

Capitolo 3

Attenzione ed Emozione

3.1 Processi cognitivi ed emozione

Recentemente, la relazione tra processi cognitivi ed emozionali è stata al centro di un dibattito che ha coinvolto numerosi studiosi delle emozioni. In sostanza, si sono distinte due posizioni. Una di esse considera i processi cognitivi tendenzialmente separati e indipendenti dai processi emozionali, l'altra ritiene che entrambi i processi siano sovrapponibili o addirittura integrati. Il nucleo centrale di tale dibattito, come sottolinea Sherer (1993), è rappresentato dal problema relativo alla definizione di "processo cognitivo".

Ad esempio, nella classica disputa tra Lazarus e Zajonc (Zajonc, 1980, 1984; Lazarus, 1984) entrambi assumono che vi sia un certo processamento dello stimolo, ma si distinguono proprio in relazione alla quantità di tale processamento. Mentre Lazarus ritiene che sia necessaria una qualche forma di "analisi del significato" dello stimolo per elicitarne un'emozione, Zajonc sottolinea che le reazioni emozionali possono essere elicitate da processi che originano a livello subcorticale, che agiscono quindi ad uno stadio precoce del processamento dello stimolo e che quindi comportano una minore quantità di elaborazione dello stimolo (Sherer, 1994). Tuttavia, più recentemente, La-

zarus (1991b) si è avvicinato alle posizioni di Zajonc. Egli ritiene che ci sia bisogno di rendere la teoria dell'*appraisal* (che spesso suona come se si riferisse solo ai processi valutativi consci) capace di convivere con la psicologia del profondo, con un'enfasi ai processi inconsci. Altri (Ortony, Clore e Collins, 1988) ritengono che le emozioni vadano considerate a livello fisiologico e soggettivo ma anche e soprattutto a livello cognitivo: le esperienze indipendenti da quest'ultimo livello non sono emozioni. Essi ritengono che esistano situazioni "emozionali" indipendenti dai processi cognitivi solamente perché, in realtà, non sono effettivamente delle emozioni, pur essendo capaci di abbassare la soglia oltre la quale scatta l'esperienza emozionale. Esempi di queste *quasi-emozioni* sono per esempio le condizioni associate alla risposta di *startle*, oppure condizioni di ridotta esposizione alla luce solare (che tendono a produrre umore depresso), o anche le sensazioni e le risposte fisiologiche congruenti alle espressioni facciali emozionali quando vengono riprodotte attraverso manipolazioni attive dei muscoli facciali (Clore, 1994).

Il neuropsicologo LeDoux (1987) si è inserito nella disputa affermando che benché Lazarus abbia ragione nel sostenere che ci sia sempre una qualche trasformazione dello stimolo nel processamento dell'informazione antecedente all'emozione, una tale trasformazione non consiste in un'elaborazione a livello corticale, cioè non sembra essere un'attività cognitiva consapevole. D'altra parte Zajonc, secondo LeDoux, forse sbaglia nel suggerire che non è necessaria alcuna trasformazione dello stimolo, ma probabilmente è nel giusto quando afferma che il processamento di stimoli rilevanti affettivamente non coinvolge necessariamente un'elaborazione cognitiva a livello corticale, ma più facilmente a livello subcorticale e quindi non consapevole (Sherer, 1993). In ultima analisi, quindi, la disputa sembra relativa al significato da attribuire al termine "processo cognitivo" (Leventhal e Sherer, 1987).

LeDoux ritiene che il nucleo della controversia sia quello della distinzione tra processi cognitivi consapevoli e inconsapevoli. In altri termini, egli ritiene che l'aspetto essenziale sia il *livello* al quale l'elaborazione dell'informazione agisce sui processi emozionali. LeDoux (1989) sostiene, infatti, che l'elaborazione cognitiva, pur agendo ad un livello tale da non raggiungere la consapevolezza, può essere ugualmente effi-

cace nel suo ruolo di generatrice di esperienza emotiva.

Di parere opposto sono Parrott e Schulkin (1993) i quali considerano l'emozione come dipendente dall'attività cognitiva, nel senso che il fenomeno emozionale è parte di un sistema più ampio che comprende altri sistemi, tra i quali appunto quello cognitivo. Secondo Parrott e Schulkin, se si definisce l'attività cognitiva in modo stretto, cioè come la forma più elevata di processamento, allora l'attività cognitiva non è necessaria per l'emozione. Se, invece, la si definisce in modo ampio, cioè come elaborazione dell'informazione, allora l'emozione deve dipendere dall'attività cognitiva. Infatti, perfino il processamento a livello sensoriale può essere considerato elaborazione dell'informazione. Gli autori non negano che esistano sistemi emozionali che funzionino in modo autonomo (funzionamento modulare), ma ritengono che essi vadano considerati integrati agli altri sistemi modulari non appena si giunga al livello per cui i fenomeni indagati consistano di esperienze come "provare un'emozione". In altre parole essi ritengono che è probabile che vi siano sistemi emozionali che contribuiscono all'esperienza emozionale, ma questi secondo loro sono piuttosto specifici, e anche la più semplice risposta emozionale richiede una sequenza di operazioni che coinvolge numerose regioni cerebrali (Parrott e Schulkin, 1993).

LeDoux, a sua volta, ha proposto che i processi di elaborazione precoce dell'informazione emozionale non siano delle elaborazioni cognitive ma siano, in realtà, delle elaborazioni affettive (*emotional computations*), compiute da una struttura a forma di mandorla posta nella parte mediale del lobo temporale, cioè l'amigdala. Secondo LeDoux (1993b) le prime sono indipendenti dalle seconde. A sostegno di questa ipotesi si può indicare uno studio che ha fatto uso di potenziali correlati alla presentazione visiva di aggettivi positivi, neutri e negativi (Naumann, Bartussek, Diedrich e Laufer, 1992). Questo studio ha mostrato che il *pattern* dell'attività intracranica era differente durante compiti di tipo strutturale (confrontare la lunghezza delle parole emozionali) rispetto a compiti di tipo emozionale (attribuire un valore affettivo alle parole) suggerendo che le funzioni di processamento delle informazioni emozionali e cognitive sono separate. Inoltre, secondo LeDoux le due forme di elaborazione hanno anche diversi obiettivi. Infatti le elaborazioni affettive hanno lo scopo di valuta-

re l'importanza dello stimolo, mentre quelle cognitive hanno lo scopo di ottenere una buona rappresentazione dello stimolo. Più recentemente (1994) LeDoux ha sostenuto che quello che è inconsapevole è l'elaborazione emozionale: certamente l'esperienza emozionale è un fenomeno consapevole. Con questa affermazione chiarificatrice LeDoux fa un piccolo passo verso la posizione di Parrott e Schulkin. Inoltre, gli studi dello stesso LeDoux sulle funzioni emozionali dell'amigdala (che più avanti tratteremo ampiamente) mostrano che essa è fortemente integrata alla neocorteccia.

In ultima analisi, quindi, queste diverse prospettive teoriche non sembrano giungere a posizioni ben definite e nette. Noi intendiamo superare una tale controversia sostenendo che, nella maggior parte delle situazioni, ci deve essere una forte integrazione tra processi cognitivi e processi emozionali. Infatti, le emozioni rappresentano un fenomeno psicofisiologico spesso evocato da stimoli rilevanti biologicamente. Le emozioni, per sostenere una risposta adattativa, modulano le azioni mobilizzando risorse attentive, e più in generale cognitive, verso eventi presenti o futuri. Un tale processo sembra richiedere una categorizzazione valutativa dello stimolo in classi di valenza positiva o negativa e l'attivazione di disposizioni comportamentali che implicano tendenze *verso* lo stimolo (approccio, acquisizione, consumo) oppure *via da* lo stimolo (evitamento, fuga, rifiuto, repulsione) (Cacioppo, Klein, Berntson e Hatfield, 1993). Quindi, la messa in atto di una risposta emozionale a stimoli rilevanti richiede il reclutamento di risorse cognitive per lo sviluppo di comportamenti adattativi. Non sembra possibile perciò tenere separati i processi cognitivi (in particolare attentivi) e quelli emozionali, che contribuiscono alle risposte integrate. Pur accettando che siano diverse le strutture cerebrali generatrici di processi cognitivi, motivazionali ed emozionali, si deve supporre un alto livello di connessione ed integrazione tra essi.

E' stato giustamente osservato (Sherer, 1993), a questo proposito, che può essere utile tentare di analizzare concretamente quali siano i processi di codifica e di trasformazione dello stimolo e indagare quali strutture e meccanismi vi siano coinvolti, piuttosto che tentare di trovare un accordo su una particolare definizione di processo cognitivo o sul livello al quale i processi cognitivi diventano consapevoli. Le neuroscienze possono contribuire in modo ottimale alla identificazione delle strutture e del-

le connessioni implicate nei processi di elaborazione delle informazioni che caratterizzano l'attività cognitiva emozionale.

Studi recenti hanno presentato un quadro dei meccanismi neurali dell'emozione che dimostra una forte integrazione tra le strutture emozionali e quelle cognitive, le quali presentano proiezioni reciproche ascendenti e discendenti (Derryberry e Rothbart, 1984; LeDoux, 1989, 1993a, 1995; Derryberry e Tucker, 1992; Tucker e Derryberry, 1992).

Nella rassegna di Derryberry e Tucker (1992) è posta un' enfasi particolare agli aspetti evuzionistici. Vengono presentati i risultati relativi alle interconnessioni fra i sistemi emozionali del tronco dell'encefalo, del sistema limbico e della corteccia paralimbica, un tessuto di transizione tra sistema limbico e neocorteccia. Questi tre sistemi rappresentano l'evoluzione nel controllo emozionale: si passa dalle strutture più primitive e grossolane (sistema troncoencefalico), a quelle più sensibili ai segnali emozionali e più flessibili nelle risposte (sistema limbico), fino alle strutture più evolute (corteccia paralimbica) capaci di una modulazione emozionale sempre maggiore, anche grazie al sostegno di rappresentazioni migliori a livello neocorticale. Mentre il cervello progrediva nella sua evoluzione e si stabilivano proiezioni ascendenti dai sistemi meno evoluti a quelli più evoluti, parallelamente si sviluppavano connessioni discendenti verso le strutture primitive.

Le strutture del tronco dell'encefalo giocano un ruolo essenziale sia nella regolazione delle risposte comportamentali e fisiologiche, sia nel mantenere l'attivazione e la reattività del cervello. Riguardo alla prima funzione, basti ricordare che nel tronco dell'encefalo sono collocati i nuclei effettori autonomi, simpatici e parasimpatici, che controllano risposte fondamentali per la sopravvivenza dell'organismo (cardiovascolari, respiratorie, gastrointestinali), e centri come la sostanza grigia periacqueduttale, coinvolta nelle risposte di difesa e di immobilizzazione (*freezing*) a stimoli minacciosi. Riguardo alla seconda funzione, Moruzzi e Magoun (1949) hanno contribuito ad identificare una struttura, la formazione reticolare attivante ascendente, capace di attivare la corteccia in modo aspecifico. Più recentemente sono stati distinti diversi sottosistemi troncoencefalici ascendenti. Ricordiamo le proiezioni noradrenergiche dal lo-

cus coeruleus, quelle serotoninergiche dai *nuclei del rafe*, quelle colinergiche dal *nucleo basale di Meynert* e quelle dopaminergiche dall'*area tegmentale ventrale*. Questi sottosistemi sembrano rispondere rapidamente (spesso con latenze minori di 50 ms) a stimoli emozionali (Derryberry e Tucker, 1992). Inoltre essi mostrano un certo grado di specificità nella modulazione della reattività corticale alle stimolazioni. Per esempio, stimolazioni del sistema noradrenergico producono un'attivazione a livello della neocorteccia dorsale destra e possono migliorare il processamento spaziale. In contrasto, le influenze dopaminergiche alla neocorteccia ventrale sinistra possono portare a facilitare il processamento basato sull'oggetto. Così una forte attivazione dopaminergica può determinare una focalizzazione attentiva per gli oggetti al prezzo di una meno diffusa attenzione spaziale. Perciò la modulazione emozionale del tronco dell'encefalo, benché ancora poco conosciuta, sembra suggerire un'azione parzialmente specifica piuttosto che aspecifica e diffusa (Tucker e Derryberry, 1992).

L'evoluzione poi ha permesso di differenziare altre strutture e circuiti al fine di permettere una sensibilità maggiore ai segnali emozionali nell'ambiente e risposte più flessibili ad essi. Il sistema limbico, che rappresenta lo stadio intermedio nell'evoluzione del cervello, comprende l'ipotalamo, l'ippocampo, le aree settali e l'amigdala. Quest'ultima sembra svolgere un ruolo importante nella modulazione delle risposte emozionali ed è stata studiata in dettaglio in numerosi lavori (cfr. LeDoux, 1989, 1993a, 1995).

L'amigdala è una struttura posta in profondità nel lobo temporale, composta da alcuni piccoli nuclei fra cui si possono distinguere un nucleo afferente (nucleo laterale) e un nucleo efferente (nucleo centrale). Tradizionalmente si assumeva che quasi tutte le proiezioni delle strutture sensoriali talamiche fossero dirette alla aree sensoriali della neocorteccia. Recenti studi neuroanatomici hanno mostrato che i nuclei talamici specifici proiettano anche all'amigdala. Quindi, il nucleo laterale dell'amigdala riceve proiezioni dal talamo sia direttamente, sia indirettamente per mezzo delle aree corticali associative (unimodali e polimodali) e perciò solo dopo che l'informazione è stata trattata dalle aree primarie. Inoltre, vi sono afferenze che provengono dall'ippocampo. Per quanto riguarda le principali efferenze dell'amigdala, vi sono proiezioni alla so-

stanza grigia centrale, all'ipotalamo laterale e ad altre aree ipotalamiche, oltre che estese proiezioni alla neocorteccia, che comprendono le aree sensoriali primarie, le aree associative e l'ippocampo (vedi figura 1). Quindi benché l'amigdala riceva dalla corteccia l'informazione già elaborata dalle aree associative, essa proietta alle aree corticali sensoriali primarie e quindi può modulare il processamento percettivo dello stimolo a livelli precoci. Sebbene le connessioni neurali fra il talamo e l'amigdala siano state individuate in modo chiaro solo per la modalità uditiva, i circuiti coinvolti sembrano essere molto simili nella modalità visiva e, probabilmente, anche nelle altre modalità sensoriali (LeDoux, 1993a, 1995).

I risultati principali delle ricerche di LeDoux derivano dallo studio sul condizionamento aversivo nel ratto. E' stato possibile dimostrare che, quando dei semplici indicatori sensoriali vengono usati come stimoli condizionati, le proiezioni talamo-amigdala sono necessarie e sufficienti per il condizionamento delle risposte di *paura* (LeDoux, 1989). E' stato inoltre dimostrato che i neuroni amigdaloidi rispondono maggiormente agli stimoli nuovi rispetto a quelli familiari e rispondono in misura maggiore agli stimoli che hanno un significato affettivo rispetto a quelli neutri. Alcuni di essi, poi, sono in grado di discriminare stimoli con valenza positiva da quelli con valenza negativa (Nishijo, Ono e Nishijo, 1988). Lesioni del nucleo centrale interferiscono con l'espressione comportamentale e fisiologica delle risposte condizionate. Questi dati vanno ad integrare quelli riguardanti la struttura neuroanatomica delle afferenze ed efferenze dell'amigdala.

Nella vita reale stimoli semplici, del genere coinvolto nelle proiezioni talamo-amigdala, raramente vengono incontrati da soli. La maggior parte degli stimoli che interagiscono con l'organismo sono agglomerati complessi di stimoli semplici. Perciò, mentre l'informazione relativa a stimoli complessi viene inviata alla corteccia per il processamento percettivo, le più semplici componenti sono in grado di attivare i circuiti emozionali per mezzo delle proiezioni dirette all'amigdala, consentendo così quel tipo di elaborazione che LeDoux ha definito *affettiva* e che non raggiunge il livello della consapevolezza (LeDoux, 1989).

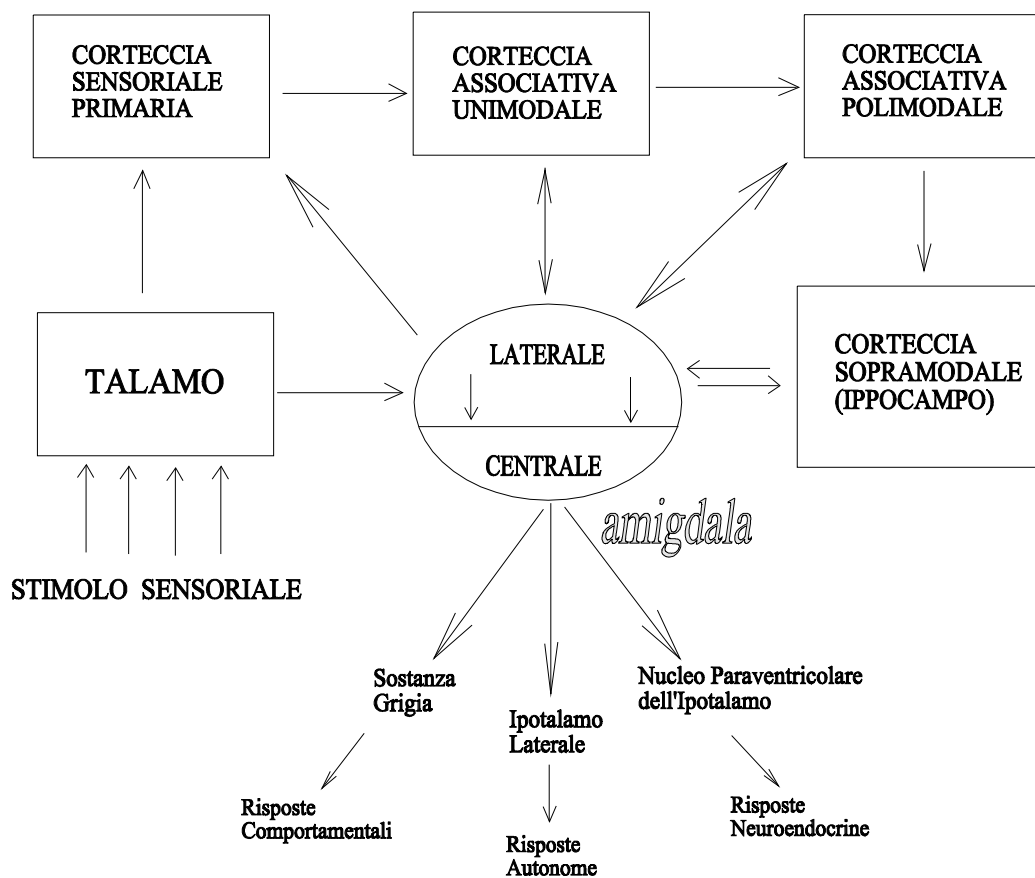


Figura 1. Rappresentazione schematica delle connessioni afferenti ed efferenti dell'amigdala (modificata da LeDoux, 1993a)

Le afferenze sensoriali all'amigdala sono probabilmente il prodotto dell'evoluzione e rappresentano un sistema primitivo che deriva dai primi vertebrati i quali non possedevano una neocorteccia ben sviluppata. Queste afferenze rappresentavano per questi animali le vie principali di trasmissione sensoriale al proencefalo. Nei mammiferi superiori tali vie sono passate in secondo piano rispetto al processamento percettivo neocorticale, dove viene rappresentata l'informazione. Tuttavia, questi percorsi neurali continuano a funzionare come un sistema di allarme precoce che permette all'amigdala di essere attivata rapidamente, entro 25-50 ms dalla stimolazione (cfr. LeDoux, 1987), da semplici caratteristiche dello stimolo che fungono da attivatori emozionali. Ciò, in particolare, è assai importante quando sono richieste risposte rapi-

de a stimoli minacciosi. In tali situazioni può essere importante rispondere rapidamente sulla base di un'analisi incompleta dell'informazione relativa allo stimolo proveniente dal talamo, piuttosto che attendere una rappresentazione completa dello stimolo effettuata a livello della corteccia unimodale o, addirittura, aspettare rappresentazioni cognitive più complesse effettuate a livello delle cortecce polimodali (frontali, temporali, parietali) o dell'ippocampo (che è una struttura coinvolta in numerosi processi cognitivi superiori come la memoria dichiarativa e il processamento spaziale)¹ (LeDoux. 1995).

Per quanto riguarda le proiezioni discendenti, l'amigdala può attivare numerosi sistemi motori capaci di produrre risposte emozionali appropriate al significato dello stimolo. Le proiezioni efferenti alla sostanza grigia centrale mediano reazioni comportamentali emozionali come le risposte di difesa attiva oppure le risposte di immobilizzazione (*freezing*) (LeDoux, Iwata, Cicchetti e Reis, 1988). Le proiezioni all'ipotalamo laterale sono coinvolte in risposte autonome simpatiche, mentre quelle ad altre aree ipotalamiche (per esempio al nucleo paraventricolare) sono implicate nel controllo del rilascio ormonale da parte dell'ipofisi (Swanson e Sawchenko, 1983), suggerendo un possibile meccanismo per la regolazione delle modificazioni ormonali associate allo stress e all'attivazione emozionale.

Considerando il sistema limbico nel suo complesso, esso sembra avere un ruolo modulatorio più specifico rispetto a quello del tronco dell'encefalo. Sono state dimostrate proiezioni ascendenti specifiche alla neocorteccia, come quelle alle regioni prefrontali, o a regioni paralimbiche, per esempio alle regioni dell'insula, dove si processano le informazioni enterocettive e polimodali (Barbas e De Olmos, 1990). Più in generale, le influenze modulatorie del sistema limbico vanno inquadrare come influenze locali sugli effetti più diffusi dei sistemi di attivazione troncoencefalici (Derbyberry e Tucker, 1992). Tali effetti locali possono essere ad esempio presenti nelle influenze limbiche capaci di facilitare l'attivazione mnestica congruente con l'umore

¹ Le proiezioni talamiche dirette all'amigdala sono monosinaptiche mentre quelle indirette, provenienti dalla corteccia, comprendono numerose sinapsi. Perciò il sistema talamo-amigdala offre una maggiore rapidità di processamento

tipica degli stati emozionali (Blaney, 1986).

La corteccia paralimbica, infine, è composta di tessuti meno primitivi che formano una corteccia di transizione tra le strutture limbiche e quelle neocorticali, e che comprende la corteccia del cingolo, quella paraippocampale e quella retrospleniale, le regioni del polo temporale e dell'insula e la corteccia orbitofrontale (Mesulam e Mufson, 1982). Queste regioni si differenziano dalle regioni neocorticali in quanto presentano una struttura meno differenziata.

La corteccia del cingolo, quella paraippocampale e quella retrospleniale sembrano associate alla valutazione dell'importanza di certe locazioni spaziali rispetto ad altre, in relazione allo stato motivazionale corrente, suggerendo un possibile ruolo, ad esempio, nella facilitazione della localizzazione del cibo in condizioni di fame. Le regioni insulari sembrano coinvolte nel processamento delle informazioni enterocettive. L'informazione viscerale raggiunge proprio queste regioni con rappresentazioni topografiche delle modalità cardiovascolari, gastrointestinali e respiratorie (Cecchetto e Saper, 1990). Inoltre l'insula è una regione polimodale che riceve proiezioni in tutte le modalità sensoriali e ciò suggerisce che possa mettere in relazione le rappresentazioni enterocettive con le informazioni provenienti dalle altre modalità. Lo stesso ruolo si ritrova nell'amigdala, ma a livello corticale le rappresentazioni sono più precise e flessibili. Questo ruolo integrativo tra informazioni sullo stato interno dei tessuti e informazioni esterne (legate al tono edonico), sembra essere alla base del comportamento motivato (Derryberry e Tucker, 1992).

Vaste aree neocorticali proiettano alle cortecce paralimbiche e questo può suggerire che le cortecce paralimbiche siano il mezzo attraverso il quale le rappresentazioni concettuali regolano le funzioni emozionali subcorticali. Per esempio, nel caso di uno stimolo capace di suscitare *paura* l'amigdala può produrre risposte autonome e comportamentali, mentre le regioni paralimbiche possono regolare tali risposte sulla base di valutazioni relative al grado di minaccia effettivo, alla sua immediatezza e alla capacità dell'individuo di farvi fronte (Derryberry e Tucker, 1992).

al prezzo di una minore qualità di processamento percettivo (LeDoux, 1993).

Infine, proiezioni ascendenti alle neocortecce posteriori e anteriori esercitano il controllo più selettivo dei tre sistemi emozionali. Ad esempio, le proiezioni dal sistema motivazionale della corteccia del cingolo alle aree sensoriali parietali sembrano importanti nel guidare l'attenzione spaziale (Mesulam, 1981). Le proiezioni dal polo temporale al lobo occipitale favoriscono il processamento di stimoli visivi in termini dello stato motivazionale corrente. Le proiezioni ai lobi frontali dalle cortecce orbito-frontali consentono ad emozioni positive o negative di influire sulla pianificazione del comportamento (Derryberry e Tucker, 1992).

Ne deriva così un quadro complesso che comprende tre sistemi organizzati gerarchicamente. Le influenze discendenti da questi tre sistemi consentono un incremento della flessibilità e della coordinazione tra le risposte emozionali (che può risultare in *pattern* di attivazione endocrini, autonomi e motori), mentre le influenze ascendenti consentono la modulazione corticale che consente un processamento cognitivo coerente con lo stato emozionale corrente (Derryberry e Tucker, 1992).

In sintesi quindi, l'informazione sensoriale in via di elaborazione, dal talamo alle cortecce associative, è diretta verso i circuiti emozionali sottocorticali del sistema limbico, in primo luogo verso l'amigdala, che è coinvolta nell'identificazione della rilevanza affettiva dello stimolo. Inoltre, le proiezioni delle strutture limbiche giocano un ruolo importante nel regolare l'attività del sistema reticolare attivante ascendente, che a sua volta svolge un ruolo importante nel regolare la reattività corticale. Così è plausibile che i processi emozionali, codificati come rilevanti, influenzino il processamento cognitivo seguente. Il sistema limbico sembra essere collocato in una posizione eccellente per controllare (attraverso la formazione reticolare) il processamento corticale dell'informazione. È stato osservato che il sistema colinergico troncoencefalico è considerato come un elemento importante del sistema attivante ascendente, in particolare nella regolazione (attraverso il nucleo reticolare del talamo) delle informazioni sensoriali afferenti processate nelle vie talamo-corticali (Hobson e Steriade, 1986). L'amigdala proietta a tale sistema colinergico e può così contribuire ad attivarne la funzione di *arousal*, grazie all'informazione sulla rilevanza emozionale dello stimolo che può ad esso fornire (LeDoux, 1994).

LeDoux ammette che possano esserci molte emozioni che non dipendono dall'amigdala e dalle sue connessioni, ma per quei processi emozionali che sono stati studiati in dettaglio, come le emozioni connesse alla minaccia, queste strutture sembrano giocare un ruolo importante (LeDoux, 1993a). Le reazioni ad eventi minacciosi rappresentano anche un buon modello per l'indagine della relazione tra attenzione ed emozione. Nell'animale come nell'uomo, una necessità primaria è l'identificazione di stimoli minacciosi al fine di evitarli o di selezionare i comportamenti più adeguati alla sopravvivenza. L'amigdala, come abbiamo visto, ha un ruolo centrale nel mediare queste risposte, modulando comportamenti di difesa o di *freezing*.

3.2 Attenzione ed emozione

Un studio recente sulla relazione tra attenzione ed emozione ha fatto uso di misure comportamentali (tempi di reazione) nell'ambito di un compito di orientamento attentivo spaziale non manifesto (Stormark, Nordby e Hugdahl, 1995). In questo studio si è cercato di studiare le modalità con cui gli stimoli emozionali possono modulare i processi attentivi. Gli autori usano un paradigma basato su quello classico di Posner sui benefici e costi dell'aspettativa. I soggetti devono fissare un punto su un monitor e rispondere il più velocemente possibile non appena un asterisco (*target*) appare nella stessa locazione (*valid trial*) di una parola a contenuto emozionale (*cue*) negativo o neutro presentata precedentemente, oppure nella locazione opposta rispetto al punto di fissazione (*invalid trial*). I risultati mostrano che i soggetti rispondono più velocemente nei trial validi rispetto a quelli non validi. Ma in funzione della valenza si presenta un chiaro effetto che consiste nell'incremento del "beneficio" della focalizzazione attentiva nei trial validi e nel peggioramento del "costo" dello spostamento attentivo in quelli non validi, per le parole con valenza negativa rispetto alle neutre. Questi dati sono compatibili con l'idea che gli stimoli emozionali servano ad "attrarre" l'attenzione (Mathews, 1990) e che riducano l'abilità a spostarla (Williams, Watts, MacLeod e Mathews, 1988). Purtroppo in questa ricerca sono state considerate solo

parole emozionali negative e non si è potuto valutare quindi l'eventuale effetto differenziale in funzione della *valenza*. Inoltre, è possibile che vi sia un effetto distorsivo legato alla frequenza d'uso delle parole.

Uno studio più recente (Bradley, Mogg, Millar, Bonham-Carter, Fergusson, Jenkins e Parr, 1997), tenta di analizzare il rapporto tra attenzione ed emozione usando come stimoli emozionali delle diapositive, le quali secondo gli autori consentono di eliminare il problema legato alla frequenza d'uso delle parole a emozionali. Questa ricerca sembra dimostrare che l'allocazione dell'attenzione verso tali stimoli emozionali è in funzione dello stato dell'umore dell'individuo e della valenza dello stimolo. In questo studio gli stimoli sono costituiti da diapositive rappresentanti facce con espressioni felici, neutre e minacciose. In ogni trial vengono presentate coppie di diapositive (felici e neutre oppure minacciose e neutre) a destra e a sinistra di un punto centrale, che i soggetti devono fissare prima della comparsa delle diapositive stesse. Una volta presentate, le diapositive scompaiono dopo 500 ms, e in corrispondenza di una sola di esse è presentato uno stimolo *probe* (un punto luminoso). La facilità relativa a spostare l'attenzione è misurata per mezzo della differenza tra i tempi di reazione allo stimolo *probe* quando è presentato nella stessa posizione della diapositiva emozionale e quelli quando lo stimolo è presentato dalla parte opposta (cioè nella posizione della diapositiva neutra). I soggetti vengono divisi in due gruppi in base al punteggio al Beck Depression Inventory. I risultati mostrano che i soggetti con umore non disforico mostrano maggiore facilità a spostare l'attenzione dagli stimoli a valenza negativa (rispetto a quelli a valenza positiva e neutra) in confronto ai soggetti con umore disforico.

Questi risultati sembrano suggerire che gli stati emozionali possano giocare un ruolo importante nella regolazione dei processi attentivi. Sembra cioè che la codifica affettiva dell'informazione influenzi l'orientamento dell'attenzione *verso* o *via da* certi "canali" rilevanti. L'utilità adattativa e biologica di un tale quadro non va sottovalutata: l'allocazione dell'attenzione verso canali sensoriali *importanti* è fondamentale per la sopravvivenza, e la rilevanza emozionale di uno stimolo sembra un indice primario di tale importanza (Derryberry e Rothbart, 1984).

E' possibile pensare che i processi emozionali di base (ad esempio dimensioni motivazionali come *allontanamento* e *avvicinamento*) impongano una loro modulazione sui processi cognitivi. L'attenzione, in particolare, potrebbe, essere rapidamente influenzata da tali dimensioni motivazionali, grazie a strutture sottocorticali, come l'amigdala, capaci di attribuire significato emozionale alle stimolazioni. Queste strutture, per mezzo di estese proiezioni ascendenti verso la corteccia, sarebbero capaci di modulare il processamento dell'informazione emozionale (attraverso facilitazioni o inibizioni) a stadi molto precoci del processo percettivo (aree sensoriali primarie). E' possibile pensare a due effetti modulatori fondamentali: la possibilità di restringere o ampliare il focus attentivo e la possibilità di agire sui meccanismi legati alla capacità di disimpegno (*disengagement*) attentivo dalla fonte di stimolazione emozionale. Grazie ai probabili meccanismi di selezione precoce dell'informazione, l'attenzione può rapidamente contribuire a modificare il processamento dell'informazione emozionale. Ohman ha dimostrato che stimoli che rivestono una particolare importanza per l'individuo (e perciò verosimilmente quelli che possono attivare i sistemi motivazionali aversivi), come gli stimoli "paurosi", tendono a catturare rapidamente l'attenzione dell'individuo, probabilmente al fine di effettuare un ulteriore processamento controllato efficiente e rapido. Questo impegno attentivo può essere considerato come un'attivazione attentiva guidata dallo stimolo e, in particolare, dalla valenza dello stimolo. Ohman (1979, 1987, 1992) considera in modo particolare il concetto di *orienting* e contribuisce a chiarire il tipo di relazione esistente tra *orienting*, processi automatici ed emozione.

Ohman (1979) inizialmente propone che l'*orienting reflex* rappresenti semplicemente una *richiesta* di processamento controllato e non il processamento in sé (all'interno di un sistema a capacità limitata). Tale richiesta verrebbe effettuata da un meccanismo preattentivo e perciò completamente automatico (cfr. Ohman, 1992).

Secondo Ohman (1979) l'*orienting* rappresenta quindi la necessità di un ulteriore processamento. La *richiesta*, che dipende dal confronto automatico dello stimolo con l'informazione immagazzinata in un magazzino mnestico a breve termine, può essere di due tipi. Se, nella memoria a breve termine, non vi è alcun elemento mnestico con-

cordante con lo stimolo, verrà attivata la via *nonsignal* all'elicitazione dell'OR (cioè in risposta ad uno stimolo nuovo) e verrà effettuato un processamento controllato, al fine di compiere un'analisi ulteriore dello stimolo. Se, invece, lo stimolo incontra una rappresentazione mnestica significativa nella memoria a breve termine, allora viene attivata la via *signal* all'elicitazione dell'OR (cioè in risposta all'anticipazione di uno stimolo significativo) e l'elaborazione viene trasferita al livello controllato per effettuare un ulteriore processamento e la selezione dell'eventuale risposta volontaria. In entrambi i casi si ottiene comunque l'ammissione dello stimolo all'interno del *focus* attentivo, dopo un'analisi completa dello stimolo stesso, che comporta anche l'abituazione della risposta di *orienting* (cfr. Ohman, 1992). Se l'analisi viene invece impedita, a causa di una limitazione di risorse, la risposta di *orienting* non mostra abituazione (cfr. Graham, 1992).

Successivamente, Ohman (1987) mise in relazione questo modello con l'attivazione emozionale, sottolineando che gli stimoli capaci di elicitare un'emozione devono necessariamente coinvolgere un processamento controllato e, proprio per questa ragione, devono dapprima elicitare un OR, ovvero la semplice richiesta di un tale processamento. L'*orienting*, quindi, caratterizzerebbe i primissimi istanti di ogni emozione, prima della loro differenziazione nelle diverse reazioni emozionali.

Un primo tentativo di chiarire il legame posto da Ohman tra teoria dell'*orienting* e teoria cognitiva viene effettuato in due studi (Simons, Balaban, Macy e Graham, 1986; Miles, Perlstein, Simons e Graham, 1987) che utilizzano sia misure di potenziali cerebrali (P300 in particolare) sia misure autonome come la frequenza cardiaca. In questi due studi vengono presentati ai soggetti 6 stimoli *target* e 6 stimoli non annunciati *nontarget*, distribuiti in modo pseudorandomizzato fra 60 stimoli *standard* che i soggetti dovevano ignorare. Il compito dei soggetti è però differente nei due studi.

Nel primo studio gli stimoli sono distinti per mezzo della modalità di presentazione. Infatti, gli stimoli *standard* sono sempre costituiti da getti di aria diretti al polso: ma, mentre per metà dei soggetti i *target* sono costituiti da stimoli acustici e i non *target* da stimoli visivi, per l'altra metà dei soggetti si presenta il contrario. Il compito dei soggetti è quello di giudicare la durata dei *target*.

Nel secondo studio gli stimoli sono distinti all'interno della medesima modalità di presentazione. Infatti gli standard sono costituiti da toni di 1000 Hz, mentre i target sono toni di 1500 Hz e i non target sono dei transienti di rumore bianco. Il compito dei soggetti è quello di contare i target.

In entrambi gli studi la probabilità degli stimoli target e dei non target è la stessa ed è bassa. Dovrebbe perciò presentarsi una P300 più ampia in risposta sia agli stimoli non target sia agli stimoli target, essendo entrambi i tipi di stimoli *rari*. Ma, inoltre, questa componente dovrebbe differenziarsi a seconda che sia in risposta ai target o ai non target, poiché fra gli stimoli rari ci sono stimoli annunciati e stimoli nuovi (Graham, 1992). Infatti, se in un compito *oddball* viene introdotto un terzo stimolo, rappresentante una novità nel contesto degli altri due stimoli e *non rilevante per il compito* (non target), tale stimolo elicitava una componente positiva con una latenza minore della P300 e una distribuzione sullo scalpo maggiormente orientata verso il lobo frontale (componente P3a), laddove la P300 (o P3b) mostra una prevalente distribuzione parietale. La P3a è stata messa in relazione a processi di cattura involontaria dell'attenzione da parte di eventi salienti per l'individuo (Coles e Rugg, 1995).

I risultati ERP mostrano la presenza di una componente negativa, la N100, e di una componente positiva, la P300, la quale mostra una distribuzione preminente nel lobo parietale (a sostegno di una classificazione della componente come P3b) sia per i target che per i non target. L'unica differenza tra target e non target è rappresentata da una componente lenta e più tardiva, positiva, maggiore per i target, evidente soprattutto nel secondo studio. Sembra quindi mancare la componente P3a che dovrebbe rappresentare la *richiesta* di processamento per gli stimoli non target, che la teoria di Ohman prevederebbe, essendo essi stessi stimoli nuovi e quindi capaci di attivare la via *non signal* all'*orienting*. D'altra parte è possibile che pur presentandosi, la P3a sia stata oscurata da un'ampia P3b. La questione relativa alla P3a come segno di una richiesta di processamento richiede quindi ulteriori studi (Graham, 1992).

I risultati autonomi mostrano una differenziazione tra target e non target rispetto alla risposta della frequenza cardiaca in entrambi gli studi. Nel primo studio la frequenza cardiaca mostra una decelerazione comune (indicante *orienting*) fino a 400 ms mo-

strandendo successivamente una divergenza ampia con una accelerazione più marcata per i target rispetto ai non target. Nel secondo studio la decelerazione comune si prolunga per 1600 ms, a causa della più difficile discriminazione fra i due tipi di stimoli. Sebbene la relativa maggiore accelerazione cardiaca per i target possa essere interpretata come maggiore processamento degli stimoli, in questi studi c'è un effetto confusivo dovuto alla richiesta di rispondere oralmente ai target. Inoltre, la risposta agli stimoli non target non mostra abitudine; ciò potrebbe essere a sostegno della necessità di una risposta alla *richiesta* di processamento (*richiesta* rappresentata dall'*orienting*, come prevede la teoria di Ohman) al fine di una abitudine dell'OR. Purtroppo in questi studi manca un gruppo di controllo che sia libero da compiti concorrenti a quello di rispondere semplicemente in modo passivo agli stimoli non target (Graham, 1992). Questi studi, in ultima analisi, non permettono di trarre conclusioni definitive.

Un secondo e più produttivo approccio alla verifica dell'ipotesi del processamento preattentivo dell'informazione è quello che utilizza il paradigma del "mascheramento" (*backward masking*). I soggetti sono dapprima sottoposti ad un paradigma di condizionamento differenziale pavloviano che consiste nel far seguire uno stimolo incondizionato (US) (debolmente aversivo) ad uno stimolo condizionato (CS+). Un secondo stimolo non viene seguito dallo stimolo incondizionato e non è perciò sottoposto a condizionamento (CS-). Dopo alcune ripetizioni si instaura una risposta differenziata, in termini di risposta di conduttanza cutanea, tra lo stimolo CS+ e lo stimolo CS-. Dopo di ciò si effettuano delle sedute di estinzione, nelle quali gli stimoli (CS+ e CS-) vengono presentati e subito dopo mascherati da un terzo stimolo. A questo punto se la risposta autonoma è maggiore nella condizione di mascheramento dello stimolo CS+ rispetto allo stimolo CS-, allora si può dedurre che la risposta di *orienting* è elicitata attraverso un'analisi preattentiva (Ohman, 1992).

I risultati di alcuni esperimenti effettuati con una tale procedura mostrano che un effetto differenziale si presenta esclusivamente per stimoli "paurosi" (*fear-relevant*), sia rappresentanti facce umane (rabbia) che piccoli animali (serpenti e ragni). In altre parole, l'analisi preattentiva consente risposte di *orienting* solo a stimoli "paurosi" mentre un processamento controllato è necessario per elicitare risposte di *orienting* a

stimoli non “paurosi” (*fear-irrelevant*).

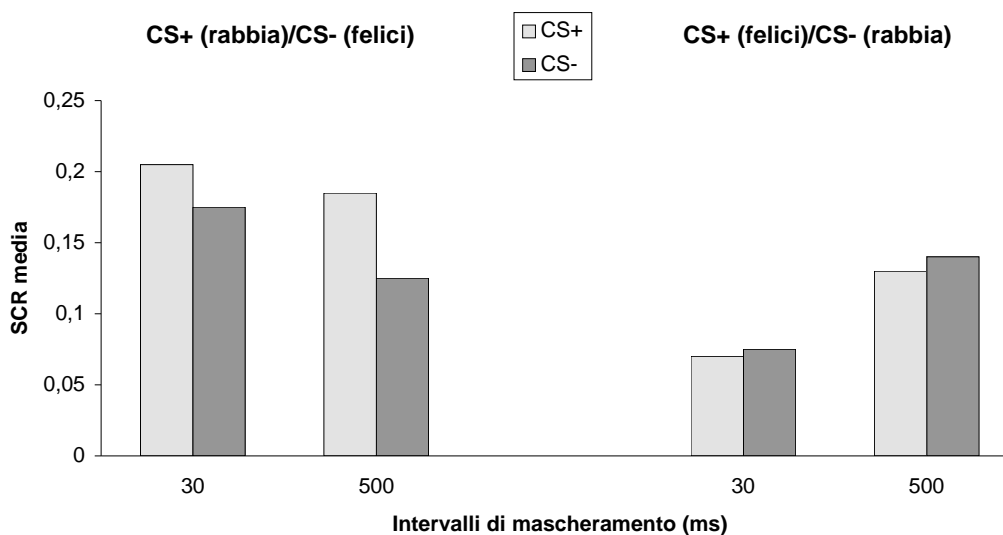


Figura 2. Risposte di conduttanza cutanea media a stimoli condizionati aversivamente (CS+) e a stimoli non sottoposti a condizionamento (CS-), per diversi intervalli di mascheramento. A sinistra gli stimoli condizionati aversivamente sono costituiti da facce che esprimono *rabia* [CS+ (rabia)] e gli stimoli non sottoposti a condizionamento sono costituiti da facce *felici* [CS- (felici)]. A destra le condizioni sono invertite (modificata da Ohman, 1992)

Nella figura 2 sono riportate le risposte di conduttanza cutanea, per diversi intervalli di mascheramento, a stimoli “paurosi” (facce che esprimono rabbia) e a stimoli “non paurosi” (facce felici), condizionati aversivamente (CS+). Entrambi i tipi di stimolo sono confrontati con stimoli (sia facce che esprimono rabbia che facce felici) non sottoposti a condizionamento aversivo (CS-). Ad intervalli di mascheramento di 30 ms (cioè intervalli così brevi da poter escludere un processamento controllato) si presentano risposte di conduttanza significativamente più elevate solo per gli stimoli “paurosi”. Questi risultati sembrerebbero richiedere una revisione della teoria di Ohman (1979), la quale prevede che l’OR sia elicitato dopo una completa analisi automatica dello stimolo che comprende l’accesso alla memoria semantica, in modo che, qualunque sia il significato dello stimolo, esso sia disponibile nel sistema prima

dell'elicitazione dell'OR, indicando quest'ultimo semplicemente un ulteriore processamento (Ohman, 1992).

Tuttavia, se si ipotizza (in contrasto con l'ipotesi originale di Ohman) che l'OR rifletta *il processamento* controllato e non la *richiesta di* processamento, allora gli stimoli "paurosi" produrranno una risposta di *orienting*, cioè produrranno un processamento dovuto all'attenzione. Ipotizzando che vi siano stimoli effettivamente capaci di "catturare" l'attenzione, si può ammettere che gli stimoli "paurosi" siano capaci di farlo in misura maggiore, o esclusivamente, rispetto agli stimoli non "paurosi" (verosimilmente per un fattore legato alla sopravvivenza). Assumendo poi che la tecnica di mascheramento non impedisca completamente il processamento controllato dello stimolo, allora una parte di attenzione, perfino con tempi di esposizione di soli 30 ms, verrà posta sullo stimolo *target* e perciò una certa quantità di informazione verrebbe processata in modo controllato, sebbene solo per un brevissimo tempo, cioè prima che lo stimolo *target* scompaia a causa del mascheramento (Ohman, 1992).

Come abbiamo visto nel primo capitolo, una serie di studi sulla memoria (Parra, Esteves e Ohman, 1991) ha dimostrato che, se in un paradigma di *backward masking* di stimoli *target* costituiti da facce, l'attenzione è posta attivamente solo sullo "stimolo maschera" e non sulle facce, il successivo riconoscimento delle stesse facce si riduce notevolmente, anche con intervalli di mascheramento elevati (300 ms), lasciando ipotizzare che l'attenzione posta sullo "stimolo maschera" impedisca la codifica degli stimoli *target*.

Se l'effetto differenziale del mascheramento (trovato solo per gli stimoli "paurosi") nelle risposte di *orienting* (cioè l'incremento della risposta di conduttanza per gli stimoli condizionati) fosse dovuto all'allocazione dell'attenzione, come suggerisce la riformulazione del modello di Ohman, allora l'attenzione al mascheramento dovrebbe ridurlo. Se, invece, l'effetto differenziale derivasse da un processamento automatico, allora l'attenzione posta sullo "stimolo maschera" dovrebbe lasciarlo inalterato.

Un esperimento effettuato per testare queste ipotesi mostra che non vi è risposta differenziale di *orienting* agli stimoli "paurosi" quando l'attenzione è posta sullo "stimolo maschera" (vedi figura 3).

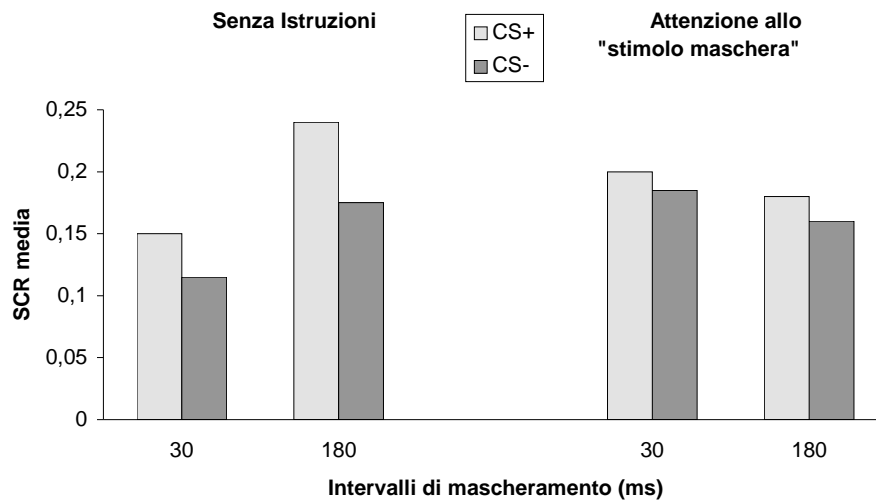


Figura 3. Risposte di conduttanza cutanea media a stimoli costituiti da facce *arrabbiate* precedentemente condizionate aversivamente (CS+) o facce *felici* non sottoposte a condizionamento (CS-), per diversi intervalli di mascheramento. Metà dei soggetti è istruita a prestare attenzione allo “stimolo maschera”, mentre l’altra metà non ha istruzioni (modificata da Ohman, 1992).

Nella condizione “senza istruzioni” i risultati sono simili ai precedenti (vedi figura 2) cioè vi è una risposta differenziale significativa tra CS+ e CS- in entrambi gli intervalli di mascheramento. Viceversa, nella condizione in cui i soggetti sono istruiti a dirigere l’attenzione allo “stimolo maschera” (una faccia con espressione neutra) la risposta di *orienting* in termini di conduttanza cutanea non si differenzia in modo significativo tra le due condizioni (CS+ e CS-), sia per intervalli di mascheramento di 180 ms (che permettono, almeno in parte, il riconoscimento) sia per intervalli di mascheramento di 30 ms, brevi a tal punto da consentire solo un processamento limitato (che in particolare preclude il riconoscimento dello stimolo) (Ohman, 1992).

In altre parole, l’effetto dell’attenzione non è ristretto agli intervalli di mascheramento più lunghi, che consentono un’ampia elaborazione, ma è esteso anche ad intervalli tali da permettere un processamento controllato assai ridotto. Manca cioè una risposta che potrebbe far supporre un processamento automatico dello stimolo. Quindi,

viene esclusa la possibilità che vi sia un'analisi preattentiva degli stimoli quando l'attenzione è allocata volontariamente verso lo "stimolo mascherato", benché si debba ammettere che alcuni stimoli abbiano la capacità di "catturare" l'attenzione, ovvero si debba ammettere che alcune proprietà critiche degli stimoli "paurosi" possano essere "evidenziate" per mezzo di un'analisi automatica, che consenta loro di essere successivamente processati in modo controllato (prima che la maschera interrompa ogni ulteriore processamento). La nuova versione del modello di Ohman (sostenuta dai dati sperimentali) considera quindi l'*orienting* a stimoli mascherati significativi per l'organismo (per esempio stimoli fobici) come il segno che l'attenzione ha selezionato lo stimolo per consentirne un trattamento preferenziale (Ohman, 1992).

Derryberry e Rothbart (1984), in uno studio sul temperamento di soggetti adulti, hanno somministrato un questionario di 300 item a 231 studenti universitari. In esso si trovano diciannove scale in totale, di cui otto che valutano forme differenti di reattività o *arousal* (per esempio reattività autonoma, reattività cognitiva), sette che valutano diverse forme di emozioni (per esempio frustrazione, paura) e quattro che valutano differenti forme di autoregolazione (ad esempio capacità di spostare l'attenzione o di focalizzarla). I risultati, in termini di correlazioni tra le scale, mostrano in particolare che le scale che misurano il controllo attentivo sono negativamente correlate con quelle relative agli affetti negativi e che la misura dell'abilità a spostare l'attenzione è positivamente correlata a quella della capacità di provare emozioni positive. Perciò, soggetti che hanno una maggiore difficoltà a spostare l'attenzione dagli aspetti negativi a quelli positivi sono più vulnerabili alle emozioni negative, mentre soggetti capaci di spostare l'attenzione più facilmente sembrano essere meno vulnerabili ad una varietà di stati emozionali negativi (Derryberry, Rothbart, 1984). La capacità di spostare l'attenzione da una fonte di stimolazione ad un'altra sembra quindi essere legata anche ad una variabilità individuo-specifica (temperamentale) e permette ad alcuni individui di riuscire a distrarsi da situazioni stimolo negative. Queste differenze individuali possono essere ricondotte a differenze nel tono vagale di base (misurato attraverso l'ampiezza della aritmia sinusale respiratoria) che è stato messo in relazione alla riduzione della distraibilità durante fasi di attenzione sostenuta (Richards e Casey,

1991; Porges, 1995).

Richards e Casey (1991, 1992) hanno presentato un modello neuroevolutivo dell'attenzione del neonato, a più componenti, utilizzando le modificazioni fasiche della frequenza cardiaca per definire l'attenzione sostenuta, cioè l'abilità del neonato a mantenere la direzione dell'attenzione verso uno stimolo anche in presenza di distrattori (*distrattibilità*). Gli autori hanno usato un tipico paradigma delle ricerche che studiano l'allocatione delle risorse attentive, cioè il paradigma *dual-task*, in cui si suppone che le risorse attentive a disposizione per un compito primario siano condivise da un compito secondario. Il metodo usato è quello della "stimolazione interrotta" (*interrupted stimulus method*), in cui uno stimolo, un flash, viene presentato alla periferia del campo visivo (nelle diverse fasi attentive), mentre il neonato guarda, al centro del campo visivo, uno schermo televisivo con un pattern visivo complesso (un filmato). In questo modo Richards e Casey (utilizzando neonati da 14 fino a 26 settimane d'età) hanno individuato una prima fase, in cui lo stimolo viene individuato e che presenta una breve risposta cardiaca difasica (decelerazione-accelerazione), seguita da una seconda fase, di *orienting*, caratterizzata da un'ampia decelerazione cardiaca in cui si ha un processamento preliminare dello stimolo e la decisione se impegnare ulteriori risorse mentali (ciò dipende dalla novità relativa dello stimolo). Entrambe queste fasi sono riflesse. Durante la fase di attenzione sostenuta, invece, vi è un volontario processamento dello stimolo e la frequenza cardiaca continua a rimanere al di sotto dei valori pre-stimolo (aumentato tono vagale) e mostra pure una ridotta variabilità (riduzione dell'aritmia sinusale respiratoria). Questa fase è di durata variabile (2-20 secondi) in relazione alla novità relativa e alla complessità dello stimolo e sembra dipendere da fattori individuo-specifici, ed è inoltre soggetta a cambiamenti evolutivi, che consistono nell'incremento dell'efficienza del processamento con il crescere dell'età. Infine si presenta una fase terminale (*attention termination*) in cui si blocca il processamento dell'informazione dello stimolo, la frequenza cardiaca e la sua variabilità tornano ai livelli pre-stimolo, e la distraibilità aumenta (Richards e Casey, 1992).

Richards e Casey (1991) mostrano che durante i periodi di attenzione sostenuta, in cui la frequenza cardiaca è ridotta, i neonati impiegano circa il doppio del tempo per

spostare lo sguardo dallo stimolo centrale a quello periferico, rispetto alla fase finale di *attention termination*. La mancanza di distraibilità nel periodo di attenzione sostenuta è probabilmente dovuta allo sviluppo di vie neurali mediate corticalmente, probabilmente attorno ai quattro mesi di età, che inibiscono i meccanismi saccadici collicolari (saccadi riflesse) e che consentono di mantenere il *focus* attentivo su stimoli *rilevanti* anche in presenza di distrattori. Inoltre, neonati con aritmia sinusale respiratoria di base elevata mostrano una minore distraibilità di neonati con aritmia basale ridotta (Richards, 1987). Un'elevata aritmia basale (tonica) è associata quindi ad una minore aritmia (fasica) durante fasi di attenzione sostenuta.

La relazione tra aritmia sinusale respiratoria, decelerazione cardiaca e attenzione sostenuta merita un'analisi più dettagliata. La fase di attenzione sostenuta, come abbiamo visto, mostra una decelerazione cardiaca persistente e una riduzione della sua variabilità (riduzione dell'aritmia sinusale respiratoria). Ci si trova perciò di fronte ad un apparente paradosso: la decelerazione cardiaca è attribuita ad un incremento del tono vagale che a sua volta produrrebbe un incremento dell'aritmia sinusale respiratoria e non una diminuzione, come invece si osserva. Come ha proposto Porges (1995) questo paradosso può risolversi supponendo che il controllo vagale sia in effetti sdoppiato: un nucleo troncoencefalico (*nucleo ambiguo*) medierebbe la riduzione della aritmia sinusale respiratoria, mentre un altro nucleo (*nucleo dorsale del vago*) medierebbe la riduzione della frequenza cardiaca. Poiché l'ampiezza dell'aritmia sinusale respiratoria è stata proposta come indice del tono vagale, si potrebbe dire che soggetti con un elevato tono vagale (associato ad un'elevata aritmia sinusale di base) durante periodi di attenzione sostenuta tendono a mostrare proprio questo potente freno sulla frequenza cardiaca. Questi soggetti hanno un rischio potenziale, cioè quello di ridurre la frequenza cardiaca (in situazioni attentive particolari) a livelli tali da rendere difficoltoso il rifornimento di ossigeno al cervello. Perciò, devono almeno ridurre la variabilità della frequenza cardiaca, per ridurre il rischio di subire un tracollo metabolico a livello neuronale.

Più in generale, lo sviluppo dell'attenzione sostenuta può essere inquadrato nell'ambito del sistema attivante ascendente mesencefalico e delle strutture corticali

che controllano lo spostamento e la fissazione dell'attenzione. Richards e Casey (1992) sostengono che la frequenza cardiaca sia un indicatore del funzionamento del sistema attivante ascendente mesencefalico (formazione reticolare) e possa perciò rappresentare un indice dell'attivazione corticale non specifica. Infatti, il sistema attivante mesencefalico ha un grossa influenza sul sistema limbico e la corteccia frontale proietta proprio ad esso. Strutture limbiche come l'amigdala e l'ipotalamo hanno proiezioni discendenti ai nuclei del vago che controllano il cuore e al nucleo del tratto solitario che controlla la respirazione. Stimolazioni elettriche di queste aree limbiche hanno notevoli effetti cardiaci e respiratori, simili a quelli che si trovano in processi emozionali e attentivi. Inoltre, queste strutture limbiche proiettano, attraverso la corteccia del cingolo, al sistema attentivo parietale posteriore che inibisce lo spostamento dell'attenzione (*disengagement*). Così, le variazioni della frequenza cardiaca durante le fasi di attenzione sostenuta indicano che sono state attivate le strutture limbiche (attraverso la formazione reticolare mesencefalica) e le aree corticali del sistema attentivo posteriore (Posner e Petersen, 1990) che in tal modo possono inibire le saccadi riflesse a stimoli periferici. Tutto ciò accadrà quando l'attenzione è diretta volontariamente verso uno stimolo rilevante (Richards e Casey, 1992). Quindi, possiamo decidere, deliberatamente, di porre attenzione ad uno stimolo significativo (come fanno i neonati mentre guardano il filmato) e ciò può avvenire grazie alle strutture corticali del lobo frontale, comprese la corteccia del cingolo e i campi oculari frontali (cfr. Vogt, Finch e Olson, 1992). Tale impegno attentivo volontario produrrà un'attivazione della formazione reticolare e del nucleo reticolare del talamo. Si avrà così, rispettivamente, un'attivazione diffusa della corteccia e del sistema limbico (con conseguenti risposte cardiovascolari e l'inibizione del sistema attentivo posteriore) e un controllo maggiormente selettivo dell'informazione sensoriale in arrivo alla corteccia, grazie all'effetto inibitorio di tale nucleo talamico sui nuclei specifici del talamo stesso (cioè secondo la modalità sensoriale), che permette di inibire in modo selettivo le informazioni dirette alle cortecce sensoriali.

E' possibile pensare che l'attenzione abbia un ruolo fondamentale nella selezione delle risposte emozionali adattative. Ed è lecito ipotizzare che l'attenzione moduli

l'insieme delle risposte ad uno stimolo emozionale, secondo modalità congruenti al significato motivazionale dello stimolo stesso. Seguendo Konorski (1967) è possibile pensare che le emozioni siano guidate da due sistemi motivazionali primari: quello *appetitivo* (consumatorio, sessuale), il cui prototipo comportamentale è espresso dall'approccio e dall'avvicinamento, e quello *aversivo* (protettivo, difensivo), il cui prototipo comportamentale è espresso dalla fuga e dall'evitamento (Lang, 1995). In altre parole, si può affermare che l'attenzione possa essere guidata passivamente (automaticamente) dalle caratteristiche motivazionali dello stimolo. Tale forma attentiva (motivazionale) sarebbe da ricondurre a processi di *avvicinamento* o *allontanamento*.

Come abbiamo visto, il processamento automatico consente solo l'analisi di proprietà semplici dello stimolo e ciò sembra essere in linea con il concetto di *attenzione motivazionale* che sembra essere in rapporto a strutture neurali sottocorticali (amigdala) capaci di valutare il significato *emozionale* dello stimolo, attraverso una rapida analisi di semplici proprietà (LeDoux, 1995, Lang, 1995), e strettamente collegate con altre strutture capaci di influenzare le risposte autonome e somatomotorie agli stimoli emozionali.

D'altra parte, è anche possibile che le modalità con cui si esprime tale tipo di attenzione motivazionale possano comportare un'effetto modulatore sulle risposte di *orienting* secondo due tipologie fondamentali: una selezione rapida che porta ad un disimpegno attentivo (protettivo) da stimoli spiacevoli, oppure una selezione attentiva precoce e poi una fase di attenzione sostenuta (più conflittuale), con un *orienting* prolungato (in virtù di fattori individuo-specifici come la vagotonia) sostenuto da una riduzione della variabilità cardiaca per ridurre il rischio di danneggiamento cerebrale.

In conclusione, si è visto che un certo approccio considera l'attenzione come una funzione capace di regolare il processamento delle informazioni al fine di emettere una risposta adeguata. Essa opererebbe attraverso un meccanismo attivo di selezione delle informazioni, cioè un meccanismo che focalizza l'elaborazione su certe informazioni piuttosto che altre. Le recenti evidenze elettroencefalografiche e magnetoencefalografiche, suggeriscono che la selezione (almeno per la modalità visiva e acustica) si collochi ad uno stadio precoce del processamento attraverso un processo di mo-

dulazione del guadagno sensoriale. In altre parole, la selezione attentiva funziona come un pennarello “evidenziatore”, incrementando in modo differenziale il processing di una informazione rispetto all’altra, a partire dalle prime elaborazioni neocorticali.

Un secondo approccio, non necessariamente alternativo, considera l’attenzione come una funzione guidata dalle caratteristiche motivazionali dello stimolo, cioè dalla collocazione di quest’ultimo lungo il continuum piacevole-spiacevole (dimensione della *valenza*). In questo caso, l’attenzione viene trattata come una funzione passiva e adattativa collegata a processi di avvicinamento e allontanamento. L’aspetto che viene sottolineato è quello del carattere coercitivo dell’attivazione attentiva quando viene considerata in termini motivazionali. Cioè stimoli particolari (biologicamente rilevanti) sembrano essere in grado di determinare, in modo precoce, una “cattura” automatica dell’attenzione al fine di effettuare un’elaborazione dettagliata dello stimolo stesso.

Quello che si può dire è che l’attenzione passiva guidata dalla valenza dello stimolo sembra essere mediata da strutture cerebrali primitive, in particolare strutture troncoencefaliche. Questa forma di trattamento delle informazioni, e perciò di regolazione del comportamento, caratterizza gli organismi inferiori. Gli organismi superiori, e a maggior ragione l’uomo, sembrano aver sviluppato altre forme di regolazione del comportamento, integrando queste modalità primitive con modalità più evolute capaci di inibire, ritardare o modificare le tendenze motivazionali primitive. Queste modalità più evolute sembrano essere mediate da strutture più rostrali: alcune sottocorticali in senso stretto, come l’amigdala, altre formate dalle corteccie primitive (corteccia del cingolo, polo temporale, corteccia orbito-frontale) e altre ancora comprendenti cortecce di recente evoluzione come quella prefrontale, che possiede una funzione integrativa tra le funzioni cognitive, motorie e motivazionali-emozionali.