. La differenza rispetto ai risultati emersi dal nostro studio, è che Davidson propone che l'attivazione avvenga a livello frontale, nel nostro caso è emerso a livello parietale (posteriore).

## **4.2 Limiti e prospettive future**

Un limite del presente lavoro di ricerca è caratterizzato dalla tipologia di stimoli inseriti nella categoria thriller (valenza negativa). In 12 filmati su 15 sono presenti, infatti, protagoniste femminili, da sole o con un partner, minacciate da qualcosa o qualcuno.

Pertanto, le partecipanti di sesso femminile si sarebbero potute immedesimare in misura maggiore nella dinamica dell'evento, rispetto ai colleghi maschi, sentendosi più coinvolte ed originando un *bias* di genere nella valutazione della valenza degli stimoli. Tuttavia, è necessario sottolineare che uno sbilanciamento nei confronti della donna come vittima sia abbastanza rappresentativo della produzione in questo filone cinematografico (per lo più thriller e horror), rappresentando un limite intrinseco della tipologia di tali stimoli ecologici esistenti.

Alla luce dei risultati emersi nel nostro studio, ricerche future potrebbero considerare ulteriori tratti nei soggetti sperimentali, oltre all'empatia; potrebbero inoltre ampliare il numero di partecipanti, considerare un confronto tra alti livelli empatici e bassi ed utilizzare altre tecniche (es. fMRI).

## Bibliografía

---

- Abrams, R., & Taylor, M. A. (1979). Differential EEG patterns in affective disorder and schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 36(12), 1355-1358.
- Aftanas, L. I., Varlamov, A. A., Pavlov, S. V., Makhnev, V. P., & Reva, N. V. (2002). Time-dependent cortical asymmetries induced by emotional arousal: EEG analysis of event-related synchronization and desynchronization in individually defined frequency bands. *International Journal of Psychophysiology*, 44(1), 67-82.
- Alford, L. B. (1933). Localization of consciousness and emotion. *American Journal of Psychiatry*, 89(4), 789-799.
- Amezcuca-Gutiérrez, C., Hernández-González, M., Guasti, A. F., Aguilar, M. A. C., & Guevara, M. A. (2021). Observing Erotic Videos with Heterosexual Content Induces Different Cerebral Responses in Homosexual and Heterosexual Men. *Journal of homosexuality*, 68(1), 138-156.
- Arnow, B. A., Desmond, J. E., Banner, L. L., Glover, G. H., Solomon, A., Polan, M. L., ... & Atlas, S. W. (2002). Brain activation and sexual arousal in healthy, heterosexual males. *Brain*, 125(5).
- Balconi, M., & Lucchiari, C. (2006). EEG correlates (event-related desynchronization) of emotional face elaboration: a temporal analysis. *Neuroscience letters*, 392(1-2), 118-123.
- 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. (1929). The central representation of the sympathetic system: as indicated by certain physiologic observations. *Archives of Neurology & Psychiatry*, 22(2), 230-246.
- Batson, C. D. (2009). These things called empathy: eight related but distinct phenomena.
- Baumeister R.F., Bratslavsky E., Finkenauer C., Vohs K.D., (2001). Bad is stronger than good. *Review of general psychology*, 5, (4), 323
- Beauregard, M., Lévesque, J., & Bourgouin, P. (2001). Neural correlates of conscious self-regulation of emotion. *Journal of Neuroscience*, 21(18).
- Beckmann, H. (1999). Developmental malformations in cerebral structures of schizophrenic patients. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience*, 249(4), 44-S47.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1), 49-59.
- Bradley, M. M., Codispoti, M., Cuthbert, B. N., & Lang, P. J. (2001). Emotion and motivation I: defensive and appetitive reactions in picture processing. *Emotion*, 1(3), 276.

- Brodmann, K. (1909). *Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde in ihren Prinzipien dargestellt auf Grund des Zellenbaues*. Barth.
- Borod, J. C. (1992). Interhemispheric and intrahemispheric control of emotion: a focus on unilateral brain damage. *Journal of consulting and clinical psychology*, 60(3), 339.
- Borod, J. C., Bloom, R. L., Brickman, A. M., Nakhutina, L., & Curko, E. A. (2002). Emotional processing deficits in individuals with unilateral brain damage. *Applied neuropsychology*, 9(1), 23-36.
- Bracha, H. S. (2004). Freeze, flight, fight, fright, faint: Adaptationist perspectives on the acute stress response spectrum. *CNS spectrums*, 9(9), 679-685.
- Bühler, M., Vollstädt-Klein, S., Klemen, J., & Smolka, M. N. (2008). Does erotic stimulus presentation design affect brain activation patterns? Event-related vs. blocked fMRI designs. *Behavioral and Brain Functions*, 4(1), 1-12.
- Bynion, T. M., & Feldner, M. T. (2020). Self-assessment manikin. *Encyclopedia of personality and individual differences*, 4654-4656.
- Cannon, W. B., & Britton, S. W. (1925). Studies on the conditions of activity in endocrine glands: XV. Pseudoaffective medulliadrenal secretion. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, 72(2), 283-294.
- Cannon, W. B. (1927). The James-Lange Theory of Emotions: A Critical Examination and an Alternative Theory. *The American Journal of Psychology*, 39(1/4), 106-124.
- Cannon, W. B., Lewis, J. T., & Britton, S. W. (1927). The dispensability of the sympathetic division of the autonomic nervous system. *The Boston medical and surgical journal*, 197(13), 514-515.
- Cannon, W. B. (1928). The mechanism of emotional disturbance of bodily functions. *The New England Journal of Medicine*, 198, 877-884.
- Cannon, W. B. (1929). Organization for physiological homeostasis. *Physiological reviews*, 9(3), 399-431.
- Ciesielski, B. G., Armstrong, T., Zald, D. H., & Olatunji, B. O. (2010). Emotion modulation of visual attention: categorical and temporal characteristics. *PLoS One*, 5(11).
- Dalgleish, T. (2004). The emotional brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(7), 583-589.
- Davidson, R. J. (1984). Hemispheric asymmetry and emotion. *Approaches to emotion*, 2, 39-57.
- Davidson, R. J., Mednick, D., Moss, E., Saron, C., & Schaffer, C. E. (1987). Ratings of emotion in faces are influenced by the visual field to which stimuli are presented. *Brain and cognition*, 6(4), 403-411.
- Davidson, R. J. (1992). Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion. *Brain and cognition*, 20(1), 125-151.
- Davidson, R. J. (1995). Cerebral asymmetries, emotion, and affective style. *Brain asymmetry*, 361-387.



- Davidson, R. J., & Irwin, W. (1999). The functional neuroanatomy of emotion and affective style. *Trends in cognitive sciences*, 3(1), 11-21.
- Davidson, R. J., Pizzagalli, D., Nitschke, J. B., & Putnam, K. (2002). Depression: perspectives from affective neuroscience. *Annual review of psychology*, 53(1), 545-574.
- Davis, M. H. (1980). A multidimensional approach to individual differences in empathy. *JSAS: Catalog of Selected Documents in Psychology*.
- Davis, M. H. (1983). The effects of dispositional empathy on emotional reactions and helping: A multidimensional approach. *Journal of personality*, 51(2), 167-184.
- Denny-Brown, D. E. (1952). The changing pattern of neurologic medicine. *New England Journal of Medicine*, 246(22), 839-846.
- Depue, R. A., & Iacono, W. G. (1989). Neurobehavioral aspects of affective disorders. *Annual review of psychology*, 40(1), 457-492.
- Ekman, P. (1976). Pictures of facial affect. *Consulting psychologists press*.
- Ekman, P. (1992). Facial expressions of emotion: an old controversy and new findings. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 335(1273), 63-69.
- Esteves, F., & Öhman, A. (1993). Masking the face: Recognition of emotional facial expressions as a function of the parameters of backward masking. *Scandinavian journal of psychology*, 34(1), 1-18.
- Everhart, D. E., & Demaree, H. A. (2003). Low alpha power (7.5–9.5 Hz) changes during positive and negative affective learning. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3(1), 39-45.
- Flor-Henry, P. (1979). On certain aspects of the localization of the cerebral systems regulating and determining emotion. *Biological Psychiatry*.
- Fehr, B., & Russell, J. A. (1984). Concept of emotion viewed from a prototype perspective. *Journal of experimental psychology: General*, 113(3), 464.
- Ferretti, A., Caulo, M., Del Gratta, C., Di Matteo, R., Merla, A., Montorsi, F., ... & Romani, G. L. (2005). Dynamics of male sexual arousal: distinct components of brain activation revealed by fMRI. *Neuroimage*, 26(4), 1086-1096.
- Fowles, D. C. (1980). The three arousal model: Implications of Gray's two-factor learning theory for heart rate, electrodermal activity, and psychopathy. *Psychophysiology*, 17(2), 87-104.
- Gabert-Quillen, C. A., Bartolini, E. E., Abravanel, B. T., & Sanislow, C. A. (2015). Ratings for emotion film clips. *Behavior research methods*, 47(3), 773-787
- Gainotti, G. (1972). Emotional behavior and hemispheric side of the lesion. *Cortex*, 8(1), 41-55.
- Gainotti, G. (2007). Face familiarity feelings, the right temporal lobe and the possible underlying neural mechanisms. *Brain research reviews*, 56(1), 214-235.
- Gainotti, G. (2019). Emotions and the right hemisphere: can new data clarify old models?. *The Neuroscientist*, 25(3), 258-270.

- Gemelli, A. (1909). La teoria somatica dell'emozione: Osservazioni critiche e ricerche. *Rivista di Filosofia Neo-Scolastica*, 1(1), 77-96.
- Goldstein, K. (1939). The significance of special mental tests for diagnosis and prognosis in schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, 96(3), 575-588.
- Goldstein, T. R., & Bloom, P. (2010). The effects of acting training on theory of mind, empathy, and emotion regulation. *Unpublished doctoral dissertation, Boston College*.
- Goshvarpour, A., & Goshvarpour, A. (2019). EEG spectral powers and source localization in depressing, sad, and fun music videos focusing on gender differences. *Cognitive neurodynamics*, 13(2), 161-173.
- Granziera, C., Hadjikhani, N., Arzy, S., Seeck, M., Meuli, R., & Krueger, G. (2011). In-vivo magnetic resonance imaging of the structural core of the Papez circuit in humans. *Neuroreport*, 22(5), 227-231.
- Gray, J. A. (1970). The psychophysiological basis of introversion-extraversion. *Behaviour research and therapy*, 8(3), 249-266.
- Gray, J. A. (1982). The neuropsychology of anxiety: An enquiry into the functions of the septo-hippocampal system. *Behavioral and Brain Sciences*, 5(3), 469-484.
- Gray, J. A. (1987) The psychology of fear and stress. *Cambridge University Press*, Cambridge.
- Gray, J. A. (1990). Brain systems that mediate both emotion and cognition. *Cognition & emotion*, 4(3), 269-288.
- Gray, J. A., & McNaughton N. (2000). The neuropsychology of anxiety: an enquiry into the functions of the septo-hippocampal system. 2nd ed. *Oxford (UK): Oxford University Press*.
- Gross, J. J., & Levenson, R. W. (1995). Emotion elicitation using films. *Cognition & emotion*, 9(1), 87-108.
- Harmon-Jones, E. (2003). Clarifying the emotive functions of asymmetrical frontal cortical activity. *Psychophysiology* 40, 838–848.
- Harmon-Jones, E., Gable, P. A., & Peterson, C. K. (2010). The role of asymmetric frontal cortical activity in emotion-related phenomena: A review and update. *Biological psychology*, 84(3), 451-462.
- Head, H. (1921). Croonian lecture: Release of function in the nervous system. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 92(645), 184-209.
- Heilman, K. M., Scholes, R., & Watson, R. T. (1975). Auditory affective agnosia. Disturbed comprehension of affective speech. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 38(1), 69-72.
- Hécaen, H., & Ajuriaguerra, J. D. (1951). Le problème clinique et anatomique de l'apraxie de l'habillage. *Sistema Nervoso*, 3, 1-18.
- Hofer, A., Siedentopf, C. M., Ischebeck, A., Rettenbacher, M. A., Verius, M., Felber, S., & Fleischhacker, W. W. (2006). Gender differences in regional cerebral activity

- during the perception of emotion: a functional MRI study. *Neuroimage*, 32(2), 854-862.
- Hyvärinen, J., & Poranen, A. (1974). Function of the parietal associative area 7 as revealed from cellular discharges in alert monkeys. *Brain*, 97(4), 673-692.
- Hyvärinen, J., Carlson, S., & Hyvärinen, L. (1981). Early visual deprivation alters modality of neuronal responses in area 19 of monkey cortex. *Neuroscience letters*, 26(3), 239-243.
- James, W. (1884). What is an Emotion? *Mind*, 9(34), 189-190.
- James, W. (1890). The principles of psychology. *Henry Holt and Company*, New York.
- James, W. (1894). Discussion: The physical basis of emotion. *Psychological review*, 1(5), 516-529.
- Jensen, O., & Mazaheri, A. (2010). Shaping functional architecture by oscillatory alpha activity: gating by inhibition. *Frontiers in human neuroscience*, 186.
- Kawachi, J. (2017). Brodmann areas 17, 18, and 19 in the human brain: An overview. *Brain and Nerve= Shinkei Kenkyu no Shinpo*, 69(4), 397-410.
- Killgore, W. D. S., & Gangestad, S. W. (1999). Sex differences in asymmetrically perceiving the intensity of facial expressions. *Perceptual and motor skills*, 89(1), 311-314.
- Killgore, W. D., & Cupp, D. W. (2002). Mood and sex of participant in perception of happy faces. *Perceptual and Motor Skills*, 95(1), 279-288.
- Killgore, W. D., & Yurgelun-Todd, D. A. (2007). The right-hemisphere and valence hypotheses: could they both be right (and sometimes left)? *Social cognitive and affective neuroscience*, 2(3), 240-250.
- Kilts, C. D., Egan, G., Gideon, D. A., Ely, T. D., & Hoffman, J. M. (2003). Dissociable neural pathways are involved in the recognition of emotion in static and dynamic facial expressions. *Neuroimage*, 18(1), 156-168.
- Klingler, J. (1935). Erleichterung der makroskopischen Präparation des Gehirns durch den Gefrierprozess. *Schweizer Archiv für Neurologie und Psychiatrie*, 36, 247-256.
- Kelly, D. (1973). Psychosurgery and the limbic system. *Postgraduate Medical Journal*, 49(578), 825-833.
- Kremer, S., Braun, M., Kahane, P., Teil, E., Pasquier, B., Benabid, A. L., & Le Bas, J. (2001). Morphological abnormalities of limbic lobe structures in partial temporal lobe epilepsy. *Journal de radiologie*, 82(4), 481-487.
- Kuhr, B., Schomberg, J., Gruber, T., & Quirin, M. (2013). Beyond pleasure and arousal: appetitive erotic stimuli modulate electrophysiological brain correlates of early attentional processing. *NeuroReport*, 24(5), 246-250.
- LaBar, K. S., & Phelps, E. A. (1998). Arousal-mediated memory consolidation: Role of the medial temporal lobe in humans. *Psychological Science*, 9(6), 490-493.
- Lane, R. D., Kivley, L. S., Du Bois, M. A., Shamasundara, P., & Schwartz, G. E. (1995). Levels of emotional awareness and the degree of right hemispheric dominance in the perception of facial emotion. *Neuropsychologia*, 33(5), 525-538.

- Lane, R. D., Reiman, E. M., Bradley, M. M., Lang, P. J., Ahern, G. L., Davidson, R. J., & Schwartz, G. E. (1997). Neuroanatomical correlates of pleasant and unpleasant emotion. *Neuropsychologia*, 35(11), 1437-1444
- Lang, P. J. (1980). Self-assessment manikin. *Gainesville, FL: The Center for Research in Psychophysiology, University of Florida.*
- Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M., & Hamm, A. O. (1993). Looking at pictures: Evaluative, facial, visceral, and behavioral responses. *Psychophysiology*, 30(3), 261–273.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1997). International affective picture system (IAPS): Technical manual and affective ratings. *NIMH Center for the Study of Emotion and Attention*, 1(39-58), 3.
- Lange, C. G. (1885). The mechanism of the emotions. *The classical psychologists*. 672-684.
- Lange, C. G., James, W. (1922). *The emotions, Vol. 1. Williams & Wilkins Company.*
- LeDoux, J. (1996). Emotional networks and motor control: a fearful view. *Progress in brain research*, 107, 437-446.
- Levy, J. (1983). Individual differences in cerebral hemisphere asymmetry: Theoretical issues and experimental considerations. *Cerebral hemisphere asymmetry: Method, theory, and application*, 465-497.
- Ley, R. G., & Bryden, M. P. (1979). Hemispheric differences in processing emotions and faces. *Brain and language*, 7(1), 127-138.
- Lindquist, K. A., Wager, T. D., Kober, H., Bliss-Moreau, E., & Barrett, L. F. (2012). The brain basis of emotion: a meta-analytic review. *The Behavioral and brain sciences*, 35(3), 121.
- Lundqvist, D., Flykt, A., & Öhman, A. (1998). Karolinska directed emotional faces. *Cognition and Emotion*.
- MacLean, P. D. (1952). Some psychiatric implications of physiological studies on frontotemporal portion of limbic system (visceral brain). *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 4.
- Maffei, A., Spironelli, C., & Angrilli, A. (2019). Affective and cortical EEG gamma responses to emotional movies in women with high vs low traits of empathy. *Neuropsychologia*, 133, 107175.
- Maffei, A., & Angrilli, A. (2019). E-MOVIE-Experimental MOVies for Induction of Emotions in neuroscience: An innovative film database with normative data and sex differences. *PLoS ONE*, 14(10).
- Mandal, M. K., & Singh, S. K. (1990). Lateral asymmetry in identification and expression of facial emotions. *Cognition and Emotion*, 4(1), 61-69.
- Marañón, G. (1924). *Contribution a l'etude de l'action emotive de l'adrenaline*. Revue Française d'Endocrinologie.
- Marchewka, A., Żurawski, Ł., Jednoróg, K., & Grabowska, A. (2014). The Nencki Affective Picture System (NAPS): Introduction to a novel, standardized, wide-

range, high-quality, realistic picture database. *Behavior research methods*, 46(2), 596-610

- Mehrabian, A., & Russell, J. A. (1974). The basic emotional impact of environments. *Perceptual and motor skills*, 38(1), 283-301.
- Mermillod, M., Droit-Volet, S., Devaux, D., Schaefer, A., & Vermeulen, N. (2010). Are coarse scales sufficient for fast detection of visual threat?. *Psychological Science*, 21(10), 1429-1437.
- Mikels, J. A., Fredrickson, B. L., Larkin, G. R., Lindberg, C. M., Maglio, S. J., & Reuter-Lorenz, P. A. (2005). Emotional category data on images from the International Affective Picture System. *Behavior research methods*, 37(4), 626-630.
- Mitchell, J. T., & Nelson-Gray, R. O. (2006). Attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms in adults: relationship to Gray's behavioral approach system. *Personality and Individual Differences*, 40(4), 749-760.
- Niemic, C. (2004). Studies of Emotion: A Theoretical and Empirical Review of Psychophysiological Studies of Emotion. *Journal of Undergraduate Research*, 1.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113.
- Osgood, C. E., Suci, G. J., & Tannenbaum, P. H. (1957). *The measurement of meaning* (No. 47). University of Illinois press.
- Palejwala, A. H., Dadario, N. B., Young, I. M., O'Connor, K., Briggs, R. G., Conner, A. K., ... & Sughrue, M. E. (2021). Anatomy and white matter connections of the lingual gyrus and cuneus. *World Neurosurgery*, 151.
- Papez, J. W. (1937). A proposed mechanism of emotion. *Archives of Neurology & Psychiatry*, 38(4), 725-743.
- Parent, A., Carpenter, M. (1996). Carpenter's human neuroanatomy. *Williams and Wilkins*, 744-86.
- Philippot, P. (1993). Inducing and assessing differentiated emotion-feeling states in the laboratory. *Cognition and emotion*, 7(2), 171-193.
- Posner, M. I., & Peterson, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Rajmohan, V., & Mohandas, E. (2007). The limbic system. *Indian journal of psychiatry*, 49(2), 132.
- Ray, W. J., & Cole, H. W. (1985). EEG alpha activity reflects attentional demands, and beta activity reflects emotional and cognitive processes. *Science*, 228(4700), 750-752.
- Reuter-Lorenz, P., & Davidson, R. J. (1981). Differential contributions of the two cerebral hemispheres to the perception of happy and sad faces. *Neuropsychologia*, 19(4), 609-613.
- Rey, A. (1964). *L'examen clinique en psychologie [Clinical tests in psychology]*. Paris: Presses Universitaires de France.

- Rodway, P., Wright, L., & Hardie, S. (2003). The valence-specific laterality effect in free viewing conditions: The influence of sex, handedness, and response bias. *Brain and Cognition*, 53(3), 452-463.
- Ross, E. D. (1981). The aprosodias: Functional-anatomic organization of the affective components of language in the right hemisphere. *Archives of Neurology*, 38, 561-569.
- Rosadini, G., & Rossi, G. F. (1967). On the suggested cerebral dominance for consciousness. *Brain: a journal of neurology*.
- Rottenberg, J., Ray, R. D., & Gross, J. J. (2007). Emotion elicitation using films In: Coan JA, Allen JJB, editors. *The handbook of emotion elicitation and assessment*.
- Rottenberg, J., & Gross, J. J. (2007). Emotion and Emotion Regulation: A Map for Psychotherapy Researchers. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 14(4), 323.
- Sackeim, H. A., Greenberg, M. S., Weiman, A. L., Gur, R. C., Hungerbuhler, J. P., & Geschwind, N. (1982). Hemispheric asymmetry in the expression of positive and negative emotions: Neurologic evidence. *Archives of neurology*, 39(4), 210-218.
- Sackeim, H. A., & Grega, D. M. (1987). Perceiver bias in the processing of deliberately asymmetric emotional expressions. *Brain and Cognition*, 6(4), 464-473.
- Sarlo, M., Buodo, G., Poli, S., & Palomba, D. (2005). Changes in EEG alpha power to different disgust elicitors: the specificity of mutilations. *Neuroscience letters*, 382(3), 291-296.
- Schachter, S., & Singer, J. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological review*, 69(5), 379-399.
- Schachter, S. (1964). The interaction of cognitive and physiological determinants of emotional state. *Advances in experimental social psychology*, 1, 49-80.
- Schaefer, H. S., Putnam, K. M., Benca, R. M., & Davidson, R. J. (2006). Event-related functional magnetic resonance imaging measures of neural activity to positive social stimuli in pre-and post-treatment depression. *Biological psychiatry*, 60(9), 974-986.
- Schaefer, A., Nils, F., Sanchez, X., & Philippot, P. (2010). Assessing the effectiveness of a large database of emotion-eliciting films: A new tool for emotion researchers. *Cognition and emotion*, 24(7), 1153-1172
- Schaffer, C. E., Davidson, R. J., & Saron, C. (1983). Frontal and parietal electroencephalogram asymmetry in depressed and nondepressed subjects. *Biological psychiatry*.
- Schubring, D., and Schupp, H. T. (2019). Affective picture processing: Alpha- and lower beta-band desynchronization reflects emotional arousal. *Psychophysiology* 56, 1–13.
- Schutter, D. J., Putman, P., Hermans, E., & van Honk, J. (2001). Parietal electroencephalogram beta asymmetry and selective attention to angry facial expressions in healthy human subjects. *Neuroscience letters*, 314(1-2), 13-16.

- Shah, A., Jhawar, S. S., & Goel, A. (2012). Analysis of the anatomy of the Papez circuit and adjoining limbic system by fiber dissection techniques. *Journal of Clinical Neuroscience*, 19(2), 289-298.
- Sherrington, C. S. (1900). Experiments on the value of vascular and visceral factors for the genesis of emotion. *Proceedings of the Royal Society of London*, 66(424-433), 390-403.
- Smith, S. D., & Bulman-Fleming, M. B. (2004). A hemispheric asymmetry for the unconscious perception of emotion. *Brain and Cognition*, 55(3), 452-457.
- Smith, S. D., & Bulman-Fleming, M. B. (2005). An examination of the right-hemisphere hypothesis of the lateralization of emotion. *Brain and cognition*, 57(2), 210-213.
- Spielberger, C. D. (1983). *State-Trait Anxiety Inventory for Adults (STAI-AD)*. *APA PsycTests*.
- Suberi, M., & McKeever, W. F. (1977). Differential right hemispheric memory storage of emotional and non-emotional faces. *Neuropsychologia*, 15(6), 757-768.
- Sutton, S. K., & Davidson, R. J. (1997). Prefrontal brain asymmetry: A biological substrate of the behavioral approach and inhibition systems. *Psychological science*, 8(3), 204-210.
- Talairach, J. and Tournoux, P. (1988) Co-planar stereotaxic atlas of the human brain: 3-Dimensional proportional system: An approach to cerebral imaging. Thieme Medical Publishers, Inc., New York.
- Teipel, S. J., Born, C., Ewers, M., Bokde, A. L., Reiser, M. F., Möller, H. J., & Hampel, H. (2007). Multivariate deformation-based analysis of brain atrophy to predict Alzheimer's disease in mild cognitive impairment. *Neuroimage*, 38(1), 13-24.
- Tenke, C. E., Kayser, J., Abraham, K., Alvarenga, J. E., & Bruder, G. E. (2015). Posterior EEG alpha at rest and during task performance: Comparison of current source density and field potential measures. *International Journal of Psychophysiology*, 97(3), 299-309.
- Terzian, H., & Cecotto, G. (1959). Su un nuovo metodo per la determinazione e lo studio della dominanza emisferica. *Giornale di Psichiatria i Neuropatologie*, 87, 889-923.
- Titchener, E. B. (1909) Lectures on the experimental psychology of the thought processes. *The MacMillan Company*, New York.
- Turnbull, O. H., & Salas, C. E. (2021). The Neuropsychology of Emotion and Emotion Regulation: The Role of Laterality and Hierarchy. *Brain Sciences*, 11(8), 1075.
- Uusberg, A., Uibo, H., Kreegipuu, K., and Allik, J. (2013). EEG alpha and cortical inhibition in affective attention. *Int. J. Psychophysiol.* 89, 26–36.
- Vallar, G., Bello, L., Bricolo, E., Castellano, A., Casarotti, A., Falini, A., ... & Papagno, C. (2014). Cerebral correlates of visuospatial neglect: a direct cerebral stimulation study. *Human brain mapping*, 35(4), 1334-1350.
- Walter, M., Bermpohl, F., Mouras, H., Schiltz, K., Tempelmann, C., Rotte, M., ... & Northoff, G. (2008). Distinguishing specific sexual and general emotional effects in fMRI—Subcortical and cortical arousal during erotic picture viewing. *Neuroimage*, 40(4), 1482-1494.

- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. *Journal of personality and social psychology*, 54(6), 1063.
- Westermann, R., Spies, K., Stahl, G., & Hesse, F. W. (1996). Relative effectiveness and validity of mood induction procedures: A meta-analysis. *European Journal of social psychology*, 26(4), 557-580.
- Wheeler, R. E., Davidson, R. J., & Tomarken, A. J. (1993). Frontal brain asymmetry and emotional reactivity: A biological substrate of affective style. *Psychophysiology*, 30(1), 82-89.
- Worcester, W. L. (1893). Observations on Some Points of James's Psychology: II. Emotion. *The Monist*, 3(2), 285-298.
- Worden, M. S., Foxe, J. J., Wang, N., & Simpson, G. V. (2000). Anticipatory biasing of visuospatial attention indexed by retinotopically specific  $\alpha$ -band electroencephalography increases over occipital cortex. *Journal of Neuroscience*, 20(6).
- Wundt, W. (1891). On methods of measuring the range of consciousness. *Philosophische Studien*, 6, 250-260.