



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale

Corso di laurea Magistrale in Psicologia Clinica

Tesi di laurea Magistrale

**Analisi delle bande EEG delta e theta ed effetti legati alla valenza emozionale
durante la visione di 6 categorie di filmati emozionali**

**Analysis of delta and theta EEG bands and emotional valence effects during the presentation of 6 emotional
categories of videoclips**

Relatore:

Professore Alessandro Angrilli

Laureando: Andrea Montorfano

Matricola: 2050524

Anno Accademico 2022-2023

INDICE

<i>ABSTRACT</i>	4
<i>NOTE</i>	5
1. INTRODUZIONE	6
1.1. Le emozioni: definizione e valutazione attraverso indici psicofisiologici	6
1.2. Fondamenti dell'elettroencefalografia (EEG) applicata allo studio delle emozioni	24
1.3. Bande di frequenza EEG ed esempi di studi che hanno trattato tale indice	29
1.4. Il dataset E-MOVIE.....	33
2. METODO	35
2.1. Obiettivo e Ipotesi di ricerca.....	35
2.2. Campione	36
2.3. Questionari	36
2.4. Stimoli	40
2.5. Strumentazione per la registrazione degli indici psicofisiologici e montaggio.....	41
2.6. Procedura sperimentale e stimoli utilizzati	44
2.7. Analisi dei dati.....	47
3. RISULTATI	51
3.1. Indici soggettivi	51
3.2. Delta Power	52
3.3. Theta Power.....	54
4. DISCUSSIONE	57
4.1. Delta	57

4.2. Theta	60
5. <i>CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI</i>	64
6. <i>BIBLIOGRAFIA</i>	67

ABSTRACT

Lo scopo del progetto è stato quello di analizzare l'attività corticale di un gruppo di studenti sani (N = 27) durante la visione di stimoli a diverso contenuto emotivo. Nello specifico, attraverso la registrazione dei segnali EEG con cuffia a 64 canali si è voluto valutare quali informazioni possano emergere dall'analisi delle onde Delta e Theta osservate nel tracciato di individui (N = 27, tutte femmine) mentre osservavano filmati riconducibili a sei diverse categorie: Neutral (condizione di controllo), Scenery (paesaggi naturali), Sport (attività sportiva), Fear (paura), Food (disgusto), Blood (sangue/mutilazioni). Le onde studiate sono state associate principalmente a processi di inibizione e disinibizione, rispettivamente per le onde Delta e Theta. Allo stesso modo, specialmente per le onde Theta, si è ipotizzato anche un potenziale effetto valenza: si è difatti osservata una minore attivazione theta per le categorie di stimoli a valenza negativa rispetto a quelli a valenza positiva. La ridotta potenza Theta alle tre categorie negative rispetto alle neutre e positive indica una probabile disinibizione, ovvero una maggiore attività corticale a stimoli spiacevoli con elevata rilevanza biologica. I dati suggeriscono che la Theta può rappresentare un interessante marker di valenza emotionale in condizioni di stimolazioni emozionali ecologiche rappresentate dai filmati.

NOTE

1: Circuiti di sopravvivenza (survival circuits) (LeDoux, 2015) = indicano l'insieme dei cambiamenti fisiologici, comportamentali e psicologici (principalmente motivazionali) che avvengono in modo automatico, biologicamente determinato, che assolvono a determinate funzioni essenziali per la sopravvivenza. Esempi sono la risposta di difesa a stimoli di paura, ma anche la risposta sessuale, la ricerca di cibo ecc. Questi circuiti sono detti biologicamente determinati in quanto sono osservati in ogni organismo vivente, compresi gli organismi unicellulari. Nonostante la manifestazione di tali adattamenti, solo nell'uomo è possibile attribuire tali modificazioni al vissuto emotivo soggettivo in quanto esso può essere confermato solo attraverso un resoconto verbale su domanda diretta.

2: Onda T = rappresenta la ripolarizzazione ventricolare ed è considerato un indice inverso di attivazione simpatica, ovvero maggiore è la sua ampiezza e minore è l'influenza simpatica sul cuore.

3: SCR = Skin Conductance Response = indice puro di attivazione simpatica; riflette l'aumento della secrezione delle ghiandole sudoripare epiteliali.

4: Paradigma Oddball = paradigma in cui si valuta la risposta a stimoli "rari". Vengono presentati al partecipante una serie di stimoli. Tra questi alcuni sono definiti standard in quanto hanno un'alta frequenza di occorrenza; gli stimoli "target" invece sono presentati con minore probabilità. Una risposta comune agli stimoli rari è la P300, componente ERP legata a processi attentivi e che si presenta con maggiore intensità in risposta a stimoli rari o inattesi.

5: Diastolic Blood Pressure (DBP) = La pressione diastolica è la pressione del sangue nelle arterie quando il cuore è in fase di riposo tra due battiti. Durante questo periodo di riposo, il cuore si riempie di sangue per il successivo ciclo di pompaggio. La pressione diastolica è la pressione "minima", ovvero la pressione più bassa nelle arterie, e viene misurata in millimetri di mercurio (mmHg).

6: Mean Arterial Pressure (MAP) = La pressione arteriosa media è una media ponderata della pressione arteriosa durante un ciclo cardiaco completo, e non è semplicemente la media aritmetica della pressione sistolica e diastolica.

1. INTRODUZIONE

1.1. *Le emozioni: definizione e valutazione attraverso indici psicofisiologici*

Comprendere cosa sono le emozioni, perché le esperiamo e perché sono così importanti per la vita e la sopravvivenza dell'uomo sono domande che hanno attraversato l'intero corso della storia e dell'evoluzione epistemologica. Numerosi sono stati i filosofi, scrittori e scienziati che si sono avvicinati al tema e hanno cercato di risolvere secondo il loro orientamento personale il quesito sulla natura di ciò che proviamo. Tuttavia, ancora oggi, parlare di emozioni è qualcosa di complicato, talvolta altamente personale e che per questo comporta possibili confusioni, non solo nel parlare comune ma anche tra gli esperti. Se si chiedesse ad un conoscente di definire, per esempio, cos'è la *paura* probabilmente si otterrebbe una risposta come: “la paura è quando sono spaventato da qualcosa; quando qualcosa mi crea turbamento e temo possa avere conseguenze negative”. Se lo si chiedesse ad un esperto, invece, una probabile risposta potrebbe essere: “la paura è l'etichetta semantica che viene data all'insieme di modificazioni fisiologiche, cognitive e comportamentali che avvengono in risposta ad uno stimolo minaccioso presente, con aspettativa di danneggiamento alla propria integrità psicofisica”. Vediamo come le due definizioni presentino in certa misura delle somiglianze; in entrambe si identifica, infatti, un *elemento minaccioso* (pericolo), un cambiamento nel vissuto *psicologico* e, anche nella risposta naïve, si può leggere un riferimento alle *sensazioni corporee* (i.e., “turbamento”). Eppure, sono diverse. In termini scientifici, è più appropriato parlare di “paura” per riferirsi al vissuto cosciente, quando l'organismo prende consapevolezza che c'è una minaccia e che dei cambiamenti psicofisici si stanno verificando in risposta a tale minaccia. Questi cambiamenti, difatti, possono precedere la consapevolezza e, a dire il vero, non necessitano di consapevolezza per verificarsi (LeDoux, 2015). Per dirlo con le parole del neuroscienziato statunitense J. LeDoux: “Spesso, quando gli scienziati parlano di *emozioni* si riferiscono alle conseguenze dell'attivazione dei circuiti di sopravvivenza¹; questi circuiti non esistono (= “non sono stati filogeneticamente tramandati”) con lo scopo di far *sentire* l'uomo o qualsiasi altro animale in un

certo modo. La loro funzione è promuovere la sopravvivenza. Le emozioni sono, invece, il *feeling* che un organismo sperimenta quando prende consapevolezza di queste conseguenze [...] e che queste stanno capitando a lui in una specifica situazione” [LeDoux, 2015]. Si evince, quindi, anche la componente di integrazione multicomponentiale (i.e., cambiamenti fisiologici, risposte comportamentali, intenzioni, motivazioni, memoria di situazioni simili) e di interpretazione (i.e., “quello che sto sentendo sta succedendo perché...”). Quello che possiamo fare, dunque, è studiare le emozioni, proporre delle teorie in merito, ma sempre tenendo presente tale distinzione. Nella seguente trattazione non ci si occuperà tanto di risolvere tale conflittualità semantica ma essa è stata tenuta in considerazione e per questo sono stati raccolti dati sia di indici di natura psicofisiologica (i.e., bande Delta e Theta) che di natura soggettiva (i.e., giudizi autovalutativi sull’esperienza emotiva esperita). È nozione accettata in psicofisiologia, infatti, come gli indici psicofisiologici, comportamentali e soggettivi siano tra loro parzialmente indipendenti ma complementari.

Tra gli item di natura soggettiva maggiormente citati in letteratura vi sono Valenza e Arousal, entrambi valutati in questa tesi attraverso il Self-Assessment Manikin [SAM; Bradley & Lang, 1994; vedi capitolo sul Metodo]. Con valenza ci si riferisce al grado di piacevolezza o spiacevolezza attribuito ad un’emozione; con Arousal ci si riferisce all’esperienza soggettiva di attivazione psicofisiologica. Questi due costrutti sono stati poi utilizzati da Russell (1980) per elaborare un modello bidimensionale di categorizzazione delle emozioni. In questo modello, le emozioni si distinguerebbero l’un l’altra secondo diverse combinazioni di livelli di Valenza (asse delle ascisse) e Arousal (asse delle ordinate), come mostrato nella **Figura 1.1.1**.

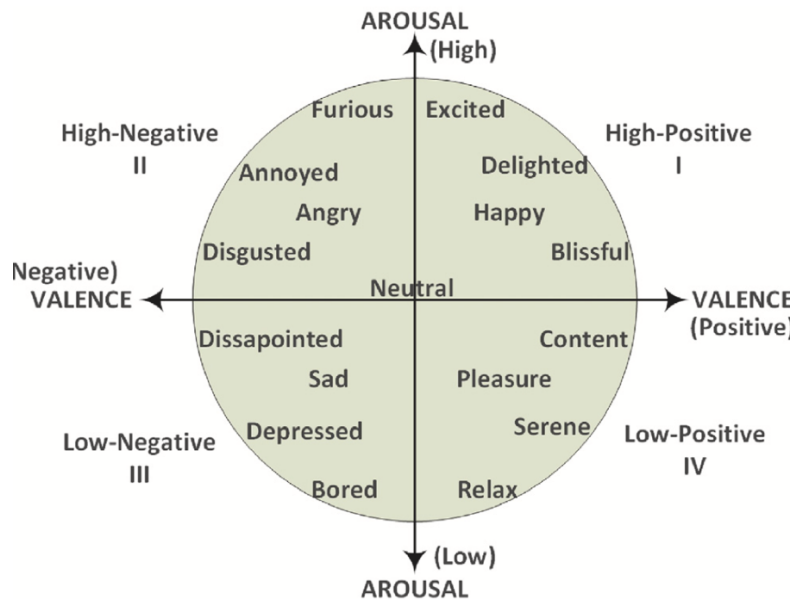


Figura 1.1.1. Modello bidimensionale delle emozioni di Wilson e Russell. [Adattato da Khare et al., 2023]

Mehrabian e Russel (1996) hanno poi ampliato tale modello con l'introduzione di una terza dimensione chiamata Dominanza, che si riferisce alla sensazione di controllare o essere controllato dalla situazione [Figura 1.1.2].

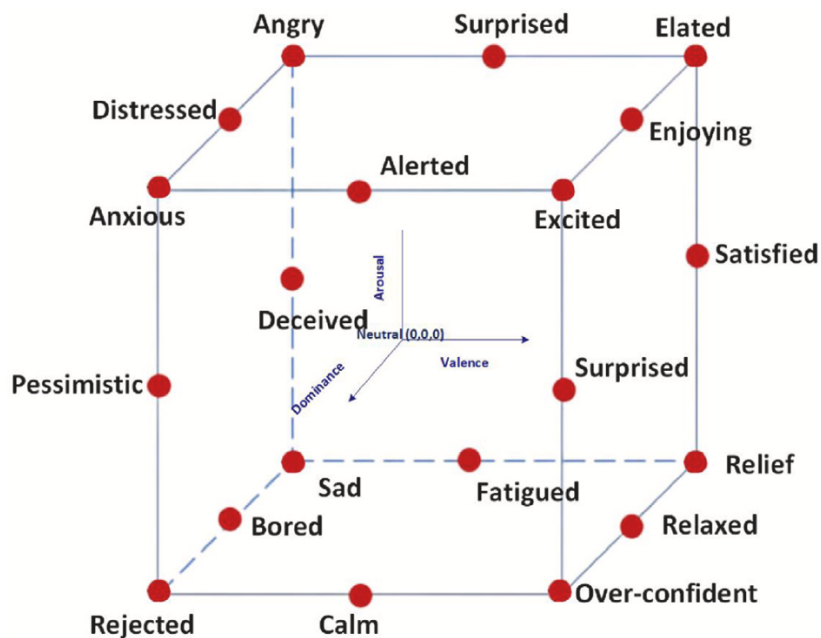


Figura 1.1.2. Modello tridimensionale delle emozioni. [Adattato da Khare et al., 2023]

Lang, Bradley & Cuthbert (1997) hanno usato questo modello per sviluppare l'International Affect Picture System (IAPS), un database di immagini a colori a diverso contenuto emotivo e standardizzate secondo le tre dimensioni ora descritte. Questo strumento è stato ideato al fine di fornire alla comunità scientifica un pool di stimoli emotigeni da poter usare per la ricerca sui processi attentivi ed emotivi, con lo scopo ultimo di aumentare la replicabilità e il confronto dei risultati scientifici ottenuti. Ad oggi, la grande maggioranza degli studi sulle emozioni ha utilizzato le immagini di questo dataset come stimoli sperimentali; tuttavia, come discuteremo in seguito, vi sono evidenze che suggeriscono come l'utilizzo di stimoli più complessi possa portare a risultati più apprezzabili in termini di validità e il loro utilizzo sta trovando sempre maggior spazio nella ricerca (Romeo et al., 2022; vedi paragrafo *Il dataset E-MOVIE*).

Come detto, oltre alla dimensione soggettiva è necessario studiare le emozioni anche da un punto di vista fisiologico. Le Neuroscienze Affettive, termine coniato da Panksepp nel 1992, hanno ottenuto importanti risultati circa i meccanismi neurali delle emozioni da una sintesi di studi animali e con soggetti umani: nei primi, l'attività cerebrale e gli effetti delle modificazioni cerebrali (i.e., lesioni, stimolazione diretta, inibizione drug-induced ecc.) sul comportamento sono stati utili per sviluppare i primi modelli neurali delle emozioni; nell'uomo, invece, sebbene non possano essere condotti studi ad alta manipolazione e controllo come negli animali, è possibile studiare la relazione tra attività cerebrale e vissuti soggettivi auto-riferiti. Nell'uomo, tuttavia, è possibile studiare popolazioni cliniche per aumentare la comprensione dell'associazione tra substrato biologico e processi mentali, nonché per verificare i risultati ottenuti con modelli animali; infine, con l'avvento di moderne tecniche di stimolazione/inibizione cerebrale (i.e., Stimolazione Magnetica Transcranica) è oggi possibile andare a manipolare l'attivazione di specifici distretti cerebrali per valutarne gli effetti sul comportamento e poter giungere così a inferenze di causalità con maggiore precisione e affidabilità. Dal punto di vista dei correlati psicofisiologici delle emozioni, importanti risultati nello studio della risposta emotiva sono stati ottenuti sia dall'analisi degli indici centrali che periferici; i primi verranno

discussi nel paragrafo seguente, mentre in questa sezione verranno trattati i secondi, sia con scopi illustrativi che di supporto alla tesi che verrà poi sostenuta in Discussione.

Gli indici periferici fanno riferimento specialmente alla funzionalità del Sistema Nervoso Autonomo (SNA) e delle sue divisioni, Sistema Nervoso Simpatico e Parasimpatico. Il SNA è una componente del Sistema Nervoso Periferico che coordina il lavoro di organi e sistemi distribuiti in tutto il corpo umano (Levenson, 2014) e svolge tre principali funzioni: (1) mantiene costanti e bilanciati i valori biologici del corpo (omeostasi); (2) mobilita le riserve energetiche e attiva i sistemi del corpo per fornire le risorse necessarie all'azione, volta a rispondere a sfide, richieste e opportunità imposte dall'ambiente; (3) deattiva questi sistemi quando l'azione non deve essere più sostenuta, riportando ad uno stato di quiete ed equilibrio tali funzioni. Andando nello specifico, l'attività della divisione Simpatica sostiene l'azione e pertanto entra in gioco in situazioni attivanti che richiedono un adattamento immediato alle richieste dell'ambiente, come per esempio in presenza di una minaccia; l'attività Parasimpatica, invece, è coinvolta specialmente in stati di riposo, di conservazione dell'energia e di sviluppo dell'organismo (e.g., digestione e alimentazione, riproduzione e funzionalità sessuale e di crescita...). Data questa definizione è facile intuire come per molto tempo l'attività di queste due divisioni sia stata descritta come reciprocamente "antagonista" suggerendo che un'attivazione simpatica conducesse necessariamente ad una inibizione dell'attività parasimpatica, e viceversa. Sebbene questo pattern di attivazione/inibizione reciproca possa essere un'apprezzabile approssimazione, ad oggi si ritiene che vedere l'azione delle due componenti come antagonista sia riduttivo e si preferisce pertanto parlare di coattivazione e "predominanza", dove una maggiore attività simpatica indicherebbe una maggiore attivazione e preparazione dell'organismo all'azione, mentre una predominanza parasimpatica si assocerebbe maggiormente a processi conservativi (e.g., digestione, diminuzione frequenza cardiaca, comportamenti sessuali ecc.); tuttavia, all'interno di questa predominanza vi può anche essere una attivazione, seppur meno intensa, dell'altro sistema o di componenti di esso. Quindi, gli indici autonomici sono spesso influenzati dalla combinazione dell'attività delle due divisioni, che a loro volta possono divergere in sottodivisioni

(e.g., il Sistema Nervoso Simpatico si compone di un sistema colinergico, uno beta adrenergico e uno alpha adrenergico, sulla base dei neurotrasmettitori coinvolti). Il superamento della passata concezione del rapporto tra le due divisioni autonome può essere delineato osservando il pattern di risposta autonoma agli stimoli emotivi.

Come mostrato da Palomba et al. (2000), un corpo crescente di studi ha dimostrato una co-attivazione di entrambe le componenti autonome nella risposta di difesa a stimoli spiacevoli: diversi momenti dell'elaborazione emotiva presentano diversi livelli di attivazione dell'uno e dell'altro sistema. Un caso molto emblematico di tale tesi è la risposta di difesa a situazioni traumatiche; Schauer & Elbert (2015) hanno delineato un modello a cascata dove inizialmente si osserva la tipica predominanza simpatica, volta a mobilitare le riserve energetiche in modo da rispondere in modo adeguato alla situazione minacciosa; tuttavia, in alcuni casi, e data la situazione estremamente negativa per il soggetto, l'eccessiva risposta simpatica può venire progressivamente (nell'arco di pochi minuti) controbilanciata da una crescente attivazione parasimpatica che in poco tempo diventa predominante e si caratterizza per bradicardia, vasodilatazione, crollo dell'arousal, ipotensione e, a livello cognitivo, possono essere presenti depersonalizzazione e derealizzazione. Questo sbilanciamento e "confusione" tra le due componenti può, infine, divenire tale da causare lo svenimento del soggetto. È interessante notare come una risposta simile sia presente anche per stimoli collegati a sanguie-iniezioni-operazioni chirurgiche (d'ora in poi indicati come Blood) ma non per altri stimoli spiacevoli (e.g., stimoli paurosi = Fear) in soggetti sani. La risposta a questi stimoli negativi relativi al sangue evidenzia una riduzione della frequenza cardiaca (FC) e della pressione sanguigna (PS), indici di attivazione vagale (parasimpatica) e anche in questo caso, specie in persone con fobia per il sangue, si può arrivare allo svenimento (Lumley e Melamed, 1992, Angrilli et al, 1994). A questo proposito, Palomba e collaboratori (2000) hanno confrontato stimoli *Blood* vs stimoli *Fear* (i.e., un uomo veniva minacciato con un coltello ma assenza di sangue o ferite nella clip) e *Scenery* (i.e., paesaggio naturale). Questo studio ha usato, come nel nostro caso, clip audiovisive (durata = 132 secondi) proprio allo scopo di osservare la transizione simpatico-parasimpatico nelle categorie Blood. I

ricercatori hanno valutato anche le dimensioni soggettive Valenza, Arousal e Dominanza; le clip a contenuto negativo non presentavano differenze in queste tre dimensioni mentre la categoria Scenery è stata valutata dai partecipanti come più piacevole, meno attivante e con maggiore controllo percepito. Gli indici psicofisiologici di maggiore interesse, invece, erano la frequenza cardiaca (FC), l'ampiezza dell'onda T² e la risposta di conduttanza cutanea (SCL)³. I risultati hanno mostrato differenze nella risposta cardiaca e, in generale, autonoma in funzione della categoria emotiva osservata. Nelle clip Fear si è osservata una sostanziale risposta simpatica, caratterizzata da un rapido aumento della frequenza cardiaca, aumento della conduttanza cutanea e costante riduzione dell'ampiezza dell'onda T. Negli stimoli Blood la SCL mostrava un incremento rapido che raggiungeva nei primi 30s livelli massimi e significativamente superiori a quelli registrati nelle altre condizioni; a questo aumento seguiva poi una riduzione dell'ampiezza di tale risposta che manteneva tuttavia livelli significativamente superiori a quelli di Fear e Scenery. Questo dato, quindi, supporta l'ipotesi di attivazione simpatica per gli stimoli legati al sangue. Tuttavia, gli altri due indici periferici mostravano un pattern riconducibile ad una attivazione parasimpatica: l'onda T mostrava valori crescenti di ampiezza con lo scorrere del filmato Blood; la FC, dopo un iniziale breve aumento, mostrava una progressiva riduzione. Poi, la categoria Scenery, si differenziava da quella Blood per una rapida decelerazione cardiaca, che veniva mantenuta durante la visione del filmato (attività parasimpatica); non è stato registrato nessun indice di attivazione simpatica in risposta alle clip positive (i.e., la SCL diminuiva e l'onda T aumentava in ampiezza durante la visione del filmato).

Gli stimoli Fear, dunque, mostravano una pura attivazione simpatica e questo dato trova ampio sostegno in letteratura e viene definito come “risposta di difesa a stimoli minacciosi”. Gli stimoli Blood, invece, mostravano una risposta mista della divisione simpatica (i.e., diminuita attività simpatica beta-adrenergica (= aumento onda T) mentre rimaneva reattiva la divisione colinergica (= aumento SCL)) e progressivo aumento dell'influenza parasimpatica, suggerendo una maggiore complessità della risposta e dell'elaborazione di tali stimoli. Questa maggiore complessità dell'elaborazione è sostenuta anche dall'inibizione del riflesso di ammiccamento, un indice

comportamentale che gli sperimentatori hanno controllato nella loro ricerca. L'inibizione del riflesso di ammiccamento è considerato un indice di attenzione sostenuta: compiti che richiedono maggiori risorse attentive/cognitive inibiscono il numero di ammiccamenti spontanei. L'ipotesi è che tale inibizione sia funzionale all'acquisizione del maggior numero di informazioni possibili, evitando di perderne nel momento in cui gli occhi si chiudono e si interrompe il flusso percettivo.

L'inibizione della risposta di ammiccamento è stata trattata anche da Maffei e Angrilli (2019) in partecipanti che erano intenti ad osservare passivamente clip audiovisive relate alle seguenti categorie emotive: Erotic, Scenery, Sadness, Fear, Compassion and Neutral (per approfondimento vedi paragrafo *Il dataset E-MOVIE*). Le categorie Sadness e Compassion si differenziavano in quanto nella seconda erano presenti scene in cui il protagonista piangeva a seguito di una perdita mentre nella prima il tema principale era la solitudine e la mancanza di aiuto in assenza, però, di scene in cui il protagonista piangesse (fattore discriminante). Come sopra descritto, l'inibizione dell'ammiccamento ha lo scopo di rendere unitaria l'elaborazione delle informazioni, senza perdita di frammenti di essa. Data questa proposizione, gli autori, hanno ipotizzato che l'inibizione del riflesso di ammiccamento sarebbe stata superiore per i video più interessanti, cioè quelli ipotizzati potessero catturare maggiormente l'attenzione. Questa significatività è stata associata alla rilevanza biologica dello stimolo, al livello di attivazione che esso comporta e anche alla valenza. Maffei e Angrilli, inoltre, hanno ipotizzato che nel loro setting di visione passiva gli stimoli negativi ad alto arousal (i.e., Fear) potessero associarsi ad una maggiore frequenza di ammiccamento, indicativa di meccanismi di allontanamento dallo stimolo (*Stimulus rejection*), in modo da ridurre l'elaborazione percettiva con lo scopo di preparare la risposta di difesa (LeDoux, 2015). I ricercatori hanno tenuto sotto controllo anche l'evoluzione temporale della risposta di ammiccamento, dividendo l'analisi della risposta a ciascun video in 5 segmenti da 22 secondi l'uno.

Dai risultati è emerso che ogni categoria emotiva ha prodotto un'iniziale inibizione dell'ammiccamento, evidenziando quindi un orientamento dell'attenzione dovuto al compito di osservazione del filmato. Tuttavia, sono state riscontrate anche differenze significative

intercategoriali nell'ampiezza e nell'andamento di tale risposta; nel primo segmento, o epoca, le categorie Fear e Sadness hanno mostrato il maggior numero di ammiccamenti, evidenziando un ridotto dispiego di risorse attentive volte ad elaborare tali stimoli; questo risultato è stato interpretato alla luce dello stato emotivo di allontanamento/distacco dallo stimolo indotto da queste due categorie negative ad alto livello di attivazione, caratterizzate da ansia, disagio e angoscia, specie nelle prime fasi di osservazione. Maffei e Angrilli hanno sostenuto, quindi, che la risposta iniziale e automatica a questi stimoli preveda una scarsa elaborazione volta ad ottenere solo informazioni salienti per la sopravvivenza così da usare maggiori risorse per preparare una rapida (Fear) o più lenta (Sadness) ed efficiente risposta di difesa. Questo pattern, tuttavia, non sembra essere specifico per tutte le categorie a valenza negativa; infatti, la categoria Compassion ha prodotto nei primi due segmenti un'inibizione significativamente maggiore rispetto a Fear. I ricercatori hanno sottolineato come vedere una persona piangere possa indurre uno stato negativo nell'altro (come in Fear e Sadness) ma questa empatia si manifesta poi in atteggiamenti prosociali e quindi di approccio verso l'altro e nel tentativo di cercare di dare supporto e aiuto (Davidson et al., 1990). Questa tendenza all'avvicinamento verrebbe quindi indicata da una maggiore attenzione verso l'elaborazione dello stimolo e della situazione, manifestata da un'aumentata inibizione della frequenza di ammiccamento nelle prime fasi di elaborazione percettiva. La compassione quindi, come prima discusso con gli stimoli Blood (Palomba et al., 2000), è un'emozione più complessa, associata in misura minore a sentimenti estremamente negativi per il soggetto come ansia e angoscia.

Dati significativi sono stati trovati anche in merito alle categorie a valenza positiva. Le categorie a valenza decisamente positiva, Erotic e Scenery, hanno prodotto una riduzione della frequenza di ammiccamento, suggerendo stati motivazionali di approccio verso lo stimolo e di maggiore elaborazione dello stesso (*Stimulus intake*). Tuttavia, la risposta di orientamento dell'attenzione è risultata molto più rapida per le clip a contenuto erotico e questo è coerente con la loro maggiore rilevanza biologica rispetto alle clip di paesaggi naturali e al maggiore livello di arousal suscitato.

Quindi, stimoli piacevoli, interessanti e biologicamente rilevanti catturano l'attenzione e vengono elaborati maggiormente. Questo effetto non sembra essere del tutto ascrivibile alla dimensione della valenza; infatti, si possono riscontrare pattern significativamente diversi di risposta autonoma a stimoli con valenza simile (i.e., Fear vs Blood e Compassion) come indicato dagli studi appena visti, specie quando viene analizzata l'evoluzione temporale di tale risposta.

Un ulteriore e robusto dato che evidenzia l'influenza dei processi emotivi è stato riscontrato attraverso un altro indice comportamentale: il riflesso di startle. Tale risposta automatica consiste in un pattern comportamentale di difesa, biologicamente definito, successivo ad una stimolazione acustica intensa, breve ed improvvisa; è classicamente misurato attraverso la rilevazione dell'attività mioelettrica oculare ed è noto come l'intensità di tale risposta possa essere influenzata dallo stato emotivo della persona (Jansen & Frida, 1994). Kaviani et al. (1999) hanno valutato tale indice mentre i partecipanti osservavano video piacevoli, spiacevoli (i.e., Fear e Blood) o neutrali. In questo studio i partecipanti erano istruiti a guardare in modo passivo i video (i video avevano anche stimolazione uditiva) e venivano informati che durante la visione avrebbero sentito occasionalmente dei suoni intensi, non dannosi, che avrebbero dovuto ignorare. I risultati hanno mostrato un effetto valenza: la risposta di startle durante la visione di stimoli negativi era significativamente più intensa rispetto a quella osservata durante l'esposizione a filmati neutrali. Tuttavia, questa sensibilizzazione dello startle è stata associata solo agli stimoli minacciosi (Fear) ma non a quelli legati alle operazioni chirurgiche (Blood), che invece mostravano un'inibizione dello startle comparabile a quella prodotta dalla stimolazione piacevole. Gli sperimentatori hanno osservato come gli stimoli Blood-relati fossero altamente collegati a sensazioni di disgusto (74.5%) mentre le scene minacciose venissero maggiormente associate ad ansia/paura (47%) e solo in misura minore al disgusto. È stato quindi suggerito che il potenziamento dello startle possa essere specifico in risposta a stimoli minacciosi, mentre stimoli disgustosi altamente attivanti (i.e., Blood) possano indurre un'inibizione dello stesso, sottolineando una maggiore attenzione focalizzata ed elaborazione dello stimolo, mentre stimoli minacciosi aumenterebbero la vigilanza (attenzione diffusa e orientata verso l'esterno). In uno studio

successivo, è stato poi osservato come tale inibizione non fosse generalizzabile a tutti gli stimoli disgustosi (i.e., stimoli odorosi disgustosi non portavano ad inibizione dello startle), rimarcando ulteriormente la particolarità degli stimoli Blood (Kaviani et al., 1999) e la complessità delle risposta emotiva a stimolazioni discrete.

Inoltre, a differenza di Jansen & Frida (1994), Kaviani e collaboratori hanno osservato un'inibizione della risposta di startle durante la visione di stimoli piacevoli (vs neutrali e spiacevoli). Gli autori hanno spiegato tale discordanza in funzione della qualità degli stimoli positivi utilizzati: in questo caso sono stati usati video che mostravano situazioni di felicità e gioia mentre Jansen & Frida avevano usato immagini erotiche; è possibile che questo tipo di contenuto non sia ritenuto da tutte le persone come piacevole e al contrario potrebbe essere associato ad imbarazzo e rabbia (Kaviani et al., 1999). La risposta di startle, per concludere, risulta influenzata sia da fattori attentivi (in prima battuta, P300) che motivazionali (più lenti ad emergere, dopo 500ms), entrambi legati alla risposta emotiva (vedi paragrafo 1.2.).

Fino a questo momento abbiamo considerato la valutazione delle emozioni da un punto di vista dimensionale, in cui le emozioni sono state divise e studiate secondo le dimensioni di Valenza, Arousal e Dominanza.

Una visione alternativa a tali modelli è quella categoriale. Questi modelli propongono una visione delle emozioni come unità discrete separatamente analizzabili e ciascuna con proprie caratteristiche specifiche. I primi modelli categoriali possono essere fatti risalire già alla teoria delle emozioni di Charles Darwin che nel suo manoscritto *The expression of emotion in man and animals* (1872) ha osservato come alcune emozioni, definite “di base”, potessero essere riscontrate sia negli animali che nell'uomo. Questa universalità delle emozioni è stata proposta dal ricercatore sulla base di studi comparativi in cui ha registrato reazioni e manifestazioni comportamentali simili negli uomini (indipendentemente da età, cultura, etnia) e negli animali. Comunemente, sono considerate emozioni di base la rabbia, il disgusto, la paura, la tristezza, la gioia e la sorpresa; dalla combinazione di esse e

di fattori socioculturali si otterrebbero le emozioni più complesse, riservate tuttavia alla specie umana (Figura 1.1.3).

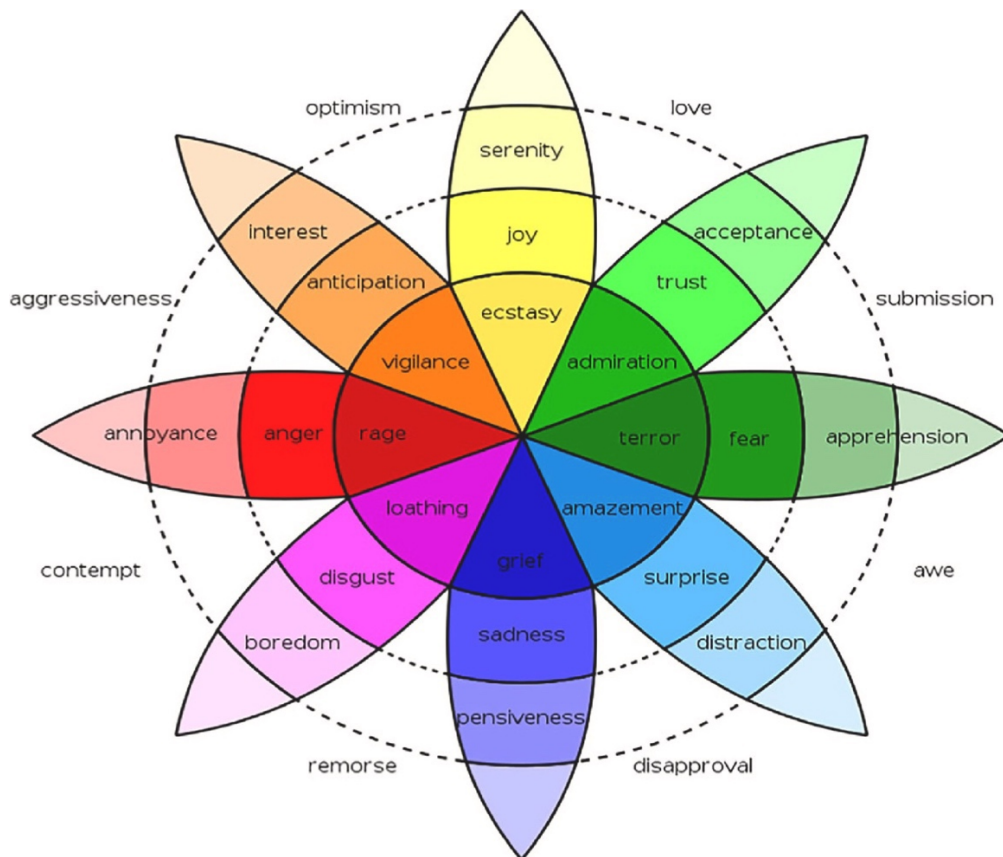


Figura 1.1.3. Modello categoriale di Plutchik (2001). Plutchik propone otto emozioni di base: paura, gioia, tristezza, fiducia, rabbia, sorpresa, anticipazione e disgusto. Le altre emozioni associate originano dalla combinazione di queste otto.

È bene sottolineare come ad oggi non vi sia una posizione univoca su quale modello, categoriale o dimensionale, sia corretto privilegiare in quanto la ricerca sulle emozioni è ancora lontana da risolvere tale divergenza ed entrambi gli approcci hanno portato ad importanti nozioni sulla natura della vita affettiva dell'uomo. Per esempio, abbiamo visto come la letteratura sulle emozioni negative sia di lunga data e molto ampia, mentre più spesso le emozioni positive siano state considerate come un unicum da contrapporre agli stimoli di natura negativa, spesso senza operare una grossa differenziazione tra stimoli positivi e stimoli neutrali. Fredrickson e colleghi (2000) hanno condotto due studi sulle differenze di attivazione cardiovascolare in risposta a stimoli positivi, negativi e neutrali. I ricercatori sono partiti dall'ipotesi che le emozioni negative producano un restringimento delle possibilità di pensiero e azione, andando a delineare una gamma limitata di comportamenti

finalizzati a rispondere alle richieste urgenti imposte dall'ambiente; al contrario, le emozioni positive produrrebbero un ampliamento di tali possibilità cognitive e comportamentali. Questa ipotesi sembra trovare riscontro da una serie di studi condotti da Isen tra il 1985 e il 1997, portando la studiosa ad affermare che, in generale, le emozioni positive portino ad un'organizzazione di pensiero ed azione più ampia, creativa e flessibile, aumentando la capacità di acquisizione ed integrazione delle informazioni (Fredrickson et al., 2000). Fredrickson e colleghi, hanno quindi affermato che questa predisposizione all'apertura data dalle emozioni positive sarebbe funzionale allo sviluppo di capacità personali e alla costruzione di una rete sociale e di supporto, fattori legati ad un aumento della fitness nel lungo termine (vedi *broaden and build theory of positive emotions* di Fredrickson (1998)). Un altro aspetto cardine di questa ricerca è l'*undoing hypothesis*, secondo cui le emozioni positive non si caratterizzerebbero per le loro peculiarità nell'attivare specifici pattern di attivazione autonoma (i.e., cardiovascolare) quanto per la loro funzione di regolazione sull'attivazione indotta dalle emozioni negative; in altre parole, le emozioni positive non sarebbero interessanti per quello che "iniziano" ma per quello che "interrompono" (nell'originale in inglese: *undo*). Tale ipotesi prende le mosse dagli studi di Levenson (1988) che ha osservato come la visione di stimoli emotivi positivi riducesse il tempo necessario all'attività cardiovascolare a ritornare a livelli di baseline dopo che era stata incrementata tramite induzione emotiva negativa. Tornando agli studi di Fredrickson et al. (2000), lo scopo è stato proprio quello di replicare tali risultati alla luce dell'*undoing hypothesis* e della *broad-and-build theory*.

Nel primo studio è stato usato un paradigma *speech-test* per indurre uno stato di attivazione psicofisiologica negativa (i.e., ansia): dopo che la strumentazione per la registrazione dell'attività cardiovascolare era stata montata, un ricercatore informava i partecipanti (N = 170), a loro sorpresa, che avevano a disposizione 60 secondi per preparare un discorso di 3 minuti su un determinato topic scelto dagli sperimentatori stessi; in seconda battuta, veniva comunicato che avrebbero avuto il 50% di possibilità di essere selezionati dal computer per effettuare effettivamente il discorso che sarebbe stato videoregistrato e poi valutato da altri studenti, e il 50% di possibilità di non essere selezionati e

quindi di dover semplicemente vedere un filmato. I filmati facevano riferimento a 4 categorie emotive: Contentezza (i.e., video che mostrava il moto delle onde che si infrangevano sulla costa), Divertimento (i.e., osservavano un cucciolo di cane giocare con un fiore), Tristezza (i.e., filmato di un bambino che piange per la morte del padre), Controllo/ No-emotion (i.e., video astratto in cui dei bastoncini colorati venivano accumulati). I ricercatori hanno rilevato durante la fase di preparazione del discorso una chiara risposta simpatica come indicato da un'accelerazione della FC, aumento della pressione sanguigna (PS) e vasocostrizione periferica. In secondo luogo, nei partecipanti che hanno visto video positivi, il ritorno di questi indici a valori di baseline è stato significativamente minore rispetto ai gruppi Controllo e Tristezza. Questi risultati sembrano confermare l'undoing hypothesis sebbene una spiegazione alternativa potrebbe essere che gli stimoli negativi e neutrali abbiano indotto un loro pattern di attivazione simpatica che sia andato a sostituire quello elicitato dalla stimolazione negativa a differenza delle positive; quindi, secondo questa prospettiva, non sono le emozioni positive ad aver ridotto l'attivazione simpatica ma sono gli stimoli negativi e neutrali ad averla sostenuta, producendo le differenze osservate. Il secondo studio (N = 185) condotto dagli sperimentatori ha avuto lo scopo di offrire una possibile soluzione a questa ambiguità. In questo caso non è stata indotta alcuna emozione negativa, ma è stata semplicemente confrontata l'attività di baseline con quella indotta dalla visione degli stimoli video sopra descritti. I dati soggettivi (giudizi sulla valenza) hanno mostrato una maggiore piacevolezza degli stimoli positivi rispetto a quelli neutrali ma nessuna differenza significativa da un punto di vista di attivazione cardiovascolare (ndr, differenze ci sono state, specie per la categoria Contentezza, ma non erano significative). Questo dato risulta a favore dell'undoing hypothesis: le emozioni positive sembrerebbero avere una funzione regolatoria sulla risposta cardiovascolare indotta a stimoli spiacevoli e, ancora, sembrerebbe che “gli effetti delle emozioni positive sull'attività cardiovascolare sembra emergere solo quando fa seguito ad una precedente attivazione indotta da stimolazione negativa” (Fredrickson et al., 2000). Le emozioni positive, pertanto, potrebbero rappresentare uno strumento nelle mani delle persone per moderare la propria reattività fisiologica e le proprie reazioni (i.e., broad and build theory). Infine, è interessante

notare come gli sperimentatori abbiano indagato se la relazione temporale fosse cruciale, in altre parole si sono chiesti se emozioni positive possano modulare la reattività cardiovascolare indotta da emozioni negative presentate in un secondo momento. Tale effetto modulatore di priming non sembra esserci, mostrando la rilevanza biologica degli stimoli negativi. Tuttavia, come precisato dagli sperimentatori, questi risultati, sebbene replicati, non rispondono alle domande sulla natura delle emozioni e delle loro conseguenze sull'esperienza umana e al contempo, tali risultati vanno letti in riferimento ai soli indici indagati e la possibilità che questi effetti possano essere osservati anche utilizzando stimoli emotivi diversi e misurazioni diverse (e.g., cognitive, comportamentali...) rimane una possibile ma non verificata ipotesi.

A questo proposito può essere utile osservare il lavoro di Behnke e colleghi (2022), i quali hanno realizzato una metanalisi (120 articoli, 686 effect sizes, N totale = 6546) con lo scopo di studiare in modo più specifico le risposte autonome a undici stimoli positivi discreti, i.e., Divertimento, Gioia, Amore Parentale, Amore verso le figure di attaccamento (AA), Eccitamento/Euforia, Gratitudine, Orgoglio, Desiderio sessuale, Meraviglia, Bramosia per il cibo (traduzione del termine originale *craving*) e Contentezza (per una definizione di ciascuna categoria vedi Behnke et al., 2022). Se da un lato è intuibile una distinzione tra queste emozioni da un punto di vista dell'esperienza soggettiva, dall'altro la letteratura non ha considerato in modo sufficientemente dettagliato le loro differenze da un punto di vista di attivazione autonoma; infatti, sebbene sia possibile riscontrare diversi studi e metanalisi, precedenti a quella ora in esame, che hanno trattato questo tema, risposte esaustive non sono ancora disponibili. L'elemento cardine del lavoro di Behnke e colleghi è la valutazione quantitativa della reattività autonoma elicitata da undici emozioni positive discrete, andando oltre ad una visione generica (i.e., che considera le emozioni positive in modo sostanzialmente indifferenziato). Se si considerano le emozioni come adattamenti evolutivi tramandati per rispondere a compiti primari per la sopravvivenza (e.g., evitare stimoli dannosi e promuovere la sopravvivenza) allora è possibile ipotizzare il coinvolgimento del SNA nelle emozioni per rispondere in modo ottimale a queste richieste di vita. Questa prospettiva porta a identificare la risposta fisiologica come

elemento cruciale della risposta emotiva insieme al vissuto soggettivo e alla risposta comportamentale/espressiva.

Nello studio delle emozioni positive molte teorie si sono focalizzate sui correlati psicofisiologici della risposta emotiva. La già discussa *Undoing Theory*, per esempio, è stata la prima teoria che ha esplicitamente indagato le conseguenze psicofisiologiche delle emozioni positive; secondo questa teoria le emozioni positive, visto che sembrano non modificare direttamente il SNA dalla baseline, potrebbero allora giocare un ruolo diverso a livello fisiologico, ovvero ridurre l'arousal indotto da stress ed emozioni negative fino ad un ritorno a livelli di baseline (Fredrickson & Levenson, 1998). La teoria polivagale (Porges, 2011) suggerisce che l'assenza di reattività simpatica nelle emozioni positive sia ascrivibile ad un incremento vagale parasimpatico indotto da questa stimolazione, il quale inibisce le influenze stress-relate sul cuore. Queste teorie, quindi, sono concordi nell'idea che le emozioni positive non mostrino attività simpatica significativa ma, piuttosto, parasimpatica.

Modelli alternativi si sono concentrati su aspetti motivazionali e distinguono le emozioni positive sulla loro capacità di elicitare pattern di approccio/avvicinamento allo stimolo. Sebbene spesso la valenza positiva e la tendenza all'approccio siano altamente correlate (tendiamo ad approcciarci a ciò che ci piace e ad evitare stimoli dannosi/spiacevoli; Cacioppo et al., 1999, Marchewka et al., 2014) ricerche recenti hanno mostrato che emozioni positive discrete elicitano livelli diversi di approccio e che questa differenza si rifletta in molti aspetti come i correlati neurali, gli effetti sulla cognizione e sul comportamento (Harmon-Jones et al., 2008; Gable & Harmon-Jones, 2008; Fawver et al., 2014). Kreibig et al. (2010), per esempio, hanno rilevato che emozioni come l'entusiasmo si associano ad una focalizzazione dell'attenzione, a una forte tendenza all'approccio/avvicinamento allo stimolo e ad incremento dell'arousal mediato dal SNA simpatico come rilevato dall'incremento di indici cardiovascolari ed elettrodermici; emozioni come meraviglia e contentezza sono state invece associate ad allargamento del focus attentivo (non focalizzato solo sullo stimolo), a stati di quiete e ad una riduzione dell'influenza simpatica sul cuore. Questi risultati sembrano indicare che anche tra

le emozioni positive si possa operare una distinzione categoriale, anche da un punto di vista della reattività autonoma.

Queste differenze nei modelli teorici hanno contribuito al duraturo dibattito circa la specificità o la generalità dell'attività autonoma nelle emozioni positive. Alcuni hanno sostenuto questa specificità dell'attività del SNA nelle diverse emozioni mentre altri hanno sostenuto attivazioni più generali, aspecifiche (Ekman & Cordado, 2011; Siegel et al., 2018). Un primo obiettivo della metanalisi Behnke e colleghi è stato infatti chiarire se lo stato dell'arte propendesse maggiormente per una sostanziale inattività simpatica e moderata attività parasimpatica (in accordo con l'Undoing Theory) oppure se alcune emozioni discrete positive abbiano il potenziale per elicitare una robusta attività simpatica (in linea con le teorie motivazionali di approccio). Quindi, le variabili che hanno indagato sono state specificità, concordanza e consistenza, e effetti di moderatori sulla risposta autonoma.

Dai risultati di questa review quantitativa è emerso uno squilibrio nella letteratura, dove alcune emozioni e indici hanno raccolto significativo maggiore interesse rispetto ad altri; allo stesso modo, è stata trovata anche un'elevata eterogeneità nei metodi utilizzati per l'induzione emotiva e la raccolta dati. Per quanto riguarda gli indici psicofisiologici, la maggior parte delle emozioni positive discrete studiate elicitavano una debole o assente attività del SNA; inoltre, più della metà degli effect-size erano altamente inconsistenti. In secondo luogo, le similitudini nella risposta autonoma tra emozioni positive distinte erano decisamente superiori alle loro differenze, in contrasto con l'idea di una forte differenziazione fisiologica tra distinte emozioni positive (Kreibig et al., 2010). Infine, hanno trovato pochi effetti di moderazione dovuti ai metodi o alle caratteristiche dei partecipanti (sesso, età). Quindi, dalla letteratura sembra trovare supporto la visione che le emozioni positive producano nessuna, o al più debole, e aspecifica attivazione del SNA rispetto a livelli di baseline o stimoli neutrali. Comunque, gli autori riportano come queste conclusioni siano da prendere come preliminari essendo basate su dati sbilanciati, incompleti e ottenuti mediante su un solo tipo di analisi (analisi univariata). Quindi sottolineano la necessità di ricerche più standardizzate/sistematiche sulla

fisiologia delle emozioni positive per colmare le lacune esistenti nella letteratura e permettere conclusioni più valide.

La risposta autonoma, comunque, è solo una componente della risposta emotiva e non andrebbe considerata separata da quella soggettiva-affettiva e comportamentale ma interpretata insieme ad esse. La sovrapposizione nella risposta autonoma delle emozioni positive discrete potrebbe essere relata a una origine neurale comune legata ad un altamente conservato circuito neurale, il cosiddetto *reward system* (circuito della gratificazione/piacere) (Shiota et al., 2017). Infatti, numerosi stimoli associati ad emozioni positive sono stati legati all'attivazione di questo sistema. Questo potrebbe spiegare il meccanismo per cui emozioni positive discrete condividano alcune proprietà che poi potrebbero essere differenziate in funzione delle condizioni in cui l'emozione è vissuta (contesto-dipendente). La sovrapposizione di alcune proprietà delle emozioni positive, inoltre, potrebbe supportare una visione dimensionale delle emozioni positive. Una recente ricerca ha suggerito che alcune emozioni positive fossero meglio concettualizzate in termini di categorie continue piuttosto che emozioni discrete, mostrando un continuum e gradienti sfumati tra le emozioni; per esempio, si può osservare un climax che va da calma/tranquillità, evolve in contemplazione fino a sfociare nella meraviglia (Behnke et al., 2022). A supporto della dimensionalità delle emozioni, Behnke e colleghi, hanno trovato differenze lungo la dimensione dell'approccio motivazione: emozioni positive caratterizzate da forti tendenze all'approccio come gioia ed eccitamento, erano accompagnate da una più ampia attivazione simpatica (DBP⁵, MAP⁶) rispetto a quelle meno approccianti come il divertimento.

Per quanto riguarda i possibili moderatori, non sembrano essere stati trovati risultati consistenti riguardo sesso, età, metodi di induzione emotiva.

Come anticipato, questa metanalisi non è esente da limitazioni dovute principalmente alla mancanza di sistematicità degli articoli studiati e pertanto se da un lato si possono trarre spunti interessanti da questi risultati, la ricerca deve proseguire e qualsiasi conclusione basata su questi dati, come esplicitamente affermato dagli autori, sarebbe da considerarsi preliminare. Pertanto, una conclusione

definitiva sulla specificità/aspecificità delle risposte autonome nelle emozioni positive rimane un quesito aperto.

1.2. Fondamenti dell'elettroencefalografia (EEG) applicata allo studio delle emozioni

Per ora abbiamo discusso alcuni significativi risultati ottenuti con l'analisi degli indici periferici ma lo studio delle emozioni ha ricevuto grande supporto anche attraverso l'analisi delle risposte centrali. Una breve trattazione necessaria riguarda gli studi di *neuroimaging*. Nello studio della risposta emotiva risultano particolarmente rilevanti le tecniche di registrazione in vivo, dove l'attività delle diverse aree cerebrali viene mappata mentre il cervello è coinvolto in qualche specifico compito, come: vedere uno stimolo emotivo, regolare l'emozione che si sta provando, eseguire calcoli mentali ecc. Le tecniche di risonanza hanno permesso di individuare alcune aree cerebrali che sembrano essere consistentemente coinvolte nei processi emotivi, esempio: amigdala (condizionamento, elaborazione di stimoli salienti, i.e., stimoli emotivi) [Fitzgerald et al., 2006; LeDoux, 1990], corteccia prefrontale (regolazione emotiva, integrazione sensoriale e affective decision making) [Ochsner et al., 2004; Bechara & Damasio, 2005], insula (disgusto, empatia) [Wright et al., 2004; Masten et al., 2011]. È importante sottolineare che gli studi di neuroimaging sono di tipo correlazionale e pertanto possono, al più, inferire che una determinata area cerebrale è coinvolta in modo saliente in una determinata funzione cerebrale; quindi, sulla base di tali dati non è possibile inferire causalità, ovvero che una determinata funzione sia *mediata* da quella specifica area in esame. Per fare questo sono necessari studi con soggetti in cui quella specifica area è disfunzionale oppure compromessa strutturalmente; essendo rari i casi di pazienti umani con lesioni altamente selettive, spesso si usano paradigmi in cui animali da laboratorio (i.e., topi, ratti) vengono sottoposti a lesioni cerebrali altamente localizzate oppure si può ricorrere alla neurostimolazione artificiale. Tuttavia, va considerato che ad oggi sono poche le funzioni mentali che vengono associate in modo univoco (o biunivoco) ad una specifica struttura cerebrale e infatti si parla più spesso di network di attivazione, dove più aree rappresentano il substrato fisiologico della funzione in oggetto.

In questo studio è stata utilizzata l'elettroencefalografia (EEG). Questa tecnica non rientra a pieno tra quelle di neuroimaging, o almeno non storicamente. Difatti, solo con l'introduzione di cuffie ad alta densità (> 64 canali) e di avanzate tecniche di stima delle sorgenti elettriche (e.g., Low Resolution Electrical Tomography) è stato possibile ricostruire l'attività di strutture sottocorticali; a fronte di ciò, per definizione, l'attività EEG è fatta risalire ai segnali elettrici generati dai neuroni piramidali della corteccia cerebrale. Va poi sottolineato come il segnale generato da un singolo neurone non sia sufficiente forte per essere registrato, dato che deve superare diversi strati di tessuto (i.e., cerebrale e osseo) che vanno ad attenuarlo. Per questo, il segnale EEG rilevato è il frutto della sincronizzazione di una popolazione di neuroni. Si evince pertanto come, rispetto ad altre tecniche di rilevazione, l'EEG abbia una minore risoluzione spaziale.

Un altro fattore che ha limitato l'utilizzo dell'EEG nello studio delle emozioni è l'ormai obsoleta teoria del sistema limbico: questa teoria, inizialmente proposta da Papez e poi sviluppata da McLean (1949), sosteneva che un set di determinate strutture sottocorticali fosse responsabile della risposta emotiva mentre le strutture corticali non svolgevano un ruolo significativo. Come detto, oggi questa teoria non è più considerata soddisfacente e la ricerca è stata ampliata anche alla neocorteccia.

Numerosi studi hanno utilizzato i Potenziali Evento-Relati (ERPs) come misura di analisi delle risposte centrali a stimolazione emotiva. Gli ERPs sono definiti come fenomeni dell'attività cerebrale che hanno luogo in preparazione di o in risposta a eventi discreti esterni o interni al soggetto e, concettualmente, sottendono alla manifestazione di processi psicologici specifici. Universalmente gli ERPs sono descritti specificandone la polarità (P = positivo; N = negativo) d'onda e la latenza (= tempo che passa tra la presentazione dello stimolo e il picco d'onda) (i.e., P300 = onda positiva con latenza di 300ms). Il vantaggio dell'EEG rispetto alle altre tecniche sopra citate è l'elevata risoluzione temporale e permette quindi di osservare variazioni nell'attività corticale nell'ordine di millisecondi, consentendo una più corretta associazione stimolo-risposta; infatti, individuare l'ordine temporale degli ERPs (attraverso lo studio della loro latenza) in risposta a stimoli emotivi può portare alla

formulazione di modelli di risposta affettiva più robusti e maggiormente accurati da un punto di vista dell'evoluzione dinamica dei processi coinvolti (Olofsson et al., 2008).

Di seguito sono presentati i risultati della metanalisi di Olofsson e colleghi (2008) sulla letteratura che ha studiato l'associazione tra induzione emotiva e ERPs:

- Componenti precoci – latenza 100-200 ms → P1: Smith et al. (2003) hanno osservato un'ampiezza maggiore di questa onda in risposta a stimoli negativi rispetto a quelli positivi con comparabili punteggi di arousal. Gli autori hanno pertanto suggerito un effetto specifico della valenza su questa componente che risulta da una capacità superiore degli stimoli spiacevoli nel catturare l'attenzione nelle primissime fasi di percezione ed elaborazione. N1: questa componente segue la P1 e in alcuni studi è stata associata ad un effetto arousal (Carretie et al. 2003); tuttavia i risultati rimangono discordanti e sembrano non poter essere generalizzabili. Dai risultati della loro metanalisi, Olofsson e colleghi (2008) concludono che nelle componenti precoci vi sia un più marcata influenza della valenza rispetto all'arousal, sostenuta dall'aumentata capacità degli stimoli spiacevoli a catturare rapidamente l'attenzione, in accordo alle teorie sul bias di negatività (i.e., cattura precoce ed automatica dell'attenzione da parte di stimoli negativi). Questa maggiore positività delle componenti ERP sembra essere particolarmente rilevata a livello occipitale, i.e., corteccia extrastriata visiva (Olofsson et al, 2008).
- Componenti intermedie – latenza 200-300 ms → queste componenti sono state frequentemente associate a processi di discriminazione e di selezione della risposta (Olofsson et al. 2008), riflettendo l'influenza dell'emozione sul comportamento in fasi estremamente precoci della pianificazione. L'effetto più consistente in questo intervallo di latenza sembra essere relativo all'arousal. L'EPN (Early Posterior Negativity) è stata associata a processi attentivi, nello specifico alla cattura dell'attenzione data da proprietà percettive salienti dello stimolo che sono legate al concetto di arousal (e, in modo meno consistente, di valenza) e che richiedono all'organismo una più accurata elaborazione: immagini altamente attivanti (i.e.,

Blood, Erotic) producono una maggiore ampiezza di questa componente rispetto a quello meno attivanti, sia per le immagini positive che negative (Schupp et al. 2003a). Questa cattura dell'attenzione da parte di stimoli attivanti, salienti, potrebbe riflettere l'influenza dell'amigdala su processi di attenzione ed elaborazione (amigdala-corteccia; amigdala-talamo-corteccia; LeDoux, 2015), nonché l'attivazione di aree corticali frontali.

- Componenti tardive – latenza > 300ms → Radilova e colleghi (1982; 1983) hanno riscontrato un aumento della P300 per stimoli a valenza molto elevata, sia positivi che negativi (i.e., immagini di cadaveri, immagini erotiche), rispetto a foto di paesaggi naturali (i.e., Scenery) in un paradigma di osservazione passiva, suggerendo un'influenza dell'arousal più che della valenza su questo tipo di onda. La P300 è un'onda particolarmente complessa e viene suddivisa in due componenti P3a – associata a processi attentivi – e P3b, associata a processi di memorizzazione. Queste due componenti possono essere studiate mediante il classico paradigma oddball⁴ e mostrano relazione positiva con l'intensità dell'arousal, che sembrerebbe elicitare una maggiore ampiezza d'onda. Al contrario, l'effetto valenza in paradigmi di visione passiva sembra riguardare solo la componente tardiva (P3b), relata a processi mnestici (Cuthbert et al., 2000); tuttavia, in compiti oddball dove lo stimolo emotivo è irrilevante per il compito, la valenza sembra influenzare anche la componente precoce. Pertanto, sia valenza che arousal, sembrerebbero influenzare il processamento degli stimoli salienti (Conroy e Polich, 2007). Da un punto di vista topografico, l'effetto dell'arousal sembra essere più marcato a livello parietale; mentre la valenza cattura processi attentivi e di elaborazione dello stimolo (i.e., aree frontali e occipitali).

L'arousal sembra avere però effetti ancora più duraturi come registrato da una positività d'onda che persiste dopo la P300. Palomba et al. (1997) hanno associato questa duratura positività dovuta all'arousal a processi mnestici: stimoli ad elevato arousal (indipendentemente dalla loro valenza) venivano richiamati con maggiore probabilità e precisione rispetto a stimoli neutrali o a minore attivazione emotiva. Carretie e collaboratori

(2006) hanno osservato un aumento dell'ampiezza d'onda 680ms dopo la presentazione di stimoli spiacevoli ad alto livello di arousal e hanno localizzato tale effetto in corrispondenza al giro prefrontale sinistro. Questi autori hanno così ipotizzato che gli stimoli emotivi possano stimolare processi attentivi, percettivi ma anche motori. Infine, Moser et al. (2006) ha osservato una riduzione dell'ampiezza di positività d'onda in un paradigma di modulazione (i.e., riduzione) emotiva.

Riassumendo i risultati ora visti e raccolti nella review di Olofsson e colleghi (2008), gli stimoli emotivi influenzano l'ampiezza delle componenti ERP in modo indipendente e talvolta differenziato in funzione della latenza d'onda: effetti valenza-relati sono osservabili specialmente nelle componenti precoci e intermedie mentre l'arousal produce una positività d'onda specialmente in componenti intermedie e tardive. Inoltre, gli effetti dell'arousal sembrano essere replicati in molti studi nonostante l'uso di paradigmi e stimoli emotivi diversi; gli effetti della valenza, invece, sembrano essere meno robusti (Olofsson et al. 2008). Gli autori hanno anche riportato alcune possibili interpretazioni teoriche delle modificazioni affettive sugli ERPs. In primis, è possibile individuare un bias di negatività verso gli stimoli spiacevoli e minacciosi. Questa tendenza a rispondere in modo specifico a stimoli negativi è stata notoriamente associata ad un incremento dell'attività dell'amigdala, la quale proietta a numerose strutture sottocorticali e corticali modulandone l'attivazione. In questo caso, il network amigdalocorticale sosterebbe un aumento dell'attenzione, elaborazione e memorizzazione verso stimoli negativi rilevanti per la sopravvivenza (i.e., vedi effetti valenza su P300). Una seconda linea di interpretazione pone maggiore enfasi sugli effetti valenza-indipendenti legati all'arousal: processi attentivi precoci sarebbero (i.e., risultati su EPN) catturati da stimoli altamente attivanti e motivanti, prima ancora che vi sia una categorizzazione in base alla valenza (Schupp et al, 2004 a, b).

La letteratura che ha affrontato lo studio della risposta emotiva attraverso gli ERPs è ampia e longeva, questo tipo di analisi del tracciato EEG è stato preferito per molto tempo in quanto l'attività corticale

indotta dalla stimolazione poteva essere valutata in relazione alla dimensione temporale in modo più semplice. In questo tipo di studi, solitamente, stimoli simili venivano presentati diverse volte e veniva calcolata l'attività media di tali tracciati ottenuti. L'idea di fondo è che l'attività legata al processamento dello stimolo target potesse essere estratta considerando l'attività basale EEG come rumore e aspecifica; pertanto, mediante processi di averaging venivano mantenute soltanto le risposte specifiche e coerenti, che venivano poi ricondotte a processi di elaborazione degli stimoli target. Tuttavia, questo modello non permette di analizzare processi che sono associati in modo particolare a determinate bande di frequenza del tracciato EEG (Klados et al., 2009), in quanto alcuni processi possono essere time-locked, ovvero avvenire sempre allo stesso intervallo dalla presentazione dello stimolo, ma non phase-locked, ovvero non si presentano nella medesima fase d'onda in ripetizioni successive. Di conseguenza, andando a fare una media dell'attività, è possibile che i due segnali vengano annullati reciprocamente o comunque il dato non sia attendibile e coerente. Per questo, assumendo che certi eventi/processi siano associati a specifiche bande di frequenza, l'analisi delle frequenze risulta più appropriata. In questo scenario, ciò che si andrà a valutare è il segnale prodotto dalle diverse bande di frequenza che compongono il tracciato EEG in risposta ad un particolare evento. Inoltre, lo studio delle bande di frequenza è sostenuto dall'osservazione che sistemi cerebrali diffusi e specifici sembrano comunicare e sincronizzarsi su specifiche frequenze nel supportare specifiche funzioni percettive e cognitive (Basar, 2004). Ad esempio, le onde Theta sono state associate a processi mnestici e alla comunicazione tra strutture profonde (i.e., amigdala, ippocampo) e aree della neocorteccia (Basar, 2004; Jensen & Tesche, 2002).

Di seguito verranno presentati alcuni studi che hanno studiato le emozioni in termini di bande di frequenza EEG.

1.3. Bande di frequenza EEG ed esempi di studi che hanno trattato tale indice

Il tracciato EEG può essere scomposto in una serie di componenti sinusoidali con diverse caratteristiche di frequenza e ampiezza, che contribuiscono in modo additivo al tracciato generale.

Queste componenti sono chiamate anche onde e sono suddivise secondo un criterio di frequenza di oscillazione. Classicamente sono state individuate 5 bande di frequenza: Delta (0.5 – 3 Hz); Theta (3.5 – 7 Hz); Alpha (8 – 13 Hz); Beta (15 – 30 Hz); Gamma (30 – 90 Hz) (Basar et al., 2001).

Le onde veloci (i.e., Beta e Gamma) rilevate con l'EEG riflettono l'attività di strutture corticali in modo pressoché certo, questo in quanto la loro alta frequenza e bassa ampiezza impedisce al segnale di giungere sino allo scalpo. Le onde a bassa frequenza, invece, di maggiore ampiezza e potenza possono indicare l'attività di strutture profonde, di aree corticali, dell'influenza reciproca tra esse. Una prevalenza di onde lente nel tracciato è stata spesso associata a stati del sonno, alterazioni della coscienza e deficit cognitivi (e.g., disturbo da deficit dell'attenzione). Tuttavia, durante la veglia e in soggetti sani, variazioni nell'attività di queste onde è stata associata a diversi processi cognitivi, quali il consolidamento mnestico, l'attenzione, l'attivazione e l'inibizione comportamentale (Harmony, 2013), e sembrano poter riflettere la comunicazione tra strutture cerebrali anche molto distanti, nonché processi di elaborazione degli stimoli emotivi e di regolazione delle emozioni (per approfondimenti: Basar et al., 2001; Zhang et al., 2013; Knyazev, 2007). Uno studio interessante di Dall'Acqua e collaboratori (2022) ha trovato risultati interessanti sulle onde Delta e Theta nell'elaborazione emotiva confrontando un gruppo di soggetti con alti livelli di disforia ($n = 24$) rispetto ad un gruppo di controllo ($n = 24$). Per l'esperimento sono state utilizzate 24 immagini a valenza positiva, 24 a valenza negativa e 24 neutrali, selezionate dallo IAPS. Dai loro risultati le onde Delta, in entrambi i gruppi, si sono mostrate sensibili alla stimolazione emotiva, indipendentemente dalla loro valenza; tuttavia, la reattività agli stimoli positivi e neutrali è risultata significativamente ridotta rispetto al gruppo di controllo. Interessante, poi, l'analisi delle onde Theta che ha mostrato nel controllo una minore attivazione Theta per le immagini a valenza negativa, rispetto a quelle neutrali e positive. In questo caso, pertanto, sembrerebbe sostenuta una differenziazione basata sulla valenza, dove le onde Theta risultano maggiormente sensibili a stimoli negativi. Gli autori hanno interpretato la risposta Delta in termini di sistemi motivazionali, indicando le emozioni come stimoli salienti; la

ridotta reattività di questo indice agli stimoli positivi nel gruppo Disforia è stata pertanto attribuita ad un deficit nel sistema motivazionale della ricompensa (Dall'Acqua et al., 2022).

Gli studi sulle onde lente che hanno utilizzato paradigmi assimilabili a quello presente, tuttavia, sembrano essere ancora pochi e non sufficientemente robusti per portare a conclusioni di rilievo. Maffei, Spironelli e Angrilli (2019) hanno utilizzato un paradigma di induzione emotiva tramite clip audiovisive ma concentrandosi sull'analisi di potenza delle onde Gamma e dividendo il campione (N = 41, tutte femmine) in due gruppi sulla base dei punteggi ottenuti ad un questionario sui tratti empatici, distinguendo individui con alti tratti empatici (HE) e bassi tratti empatici (LE). In questo studio, le clip utilizzate per la stimolazione emotiva erano le seguenti: Erotic, Neutral, Fear e Compassion. I ricercatori hanno osservato che il gruppo HE mostravano attività Gamma significativamente superiore per tutti gli stimoli emotivi rispetto ai Neutral, sostenendo l'ipotesi sperimentale di un significativo coinvolgimento emotivo e una forte immersione nella narrazione emotiva dei filmati, indipendentemente dalla valenza emotiva, in questo gruppo di partecipanti. Nel gruppo LE, gli stimoli negativi rimanevano differenziati da quelli neutrali nell'indice di potenza Gamma, sebbene in misura minore rispetto al gruppo HE; le clip Erotic, invece, hanno mostrato pattern di attività Gamma assimilabili a quelli osservati nella categoria Neutral. Pertanto, una differenziazione nei gruppi sembra essere specifica per le categorie positive. Gli autori hanno ipotizzato che l'intensità degli stimoli negativi potesse essere sufficientemente elevata da produrre una risposta automatica anche negli individui con bassi livelli di empatia. Questa supposizione trova sostegno nella rilevanza biologica di tali stimoli, capaci di attivare risposte automatiche di difesa biologicamente tramandate.

Un approccio diverso è stato usato da Costa, Rognoni e Galati (2006). Questi autori hanno studiato l'indice di sincronizzazione (SI) per valutare la connettività cerebrale in risposta a stimoli emotivi. L'SI è ottenuto valutando se due sorgenti corticali distinte mostrino variazioni nella sincronizzazione simili in una specifica banda di frequenza, dove un'aumentata sincronizzazione risulta da un incremento nella potenza di scarica di una popolazione di neuroni. Nel loro studio hanno valutato

questo indice in risposta a clip video (senza stimolazione uditiva) a diverso contenuto emotivo, nello specifico: Happiness (mostravano scene di incontri tra due innamorati), Sadness (mostravano scene in cui il protagonista perdeva una persona cara) e Neutral (mostravano persone intente a compiere azioni di routine). Inoltre, gli autori hanno presentato questi stimoli per 3 volte in 3 prove separate, in modo da valutare la consistenza dell'indice di sincronizzazione ottenuto per ciascuno stimolo. Sebbene ci si sarebbe potuti aspettare delle differenze dovute a processi mnestici di ricordo della scena, gli autori hanno osservato che l'indice di sincronizzazione non variava tra la prima esposizione e le successive, mostrando una certa stabilità e coerenza della risposta, sostenendo l'ipotesi che vi sia una associazione tra specifici pattern di sincronizzazione e l'elaborazione degli stimoli emotivi. Gli autori hanno identificato diversi pattern di attivazione tra le aree frontali e occipitali, con un incremento generale della sincronizzazione durante la stimolazione emotiva rispetto al periodo di riposo. In modo particolare, in condizioni emotive, si è notato che la felicità era più sincronizzata rispetto alla tristezza. Andando a valutare le diverse bande di frequenza, è stato osservato che nelle onde beta, sono state osservate diverse differenze nei modelli di sincronizzazione nelle aree frontali e occipitali, dove le condizioni emotive hanno mostrato una sincronizzazione maggiore rispetto sia rispetto alla baseline che alle condizioni neutre. Analogamente, nella banda di frequenza Alpha, la tristezza era più sincronizzata rispetto alla felicità. Un effetto simile è stato riscontrato anche nella banda Theta, dove la tristezza ha prodotto una maggiore sincronizzazione rispetto alla felicità nelle regioni frontali sinistre e si è notato un aumento della sincronizzazione tra le aree frontali e occipitali durante la risposta emotiva a clip di felicità. Anche nelle onde Delta e Gamma, infine, si è osservato un effetto dovuto alla salienza dello stimolo, dove stimoli emotivi si sono associati ad una maggiore sincronizzazione di questa banda nelle regioni frontali sinistre e destre.

Riassumendo, le clip che emotive si sono associate ad una maggiore sincronizzazione dell'attività cerebrale rispetto alle condizioni neutre e questa sincronizzazione è risultata superiore nella categoria a valenza negativa (i.e., Sadness); le differenze hanno coinvolto, inoltre, la topografia di tale sincronizzazione: la tristezza era associata ad una maggiore connettività tra le regioni frontali dei due

emisferi mentre le clip di felicità erano associate ad una maggiore sincronizzazione delle regioni frontali e occipitali. Gli autori hanno concluso che questi risultati evidenziano l'importante scambio di informazioni tra regioni cerebrali durante la stimolazione emotiva e come emozioni a diverso contenuto emotivo possano elicitarne sistemi di attivazione neurale differenti.

Questo studio, seppur limitato a due categorie emotive, supporta l'idea di fondo della presente ricerca secondo cui le differenze nei processi coinvolti nell'elaborazione di emozioni discrete possano essere rilevate e studiate attraverso l'analisi delle bande di frequenza del tracciato EEG; in altre parole, l'attività delle bande di frequenza EEG risultano sensibili alla stimolazione emotiva e alla valenza dello stimolo elaborato, indicando il coinvolgimento di aree e processi cerebrali diversi in funzione della valenza.

1.4. Il dataset E-MOVIE

Questo dataset, denominato E-MOVIE, in continuo aggiornamento è il risultato del lavoro di ricerca di Maffei & Angrilli, che si sono proposti di risolvere alcune problematiche legate all'induzione emotiva in contesti di laboratorio. Secondo gli autori, infatti, la stimolazione audio-visiva attraverso filmati a contenuto emotivo rappresenta un metodo più ecologico di stimolazione rispetto alle slide, senza però rinunciare ad un sufficiente controllo psicometrico. Difatti, le immagini emotive (e.g., quelle dello IAPS e simili) sono stimoli meno attivanti per diverse ragioni: in primo luogo, sono stimoli statici, poveri da un punto di vista dell'elaborazione sensoriale; in secondo luogo, utilizzare le clip permette di creare un contesto, uno scenario, intorno alla manifestazione emotiva osservata permettendo una maggiore immersione e partecipazione emotiva del soggetto (e.g., far capire che il personaggio sta piangendo a seguito della morte di qualcuno di caro); infine, è possibile osservare in modo dinamico l'evoluzione della risposta emotiva e dei processi che vi partecipano.

Nella ricerca originale dei due autori sono stati validati filmati riconducibili alle categorie già discusse nella presente trattazione, ovvero: Fear (7 clip), Sadness (6 clip), Compassion (6), Erotic (7), Scenery (6) e Neutral (7).

Per la procedura di validazione gli sperimentatori hanno mostrato ciascuna clip a un campione di 174 studenti dell'Università di Padova (112 femmine) con età media di 21.3 anni (SD = 2.6 anni). I partecipanti hanno valutato ciascun filmato in termini di Valenza e Arousal utilizzando come scala di riferimento il Self Assessment Manikin (Bradley e Lang, 1994; vedi paragrafo *Questionari*) e una sequenza di aggettivi che potessero aiutare a descrivere in modo più completo l'emozione soggettiva (e.g., Ansioso, Entusiasta, Ispirato, Triste).

Lo scopo di questa procedura, quindi, è stato quello di fornire validi stimoli per la ricerca nell'ambito delle emozioni, indipendentemente dall'approccio prediletto (categoriale vs dimensionale); inoltre, permette di aumentare il controllo sperimentale. Infatti, numerose ricerche riportano come l'arousal possa produrre effetti significativi sulla risposta emotiva andando quindi a rendere difficile un'analisi pura degli effetti dovuti alla valenza emotiva. In questa ricerca, gli sperimentatori hanno tuttavia osservato come, al di là delle differenze generali tra categorie emotive, alcuni dei video analizzati hanno ottenuto punteggi medi di arousal simili nonostante le differenze di valenza. Questa ricerca, pertanto, offre la significativa possibilità di costruire paradigmi che possano studiare gli effetti di valenza tenendo sotto controllo l'influenza dell'arousal.

2. METODO

2.1. Obiettivo e Ipotesi di ricerca

L'obiettivo di questo studio è quello di analizzare come gli stimoli emotivi vengano elaborati a livello centrale e, di conseguenza, attraverso l'analisi delle onde lente, identificare dei pattern di attività cerebrale che potessero indicare tale elaborazione. In particolare, sono stati usati stimoli emotivi che si differenziavano sia da un punto di vista di valenza che di arousal, con l'intento di evidenziare le differenze nell'elaborazione in base alla categoria emotiva di riferimento (i.e., Sport, Scenery, Neutral, Food, Blood, Fear).

Si è ipotizzato che tali obiettivi potessero essere raggiunti attraverso l'analisi delle bande di frequenza EEG in un compito di *emotional induction* con stimoli complessi, ovvero stimoli video con stimolazione audiovisiva. Nel presente studio ci si è focalizzati specialmente sulle variazioni di attività delle onde Delta e Theta che avvengono contestualmente alla visione di filmati con diversa valenza emotiva; infatti, alcuni studi hanno indicato un ruolo di queste onde nell'elaborazione emotiva, come visto nel capitolo introduttivo.

Studi precedenti hanno osservato differenze nell'elaborazione degli stimoli piacevoli e spiacevoli, indicando una differenziazione sia in funzione della valenza che dell'arousal. Coerentemente a queste proposizioni, ci si aspettava di osservare un aumento delle onde lente durante la visione di filmati a contenuto positivo, riflettendo l'attivazione di differenti sistemi motivazionali [Davidson et al., 1990] e una riduzione delle stesse in risposta a stimoli negativi. Al di là di queste aspettative generali, si è ipotizzata una possibile differenziazione all'interno delle categorie negative alla luce di robusti dati che presentano un'attivazione autonoma diversa tra le categorie Blood e Fear; e al contempo, sulla base delle prospettive categoriali delle emozioni, anche all'interno delle categorie positive si sono ipotizzate possibili differenze legate a diversi vissuti soggettivi.

Lo studio è stato condotto su un campione di 30 studentesse della Scuola di Psicologia; è stato utilizzato un campione completamente femminile in quanto il reclutamento di un campione bilanciato

per i sessi non è stato possibile e pertanto si è preferito optare per un campione omogeneo sotto questo aspetto.

2.2. *Campione*

Il campione sperimentale è stato raccolto tra le studentesse della Scuola di Psicologia dell'Università di Padova. Per poter prendere parte all'esperimento le candidate hanno dovuto seguire una procedura di selezione. Nello specifico, è stata fatta loro compilare una batteria di questionari composta da: Inventario delle Paure in forma ridotta (IP/R), STAI-Y 2 e un questionario anagrafico e delle abitudini comprendente domande sullo stile di vita (e.g., attività sportiva, consumo di caffè o di altre sostanze come alcol, droghe e psicofarmaci) e sull'idoneità della persona a svolgere uno studio mediante EEG (e.g., assenza di familiarità con l'epilessia, assenza di disturbi cardiovascolari, assenza di uso di droghe o psicofarmaci). Per poter prendere parte alla ricerca il soggetto non doveva riportare condizioni personali tali da renderlo inidoneo alla metodologia EEG e al contempo non doveva presentare punteggi elevati circa la paura/disagio a sangue-ferite-iniezioni, per evitare un'eventuale risposta vagale eccessiva con conseguente possibilità di crollo simpatico e svenimento.

Da questa selezione sono risultate idonee 30 studentesse e le stesse hanno preso parte alla prova sperimentale con età compresa tra i 22 e i 29 anni. Ai partecipanti veniva poi chiesto di non assumere caffeina o nicotina almeno due ore prima dell'esperimento.

2.3. *Questionari*

Questa sezione è utile per orientarsi nella lettura dei paragrafi che seguiranno dove, di volta in volta, verranno citati i diversi questionari che sono stati utilizzati durante l'iter sperimentale. Di seguito sono riportati i valori psicometrici, una breve descrizione e lo scopo per cui ciascun questionario è stato implementato nella ricerca.

Questionario anagrafico e delle abitudini: in questo self-report, oltre alle informazioni anagrafiche generali, viene chiesto se la persona abbia sofferto lifetime di problemi cardiovascolari, di diabete, di epilessia, di disturbi psichiatrici, se abbia subito traumi cranici gravi e se abbia assunto psicofarmaci. Inoltre, sono stati indagati alcuni aspetti dello stile di vita come il fumo, l'assunzione di farmaci, alcol, caffeina o altre sostanze psicoattive e infine l'attività sportiva quotidiana. Queste informazioni sono state utilizzate per la selezione del campione data la loro possibile influenza sull'idoneità a prendere parte ad un esperimento condotto con EEG.

Inventario delle Paure (IP/R): è la versione ridotta dell'adattamento italiano della Fear Survey Schedule di Wolpe e Lang (1964). Questo strumento è formato da 58 item che permettono di ricavare due indici complessivi e cinque subscale specifiche, precisamente paure relative a: (1) calamità e gravi pericoli personali; (2) eventi sociali; (3) animali non pericolosi associati a sensazioni come disgusto, viscido, sporco, infetto; (4) viaggi, spostamenti e situazioni che comportano l'allontanamento da casa e/o dai propri cari; (5) ferite, sangue, iniezioni e interventi chirurgici. Nel nostro caso sono stati utilizzati solo alcuni item tra quelli che facevano riferimento alle categorie a valenza negativa da noi prese in considerazione (i.e., Fear, Blood, Disgust,). I dati raccolti sono serviti per la selezione del campione: coloro che presentavano punteggi estremi, specie per gli item relativi a paura per il sangue, sono stati scartati dalla ricerca per evitare eccessive reazioni fobiche durante la visione dei filmati. La stabilità del test è stata valutata a un intervallo di un mese ed è risultata pari a .86.

La consistenza interna (alfa di Cronbach) riportata, calcolata sul punteggio totale F, è .95. Per quanto riguarda le subscale l'alfa di Cronbach varia da 0.80 a .94; mentre la stabilità a 30 giorni è compresa tra .73 e .89.

STAI-Y1: questionario ideato da C.D. Spielberger (1989) con lo scopo di valutare l'ansia di stato, facendo riferimento alla componente transitoria, legata al momento presente, dell'ansia; coerentemente, le istruzioni chiedono di indicare su una scala likert a 4 punti (1 = per nulla; 2 = un po'; 3 = abbastanza; 4 = moltissimo) come la persona si sente al momento della compilazione. Si

compone in totale di 20 item. L'affidabilità test-retest indicata è di .49 mentre la coerenza interna varia a seconda del genere e del gruppo considerato (adulti, studenti e militari) da .91 a .95. Le informazioni ricavate da questa misurazione sono state valutate per scartare le misurazioni ottenute in soggetti che presentavano livelli di ansia tali da rendere poco attendibili i dati registrati; tuttavia, nessun soggetto ha mostrato livelli di ansia di stato tali da invalidare la prova.

STAI-Y2: strumento a 20 item ideato da C.D. Spielberger (1989) per la valutazione dell'ansia di tratto, andando dunque ad indagare la tendenza stabile di un soggetto a rispondere in modo ansioso a più situazioni. In questo caso le indicazioni per le risposte chiedono al soggetto di rispondere come si sente abitualmente, la maggior parte delle volte, scegliendo tra 4 possibili modalità di risposta (1 = quasi mai; 2 = qualche volta; 3 = spesso; 4 = quasi sempre). L'affidabilità test-retest mostra un coefficiente pari a .82 mentre la coerenza interna varia tra .85 e .90 a seconda del genere e del gruppo considerato (adulti, studenti, militari). Anche in questo caso la selezione del campione è stato il razionale dietro l'uso di tale strumento: soggetti con eccessivi livelli di ansia di tratto non sono stati inclusi nella ricerca.

PANAS: è stata utilizzata la traduzione italiana dello strumento ideato da Watson et al. (1988); due sono le dimensioni misurate: Affettività Positiva (PA) e Affettività Negativa (NA). Le caratteristiche psicometriche riportate indicano una coerenza interna diversa per le due dimensioni: .85 - .90 per PA e .84 - .87 per NA. L'affidabilità test-retest a 8 settimane è .54 per PA e .45 per NA (Crawford e Henry, 2004). Anche questo strumento è stato utilizzato in fase di selezione del campione, così da non includere persone con significative tendenze ansiose.

Self-Assessment Manikin (SAM) [Figura 2.3]: questo particolare strumento prevede la presentazione di cinque figure umane stilizzate e viene chiesto al partecipante di indicare quale di essa meglio rappresenta il suo vissuto attuale. Andando più nel dettaglio, vengono indagate tre costrutti: valenza, arousal e sensazione di dominanza. Per raccogliere il dato soggettivo circa la valenza emotiva attuale le figure proposte sono sequenzialmente disposte da sinistra verso destra, dove la figura più a sinistra ha un viso marcatamente triste mentre all'estrema destra si ha una figura col viso marcatamente felice.

Nel mezzo troviamo un volto neutrale; adiacenti ad essa vi sono rappresentate una figura con volto triste (a sinistra) e una con volto felice (a destra). Questa disposizione sequenziale graduata sinistra-destra è mantenuta anche per gli altri domini: nella valutazione dell'arousal le figure vanno da estrema calma fino a crescere in estrema agitazione; per la dominanza, invece, la discriminante è la dimensione del corpo della figura umana mostrata, dove al centro c'è una figura di dimensioni intermedie, a sinistra di essa troviamo due figure progressivamente più piccole (minore dominanza percepita) e alla sua destra due progressivamente più grandi (maggiore dominanza percepita). Questo strumento è stato implementato con lo scopo di ottenere dati soggettivi, indipendenti ma complementari a quelli fisiologici.

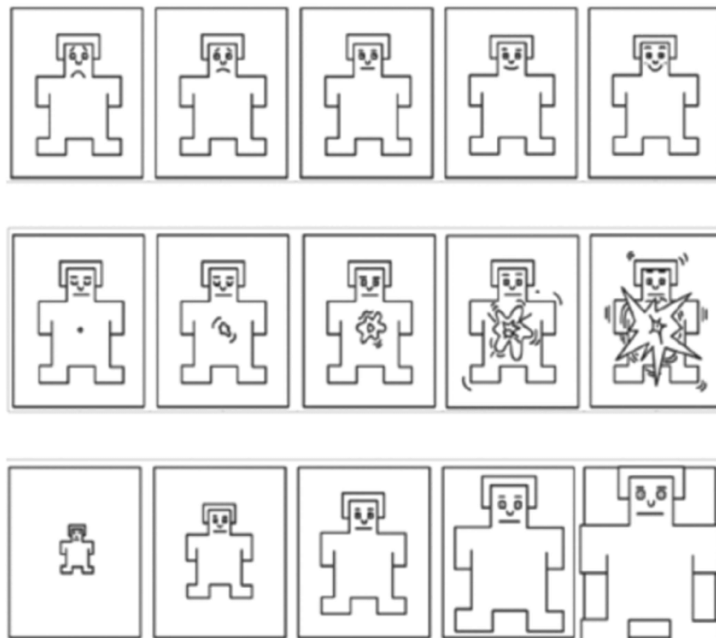


Figura 2.3. Self Assessment Manikin [Adattato da Gatti et al., 2018]

Questionario di debriefing: comprende una serie di domande a risposta aperta da compilare terminata la prova sperimentale. Di rilievo è l'item che chiede alla studentessa di indicare se durante la visione del filmato abbia usato particolari strategie di regolazione emotiva e, se sì, di specificare quali. Risulta rilevante alla luce del fatto che un'interpretazione inibitoria è stata ipotizzata nella discussione dei risultati trovati.

2.4. Stimoli

Per elicitare la risposta emotiva sono stati utilizzati 18 filmati riconducibili a 6 categorie emotive: Sport, Scenery, Neutral, Food, Blood e Fear; le prime tre verranno indicate anche come a “valenza positiva” mentre le ultime tre a “valenza negativa”. Le clip sono state scelte mediante una ricerca preliminare, dove sono stati ottenuti valori medi di Valenza, Arousal e Dominanza per ciascuna clip così da esercitare maggiore controllo su queste due dimensioni, responsabili di importanti differenze nella risposta emotiva. Le clip sono estratti di film, documentari, programmi TV e sono stati creati selezionando due minuti continui dalla pellicola originale, quindi non sono un collage di scene tagliate e rimontate. Questo è importante in quanto permette al partecipante una più accurata comprensione della scena e quindi del contesto emotivo, aumentando la forza emotigena del filmato (Maffei e Angrilli, 2019). Per chiarezza verranno ora descritte brevemente le caratteristiche di ciascuna categoria, presentando prima le tre a valenza positiva e poi quelle a valenza negativa.

La prima categoria mostrava filmati di persone che praticavano Sport (SP) particolarmente attivanti (i.e., pattinaggio su ghiaccio, arrampicata, parkour); i suoni erano incalzanti. La seconda categoria, Scenery (SC), conteneva filmati di paesaggi naturalistici con mantenimento dei suoni naturali registrati da questi documentari. Nella categoria Neutral (N) ricadevano clip che mostravano monumenti e scene di vita quotidiana di tre diverse città (i.e., Milano, Siena, Roma); il sottofondo musicale prevedeva strumentali semplici, non particolarmente ritmate e fatte da suoni dolci. Passando alle categorie a valenza negativa, la prima che veniva mostrata era quella Food (FO) dove le persone in scena erano colte mentre mangiavano cibi associati a sensazioni di disgusto (i.e., vermi). Nella quinta categoria rientravano clip tratte da tre diverse pellicole dove i personaggi in scena sono spaventati essendo coinvolti in situazioni pericolose (e.g., essere inseguiti). Infine, nella terza categoria a valenza negativa, Blood (B), sono stati inseriti stimoli che ritraevano sangue, ferite, operazioni chirurgiche, mutilazioni; le scene appartenenti a questa categoria sono state tratte da film celebri. Nel caso delle clip tratte da film è stato mantenuto l’audio originale, compresi i dialoghi. Inoltre, i filmati

La scelta di utilizzare stimoli audiovisivi, quindi dinamici, risiede nella loro maggiore sovrapposizione con situazioni di vita reali. Infatti, numerosi studi hanno utilizzato immagini riprese dall'International Affective Picture System elaborato da Lang (1997) con lo scopo di standardizzare gli stimoli usati nella ricerca sulla risposta emotiva. Sebbene questi strumenti offrano un vantaggio circa la comparabilità dei risultati, essi risultano poveri da un punto di vista della stimolazione e meno ecologici ed attivanti rispetto alla visione continua di un filmato emotigeno (Romeo et al., 2022). Al contrario, questi ultimi, offrono la possibilità di valutare la risposta emotiva che origina da una stimolazione multisensoriale e prolungata, più simile a quello che accade nella vita quotidiana, andando ad osservare l'evoluzione nel tempo di tale risposta, oltre agli effetti più immediati.

2.5. Strumentazione per la registrazione degli indici psicofisiologici e montaggio

Per la registrazione dell'elettroencefalogramma è stata utilizzata una cuffia ElectroCap a 64 canali omologata al sistema standard internazionale 10-20 (Herwig et al., 2003) (Figura 2.5.1); inoltre, sono stati applicati ulteriori sei elettrodi in modo simmetrico sulle due metà del viso, così da avere un elettrodo su ciascun mastoide, uno sotto i due occhi e uno a lato di essi. A questi, infine, si aggiunge un elettrodo posizionato sul Nasion. Gli elettrodi posti in prossimità degli occhi sono stati applicati con lo scopo di controllare gli artefatti dovuti ai muscoli orbicolari, quindi dovuti all'attività mioelettrica data da saccadi orizzontali e verticali. Inoltre, per ridurre l'incidenza di ammiccamenti durante la visione dei filmati, veniva comunicato ai partecipanti che portavano lenti a contatto di presentarsi alla prova indossando gli occhiali al posto delle lenti.

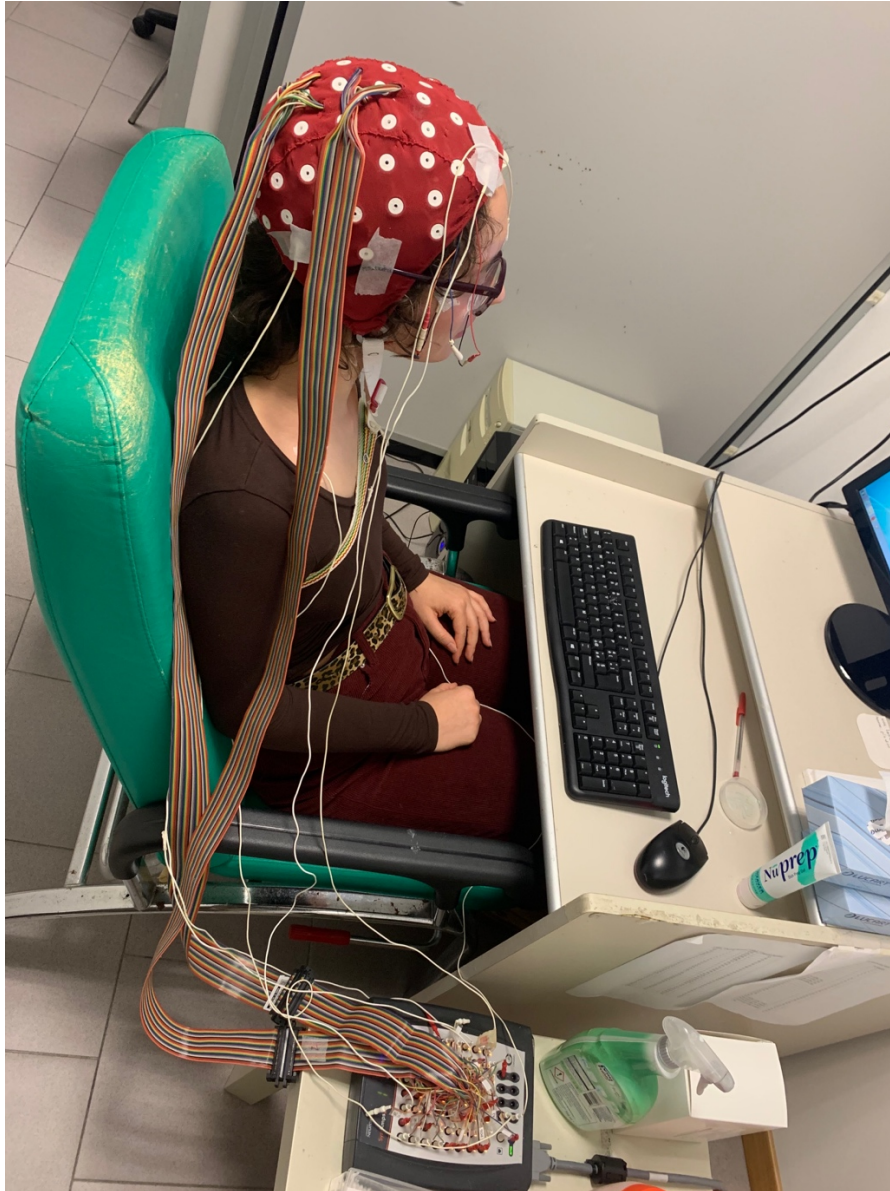


Figura 2.5.1. Set up della cuffia EEG a 64 canali.

Dopo aver firmato il consenso informato ed aver compilato i primi due questionari il soggetto veniva fatto accomodare nella stanza sperimentale dove era stata preparata precedentemente la strumentazione di registrazione e il materiale utile al suo montaggio. Prima di cominciare con il montaggio è stata spiegata in breve l'intera procedura di montaggio, sono stati mostrati gli strumenti che sarebbero stati usati e sono state fornite rassicurazioni circa la loro sicurezza.

Una volta fatto ciò, i due sperimentatori iniziavano con la procedura di pulizia dei siti di applicazione esterni, ovvero quelli del volto, lavorando in modo simmetrico sulle due metà del viso. Per la pulizia

è stata usata una pasta dermo-abrasiva (NuPrep, Hedera biomedics) che è stata sfregata con un cotton fioc sul sito di interesse così da rimuovere lo strato superficiale dell'epidermide e migliorare la conduttanza. Una volta terminata questa pulizia e asciugata l'area con un fazzoletto, veniva inserita una quantità sufficiente di soluzione elettroconduttrice nella coppetta dell'elettrodo e lo stesso veniva poi posizionato e fissato con scotch di carta nell'area pulita. Terminato il montaggio di tutti gli elettrodi periferici si misurava con un metro da sartoria la circonferenza del cranio così da scegliere la giusta taglia della cuffia EEG che, una volta indossata, veniva centrata usando i classici riferimenti, ovvero posizionando Cz longitudinalmente a metà della distanza tra Nasion e Inion e trasversalmente a metà della distanza tra le punte delle orecchie. Dopodiché la cuffia veniva affrancata tramite lacci regolabili ad una apposita banda elastica precedentemente allacciata attorno al torace delle partecipanti. Per mantenere un adeguato bilanciamento tra comfort del partecipante e stabilità della cuffia, i lacci sopra descritti venivano regolati secondo le sensazioni del soggetto. A questo punto venivano collegati gli elettrodi esterni alla cuffia EEG e successivamente collegata la stessa a trasduttore ed amplificatore. Nella stanza dello sperimentatore era presente il computer di visualizzazione del segnale EEG. Il programma utilizzato è Curry 7 e che permette anche la visualizzazione dei valori delle impedenze degli elettrodi, fornendo così indicazioni sulla qualità del segnale rilevato da ciascun elettrodo. L'impedenza è stata mantenuta sotto i 5 k Ω .

A questo punto, il partecipante veniva informato che avrebbe avuto inizio la procedura di pulizia degli elettrodi della cuffia e veniva ribadito come le punte delle pipette utilizzate fossero sterili e smussate; veniva comunicato che avrebbero sentito inizialmente una sensazione di bagnato dovuta al contatto della soluzione elettroconduttrice col cuoio capelluto e, successivamente, una sensazione più intensa dovuta allo spostamento dei capelli mediante movimenti circolari della pipetta. L'insieme di queste operazioni, proprio come lo scrub per gli elettrodi esterni alla cuffia, aveva lo scopo di ridurre l'impedenza a valori accettabili per la registrazione del segnale EEG. I primi canali ad essere puliti erano sempre Ground e Cz in quanto necessari per la rilevazione delle impedenze degli altri elettrodi.

In ultimo, terminata la pulizia della cuffia e aver fatto indossare di nuovo gli occhiali alle partecipanti che li portavano, venivano apposte anche le cuffie per la stimolazione uditiva. A questo punto il partecipante veniva istruito sulla prova sperimentale.

Generalmente, l'intero procedimento di montaggio descritto, unito alle istruzioni sulla prova, durava circa 45-60 minuti.

2.6. *Procedura sperimentale e stimoli utilizzati*

Per ogni partecipante, una volta raccolto il consenso informato e il permesso al trattamento dei dati, sono stati sottoposti due questionari autovalutativi preliminari: STAI-Y1 (Spielberger & Reheiser, 2004) e PANAS (Watson, Clark e Tellege, 1988). Il primo con lo scopo di valutare l'ansia di stato, quindi la presenza e la rilevanza di sintomi ansiosi al momento della compilazione; il secondo, invece, valuta due dimensioni, affettività positiva (PA) e affettività negativa (NA), dove la prima riflette il grado in cui una persona si sente entusiasta, attiva e determinata mentre la seconda fa riferimento ad alcuni stati spiacevoli come rabbia, colpa e paura. Le istruzioni di questo secondo questionario chiedevano di far riferimento a come la persona si sente generalmente, nella maggior parte delle situazioni.

Successivamente venivano montati gli strumenti per la registrazione degli indici fisiologici (Vedi Capitolo 2.3.). Terminata tale procedura, venivano fornite al soggetto le istruzioni per un idoneo svolgimento della prova; nello specifico, si informava che in prima battuta sarebbe stata registrata l'attività EEG a riposo (5 minuti) e che, successivamente, avrebbero visto una sequenza di 20 filmati della durata di circa 2-3 minuti l'uno, di cui i primi due erano video di prova proposti per poter prendere confidenza con la procedura e prepararsi al compito vero e proprio; inoltre, queste prove offrivano ai partecipanti la possibilità di formulare eventuali dubbi emersi in questi trial e agli sperimentatori di verificare che video e audio fossero adeguatamente funzionanti. Le studentesse erano poi informate che al termine di ciascuna clip avrebbero dovuto rispondere ad alcune domande circa il livello di attivazione e le emozioni esperite. A tale scopo sono stati utilizzati il SAM e una

sequenza di aggettivi, con l'obiettivo di ricostruire in modo standardizzato il vissuto soggettivo del partecipante; per fare ciò, le indicazioni degli strumenti chiedevano di far riferimento al momento presente e alle sensazioni suscitate dalla clip appena vista (la modalità di risposta era secondo scala Likert a 9 (1-9) punti per il SAM e a 5 punti (1-5) per gli aggettivi). Infine, le partecipanti venivano informate che la prova sarebbe durata circa un'ora e che era richiesta la maggior concentrazione possibile e la riduzione al minimo di movimenti del corpo, specie degli arti e delle mani.

A questo punto, gli sperimentatori riducevano l'illuminazione della stanza in modo da aumentare la focalizzazione sullo schermo, sistemavano le cuffie per l'audio e rispondevano alle eventuali domande del partecipante; dopodiché, il soggetto veniva lasciato solo nella stanza mentre gli sperimentatori seguivano lo svolgimento della prova da una stanza confinante. Questa stanza era dotata di una finestra posta fuori dal campo visivo del partecipante tramite cui poterlo monitorare e anche di un computer per la visualizzazione del tracciato EEG.

Come detto, gli stimoli presentati erano clip tratte da film, video e documentari. Ciascuna clip è stata selezionata tramite procedura di validazione e sono state costruite in modo da seguire un climax di attivazione emotiva dove il picco veniva raggiunto negli ultimi 30 secondi del filmato.

I filmati sono riconducibili a sei diverse categorie emotive, ciascuna composta da tre clip, per un totale di 18 stimoli (cui si aggiungono i due filmati di prova prima citati). Per chiarezza verranno ora descritte brevemente le caratteristiche di ciascuna categoria, presentando prima le tre a valenza positiva e poi quelle a valenza negativa. La prima categoria mostrava filmati di persone che praticano Sport (SP) particolarmente attivanti (i.e., pattinaggio su ghiaccio, arrampicata, parkour); i suoni erano incalzanti. La seconda categoria, Scenery (SC), conteneva filmati di paesaggi naturalistici e coerentemente i suoni si rifacevano ad elementi naturali. Nella categoria Neutral (N) ricadevano clip che mostravano monumenti e scene di vita quotidiana di tre diverse città; il sottofondo musicale prevedeva strumentali semplici, non particolarmente ritmate e fatte da suoni dolci. Passando alle categorie a valenza negativa, la prima che veniva mostrata era quella Food (FO) dove le persone in scena erano colte mentre mangiavano cibi associati a sensazioni di disgusto (i.e., vermi). Nella quinta

categoria rientravano clip tratte da tre diverse pellicole dove i personaggi in scena sono spaventati essendo coinvolti in situazioni pericolose (e.g., essere inseguiti). Infine, nella terza categoria a valenza negativa, Blood (B), sono stati inseriti stimoli che ritraevano sangue, ferite, operazioni chirurgiche, mutilazioni; le scene appartenenti a questa categoria sono state tratte da film celebri.

Nella Tabella 2.5.1 è riportato l'ordine di presentazione dei filmati, specificando per ognuno la categoria emotiva di appartenenza:

1. Milano (Neutral) – Corso di Italiano per Stranieri	10. Paradise beach (Blood) - Jaume Collet-Serra, 2016
2. Pirati (Food)	11. Roma (Neutral) – Corso di Italiano per Stranieri
3. Snjor (Scenery) – BBC documentary	12. Il silenzio degli innocenti (Fear) – Jonathan Demme, 1991
4. La notte brava del soldato Jonathan (Blood) – Don Siegel, 1971	13. Climbing (Sport) – Federico Ravassard
5. I, Tonya (Sport) – Craig Gillespie, 2018	14. Black hawke down (Blood) – Ridley Scott, 2001
6. The sixth sense (Fear) – M. Night Shyamalan, 1999	15. Gothika (Fear) – Mathieu Kassovitz, 2003
7. Rescue Dawn (Food) – Werner Herzog, 2007	16. Casu Marzu (Food) – The F Word, Gordon Ramsey
8. Bike Parkour (Sport)	17. Oregon (Scenery) – BBC documentary
9. Scotland (Scenery) – BBC documentary	18. Siena (Neutral) – Corso di Italiano per Stranieri

Tabella 2.5.1. Elenco delle clip in ordine di presentazione e con specifica della categoria di appartenenza.

Terminata la prova e rimossa la strumentazione di registrazione, veniva fatto compilare un ultimo questionario di debriefing in cui venivano chiesti giudizi generali circa l'esperienza e il suo svolgimento.

2.7. *Analisi dei dati*

Prima di poter effettuare l'analisi statistica con R è stato necessario effettuare un'elaborazione preliminare (preprocessing) dei dati con lo scopo di renderli idonei all'analisi successiva.

Il *preprocessing* è stato fatto utilizzando il software Matlab (Matlab R2023a) e le sue applicazioni "eeglab" e "brainstorm". La procedura che verrà di seguito descritta è stata eseguita per i dati relativi a ciascun partecipante; tuttavia, per praticità e facilità di comprensione, si parlerà al singolare, facendo quindi riferimento ad un singolo partecipante.

I filtri sono stati applicati sul segnale *continuo*, ovvero non ancora diviso in epoche; è stato utilizzato un filtro passa banda con limite inferiore 0.1 e limite superiore 100 Hz. L'operazione di filtro serve per rimuovere alcuni artefatti importanti e ridurre il rumore presente nei canali. Dopodiché si sono estratte le epoche; in sostanza, si può dire che il tracciato generale è stato suddiviso in molte piccole unità della durata di 2.05 secondi ciascuna. Prima di proseguire, è stato visualizzato il tracciato in modo da identificare qualitativamente quei canali che per una porzione significativa della registrazione presentavano rumore o anomalie nel segnale. Questi canali sono quelli che in seguito verranno interpolati.

A questo punto è stata operata una scomposizione del segnale attraverso un'analisi delle componenti indipendenti (Independent Component Analysis, ICA) [Figura 2.7].). Scopo di tale procedura è rimuovere le componenti artefactuali dal tracciato EEG. esempi di artefatti comuni sono: movimenti oculari (verticali e orizzontali), ammiccamenti, movimenti e micromovimenti muscolari, segnale cardiaco. Da precisare che se vi sono canali particolarmente rumorosi e che necessitano di interpolazione, questi vanno rimossi dalla scomposizione tramite ICA.

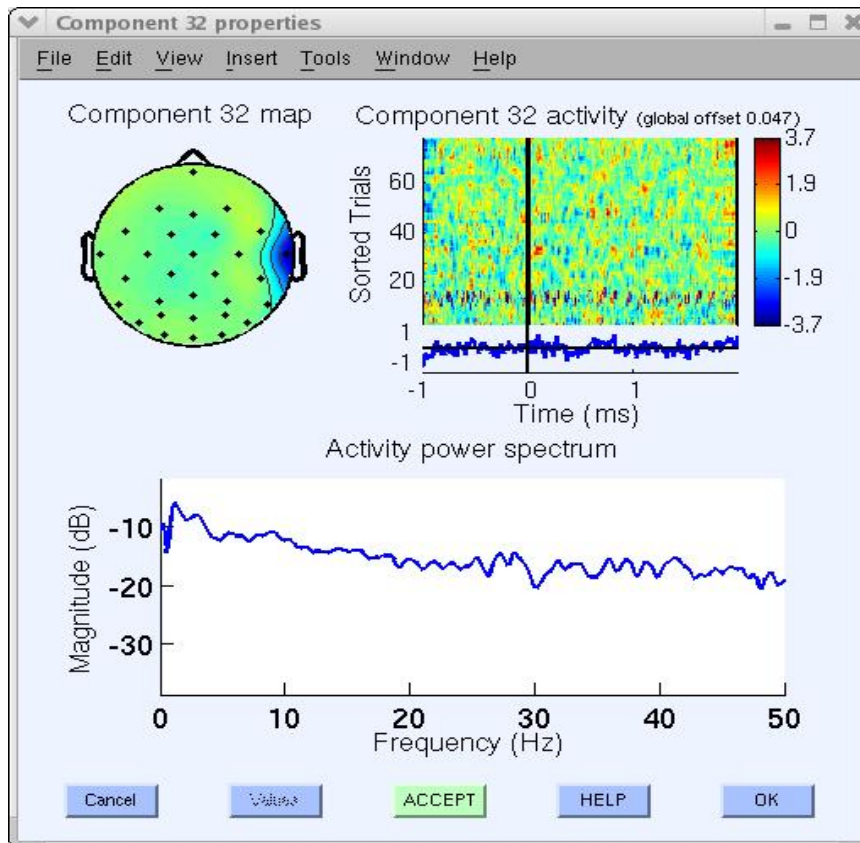


Figura 2.7. Adattata da https://eeglab.org/tutorials/06_RejectArtifacts/RunICA.html

Dopo l'ICA, sono stati interpolati gli elettrodi particolarmente rumorosi individuati in precedenza. Successivamente è stata fatta un'operazione di re-referencing; in particolare, è stata impostata come reference l'attività media di tutto lo scalpo (Common Average Reference) ed è stata ricostruita l'attività di Cz (reference online) e andando reinserirlo nella matrice di dati.

Nello step successivo sono state rimosse le epoche che presentavano valori anomali e/o trend anomali. Con valori anomali si intende che in almeno un elettrodo, in quella porzione di tracciato (epoca), sono state individuate ampiezze d'onda che non rientravano nel voltaggio limite imposto (i.e., $\pm 100 \mu\text{V}$); per trend anomali si intende che in quella porzione di segnale erano presenti canali in cui il tracciato *driftava*, ovvero si sovrapponeva al tracciato di altri canali. Tutte queste anomalie sono date da artefatti che possono avere diversa origine. Come ultimo passaggio di pulizia del tracciato, le epoche

sono state esaminate una alla volta così da scartare ulteriori porzioni del tracciato che risultavano rumorose o anomale.

A questo punto l'analisi dei dati è continuata con l'utilizzo di un altro strumento di Matlab: *brainstorm*. I dati di ogni soggetto sono stati divisi per categoria emotiva e per ogni categoria è stata condotta l'analisi spettrale (Fast Fourier Transform) sugli ultimi 30 secondi del tracciato, ovvero durante la massima stimolazione emotiva. Quindi, alla fine di tutti questi passaggi, si è ottenuta l'attività delle diverse bande di frequenza registrate dalla cuffia in funzione del parametro Condizione. Successivamente, l'attività di ogni banda è stata normalizzata dividendola per l'attività compresa tra 0.48 e 100 Hz; gli elettrodi per la rilevazione dell'attività EEG sono stati raggruppati in nove cluster da 4 canali ciascuno, i raggruppamenti sono stati dati dagli incroci tra il fattore Regione e il fattore Emisfero: *Regione* (Anteriore/Centrale/Posteriore) X *Emisfero* (Sinistro/Centrale/Destro) [Tabella 2.6.1.]:

<i>Regione / <u>Emisfero</u></i>	<u>Sinistro</u>	<u>Centrale</u>	<u>Destro</u>
<i>Anteriore</i>	<i>Anteriore sinistro</i> (AF3, F3, F5, FC5)	<i>Anteriore centrale</i> (Fcz, Fz, F1, F2)	<i>Anteriore destro</i> (AF4, F4, F6, FC4)
<i>Centrale</i>	<i>Centrale sinistro</i> (C3, C5, CP3, CP5)	<i>Centrale centrale</i> (Pz, CPz, CP2, CP1)	<i>Centrale destro</i> (C4, C6, CP4, CP6)
<i>Posteriore</i>	<i>Posteriore sinistro</i> (P5, PO7, PO5, O1)	<i>Posteriore centrale</i> (POz, Oz, PO3, PO4)	<i>Posteriore destro</i> (P6, PO8, PO6, O2)

Tabella 2.6.1. Descrizione dei Cluster di elettrodi utilizzati.

L'analisi statistica è stata condotta con R utilizzando un modello lineare ad effetti misti implementando come parametri *Categoria*, *Regione* (Anteriore/Centrale/Posteriore) ed *Emisfero* (Sinistro/Centrale/Destro). Gli outliers sono stati rimossi per aumentare l'adesione al modello. Le analisi di correlazione condotte sono state verificate ed accettate eseguendo un calcolo della probabilità di errore del primo tipo (False Discovery Rate, FDR).

Un'analisi della varianza è stata condotta anche sugli indici soggettivi rilevati con il SAM, utilizzando come parametro indipendente la *Condizione*.

Infine, i dati di tre soggetti sono stati scartati dall'analisi a seguito di complicazioni nella procedura di registrazione e raccolta dati. Pertanto, il campione su cui è stata condotta l'analisi ha numerosità 27.

3. RISULTATI

3.1. Indici soggettivi

Dai risultati ottenuti con il SAM sono emersi valori di significatività statistica nel dominio Valenza ($F(5, 145) = 127.44, p < .001$). Sono risultati significativi i confronti tra Sport, Scenery, Neutral X Food, Blood, Fear (per tutti gli incroci $p < .001$). Inoltre, il contrasto tra Neutral vs Sport e Scenery è risultato anch'esso significativo ($p < .001$). Tra le categorie a valenza negativa non sono risultati contrasti rilevanti (per tutti $p > 0.2$) [Figura 3.1.1.]

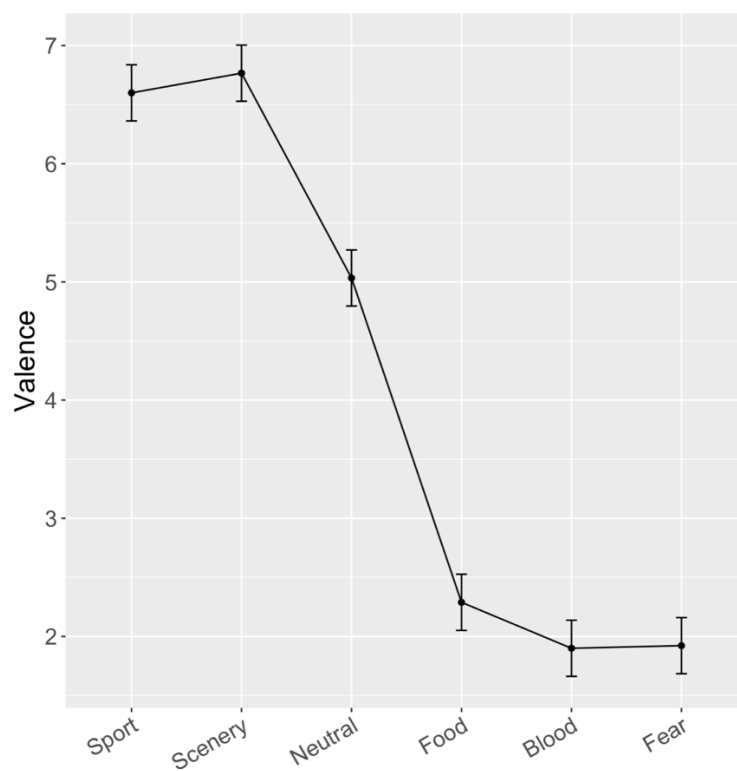


Figura 3.1.1. Punteggi medi della dimensione Valenza

Anche la valutazione dell'Arousal ha mostrato significatività statistica ($F(5, 145) = 50.11, p < .001$). Sono risultati significativi i contrasti nei punteggi medi ottenuti nelle seguenti categorie: Sport vs Scenery, Neutral, Fear, Blood (per tutti $p < .001$); Scenery vs Neutral ($p < .01$), Scenery vs Food ($p < 0.001$), Scenery vs Blood e Fear ($p < .001$); Neutral vs Food, Blood, Fear (per tutti $p < .001$); Food vs Fear e Blood (per entrambi i contrasti $p < .001$) [Figura 3.1.2.]

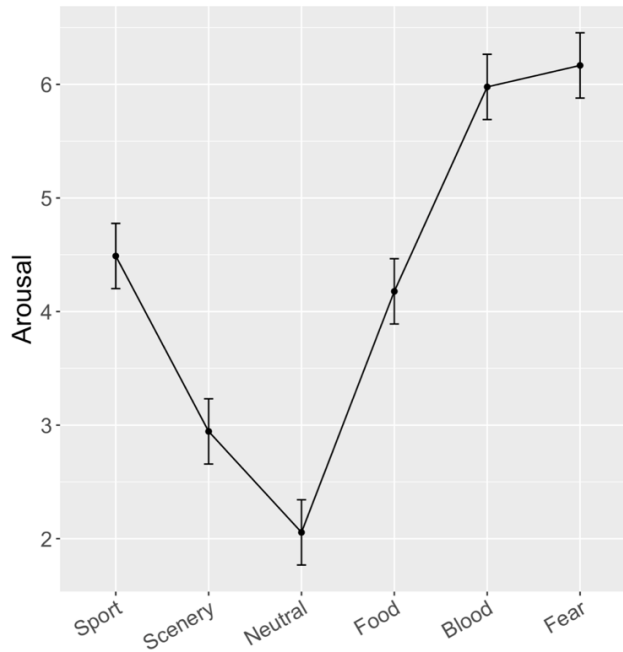


Figura 3.1.2. Punteggi medi alla dimensione Arousal

3.2. Delta Power

Effetti significativi sono stati rilevati rispetto alle condizioni *Emisfero* ($F(2, 1398) = 366.40, p < .001$) e *Regione* ($F(2, 1398) = 198.07, p < .001$) indicando una minore attivazione Delta nelle Regioni centrali rispetto a quelle anteriori e posteriori ($p < 0.001$) e maggiore Delta posteriormente rispetto alle regioni anteriori ($p < .001$).

È inoltre emerso un effetto *Condizione* ($F(5, 1398) = 3.86, p < .01$). Contrasti significativi ai post-hoc sono emersi da: Sport vs Scenery ($p < .05$); Sport vs Blood ($p < .01$); Food vs Blood ($p < .05$) [Figura 3.2.1.].

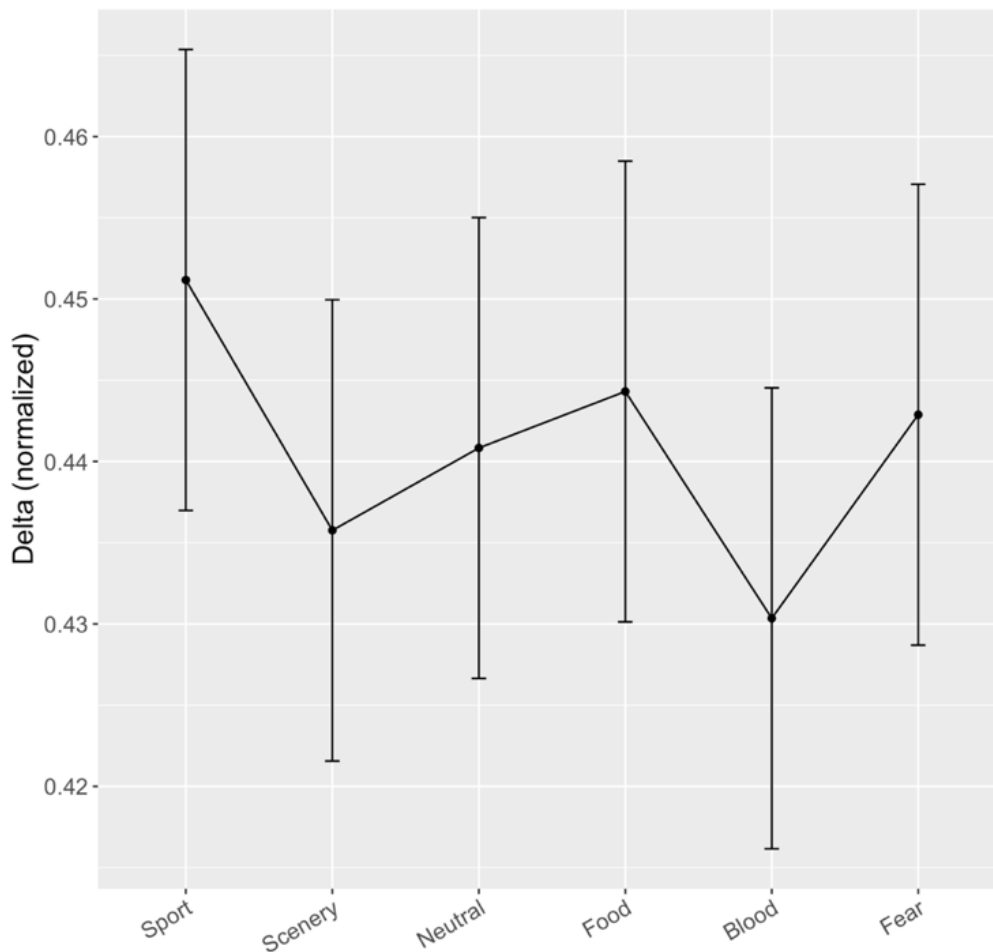


Figura 3.2.1. Delta Condition main effect

Andando a considerare l'interazione *Condizione X Regione* ($F_{(10, 1398)} = 2.65, p < .01$) si sono osservati risultati significativi dai contrasti *within* in riferimento al parametro Condizione [Figura 3.2.2.]. Da questi confronti, sono emerse differenze significative in ogni regione. Anteriore: Sport vs Blood ($p < .05$) e Neutral vs Blood ($p < 0.5$); Centrale: Sport vs Scenery ($p < .01$), Sport vs Neutral ($p < .01$) e Sport vs Fear ($p < .01$); Posteriore: Sport vs Blood ($p < .05$), Neutral vs Fear ($p < .05$), Food vs Blood ($p < .05$), Blood vs Fear ($p < .001$).

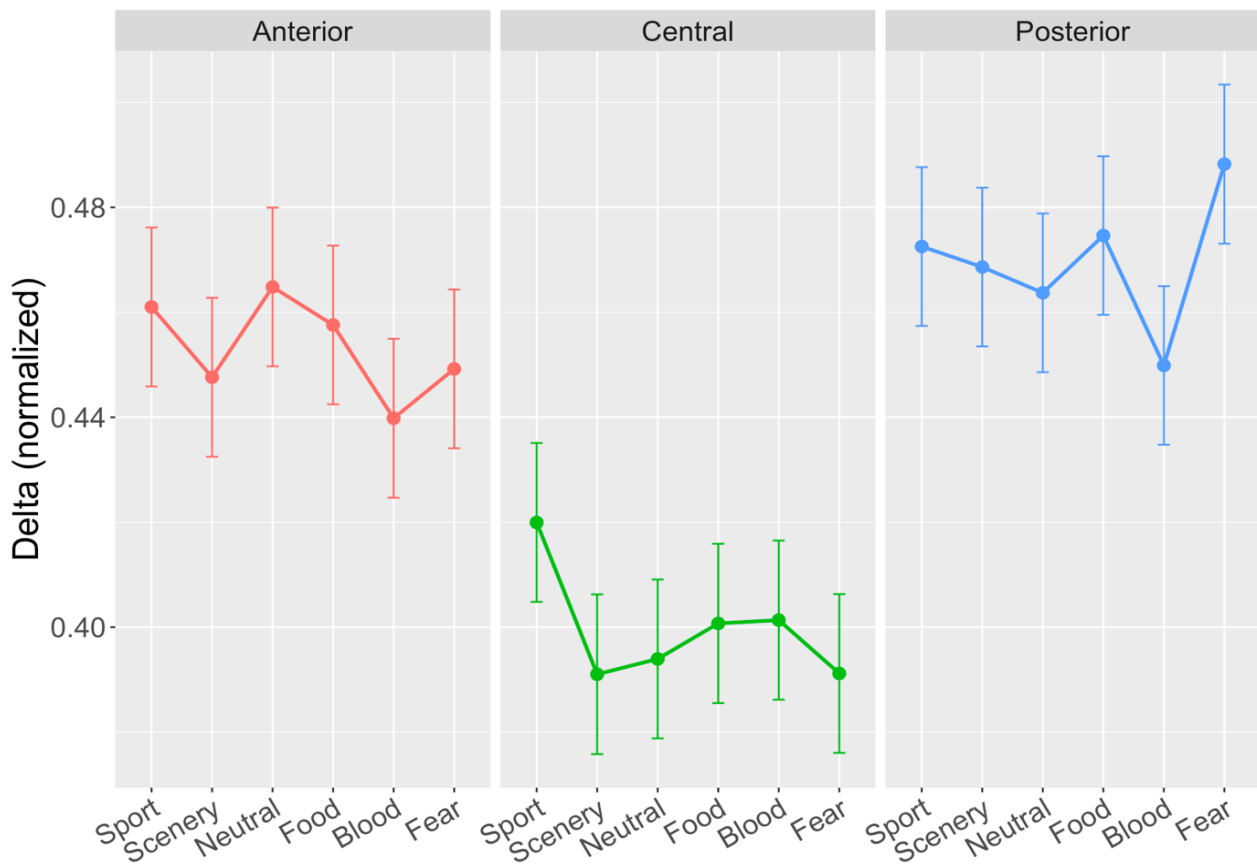


Figura 3.2.2. Confronti Condizione X Regione

3.3. Theta Power

Anche per la theta sembrano esserci differenze di attivazione in funzione dei parametri *Emisfero* ($F(2, 1397) = 152.53, p < 0.001$) e *Regione* ($F(2, 1397) = 125.99, p < .001$), dove le Regioni Centrali mostrano livelli di Theta superiori rispetto a quelle Posteriori ($p < .001$) ed Anteriori ($p < .001$).

È presente un effetto dovuto al parametro *Condizione* (Condition main effect, $F(5, 1397) = 20.62, p < .001$) [Figura 3.3.1.]. Dai contrasti tra categorie a valenza negativa (i.e., Food, Blood, Fear) vs categorie a valenza positiva (i.e., Sport, Scenery e Neutral) sono emerse differenze significative in tutti gli incroci (tutti $p < .001$; tranne: Scenery vs Food, $p < .01$; Scenery vs Fear, $p < .01$; Scenery vs Blood, $p < .05$). Infine, sono risultati significativi i contrasti Scenery vs Neutral ($p < .001$) e Sport vs Scenery ($p < .01$).

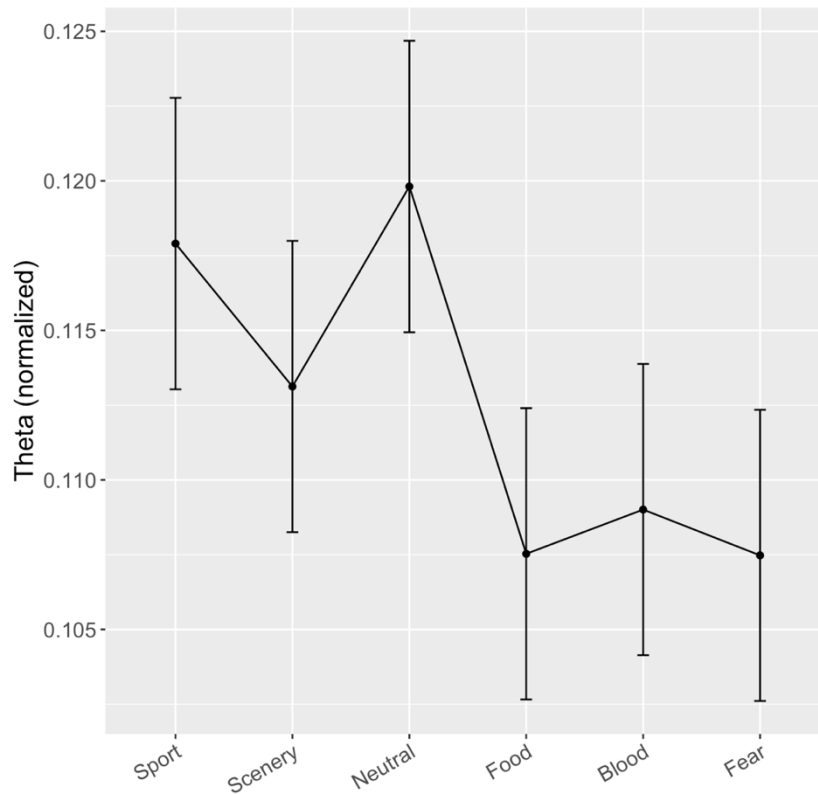


Figura 3.3.1. Theta Condition Main Effect

La **Figura 3.3.2.** fa riferimento ai confronti *within Condizione X Regione* e anche in questo caso si possono evidenziare tendenze rilevanti. A livello anteriore le categorie a valenza negativa mostrano tutte una minore attività Theta rispetto al controllo (Neutral) (Neutral vs Food $p < 0.001$; Neutral vs Fear, Blood, $p < .05$). Non si sono riscontrate differenze tra categorie con la stessa valenza. Prendendo in considerazione le differenze dovute all'effetto *Condizione* nelle regioni centrali si ottengono livelli di significatività nei contrasti tra Sport e Neutral vs Food e Blood (i.e., Sport vs Blood e Food, $p < .05$; Neutral vs Blood e Food, $p < .01$).

A livello posteriore la categoria Sport mostra maggiore attività Theta rispetto a Scenery ($p < .01$), Food, Blood, Fear (in questi ultimi tre confronti $p < .001$); altri contrasti significativi ai post-hoc sono: Scenery vs Neutral e Fear (entrambi $p < .001$); Neutral vs Food, Blood e Fear (in tutti e tre i confronti $p < .001$); Food vs Fear ($p < .01$); Blood vs Fear ($p < .05$).

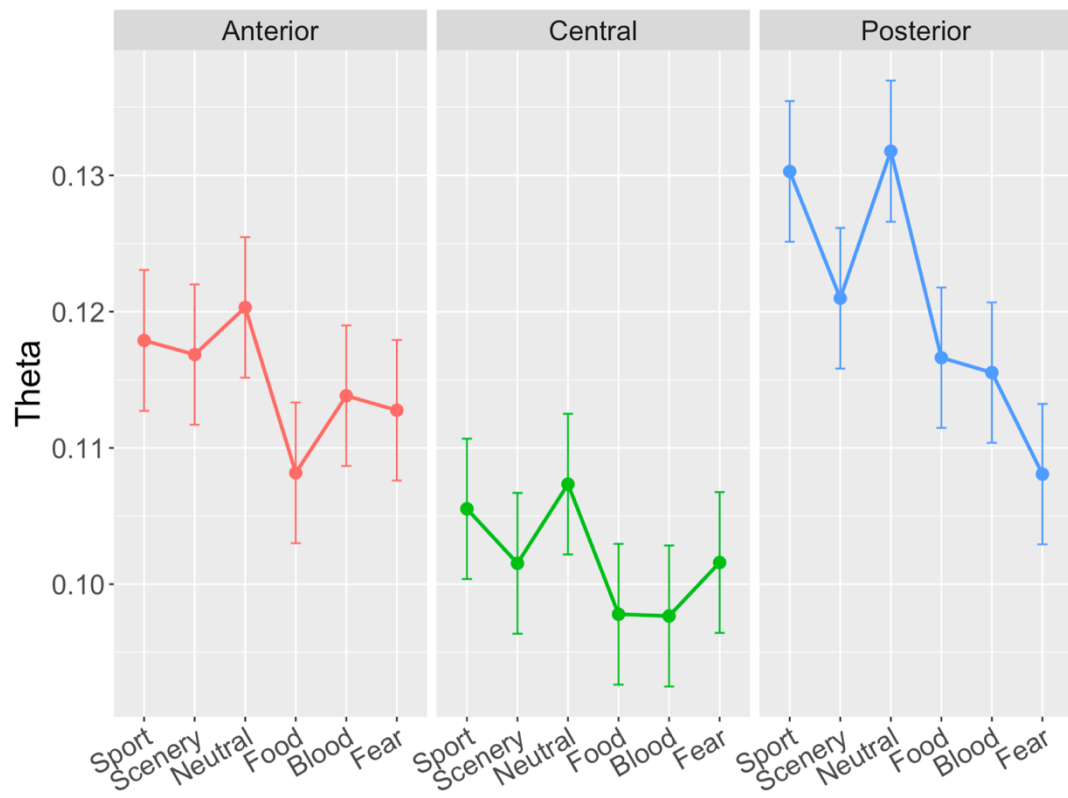


Figura 3.3.2. Contrasti Condizione X Regione

4. DISCUSSIONE

4.1. Delta

Un primo effetto individuato è dato dall'analisi del fattore *Condizione* dove l'attività Delta è risultata significativamente maggiore nella condizione Sport nel confronto con le categorie Scenery e Blood. Se da un lato potrebbe non sorprendere la differenza con Blood, data la loro differenza sostanziale di valenza, più interessante è discutere la distinzione con le clip naturalistiche. Una possibile interpretazione di tale distinzione può essere data considerando le Regioni centrali mediali: gli elettrodi posti in queste aree sono posizionati in prossimità delle cortecce motorie e premotorie (Aree di Brodmann 4 e 6); si può quindi supporre che l'attività Delta rifletta un'inibizione di queste aree che avviene in virtù delle caratteristiche specifiche del setting, che richiedono al partecipante di ridurre al minimo i movimenti del corpo, di mantenere una postura stabile e di vedere passivamente i filmati. La visione di attività motorie, infatti, andrebbe ad attivare programmi motori automatici *mirror* (Acharya e Shukla, 2012) che, in questo caso, verrebbero inibiti dal partecipante per aderire alle richieste di compostezza e immobilità. Questa ipotesi sembra essere confermata dai confronti *Regione X Condizione*: se da un lato le Regioni centrali presentano minore attività Delta rispetto a quelle anteriori e posteriori (i.e., effetto *Emisfero* ed effetto *Regione*), si può notare che nelle prime vi sia una chiara e significativa differenza di attività tra la categoria Sport, rispetto alle altre condizioni. Questa tendenza sembra essere specifica per le sole Regioni centrali, ipotizzando che in queste regioni l'inibizione sia proprio riconducibile alla deattivazione di cortecce motorie e premotorie (Hummel et al., 2002).

Cambiando punto di osservazione, è possibile che nel caso di filmati di paesaggi naturali l'elaborazione dello stimolo sia maggiormente di tipo passivo e non richiederebbe pertanto l'inibizione motoria associata alla categoria Sport. Quindi, nel caso di Scenery, l'inibizione non sembra essere prevalente mentre si può ipotizzare una maggiore esplorazione passiva di queste clip contemplative e maggiore elaborazione della stimolazione audio-visiva da esse prodotta che si

riflettere poi in una maggiore attenzione, come evidenziato dalla minore attività Delta inibitoria anteriore.

Risultati importanti riguardano anche il confronto tra categorie a valenza negativa. Anche in questo caso, la Delta non sembra essere particolarmente influenzata da valenza e da arousal, quanto più dalla specifica categoria emotiva di riferimento. È stato osservato infatti come le categorie Fear e Food non solo non presentino differenze sostanziali tra loro nell'attività Delta (sebbene si differenzino negli indici soggettivi), ma non presentano differenze nemmeno con la categoria di controllo.

Al contrario, gli stimoli Blood hanno prodotto differenze significative nei contrasti con gli stimoli disgustosi legati al cibo, suggerendo differenze nel processamento di stimoli legati al sangue; con le clip Fear la differenza non è apprezzabile statisticamente ma lo è da un punto di vista qualitativo, osservando il grafico di potenza Delta. Diversi studi in letteratura, presenti in questa trattazione, infatti, hanno indicato attraverso indici autonomici e comportamentali la peculiarità degli stimoli legati al sangue; sebbene questi possano elicitare reazioni di disgusto e paura, essi sono più complessi rispetto a queste due categorie prese singolarmente. La vista di sangue-ferite da un lato eliciterebbe una reazione di evitamento dello stimolo negativo ma allo stesso tempo è documentato come stimoli Blood elicitino anche una reazione asimmetrica di avvicinamento e di cattura sostenuta dell'attenzione. Pertanto, questi stimoli produrrebbero una reazione ambigua di avvicinamento/allontanamento che potrebbe riflettersi in una tendenza ad una maggiore elaborazione. Nel nostro setting, questa differenza verrebbe quindi rappresentata da una minore inibizione corticale a livello posteriore – i.e., maggiore elaborazione sensoriale dello stimolo – e anteriore – i.e., cattura dell'attenzione focalizzata.

La maggiore attività Delta a livello posteriore nella categoria Fear può essere interpretata in modo simile: in questo caso vi può essere un tentativo di evitamento dello stimolo negativo attraverso l'inibizione dell'elaborazione visiva dello stesso, non essendo possibile un evitamento attivo (i.e., fuga). Questa strategia può essere riflessa sia da un'interruzione dell'elaborazione sensoriale ovvero distogliendo lo sguardo, sia attraverso processi di regolazione top-down. Entrambe le ipotesi possono

trovare supporto dalle risposte date al questionario di debriefing, dove alcune studentesse hanno specificato come abbiano usato strategie di regolazione emotiva quali lo spostamento dello sguardo e la distrazione. Inoltre, andando ad osservare le differenze inter-Regione, le regioni frontali sono significativamente più attivate rispetto a quelle posteriori durante la visione di stimoli paurosi, si può quindi supporre una minore inibizione di queste aree dovute all'utilizzo di strategie di distrazione o re-appraisal. Pertanto, anche in questo caso, la maggiore attività Delta nelle regioni posteriori rispetto a quelle anteriori potrebbe essere interpretato come indice di inibizione di tali aree volto a ridurre l'elaborazione dello stimolo minaccioso. Allo stesso modo possono essere interpretati i dati relativi alla categoria Food.

Per riassumere, nonostante tutte e tre le categorie a valenza negativa studiate comprendano stimoli biologicamente salienti, sembrerebbe che gli stimoli Blood sostengano processi di elaborazione qualitativamente diversi rispetto a quelli sottostanti gli stimoli disgustosi e minacciosi. Gli stimoli disgustosi legati al cibo e di paura/minaccia non produrrebbero una motivazione all'avvicinamento, tenderebbero invece ad elicitare risposte di evitamento rapide sulla base di una veloce interpretazione della situazione e ad accompagnarsi a vissuti di ansia, angoscia e paura; al contrario, gli stimoli che mostrano persone che sanguinano sono più complessi e condurrebbero ad una maggiore cattura attentiva e a produrre reazioni ambigue di evitamento/avvicinamento. Questa tesi trova ampio supporto da studi presenti in letteratura: Palomba et al. (2000) hanno mostrato come stimoli legati a mutilazioni e sangue producano una più ampia e persistente bradicardia, variazione psicofisiologica ampiamente associata ad un aumento dell'attenzione, sostenuta da immobilità motoria (immobilità attentiva); concorde a tale risultato Buodo et al. (2002) hanno riscontrato un aumento dei tempi di reazione a uno stimolo *probe* presentato durante la visione di stimoli di questo tipo; infine, Buodo et al. (2006) hanno osservato come soggetti fobici per il sangue lasciati liberi di osservare o meno uno stimolo legato a sangue-mutilazioni, non presentassero differenze in termini di tempo di osservazione rispetto ai controlli. È importante sottolineare come questi effetti psicofisiologici siano opposti a quelli ottenuti con altri stimoli negativi (i.e., di minaccia) o neutrali (controllo) e anche rispetto al

confronto con soggetti con fobie diverse da quella per sangue-mutilazioni. In generale, questi studi, indicano come stimoli associati al sangue catturino l'attenzione piuttosto che produrre una chiara e immediata reazione di difesa volta alla fuga/attacco come gli altri stimoli negativi, in particolare quelli minacciosi. Pertanto, la minore attività Delta riscontrata nel presente studio, sia come effetto generale che Regione-specifico (i.e., posteriormente), indicherebbe una maggiore elaborazione visiva dello stimolo Blood e una focalizzazione dell'attenzione.

4.2. *Theta*

Osservando la **Figura 3.3.1** si può osservare come le categorie positive si siano associate ad una maggiore potenza Theta rispetto a quelle negative, suggerendo un effetto della valenza emotiva riflesso nell'attività di questa onda. L'aspetto rilevante, ancora una volta, è il confronto con la categoria Neutral, ovvero il controllo: è ipotizzabile che la minore attività Theta nelle categorie a valenza negativa evidenzia una disinibizione, ovvero una maggiore attività cerebrale (sia da un punto di vista generale che regionale).

Una possibile interpretazione di tale evidenza è che gli stimoli negativi, in quanto stimoli biologicamente rilevanti, possano attivare circuiti di elaborazione altamente conservati da un punto di vista evolutivo (LeDoux, 2015). Infatti, la generazione delle onde Theta è stata associata a regioni sottocorticali, oltre che corticali, che si sovrappongono significativamente con le aree del celebre sistema limbico (Knyazev, 2007). Sebbene questo termine non sia più considerato sufficientemente valido, le aree che nel corso degli anni sono state incluse in questo sistema sono regioni che sono risultate consistentemente attivate durante l'elaborazione emotiva. Osservando i report soggettivi sulla Valenza, le clip negative hanno registrato valori concordi con un loro raggruppamento, in linea con una mancata differenziazione dell'attività Theta generale. Pertanto, è possibile che le categorie negative avrebbero una capacità superiore di attivare processi rapidi ed automatici di elaborazione e di risposta emotiva. A questo dato si può aggiungere la letteratura che mostra come l'attività Theta sia spesso associata all'attività dell'ippocampo; essendo nel nostro caso un paradigma di osservazione

passiva, è possibile che processi mnestici siano inibiti in favore di una maggiore elaborazione sensoriale, in modo da adeguare le risposte a tale stimolazione. E ancora, è possibile che anche le emozioni positive possano catturare l'attenzione come mostrato da numerosi studi sullo startle e il riflesso di ammiccamento; tuttavia è ragionevole credere che stimoli a contenuto negativo biologicamente rilevanti come quelli da noi studiati siano maggiormente salienti visto l'alto coinvolgimento di processi legati alla sopravvivenza e possano indurre una cattura sostenuta dell'attenzione in un setting dove la fuga non è possibile; l'individuo sarà così portato a capire il contesto della scena, se il pericolo sia reale o meno, e questi processi sono osservabili con una stimolazione prolungata nel tempo, come i video.

Differenze categoriali emergono andando ad osservare il parametro Condizione all'interno delle Regioni (anteriore, centrale, posteriore). Nelle regioni anteriori il dato generale viene confermato: le categorie a valenza negativa si associano ad una disinibizione nelle regioni frontali rispetto al controllo; la categoria Food, poi, sembra essere maggiormente elaborata a livello frontale e questo dato potrebbe essere associato ad una maggiore attività sottocorticale (i.e., amigdala) riflessa in una modulazione frontale (i.e., Corteccia orbitofrontale). Le categorie Food potrebbero necessitare di una maggiore elaborazione consapevole; a monte di questa differenza, le categorie negative sembrano supportare una maggiore attenzione, di tipo diffuso e associata a vigilanza, al contesto per cercare di adeguare la risposta emotiva alla stimolazione in corso. A livello posteriore, la categoria Fear sembra disinibire tali strutture, quindi supportando il processamento visivo dello stimolo. Le spiegazioni possono essere diverse: se da un lato è ipotizzabile una riduzione dell'elaborazione nel tentativo di evitare lo stimolo, dall'altro il nostro paradigma è altamente immersivo e potrebbe pertanto impedire tale strategia, mentre una migliore comprensione della scena potrebbe condurre a risposte più adeguate. C'è anche da sottolineare come gli stimoli negativi utilizzati, specie nelle categorie Fear e Blood, siano altamente attivanti, come riportato dai risultati soggettivi (**Figura 3.1.2.**). Quindi se da un lato abbiamo visto come le categorie negative si associno ad una disinibizione corticale, dall'altro sembrerebbero emergere anche delle differenze regionali: dove stimoli più attivanti attiverrebbero

circuiti legati a processi di elaborazione visiva dello stimolo mentre stimoli come il Food, meno attivanti, ma comunque biologicamente salienti potrebbero necessitare di un'elaborazione più consapevole, riflettendosi in una maggiore disinibizione frontale.

Altrettanto interessanti sono le differenze osservate nelle categorie a valenza positiva. Sebbene, in generale, si associno a minore attivazione rispetto agli stimoli spiacevoli, indicando un'elaborazione meno approfondita e una minore cattura dell'attenzione, le categorie Scenery mostrano un pattern di attivazione Theta significativamente diverso rispetto alle condizioni Sport e Neutral. Una possibile interpretazione è data dall'utilizzo di paesaggi spettacolari che richiamerebbero processi di stimulus intake (aumento attenzione, motivazione all'approccio) e di elaborazione complessa dei numerosi dettagli che compongono la scena. Gli stimoli sportivi, così come quelli neutrali, potrebbero essere emotivamente meno pregnanti e più poveri dal punto di vista della stimolazione sensoriale. Inoltre, clip di sport estremi potrebbero da un lato essere impressionanti ma non sembrano elicitare risposte particolarmente elevate a livello di arousal e attivazione (come rilevato agli indici soggettivi). Le categorie Scenery, invece, si associano a processi contemplativi e di approccio, a sensazioni come meraviglia e stupore, promuovendo l'esplorazione dello stimolo. Questi risultati sono supportati dagli studi con il blink rate che vedono una riduzione dell'ammiccamento in queste categorie di stimoli contemplativi, indicati come piacevoli ed interessanti. Ad ogni modo, permane l'influenza della valenza e della rilevanza biologica essendo stata riportata una minore disinibizione delle Scenery rispetto a quella riportata nelle categorie a valenza negativa. Questa distinzione sulle positive sembra seguire un gradiente che aumenta in direzione fronto-posteriore: a livello anteriore non sembrano esserci differenze significative, che aumentano a livello centrale e raggiungono la distanza massima a livello occipitale. Questo trend potrebbe per l'appunto riflettere processi di elaborazione ed integrazione della stimolazione visiva e uditiva (nello specifico, regione occipitale e temporale), una elaborazione più analitica e approfondita. Anche in questo caso può essere interessante parlare di immersione nello stimolo, di coinvolgimento e interesse.

Gli stimoli sportivi e neutrali, invece, mostrano attività di Theta assimilabile in termini di potenza, suggerendo che nonostante gli stimoli sportivi possano essere associati a livelli di arousal moderati e possano anche produrre in una certa misura una cattura dell'attenzione, sono poco informativi da un punto di vista sensoriale e sembrerebbero per l'appunto non portare ad una particolare attivazione delle corteccie visive e frontali.

5. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Con questo studio si è voluto indagare se l'elaborazione degli stimoli emotivi potesse essere studiata attraverso l'analisi della potenza delle onde lente. A questo scopo è stato utilizzato un paradigma di induzione emotiva con stimoli audiovisivi, in quanto la letteratura suggerisce come questi stimoli siano più ecologici rispetto all'utilizzo di immagini. Infatti, questi contenuti permettono una maggiore immersione e coinvolgimento che va poi a riflettersi in una maggiore partecipazione emotiva al contenuto osservato. Per studiare la potenza d'onda è stato registrato il segnale EEG con una cuffia a 64 canali su 27 studentesse della Scuola di Psicologia dell'Università di Padova; l'analisi è stata condotta sulla porzione di tracciato riferita agli ultimi 30 secondi di ciascun filmato, in quanto rappresenta l'apice della stimolazione emotiva.

Dai risultati ottenuti è possibile inferire che l'analisi delle onde Theta possa essere utile per valutare effetti legati alla valenza emotiva, mentre la Delta sembra discriminare maggiormente all'interno delle categorie con la valenza. In particolare, una riduzione della potenza delle onde Theta è stata osservata nelle categorie a valenza negativa rispetto a quelle positive. Tale pattern è stato associato a ad una cattura dell'attenzione da parte di questi stimoli biologicamente rilevanti. L'attività Theta, quindi, rappresenterebbe un indice di disinibizione corticale e potrebbe rappresentare un marker di valenza emotiva.

Le onde Delta, al contrario, sono state indicate come indici di inibizione corticale.; in questo caso, si è osservata una minore attività Delta per gli stimoli che richiamavano sangue, ferite o operazioni chirurgiche. Dalla letteratura si evince come questi stimoli producano un pattern di attivazione fisiologica ambiguo di avvicinamento/allontanamento caratterizzato da una riduzione del riflesso di ammiccamento, che indicherebbe un aumento dell'attenzione posta su questi stimoli. I nostri dati, quindi, sembrano concordare con tale differenziazione all'interno delle categorie a valenza negativa. Infine, anche la categoria Sport si è differenziata all'interno delle categorie a valenza positiva, risultando in una maggiore attività Delta. Alla luce della letteratura sui neuroni mirror, è stato ipotizzato che l'osservare qualcuno compiere un'azione motoria potesse andare ad attivare

programmi motori automatici di simulazione nell'osservatore; tuttavia, in presenza di un setting di osservazione passiva come il presente, in cui è richiesta l'immobilità al partecipante, è possibile che questa attivazione venga inibita a livello corticale, specie nelle aree motorie e premotorie.

Per concludere, è possibile suggerire che le onde Theta possano rappresentare un interessante marker di valenza emozionale in condizioni di stimolazioni emozionali ecologiche rappresentate dai filmati. Allo stesso tempo, i risultati ottenuti con le onde Delta sembrano sostenere la necessità di sempre più adeguate considerazioni sulla natura soggettiva delle emozioni, andando oltre il modello dimensionale puro: se da un lato la visione dimensionale proposta da Lang può essere utile per operationalizzare e standardizzare la ricerca sulle emozioni, dall'altro è necessario avere uno sguardo più attento sulle sfumature che ogni emozione porta con sé e che possono realizzarsi in processi e risposte diversi nonostante valori simili in termini di valenza e/o arousal.

La letteratura sul tema, comunque, rimane scarsa. Sono pochi, e non noti allo scrivente, studi che hanno utilizzato il medesimo paradigma per indagare l'attività delle onde lente nelle emozioni. Pertanto, anche le conclusioni sopra delineate rimangono preliminare e necessitano di ulteriori indagini prima di poter essere ampliate e generalizzate. Questo è evidente anche alla luce di alcuni limiti imposti dalla ricerca presente: in primo luogo, i dati ora delineati sono stati tracciati su un campione esclusivamente femminile e con un range di età molto ristretto (22-29 anni) e la letteratura ha mostrato in diversi contesti la possibilità di differenze di genere ed età nella risposta emotiva; in secondo luogo, sebbene gli stimoli audiovisivi permettano un'ecologicità superiore rispetto alle immagini, è anche vero che aumentando la complessità degli stimoli aumentano le possibili variabili interferenti; inoltre, in future ricerche potrebbe essere auspicabile raccogliere anche indici comportamentali come il blink rate, così da poter rediger conclusioni più accurate e complete. Infine, potrebbe essere interessante osservare l'evoluzione dinamica di queste onde; infatti, nel presente studio ci si è limitati ad analizzare la potenza di banda media negli ultimi 30 secondi di filmato. ricerche future potrebbero invece domandarsi come tale potenza si modifichi nel corso dell'intero filmato, tenendo sempre conto però delle differenze regionali. Con studi di questo tipo, time locked,

è possibile andare poi a valutare la connettività funzionale cerebrale, portando maggiore sostegno alle conclusioni preliminari ora presentate. Infine, è importante che studi futuri controllino anche fattori di moderazione come la familiarità dei video (Maffei & Angrilli, 2019), le modalità di presentazione (randomica, blocchi con solo positive vs solo negative), il sesso, l'età, l'influenza di tratti di personalità e ampliare la ricerca anche a popolazioni cliniche.

6. BIBLIOGRAFIA

- Acharya, S., & Shukla, S. (2012). Mirror neurons: Enigma of the metaphysical modular brain. *Journal of Natural Science, Biology and Medicine*, 3(2), 118. <https://doi.org/10.4103/0976-9668.101878>
- 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.
- Angrilli, A., Palomba, D., & Stegagno, L. (1994). Modulazione psicofisiologica delle emozioni indotte da stimoli visivi. *Giornale Italiano di Psicologia*, 21, 833-856.
- Başar, E., 2004. *Memory and Brain Dynamics: Oscillations Integrating Attention, Perception, Learning and Memory*. CRC Press, Florida, p. 151.
- Başar, E., Öñiz, A., Özgoören, M., Schmiedt, C., Başar-Eroglu, C., 2004. The theta oscillatory responses in a model of “dynamic memory”. *Int. J. Psychophysiol.* 54 (1–2), 56–57.
- Başar, E., Başar-Eroglu, C., Karakaş, S., & Schürmann, M. (2001). Gamma, alpha, delta, and theta oscillations govern cognitive processes. *International journal of psychophysiology*, 39(2-3), 241-248.
- Bechara, A. (2000). Emotion, Decision Making and the Orbitofrontal Cortex. *Cerebral Cortex*, 10(3), 295–307. <https://doi.org/10.1093/cercor/10.3.295>
- Bechara, A., & Damasio, A. R. (2005). The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. *Games and Economic Behavior*, 52(2), 336–372. <https://doi.org/10.1016/j.geb.2004.06.010>
- Behnke, M., Kreibig, S. D., Kaczmarek, L. D., Assink, M., & Gross, J. J. (2022). Autonomic Nervous System Activity During Positive Emotions: A Meta-Analytic Review. *Emotion Review*, 14(2), 132–160. <https://doi.org/10.1177/17540739211073084>

- 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. [https://doi.org/10.1016/0005-7916\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9)
- Buodo, G., Sarlo, M., & Munafo, M. (2010). The neural correlates of attentional bias in blood phobia as revealed by the N2pc. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 5(1), 29-38.
- Buodo, G., Sarlo, M., & Palomba, D. (2002). Attentional resources measured by reaction times highlight differences within pleasant and unpleasant, high arousing stimuli. *Motivation and Emotion*, 26, 123-138.
- Cacioppo, J. T., Gardner, W. L., & Berntson, G. G. (1999). The affect system has parallel and integrative processing components: Form follows function. *Journal of Personality and Social Psychology*, 76(5), 839–855. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.76.5.839>
- Carretié, L., Hinojosa, J. A., & Mercado, F. (2003). Cerebral patterns of attentional habituation to emotional visual stimuli. *Psychophysiology*, 40(3), 381–388. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00041>
- Conroy, M. A., & Polich, J. (2007). Affective valence and P300 when stimulus arousal level is controlled. *Cognition & Emotion*, 21(4), 891–901. <https://doi.org/10.1080/02699930600926752>
- Costa, T., Rognoni, E., & Galati, D. (2006). EEG phase synchronization during emotional response to positive and negative film stimuli. *Neuroscience Letters*, 406(3), 159–164. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2006.06.039>
- Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, M. M., Birbaumer, N., & Lang, P. J. (2000). Brain potentials in affective picture processing: Covariation with autonomic arousal and affective report. *Biological Psychology*, 52(2), 95–111. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(99\)00044-7](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(99)00044-7)
- Davidson, R. J., Ekman, P., Saron, C. D., Senulis, J. A., & Friesen, W. V. (1990). Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: Emotional expression and brain physiology. I. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58(2), 330–341.

- Dell'Acqua, C., Dal Bò, E., Moretta, T., Palomba, D., & Messerotti Benvenuti, S. (2022). EEG time–frequency analysis reveals blunted tendency to approach and increased processing of unpleasant stimuli in dysphoria. *Scientific Reports*, *12*(1), 8161. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12263-9>
- Ekman, P., & Cordaro, D. (2011). What is Meant by Calling Emotions Basic. *Emotion Review*, *3*(4), 364–370. <https://doi.org/10.1177/1754073911410740>
- Fawver, B., Hass, C. J., Park, K. D., & Janelle, C. M. (2014). Autobiographically recalled emotional states impact forward gait initiation as a function of motivational direction. *Emotion*, *14*(6), 1125–1136. <https://doi.org/10.1037/a0037597>
- Fitzgerald, D. A., Angstadt, M., Jelsone, L. M., Nathan, P. J., & Phan, K. L. (2006). Beyond threat: Amygdala reactivity across multiple expressions of facial affect. *NeuroImage*, *30*(4), 1441–1448. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.11.003>
- Fredrickson, B. L., Mancuso, R. A., Branigan, C., & Tugade, M. M. (2000). [No title found]. *Motivation and Emotion*, *24*(4), 237–258. <https://doi.org/10.1023/A:1010796329158>
- Gable, P. A., & Harmon-Jones, E. (2008). Approach-Motivated Positive Affect Reduces Breadth of Attention. *Psychological Science*, *19*(5), 476–482. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02112.x>
- Harmon-Jones, E., Harmon-Jones, C., Fearn, M., Sigelman, J. D., & Johnson, P. (2008). Left frontal cortical activation and spreading of alternatives: Tests of the action-based model of dissonance. *Journal of Personality and Social Psychology*, *94*(1), 1–15. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.94.1.1>
- Herwig, U., Satrapi, P., & Schönfeldt-Lecuona, C. (2003). Using the International 10-20 EEG System for Positioning of Transcranial Magnetic Stimulation. *Brain Topography*, *16*(2), 95–99. <https://doi.org/10.1023/B:BRAT.0000006333.93597.9d>
- Hummel, F., Andres, F., Altenmüller, E., Dichgans, J., & Gerloff, C. (2002). Inhibitory control of acquired motor programmes in the human brain. *Brain*, *125*(2), 404–420.

- J.E. LeDoux, *Anxious, Using the Brain to Understand and Treat Fear and Anxiety*, Viking, NY, 2015.
- Jansen, D. M., & Frijda, N. H. (1994). Modulation of the acoustic startle response by film-induced fear and sexual arousal. *Psychophysiology*, *31*(6), 565–571. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1994.tb02349.x>
- Jensen, O., & Tesche, C. D. (2002). Frontal theta activity in humans increases with memory load in a working memory task. *European journal of Neuroscience*, *15*(8), 1395-1399.
- Kaviani, H., Gray, J. A., Checkley, S. A., Veena Kumari, & Wilson, G. D. (1999). Modulation of the acoustic startle reflex by emotionally-toned film-clips. *International Journal of Psychophysiology*, *32*(1), 47–54. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(98\)00063-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(98)00063-4)
- Khare, S. K., Blanes-Vidal, V., Nadimi, E. S., & Acharya, U. R. (2024). Emotion recognition and artificial intelligence: A systematic review (2014–2023) and research recommendations. *Information Fusion*, *102*, 102019. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2023.102019>
- Klados, M. A., Frantzidis, C., Vivas, A. B., Papadelis, C., Lithari, C., Pappas, C., & Bamidis, P. D. (2009). A Framework Combining Delta Event-Related Oscillations (EROs) and Synchronisation Effects (ERD/ERS) to Study Emotional Processing. *Computational Intelligence and Neuroscience*, *2009*, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2009/549419>
- Knyazev, G. G. (2007). Motivation, emotion, and their inhibitory control mirrored in brain oscillations. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *31*(3), 377-395.
- Kreibig, S. D. (2010). Autonomic nervous system activity in emotion: A review. *Biological Psychology*, *84*(3), 394–421. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.03.010>
- L. Fredrickson, B., & Levenson, R. W. (1998). Positive Emotions Speed Recovery from the Cardiovascular Sequelae of Negative Emotions. *Cognition and Emotion*, *12*(2), 191–220. <https://doi.org/10.1080/026999398379718>

- 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.
- LeDoux, J., Cicchetti, P., Xagoraris, A., & Romanski, L. (1990). The lateral amygdaloid nucleus: Sensory interface of the amygdala in fear conditioning. *The Journal of Neuroscience*, 10(4), 1062–1069. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.10-04-01062.1990>
- Levenson, R. W. (2014). The Autonomic Nervous System and Emotion. *Emotion Review*, 6(2), 100–112. <https://doi.org/10.1177/1754073913512003>
- Lumley, M. A., & Melamed, B. G. (1992). Blood phobics and nonphobics: Psychological differences and affect during exposure. *Behaviour Research and Therapy*, 30(5), 425–434. [https://doi.org/10.1016/0005-7967\(92\)90026-D](https://doi.org/10.1016/0005-7967(92)90026-D)
- Maffei, A., & Angrilli, A. (2019a). E-MOVIE - Experimental MOVies for Induction of Emotions in neuroscience: An innovative film database with normative data and sex differences. *PLOS ONE*, 14(10), e0223124. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223124>
- Maffei, A., & Angrilli, A. (2019b). Spontaneous blink rate as an index of attention and emotion during film clips viewing. *Physiology & Behavior*, 204, 256–263. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.02.037>
- 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. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0379-1>
- Masten, C. L., Morelli, S. A., & Eisenberger, N. I. (2011). An fMRI investigation of empathy for ‘social pain’ and subsequent prosocial behavior. *NeuroImage*, 55(1), 381–388. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.11.060>

- Mehrabian, A. (1996). Pleasure-arousal-dominance: A general framework for describing and measuring individual differences in Temperament. *Current Psychology*, 14(4), 261–292. <https://doi.org/10.1007/BF02686918>
- Moser, J. S., Hajcak, G., Bukay, E., & Simons, R. F. (2006). Intentional modulation of emotional responding to unpleasant pictures: An ERP study. *Psychophysiology*, 43(3), 292–296. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2006.00402.x>
- Ochsner, K. N., Ray, R. D., Cooper, J. C., Robertson, E. R., Chopra, S., Gabrieli, J. D. E., & Gross, J. J. (2004). For better or for worse: Neural systems supporting the cognitive down- and up-regulation of negative emotion. *NeuroImage*, 23(2), 483–499. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.06.030>
- Olofsson, J. K., Nordin, S., Sequeira, H., & Polich, J. (2008). Affective picture processing: An integrative review of ERP findings. *Biological Psychology*, 77(3), 247–265. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2007.11.006>
- Palomba, D., Angrilli, A., & Mini, A. (1997). Visual evoked potentials, heart rate responses and memory to emotional pictorial stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 27(1), 55–67. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(97\)00751-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(97)00751-4)
- Palomba, D., Sarlo, M., Angrilli, A., Mini, A., & Stegagno, L. (2000). Cardiac responses associated with affective processing of unpleasant film stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 36(1), 45–57. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(99\)00099-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(99)00099-9)
- Panksepp, J. (1992). A critical role for «affective neuroscience» in resolving what is basic about basic emotions. *Psychological Review*, 99(3), 554–560. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.99.3.554>
- Porges, S. W. (2011). *The polyvagal theory: Neurophysiological foundations of emotions, attachment, communication, and self-regulation (Norton series on interpersonal neurobiology)*. WW Norton & Company.

- Radilova, J., 1982. The late positive component of visual evoked response sensitive to emotional factors. *Activitas Nervosa Superior Supplement 3*, 334–337.
- Radilova, J., Figar, S., Radil, T., 1983. Sexual arousal and visual perception. *Activitas Nervosa Superior 25*, 168–170.
- Romeo, Z., Fusina, F., Semenzato, L., Bonato, M., Angrilli, A., & Spironelli, C. (2022a). Comparison of Slides and Video Clips as Different Methods for Inducing Emotions: An Electroencephalographic Alpha Modulation Study. *Frontiers in Human Neuroscience, 16*, 901422. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.901422>
- Romeo, Z., Fusina, F., Semenzato, L., Bonato, M., Angrilli, A., & Spironelli, C. (2022b). Comparison of Slides and Video Clips as Different Methods for Inducing Emotions: An Electroencephalographic Alpha Modulation Study. *Frontiers in Human Neuroscience, 16*, 901422. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.901422>
- S. K., Blanes-Vidal, V., Nadimi, E. S., & Acharya, U. R. (2023). Emotion recognition and artificial intelligence: A systematic review (2014–2023) and research recommendations. *Information Fusion*, 102019.
- 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 & Emotion, 24*(7), 1153–1172. <https://doi.org/10.1080/02699930903274322>
- Schauer, M., & Elbert, T. (2010). Dissociation Following Traumatic Stress: Etiology and Treatment. *Zeitschrift für Psychologie / Journal of Psychology, 218*(2), 109–127. <https://doi.org/10.1027/0044-3409/a000018>
- Schupp, H. T., Junghöfer, M., Weike, A. I., & Hamm, A. O. (2003). Attention and emotion: an ERP analysis of facilitated emotional stimulus processing. *Neuroreport, 14*(8), 1107–1110.
- Schupp, H. T., Junghöfer, M., Weike, A. I., & Hamm, A. O. (2003). Attention and emotion: An ERP analysis of facilitated emotional stimulus processing. *NeuroReport, 14*(8), 1107–1110. <https://doi.org/10.1097/00001756-200306110-00002>

- Schupp, H. T., Junghöfer, M., Weike, A. I., & Hamm, A. O. (2004). The selective processing of briefly presented affective pictures: An ERP analysis. *Psychophysiology*, *41*(3), 441–449. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2004.00174.x>
- Schupp, H., Cuthbert, B., Bradley, M., Hillman, C., Hamm, A., & Lang, P. (2004). Brain processes in emotional perception: Motivated attention. *Cognition & Emotion*, *18*(5), 593–611. <https://doi.org/10.1080/02699930341000239>
- Shiota, M. N., Campos, B., Oveis, C., Hertenstein, M. J., Simon-Thomas, E., & Keltner, D. (2017). Beyond happiness: Building a science of discrete positive emotions. *American Psychologist*, *72*(7), 617–643. <https://doi.org/10.1037/a0040456>
- Siegel, E. H., Sands, M. K., Van Den Noortgate, W., Condon, P., Chang, Y., Dy, J., Quigley, K. S., & Barrett, L. F. (2018). Emotion fingerprints or emotion populations? A meta-analytic investigation of autonomic features of emotion categories. *Psychological Bulletin*, *144*(4), 343–393. <https://doi.org/10.1037/bul0000128>
- Smith, N. K., Cacioppo, J. T., Larsen, J. T., & Chartrand, T. L. (2003). May I have your attention, please: Electrocortical responses to positive and negative stimuli. *Neuropsychologia*, *41*(2), 171–183. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(02\)00147-1](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00147-1)
- Spielberger, C. D., & Reheiser, E. C. (2004). Measuring anxiety, anger, depression, and curiosity as emotional states and personality traits with the STAI, STAXI and STPI.
- 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.
- Wilson, G. F., & Russell, C. A. (2003). Real-time assessment of mental workload using psychophysiological measures and artificial neural networks. *Human factors*, *45*(4), 635–644. Khare,
- Wolpe, J., & Lang, P. J. (1964). A fear survey schedule for use in behaviour therapy. *Behaviour Research and Therapy*, *2*(1), 27-30

- Wright, P., He, G., Shapira, N. A., Goodman, W. K., & Liu, Y. (2004). Disgust and the insula: fMRI responses to pictures of mutilation and contamination: *NeuroReport*, *15*(15), 2347–2351.
<https://doi.org/10.1097/00001756-200410250-00009>
- Zheng, C., & Zhang, T. (2013). Alteration of phase–phase coupling between theta and gamma rhythms in a depression-model of rats. *Cognitive neurodynamics*, *7*, 167-172.