

4. Il neuromarketing e i segnali psicofisiologici

di Maurizio Mauri e Vincenzo Russo

Premessa: cosa indicano i segnali psicofisiologici?

Per gli esperti di neuromarketing vi sono almeno tre elementi di base necessari per la misurazione del rapporto tra brand e prodotto e il consumatore: le *associazioni*, ovvero la tipologia e la forza del legame che il brand e il prodotto possono instaurare con il consumatore, le *motivazioni*, ovvero il legame tra questi e gli obiettivi consapevoli ed inconsapevoli del consumatore, le *emozioni* ovvero la risposta positiva o negativa che il brand riesce a stimolare.

Le associazioni possono essere misurate attraverso sia l'osservazione dei comportamenti che tecniche di neuromarketing come i tempi di reazione di cui abbiamo parlato. Si possono anche usare tecniche di valutazione dell'attivazione cerebrale strettamente connesse con la memorizzazione. Per questo tipo di analisi ci si serve della Risonanza Magnetica (fMRI) o dell'elettroencefalogramma (EEG). Come abbiamo visto i *Potenziali Eventi Correlati* (ERP) permettono l'identificazione di pattern di onde che possono indicare un processo di memorizzazione in atto (Genco *et al.*, 2013). Le emozioni sono gli elementi più difficili da misurare, soprattutto con le tecniche classiche, le quali, come abbiamo già spiegato nel primo capitolo, riescono a misurare non l'emozione nella sua "purezza" ma la razionalizzazione che il soggetto fa di ciò che sente, o crede di sentire. Molte reazioni emotive correlate a immagini, suoni, sapori, colori, sono immediati e inconsapevoli, così la loro valenza (positiva o negativa) e la loro forza di attivazione (bassa o alta), rischia di non essere adeguatamente rilevata e misurata.

Per comprendere come si possono usare le tecniche di neuromarketing e i dati psicofisiologici occorre sapere che il nostro sistema nervoso è suddiviso in due grandi sistemi, quello centrale e quello periferico. Il sistema nervoso centrale (che comprende il cervello e il midollo spinale) ha il compito di attribuire significato e valore alle cose, di analizzare e di decidere. L'attività legata alla formazione delle impressioni, al linguaggio e all'azione coinvolge anche il sistema nervoso periferico che consiste nel nostro sistema sensoriale e il sistema motorio. Quello periferico è il sistema nervoso responsabile del riconoscimento

dei segnali e dell'esecuzione motoria. In neuromarketing l'attivazione del sistema nervoso centrale è legato alla misurazione di ciò che avviene nel cervello.

Il neuromarketing si serve di tecniche di misurazione degli indicatori strettamente connessi con l'attivazione emotiva in cui sono coinvolti il sistema nervoso centrale e periferico. Tra queste tecniche la misurazione dell'*affective priming*, ovvero la misura della velocità di associazione di una parola positiva o negativa al brand oggetto di analisi, da distinguere dal priming semantico in cui l'associazione misurata è legata alla facilità di accesso che alcune parole provocano nei confronti di altre parole o significati. Per maggiori dettagli rinviamo al capitolo sui tempi di risposta e lo IAT.

Si aggiungono a questa la misura degli indicatori psicofisiologici di cui parleremo brevemente. Queste misurazioni possono distinguersi in misurazioni elettriche e quelle legate al flusso del sangue.

Come già messo in luce nei paragrafi precedenti, le emozioni, pur essendo degli stati mentali, hanno un forte radicamento nella biologia del corpo. Le emozioni possono essere definiti come “fenomeni dinamici creati all'interno di processi cerebrali di valutazione dei significati, che risentono direttamente di influenze relazionali (Siegel, 2013) Secondo le principali riflessioni teoriche il sistema nervoso funzionerebbe in una logica di precisa alternanza tra due sistemi principali tra loro in competizione, il sistema simpatico e il sistema parasimpatico: il primo responsabile della reattività (attacco/fuga) e dunque della sopravvivenza del soggetto; il secondo, il parasimpatico (vagale) con un ruolo protettivo di riduzione dell'arousal e recupero dell'omeostasi. Benché il modello del “*dualismo antagonista*” funzioni bene soprattutto per il funzionamento di alcuni organi specifici a livello locale, in realtà questa visione “simpatocentrica” non costituisce, ad oggi, un modello esaustivo.

Stephen Porges (e prima di lui Walter Cannon, che abbiamo già citato in merito alle teorie scientifiche sulle emozioni), ha sintetizzato la teoria evuzionistica delle emozioni da lui definita come “teoria polivagale”, o più semplicemente *Fight or Flight Theory* (Teoria dell'attacco o fuga. Egli, nelle sue prime pubblicazioni che si sono concentrate sullo studio del sistema nervoso autonomo parasimpatico e simpatico in relazione al controllo della attività cardiaca, ha scoperto che la fisiologia dell'organismo governata dal sistema nervoso autonomo non è finalizzata semplicemente ad accelerare o rallentare i battiti cardiaci in risposta ad un cambiamento fisico, ma anche dinnanzi a stimoli ambientali percepiti come minacciosi da un punto di vista psicologico. Secondo il modello di Porges, non ci sarebbero solo le due risposte vagali (del “simpatico” che “attiva”, e del parasimpatico che “deattiva”), in quanto il sistema nervoso parasimpatico sarebbe suddivisibile in due altri tipi di “reazioni” (per questo si definisce tale teoria “poli-vagale): un'attiva in condizioni di “sufficiente sicurezza” (branca del vago-ventrale), in grado di elicitare uno stato di immobilità senza paura, o risposte di interazione e ricerca di aiuto nell'ambiente (che regolerebbero i comportamenti pro-sociali di attaccamento); l'altra reazione, invece, sarebbe in grado di attivare solo risposte “estreme”, come per esempio nel caso di concreto “pericolo di vita” (branca vago-

dorsale); tale risposta produce un crollo del tono vagale, ipotonia muscolare (i muscoli si rilasciano e non sostengono più l'apparato scheletrico) e catalessia, nell'insieme questa risposta somiglierebbe ad una "morte apparente" o semplicemente ad uno svenimento. Quest'ultima reazione sarebbe la più antica dal punto di vista evolutivo, ed è condivisa sia dai mammiferi (quindi anche l'uomo) sia dai rettili. Il meccanismo che permetterebbe di stabilire la pericolosità degli stimoli ambientali e dunque quale delle tre reazioni vada messa in campo è definito con il termine di "*neurocezione*", un rilevamento del pericolo senza percezione o consapevolezza (Porges, 2009; Siegel, 2013). Altro elemento che segnala l'utilità di tecniche di indagine in grado di andare oltre il dichiarato.

Secondo Porges si può intendere l'attività del sistema nervoso autonomo in termini di adattamento dell'organismo all'ambiente, non solo dal punto di vista biologico e fisiologico, ma anche comportamentale, psicologico e in ultima istanza sociale. Le modalità di attivazione psicofisiologica come quella legata all'attività cardiaca e respiratoria, è da intendersi come l'esito di un processo evolutivo (Porges, 2001) che ha permesso agli uomini di utilizzare i processi automatici, immediati e adattivi come l'attivazione fisiologica di tipo emotivo come un utile elemento guida nella gestione delle proprie emozioni nella vita quotidiana. A tal proposito Porges ha usato l'espressione "Fight or Flight" per spiegare l'attivazione del sistema nervoso simpatico sia nel caso in cui si agisca in prima persona che nel caso in cui si assista, per esempio, a una scena minacciosa in grado di attivare fisiologicamente: il nostro organismo, infatti, risponde metabolicamente per preparare la reazione dell'organismo ad una risposta di "attacco o fuga" suscitata dall'emozione nell'assistere ad un pericolo o per rispondere a stimolazioni in grado di attivare reazioni emotive simili.

Le emozioni, in quest'accezione, sarebbero schemi neuromotori e comportamentali in grado di aumentare la regolazione delle reazioni dell'organismo alle stimolazioni ambientali.

1. Quali indicatori psicofisiologici si usano nel neuromarketing

La pratica di misurare le reazioni psico-fisiologiche correlate con le emozioni è stata originariamente conosciuta con il termine di *biofeedback*. Nato negli anni '40 come un utile strumento per il trattamento in medicina e psicologia comportamentale si è sviluppata a partire dagli anni '70. Proprio come il termine inglese *biofeedback* suggerisce, il concetto di base ruota sulla possibilità di fornire una "informazione di ritorno" in merito al singolo stato psicofisico generale col fine di migliorare la propria regolazione volontaria dei processi fisiologici che più o meno direttamente influiscono sugli stati mentali. Il termine auto-regolazione rimanda alle abilità di osservare e acquisire le competenze necessarie per portare dei cambiamenti nella propria fisiologia, nel proprio comportamento o addirittura nel proprio stile di vita col fine di promuovere salute e benessere. Nella terapia basata sulla tecnica del "biofeedback",

attraverso l'impiego delle nuove tecnologie vengono rappresentati al soggetto i suoi indici fisiologici, permettendogli di "allenarsi" ad esercitare il proprio controllo volontario sui parametri fisiologici, controllando meglio stati di ansia o l'effetto che un eccesso di emozione può provocare. Nel caso si concentri l'attenzione sull'attività cerebrale, in genere espressa attraverso le onde elettroencefalografiche, si parla anche di "neurofeedback" oppure "neurobiofeedback", anch'esso impiegato come tecnica per modificare i propri funzionamenti mentali, in diversi campi della psicologia clinica e della psicopatologia. Non a caso il progetto del Centro di Ricerche *Behavior and Brain Lab* dell'Università IULM è nato dalla collaborazione con la società leader in Italia della formazione con tecniche di biofeedback e neurofeedback, Mind Room¹.

Il sistema nervoso autonomo simpatico e parasimpatico determina l'attivazione di una batteria di segnali fisiologici correlati ai processi emotivi e cognitivi. Tra questi la misurazione del battito cardiaco, della pressione sanguigna, del volume dell'ormone cortisolo nel sangue utilizzati come indicatori per la misura degli effetti di diversi stimoli sul soggetto. Così la misurazione della sudorazione, della dilatazione pupillare, della respirazione. L'uso di questi indicatori solleva una questione ormai divenuta storica, ovvero la possibilità di distinguere i diversi processi emotivi in base alla tipologia di attivazione psicofisiologica. Tale ipotesi ammetterebbe l'esistenza di una differenziazione dell'attivazione in base, per esempio, al tipo di emozione, per cui il battito cardiaco che proviamo in un momento di gioia risponde con dinamiche diverse rispetto all'attivazione cardiaca determinata dalla rabbia. Per decenni si è ipotizzato una sorta di *aspecificità emozionale*.

Le ricerche hanno tuttavia dimostrato che vi sono differenziazioni di dinamiche di attivazione per i diversi indicatori psicofisiologici. Ciò avverrebbe anche per la dilatazione pupillare, come dimostrato anche da uno studio da noi condotto in laboratorio (Onorati *et al.*, 2013).

1.1. La conduttanza cutanea

Uno degli indicatori psicofisiologici più noti, legati all'attivazione determinata per esempio da un'emozione è il monitoraggio della "sudorazione della pelle" (*Skin Conductance*). Governata dal sistema nervoso autonomo, sia simpatico (che ne aumenta la produzione), che parasimpatico, che ne diminuisce la produzione, può avere la funzione di *raffreddare* l'organismo nel-

¹ La società Mind Room sviluppa e realizza percorsi di Bio e Neurofeedback che consentono alla persona di avere sempre più padronanza nella gestione delle pressioni lavorative e ambientali e delle proprie risposte emotive. Si tratta di progetti di formazione utili per il miglioramento della prestazione lavorativa e diminuzione dei rischi di malattia da stress; il miglioramento della variabilità della frequenza cardiaca (*Heart Rate Variability, HRV*); il miglioramento delle abilità cognitive di *Decision Making Strategico*. Aspetti utilizzati anche presso l'Università IULM (cfr. Russo e Bustreo, 2015).

le condizioni di elevata temperatura ambientale. Tuttavia si modifica in virtù delle risposte metaboliche messe in moto dal sistema nervoso autonomo (quindi risposte automatiche) anche dinanzi a stimoli che minacciano (o che preoccupano) la persona dal punto di vista psicologico. Tale indicatore si attiva e diventa quindi un utile segnale psicofisiologico, non più meramente fisiologico.

Esso riguarda l'attività delle ghiandole sudoripare della pelle, i cui processi non sono direttamente accessibili alla coscienza della persona. Il sudore contiene una soluzione salina conduttiva, che rende quindi la pelle maggiormente incline a condurre corrente elettrica rispetto alla pelle secca. Tale capacità, in inglese, viene anche definita come “*skin conductance activity*” (SCA). Storicamente, tale indicatore è stato anche definito come “risposta galvanica della pelle”.

Essa in genere viene rilevata attraverso un dispositivo dotato di due derivazioni (Fig. 1), collocate sulle dita attraverso due anelli oppure sui palmi attraverso due cerotti adesivi usa e getta, ciascuno dotato di un piccolo elemento di metallo che, a contatto con la pelle, funziona da polo per il passaggio di una piccolissima corrente elettrica (talmente piccola, da non essere percepibile dalla persona che indossa gli anelli sulle dita o i cerotti). I due anelli sono collegati a un sensore, a sua volta collegato a una centralina connessa a un computer al fine di visualizzare il valore della sudorazione. Se il valore rappresentato sul display del computer aumenta (in genere la visualizzazione viene fatta con un semplice grafico cartesiano in cui, sull'asse delle ascisse viene rappresentato il tempo, mentre su quello delle ordinate viene rappresentato il valore espresso in *microSiemens* o *microOhms* – l'unità di misura per quantificare la capacità della pelle umana di condurre corrente elettrica): allora vuol dire che c'è maggiore conduttività nella pelle, dovuta alla presenza maggiore di sudore, a sua volta imputabile ad una maggiore attivazione delle ghiandole sudoripare controllate dal sistema nervoso autonomo simpatico tramite l'ipotalamo.

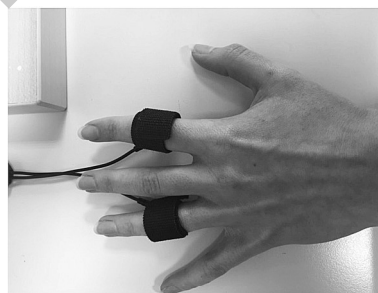


Fig. 1 - Sensore utilizzato nella misurazione della “*skin conductance*”

Fonte: *Behavior and Brain Lab* dell'Università IULM

Qui sotto riportiamo un'immagine che mostra il segnale dello stesso soggetto, in condizione di relax (Fig. 2) e in condizione di stress (Fig. 3).

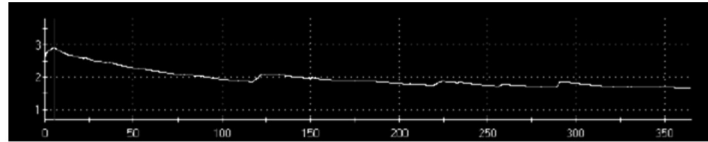


Fig. 2 - Segnale della Skin Conductance di un soggetto esposto a stimoli rilassanti

Fonte: per gentile concessione della Thought Technology, Ltd

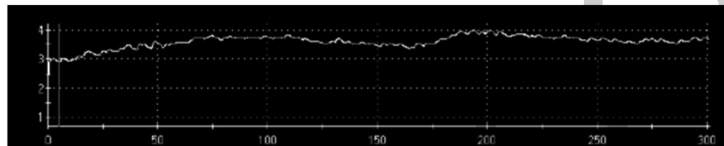


Fig. 3 - Segnale della Skin Conductance di uno studente esposto a stimoli stressanti

Fonte: per gentile concessione della Thought Technology, Ltd

Come si evince dai segnali rappresentati nella Fig. 2 (in ascisse il tempo espresso in secondi, in ordinata il valore della skin conductance espresso in microSiemens), è possibile notare l'andamento della skin conductance di un soggetto in fase di rilassamento grazie ad un'esposizione a immagini di panorami rilassanti per 360 secondi. In questo caso il segnale da un valore pari a 3, tende a diminuire man mano che il soggetto si rilassa, scendendo sotto al valore di 2 microSiemens. Il segnale si presenta prevalentemente piatto, e quasi continuamente decrescente. Nella Fig. 3, lo stesso soggetto viene esposto ad una situazione stressante (deve eseguire lo Stroop Task per 150 secondi, e in seguito dei calcoli matematici mentali per altri 150 secondi, per un totale di 300 secondi). In questo caso il segnale da un valore pari a 3, passa a 4 microSiemens a circa 200 secondi e termina rimanendo poco sotto il valore 4, cioè circa il doppio di quanto era al termine della situazione rilassante dei panorami indicando uno stato di attivazione o stress misurabile con questo indicatore (Mauri *et al.*, 2010, Scotti *et al.*, 2006).

1.2. Il battito cardiaco

La tecnica strumentale attualmente più utilizzata per monitorare il battito cardiaco è l'Elettrocardiogramma (ECG), in cui vengono posizionati dai 3 ai 10 elettrodi in punti standard della superficie corporea del paziente.

L'attività elettrica del cuore, che accompagna la sua attività meccanica di pompa, del sangue è stata osservata per la prima volta dal fisiologo britannico Augustus Desire Waller già agli inizi del XIX secolo. L'attività cardiaca può essere monitorata attraverso due tipi diversi di sensore (Fig. 4). Il primo viene collocato sul dito, e sfrutta la luce infrarossa. Il sistema emette un raggio di luce che attraversa i vasi capillari del dito. In base alla quantità di sangue presente nei capillari, la luce riflessa dal raggio di luce emesso dal sensore sarà minore o maggiore. Nel sensore vi è infatti, oltre alla fonte di luce, anche un secondo sensore, definito fotopleletismografico, che capta la luce riflessa. Il monitoraggio di tale parametro definito anche come *Blood Volume Pulse* (BVP), riguarda la “variazione del volume sanguigno” presente nel dito, rilevando infatti la presenza di sangue nei capillari, da cui attraverso gli opportuni algoritmi è possibile derivare il battito cardiaco al minuto, la distanza tra i battiti, l'ampiezza dei battiti e tutti gli altri parametri utili a individuare una eventuale attivazione. Per conoscere più in dettaglio la fisiologia cardiaca, si rimanda al famoso test di Cacioppo, Tassinari e Bernstein (2000).



Fig. 4 - Sensore fotopleletismografico (BVP) utilizzato per monitorare il parametro della “variazione del volume sanguigno”

Fonte: Behavior and Brain Lab dell'Università IULM

In Fig. 5 si riporta l'andamento del segnale fotopleletismografico rilevato durante una fase di rilassamento: in ascisse vediamo il tempo, espresso in secondi, mentre in ordinate l'ampiezza del segnale è espressa in millivolt. Analizzando il segnale è possibile notare che l'ampiezza aumenta creando una sorta di picco a forma di “gobba”, in corrispondenza del quale il sensore rileva maggiore quantità captata dalla maggiore presenza di sangue nei capillari del dito: ciò avviene in corrispondenza di ogni singolo battito.

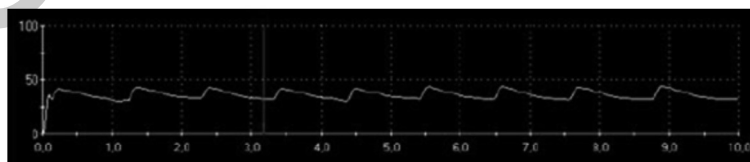


Fig. 5 - Segnale rilevato dal sensore fotopleletismografico collocato sul dito: è possibile notare come il segnale cardiaco riveli una “gobba” per ogni battito (tramite BVP)

Il parametro relativo all'attività cardiaca può essere monitorato anche attraverso un sensore tripolare elettrocardiografico, meno sofisticato di un tradizionale elettrocardiogramma utilizzato a scopi medici, ma comunque abbastanza preciso da fornire il segnale emesso dal battito cardiaco

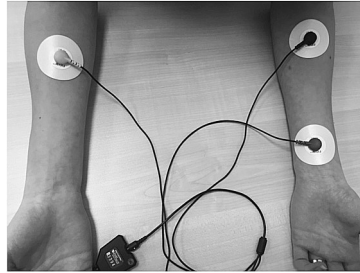


Fig. 6 - Sensore tripolare elettrocardiografico utilizzato per la misurazione del parametro relativo all'attività cardiaca

Fonte: Behavior and Brain Lab dell'Università IULM

Tale sensore tripolare può essere collocato sulle braccia, due derivazioni da una parte e una derivazione dall'altra; oppure, attraverso il triangolo di Einthoven, due derivazioni sulle spalle (una derivazione a destra, l'altra sulla spalla sinistra), e una sopra l'ombelico. Il segnale cardiaco rilevato dal sensore tripolare è invece mostrato nella Fig. 7.

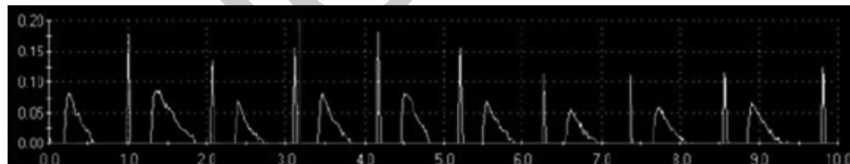


Fig. 7 - Segnale cardiaco rilevato dal sensore tripolare: esso presenta la classica forma dell'elettrocardiogramma, in cui si evince il picco o onda R, che avviene ad ogni battito

Guardando la Fig. 7 è possibile notare la presenza di un picco elevato e uncinato mediamente attorno al valore di 0.15 millivolt (in ascisse è rappresentato il tempo in secondi mentre in ordinata l'ampiezza in millivolt). Tale picco rappresenta la cosiddetta onda R, ovvero la depolarizzazione dell'apice del ventricolo sinistro. Rispetto al segnale del BVP, il segnale elettrocardiografico (ECG) è più ricco, preciso e completo, in quanto descrive tutte le curve suscitate dall'attività elettrica del miocardio, anche se quest'ultimo richiede un sensore più invasivo rispetto a quello del BVP, sensore che pur non riuscendo a

fornire un segnale così completo come quello dell'ECG, ha l'indubbio vantaggio di essere meno invasivo e abbastanza preciso.

Un ambito di ricerca attuale riguarda lo sviluppo di nuove tecniche in grado di misurare parametri psicofisiologici come il battito cardiaco influenzando il meno possibile lo stato naturale del soggetto e il dato misurato stesso. Tali tecniche assumono un'importanza fondamentale per la capacità di poter misurare in condizione "contactless" (senza contatto) e a distanza con una webcam l'alterazione del battito cardiaco. La metodologia si basa sull'attività cardiaca correlata al fluire del sangue nei microvasi del volto, che produce un lieve e rapido arrossamento della pelle, variazione invisibile ad occhio nudo, ma che può essere rilevata da un'elaborazione del segnale. Misurando queste variazioni nei tracciati video RGB è possibile estrarre questa oscillazione tramite una tecnica statistica (per es. analisi delle componenti indipendenti) e da qui estrarre il battito cardiaco in post-processing. Non stiamo parlando di fantascienza visto che esistono già diversi sistemi di misurazione a distanza come per esempio i sistemi laser, detti anche vibrocardiografi (VCG), che permettono una valutazione del battito cardiaco in funzione del movimento toracico o dei micromovimenti a livello del polso e della carotide. Essi prevedono l'utilizzo di un Laser Doppler Vibrometer (LDV) che invia un raggio laser alla superficie di interesse e, attraverso il cambiamento di frequenza per effetto Doppler, ricava l'ampiezza e la frequenza della vibrazione causata principalmente dal battito cardiaco. La fotoplethysmografia si basa sul principio secondo cui l'attività cardiaca provoca una depressione a livello dei capillari a causa del maggiore afflusso sanguigno. Questo spostamento può essere misurato tramite una comune telecamera ed ottenere così il segnale del flusso di volume sanguigno (Parra e Decosta, 2001).

Uno delle applicazioni più recenti è la "cardiocam" sviluppata da Poh *et al.* secondo cui i cambiamenti volumetrici dovuti al fluire e defluire del sangue durante un ciclo cardiaco determinano un'influenza sulla luce riflessa (segnale pletismografico), rilevabile attraverso un video RGB opportunamente elaborato. Un sistema low-cost e assolutamente non invasivo che, tramite una comune webcam, permetterebbe la misurazione del battito cardiaco e del ritmo respiratorio con buoni coefficienti di correlazione rispetto ad un ECG tradizionale. Anche per questo parametro abbiamo svolto delle analisi positive in merito alla correlazione di parametri cardiaci con gli stati emotivi (Scotti *et al.*, 2006; Mauri *et al.*, 2010; Mauri *et al.*, 2012).

1.3. La respirazione

Un altro parametro utilizzato nelle tecniche di neuromarketing è quello del monitoraggio del ritmo respiratorio. Tale parametro viene rilevato attraverso due sensori, uno diaframmatico (collocato a livello dei muscoli pettorali) e uno addominale (collocato a livello dell'ombelico). Il sensore è dotato di un elastico, che tendendosi aumenta il valore del segnale attraverso un sensore piezoelettrico. Tale parametro, assieme a quello cardiaco, permette di monito-

rare l'attività cardio-respiratoria. La combinazione dei sensori cardio-respiratori forniscono un utile strumento per le tecniche di neuromarketing come vedremo meglio in seguito quando saranno illustrate alcune ricerche applicative. Qui sotto diamo una rappresentazione del sensore. In un nostro studio sulle emozioni di base abbiamo mostrato come l'analisi di parametri cardiorespiratori possa permettere di riconoscere le seguenti emozioni: paura, rabbia, gioia e tristezza (Magagnin *et al.*, 2010, Mauri *et al.*, 2012).



Fig. 8 - Sensore piezoelettrico utilizzato per la misurazione del parametro respiratorio

Fonte: Behavior and Brain Lab dell'Università IULM

1.4. L'elettromiografia

L'elettromiografia misura il livello di contrazione dei muscoli; è utile, specialmente, su alcuni muscoli, come quelli delle spalle, oppure i muscoli zigomatici e corrugatori. La letteratura riporta numerosi studi che hanno mostrato come tali muscoli correlano molto con gli stati emotivi (Genco *et al.*, 2013; Zurawicky, 2010; Ramsøy, 2014). Ovviamente si parla di micro-contrazioni, che il sensore è tuttavia in grado di rilevare. In Fig. 9 si riporta la rappresentazione del sensore collocato sulla fronte e legato dietro la testa attraverso una chiusura di velcro.



Fig. 9 - Sensore per la misurazione del parametro elettromiografico per la contrazione dei muscoli corrugatori

Fonte: Behavior and Brain Lab dell'Università IULM

2. La dilatazione pupillare

Il diametro pupillare è un segnale altamente informativo, oggi solo parzialmente esplorato. Consiste di due componenti temporali: una componente transiente in risposta a un cambiamento improvviso ad alto contrasto delle condizioni luminose, o in seguito a uno stimolo significativo, cognitivo e/o affettivo; la seconda componente è una componente tonica, data da condizioni luminose costanti ma che può variare significativamente a seguito di alterazioni dello stato di coscienza (sonno, anestesia e sonnolenza). Particolare attenzione è stata data al segnale di dilatazione pupillare, in quanto segnale contactless, che lo rende un ottimo candidato per studi psicofisiologici, in cui lo stato del soggetto deve essere alterato il meno possibile dalla misura. Un attento studio della letteratura permette di segnalarlo altamente promettente sia per la fisiologia del segnale, sia in quanto correlato fisico di diverse vie altamente correlate al controllo autonomo e al controllo centrale. Il segnale di dilatazione pupillare è stato oggetto di numerosi studi, ed è nota la correlazione tra stati affettivi e/o reazioni emotive (il classico “Fight or Flight”) e la maggiore o minore dilatazione pupillare; tuttavia il segnale di dilatazione pupillare è stato oggetto di speculazione scientifica soprattutto per le caratteristiche fisiche del segnale. L’ostacolo maggiore all’analisi della dilatazione pupillare in campo psicofisiologico è stata la mancanza di strumenti adeguati, sia dal punto di vista tecnologico che scientifico, tali da distinguere le numerose e spesso interconnesse oscillatorie, armoniche e non, dal rumore o elementi di disturbo, la cui natura è stata ed è oggetto di analisi e discussione.

Oggi la situazione è lievemente modificata anche grazie a tecnologie più sofisticate e a studi specifici. Tra questi, quello da noi condotto (Onorati *et al.*, 2013) in cui si è tentato innanzitutto di stabilire una correlazione più robusta e fisiologicamente valida tra il sistema simpato-vagale ed il segnale di dilatazione pupillare, per poi muoversi nella direzione di spiegare, e quindi poter sfruttare, anche le componenti ad alta frequenza, componenti che risultano altamente vantaggiose per studi di psicofisiologia, dove sia lo stimolo che la reazione dei soggetti può essere limitata a pochi minuti, per non dire qualche decina di secondi (ovvero la durata di uno spot). La dilatazione pupillare viene utilizzata in stretta connessione con gli altri parametri e con altri indicatori e fenomeni, correlati in questo caso più a componenti cognitive (o elaborate ad alto livello), come l’attenzione e l’orientamento spaziale.

Tra questi fattori si segnalano i movimenti oculari, la fissazione e la *frequenza di blinking* (ovvero, la chiusura e l’apertura delle palpebre). La durata del blinking e la frequenza media sono indicatori di attenzione. Il blinking viene ridotto in condizione di attenzione e diviene più attivo in quei compiti che richiedono meno attenzione. La *sincronizzazione del blinking* tra più persone può essere usato come indicatore di engagement nella comune visione di un film o di una narrazione (Genco *et al.*, 2013).

Il segnale di diametro pupillare può essere modulato quindi da stimoli ambientali quali: complessità fisica dell’immagine, luminosità e colore, variabi-

li dipendenti da altre funzioni visive, come il riflesso di accomodamento, stimoli cognitivi, come l'attenzione spaziale e lo sforzo cognitivo, o emotivi, essi siano stimoli esogeni o endogeni. Lo studio della dinamica pupillare, anche nell'interazione con altri segnali, può aiutare a comprendere il SNA e contribuire al riconoscimento di stati di attivazione. La sua caratteristica principale è l'essere un segnale *contactless*, di potenziale grande utilità per protocolli sperimentali e applicazioni reali che necessitino di condizioni ambientali ecologiche o che non prevedano la possibilità di apporre sensoristica sui soggetti. Può essere facilmente rilevato con l'eye tracker e utilizzato per la misurazione delle tipologie di emozioni. In una recente indagine svolta dagli autori si è potuto rilevare un'elevata correlazione tra un tipo di dinamica di alterazione della dilatazione pupillare e l'emozione (Onorati *et al.*, 2013). L'analisi nel dominio della frequenza del diametro pupillare può riguardare le classiche componenti della bilancia simpato-vagale, ovvero il contenuto informativo nelle bande LF (dall'Inglese, *Low Frequencies*, [0.04-0.15] Hz) e HF (dall'Inglese, *High Frequencies*, [0.15-0.45] Hz), fino a componenti spettrali intorno ai 5 Hz, secondo una letteratura di riferimento che ritiene l'informazione contenuta nel segnale di dilatazione pupillare concentrarsi nella banda di frequenza [0.03-5] Hz (Novak, 2008).

3. La misurazione diretta dell'emozione attraverso i segnali psicofisiologici

Nella letteratura scientifica esistono molti studi che hanno dimostrato come i segnali psicofisiologici sopra descritti siano correlati a stati mentali di allarme, ansia, carico cognitivo, attenzione, coinvolgimento emotivo e stress.

Nel 1884, la rivista scientifica *Mind* ha pubblicato un articolo di William James (James, 1884), in cui lo scienziato propone la teoria secondo cui le risposte psicofisiologiche e comportamentali precedono l'esperienza soggettiva dell'emozione. Queste risposte fisiologiche, descritte dall'Autore come differenti espressioni del corpo, mostrano differenti configurazioni (in inglese, la parola configurazione viene tradotta con il vocabolo *pattern*) per ciascuna emozione. Da quella pubblicazione scientifica in poi, tale ipotesi teorica ha dato origine a un vero e proprio paradigma scientifico che ha ispirato molti scienziati che hanno focalizzato la propria ricerca sulla comprensione delle relazioni tra le emozioni e la specificità dell'attività biologica correlata al sistema nervoso autonomo. Come dicevamo, vi sono due alternative maggiormente condivise dalla comunità scientifica in merito alla possibilità di derivare un modello scientifico delle emozioni. Il primo viene definito come *modello discreto*, cioè caratterizzato dall'individuazione specifica di ciascuna emozione (gioia, soddisfazione, rilassamento, ansia, paura, rabbia, ecc.). Il secondo è definito come *modello continuo*, basato sulla progressiva variazione di configurazioni che gradualmente mutano in diversi stati emotivi, secondo due dimensioni principali, *valenza* e *intensità* di attivazione (*valence* e *arousal*). La valenza rappre-

senta la dimensione edonica lungo l'asse che va da positivo (o piacevole) a negativo (o spiacevole), mentre l'altro asse riguarda l'intensità dell'attivazione, che va da bassa ad alta attivazione (Christie e Friedman, 2004).

Nella figura seguente, il modello viene presentato grazie ad un'immagine che è stata elaborata da Peter Lang attraverso il lavoro di ricerca che ha dimostrato la correlazione tra parametri psicofisiologici e risposte self-report dei partecipanti alla ricerca. Peter Lang ha esposto un centinaio di persone a un insieme di immagini che compongono l'*International Affective Picture System* (IAPS). Durante l'esposizione alle immagini, i parametri della *skin conductance*, quelli cardiologici ed elettromiografici del muscolo corrugatore sono stati registrati e analizzati. I risultati hanno dimostrato una correlazione significativa tra il self-report tramite il *Self Assessment Manikin* (SAM – Bradley e Lang, 1994 – una scala iconografica di cui in figura è possibile vedere la rappresentazione della *piacevolezza* – un omino stilizzato con la faccina che muta espressione andando da 0 = faccina molto negativa, a 10 = faccina molto positiva – l'abbinato anche alla dimensione dell'*arousal* e della *dominanza*) e i parametri psicofisiologici, confermando quindi quanto già teorizzato da William James. Questo strumento può essere considerato una prima soluzione al problema della misurazione delle emozioni nel campo pubblicitario, legato alla difficoltà di usare terminologie descrittive e verbalizzazioni che potrebbero non coincidere con la reale emozione.

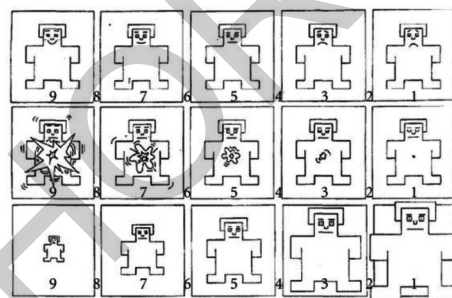


Fig. 10 - Esempio di SAM, in alto *pleasure*, in mezzo *arousal*, in basso *dominance*

L'uso del SAM ha permesso di avere dati più interessanti riguardo alla misurazione non mediata dal verbale dell'emozione in ambito pubblicitario, anche con un confronto interculturale (Usa-Taiwan), benché non sia uno strumento in grado di misurare l'attivazione psicofisiologica (Morris *et al.*, 1992a e 1992b). La misura in questo caso prevede la valutazione dei tre grossi fattori bipolari indipendenti che caratterizzano l'emozione e la sua misura, ovvero la valutazione dello stato di attivazione (*arousal*), il grado di piacevolezza o meno (*pleasure*) e il grado di dominanza (*dominance*).

Si tratta del modello proposto nel lontano 1974 da Russell e Mehrabian (1974), Watson e Tellegen (1985) e ancora da Russell (1990), noto con il nome

di PAD, acronimo di “*Pleasure-Arousal-Dominance*” nel tentativo di integrare almeno tre differenti dimensioni: gli stimoli provenienti dall’ambiente esterno, la struttura affettiva degli individui e il comportamento psicologico e fisiologico esibito in reazione agli stimoli ambientali. Perfettamente adattato anche alle stimolazioni pubblicitarie (Havlena e Holbrook, 1986), anche se la maggior parte degli studi si sono concentrati solo su due dimensioni: Valenza o dimensione edonica (lungo l’asse della “piacevolezza-spiacevolezza”) e arousal (lungo l’asse della “tensione-rilassamento”). Non a caso Russell, nel 1980, propone il cosiddetto “*modello circomplesso delle emozioni*” consistente in un piano cartesiano che permette di individuare l’intero panorama delle emozioni a partire dalle due coordinate bidimensionali.

In considerazione della relativa efficacia dei suddetti sistemi per la misura delle emozioni, utili per superare il limite dell’influenzamento culturale o della verbalizzazione, si è cercato di trovare delle forti correlazioni tra questi strumenti e gli indicatori psicofisiologici. Uno degli studiosi più noti in questo campo è Peter Lang. Nella figura 10, tratta da uno dei suoi lavori (Lang, 1995), è possibile notare come le immagini emotive dello IAPS (nella immagine, ogni pallino corrisponde all’effetto di ciascuna immagine) suscitino delle reazioni emotive, in termini di *valenza* (asse del *Pleasure*, o piacevolezza) e *arousal* (intensità di attivazione fisiologica) corrispondenti ai quattro quadranti del modello delle emozioni basato appunto su queste due singole dimensioni. Per esempio, nel quadrante caratterizzato da bassa/media attivazione (valori sulla dimensione dell’*arousal* compresi tra 1 e 5) e valenza negativa (valori sulla dimensione del *pleasure* compresi tra 1 e 5), è possibile rilevare la presenza dell’immagine di un cimitero (*cemetery*), che suscita in media emozione di tristezza e depressione (per questo l’area di tale quadrante è definita come area della depressione, *depression*, e della tristezza, *sad*). Nel quadrante del *relax*, caratterizzato sempre da bassa/media attivazione, ma a valenza positiva (valori, sulla dimensione del *pleasure*, compresi tra 5 e 9), passando attraverso un’area neutra dal punto di vista della piacevolezza (esattamente pari a 5 sull’asse del *pleasure*, quindi né positivo né negativo), corrispondente per esempio alla visione di un cesto (*basket*), è possibile rilevare la presenza della immagine di fiori (*flowers*), di una fotografia di una famiglia felice (*happy family*) e di un tenero bambino (*cute baby*). Nel quadrante invece caratterizzato da medio/alta attivazione (valori, sulla dimensione dell’*arousal*, compresi tra 5 e 10) e valenza positiva, cadono le immagini, per esempio, erotiche (*erotica*), e quelle eccitanti, come quella di un campione di sci che compie un salto notevole su una pista innevata (*sky jump*). Tale quadrante è stato definito come area della felicità (*joyful*) e dell’eccitazione positiva (*excited*). Nell’ultimo quadrante, caratterizzato da medio/alta attivazione (*arousal*) e valenza negativa, ricadono le immagini, per esempio, di un serpente (*snake*) o di una faccia mutilata (*mutilated face*). Tale area è descritta da Lang come area della paura (*fearful*), della rabbia (*enraged*) e dell’odio (*hate*).

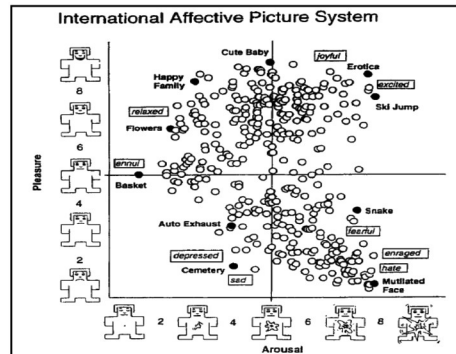


Fig. 11 - Immagini dello IAPS (Lang, 1995), sono organizzate secondo un modello bidimensionale di attivazione (arousal) e piacevolezza (pleasure)

Grazie al lavoro pionieristico di Lang, è stato possibile correlare i punteggi *self-reports* derivati dalla scala SAM e i segnali psicofisiologici di elettromiografia del muscolo corrugatore (zona mediale del sopracciglio) e zigomatico (zona delle guance) di ciascun partecipante. Nel lavoro di Lang (1995) si dimostra come vi sia una correlazione significativa inversa e diretta per i muscoli corrugatori e zigomatici: più diminuisce il valore lungo l'asse del *pleasure* (rilevato tramite scala di autovalutazione SAM), più aumenta la contrazione (espressa in microVolt), passando attraverso un valore di 0.5 microVolt, fino a 1.0 microVolt, del muscolo corrugatore. In poche parole, dinanzi a stimoli negativi si evince una tendenza a contrarre di più i muscoli corrugatori delle sopracciglia. Al contrario, il muscolo zigomatico, prodromo del sorriso, tende a mostrare maggiore micro – contrazioni man mano che i punteggi medi del SAM tendono ad aumentare, riportando reazioni ad immagini sempre di più auto-dichiarate come positive. Anche i dati cardiaci e quelli della sudorazione della pelle hanno dato un risultato significativo quando correlati con i punteggi medi derivati dal SAM in merito alla dimensione dell'arousal. L'accelerazione dei battiti cardiaci tende ad aumentare più i punteggi medi auto-dichiarati tramite la scala SAM diventano positivi. Così come i valori medi della *skin conductance* aumentano man mano che i punteggi medi auto-dichiarati tramite scala SAM rivelano reazioni soggettive come maggiormente attivanti (Lang, 1995). Numerosi altri studi hanno mostrato la correlazione tra emozioni e parametri psicofisiologici. In uno studio condotto da uno di noi su 43 studenti americani del Massachusetts Institute of Technology (Mauri *et al.*, 2010), sessioni sperimentali ideate per indurre stati emotivi sono state esposte ai 43 partecipanti: una di rilassamento iniziale (visione di panorami), una di coinvolgimento emotivo (lettura di una storia a sfondo giallo), una di stress (svolgimento di compiti aritmetici mentali e *stroop task*) e infine una di rilassamento finale (visione di nuovi panorami). I parametri biologici di *skin con-*

ductance, battito cardiaco, respirazione e elettroencefalografia sono stati monitorati durante l'intera procedura sperimentale. Al termine di ogni fase, agli studenti è stato richiesto di riempire una scala psicologica molto usata in letteratura per misurare i livelli di ansia/stress: la *State Trait Anxiety Inventory* (STAI) di Spielberger *et al.* (1983). Riportiamo in Fig. 12 i risultati relativi alle analisi dello *scoring* dei livelli di ansia/stress secondo la *State Trait Anxiety Inventory*.

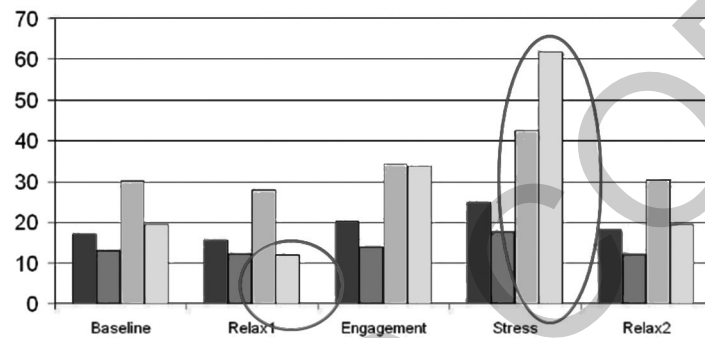


Fig. 12 - Grafici che rappresentano i punteggi medi della STAI

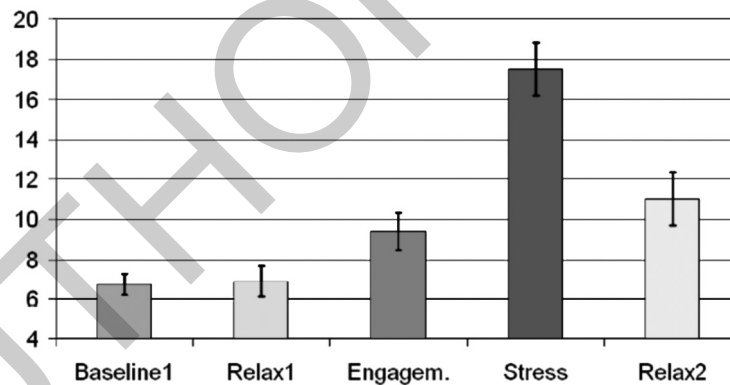


Fig. 13 - I livelli medi di skin conductance (Mauri *et al.*, 2010)

Dalla Fig. 12 si evince che i valori medi dei punteggi sono bassi al termine della sessione di relax (nella figura, il punteggio tradotto in punti percentili – istogramma celeste – supera di poco il valore 10), ed elevati al termine della sessione di stress (punteggio tradotto in punti percentili rappresentato sempre dall'istogramma celeste, che supera il valore di 60). Parimenti, calcolando la media dei valori di *skin conductance* di tutti gli studenti nella fase di relax

e nella fase di stress, i valori medi della *skin conductance* hanno mostrato gli stessi trend: bassi durante la fase di relax, significativamente più elevati durante la fase di stress, come si evince dalla Fig. 13 relativa agli output. Grazie alla correlazione significativamente positiva tra il punteggio medio derivato dagli STAI e il valore medio del segnale della skin conductance, è possibile sostenere in modo scientifico e sulla base di evidenze empiriche che il segnale della sudorazione della pelle rivela il livello di ansia/stress, o meglio, di arousal (attivazione) dinanzi ad un certo stimolo o situazione.

L'analisi della correlazione tra i due fattori (i punteggi medi derivati dalla *State Trait Anxiety Inventory* e i valori medi della sudorazione della pelle) risulta significativa sia nella prima sessione di relax (Relax1), sia nelle successive sessioni sperimentali.

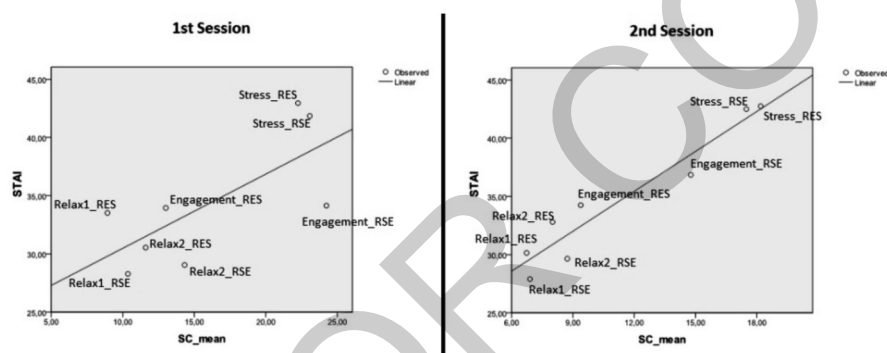


Fig. 14 - Correlazione tra livelli medi di skin conductance e punteggi medi derivati dalle scale psicologiche self-reports STAI (Mauri et al., 2010) in fase sperimentale (a sinistra) in replica dopo un mese (a destra)

In una sessione ripetuta dopo un mese dello stesso protocollo, nella parte di destra della Fig. 14, i punteggi medi di STAI e i valori medi della SC si distribuiscono in modo ancora più lineare, descrivendo un livello di correlazione maggiormente chiaro rispetto alla prima sessione.

Van Dooren e colleghi (2012) hanno sottoposto 17 soggetti (12 maschi e 5 femmine) alla visione di diversi filmati audiovisivi caratterizzati da una specifica emozione: paura, rabbia, tristezza, rilassamento, divertimento, eccitazione sessuale e neutra. Dalla registrazione del segnale di sudorazione della pelle in 16 differenti punti del corpo dei partecipanti si è rilevato che i migliori segnali legati all'attivazione della skin conductance in relazione alle diverse emozioni sono rilevabili sulle dita e sulle spalle.

Tale risultato permette di stimare quali potrebbero essere i punti migliori per il design di sensori indossabili (*wearable*) e portatili (senza filo: *wireless*) integrabili in abiti, scarpe oppure in bracciali, anelli e in qualunque altro oggetto permetta di renderli invisibili e confortevoli all'utente.

Christie *et al.* (2004) rilevarono diversi parametri psicofisiologici su 34 studenti universitari esposti a diversi stimoli audiovisivi caratterizzati per tipo di emozione (divertimento, rabbia, contentezza, disgusto, paura e tristezza, oltre all'aggiunta di un filmato di controllo volto a non indurre alcun tipo di emozione – condizione neutra). I risultati hanno mostrato, anche in questo caso, la buona predittività del modello cartesiano bipolare, non solo quando si utilizzavano i segnali psicofisiologici, ma anche quelli dei self-report.

4. Le applicazioni nel neuromarketing dei segnali psicofisiologici

La possibilità di misurare direttamente l'emozione attraverso i dati psicofisiologici permette sia di integrare le tecniche tradizionali con quelle di neuromarketing, con una doppia finalità, da una parte avere un supporto più efficace al dato dichiarato e dall'altra la possibilità di misurare attivazioni di cui non si è consapevoli o di cui non si vuole dare evidenza. Come abbiamo visto numerose ricerche hanno dimostrato la correlazione tra emozione e segnali psicofisiologici. Sappiamo inoltre che le configurazioni specifiche di attivazione psicofisiologica sono state riportate in studi su individui cui è stato chiesto di indurre volontariamente espressioni emotive specifiche sul proprio volto (Ekman *et al.*, 1983; Levenson *et al.*, 1990). Altri studi hanno, invece, messo in evidenza risposte psicofisiologiche specifiche dopo l'esposizione a stimoli visivi (Collect *et al.*, 1997), stimoli olfattivi (Vernet-Maury *et al.*, 1999), e stimoli costituiti da filmati audio-visivi (Christie *et al.*, 2004).

Contrariamente a quanto riportato da Cacioppo *et al.* (2000) secondo cui le evidenze empiriche a favore di una stretta correlazione tra risposta psicofisiologica dopo l'esposizione ad un'ampia varietà di stimoli ed emozioni, sarebbero contraddittorie e ambigue, rileviamo in letteratura un più ampio consenso sulla possibilità di avere un forte riscontro tra segnali biologici e emozioni (Rainville *et al.*, 2006) specificatamente per i segnali psicofisiologici inerenti l'attività cardiorespiratoria, l'attività elettroencefalografica del cervello e l'attività delle dinamiche pupillari.

L'uso simultaneo e sincronizzato di analisi di: a) parametri neurofisiologici derivati dall'elettroencefalografia, b) parametri psicofisiologici derivati dal monitoraggio dell'attività cardiorespiratoria, c) parametri pupillari derivati sia dalla dilatazione pupillare che dal tracciamento dei movimenti oculari tramite tecniche di *eye tracking*, renderebbe più preciso e probabile il corretto riconoscimento dello stato emotivo a partire dai suoi correlati biologici (Mauri *et al.*, 2011; Mauri *et al.*, 2012; Onorati *et al.*, 2013).