

Tutto il corpo pensa: fra neuroendocrinologia e pensiero

Antonio Godino

- Introduzione: sui meccanismi neuronali e lo studio del pensiero.

Questo lavoro vuole essere un contributo ad un riesame, si spera proficuo e stimolante, delle conoscenze e delle evidenze relative ad un aspetto molto specifico della psicologia cognitiva. Si tratta dello studio della relazione fra attività mentale superiore in stato di veglia, il pensiero, ed i sistemi di neurotrasmissione, sia considerando la produzione sia le strutture recettoriali degli ormoni neuroendocrini. Infine, ampliando l'analisi dalle funzioni cerebrali e del SNC all'intero governo somatico, esamineremo le ricerche principali e le ipotesi di lavoro sulla relazione fra attività neurotrasmettitrice, attività neuroendocrina e sistema immunitario.

Vedremo, attraverso questa meta-analisi di ricerche recenti, come esista una relazione convergente fra i veicoli biochimici della trasmissione ed elaborazione del segnale a livello del SNC (i neurotrasmettitori implicati nella elaborazione riflessiva dell'informazione, appropriatamente definibile come pensiero) ed i veicoli biochimici di elaborazione dell'informazione a livello periferico che attivano e modulano la reazione immunitaria (il sistema neuroimmunitario e neuroendocrino). Molte volte, come vedremo, sono identiche le molecole ed ubiquitari i recettori, sia all'interno del SNC, sia per il sistema immunitario.

Pertanto, possiamo evidenziare la contiguità-continuità dei processi materiali, attivi nelle elaborazioni del segnale a livello corticale e negli automatismi del sistema immunitario e neuroendocrino (Squire *et al.*, 2003).

In ambo i casi il sistema elabora l'informazione, che essa sia sensoriale o biochimica, utilizzando gli stessi veicoli, gli stessi recettori, analoghi od eguali neurotrasmettitori (acetilcolina e noradrenalina, rispettivamente presenti a livello sinaptico nei neuroni di tipo colinergico – come i motoneuroni e i neuroni effettori viscerali pregangliari – e di tipo adrenergico – come i neuroni effettori postgangliari viscerali ortosimpatici – la dopamina, la serotonina, l'istamina, aminoacidi quali il GABA – acido gamma-aminobutirrico –, l'aspartato, il glutammato).

In un certo modo, assai concreto e fisiologico, siamo autorizzati a concludere che tutto il corpo pensa. Quale premessa di questa analisi e proposta concettuale partiremo da un esame generale degli approcci metodologici per lo studio del pensiero e delle sue basi materiali e procedurali, così com'è studiabile attraverso un esame integrato di soggetti normali (nella psicologia cognitiva sperimentale), nei pazienti con lesioni primarie o secondarie (nella neuropsicologia cognitiva), in modelli di simulazione e cibernetici (nella scienza cognitiva computazionale) ed in ricerche neurofisiologiche in vivo (nella neuroscienza cognitiva).

- Gli approcci nello studio del pensiero:
strade che s'incrociano

La scienza cognitiva è interessata all'indagine sulle strutture e le funzioni della mente, specificamente delle funzioni che rientrano nella definizione di pensiero, in tutte le sue forme, ma, in definitiva, ciò lo può fare solo indirettamente. L'oggetto di studio consiste, in effetti, nell'insieme dei processi che precedono, coincidono con, traducono l'attività mentale (pensiero/coscienza), come: l'attività bioelettrica neuronale, la chimica dei neurotrasmettitori, il comportamento osservabile, i passaggi ed i tempi dell'elaborazione dell'informazione (Bermudez, 2003).

La ricerca in *psicologia cognitiva sperimentale* adotta un approccio mirato alla misura del tempo di esecuzione delle operazioni

mentali, di conseguenza non attua un'indagine diretta di ciò che avviene dentro il SNC ma misura soltanto la performance ed il suo tempo, secondo un metodo che non è troppo distante da quello originario di Donders (Walsh, Pascual-Leone, 2003).

Si tratta del metodo sottrattivo della cosiddetta cronometria mentale ottocentesca applicata allo studio del tempo di reazione, effettuato in un sistema dall'architettura nota e calcolando un intervallo fisso di trasmissione del segnale (intorno ai 48 msc) nelle diverse stazioni sinaptiche neuronali (Canestrari, Godino, 2007; Taraborelli, 2003).

In sostanza, la misura del tempo di reazione dell'intervallo S-R (ciò che intercorre fra ingresso del segnale nel sistema e l'inizio della risposta comportamentale o motoria) ci fornisce un'indicazione precisa del numero di connessioni interneuronali coinvolte. Il limite delle ricerche sperimentali in psicologia cognitiva, oltre al fatto primario che esse non costituiscono un esame diretto dei processi interni del SNC, sta nella ridotta validità ecologica delle tipiche ricerche condotte in laboratorio, con istruzioni che sono troppo rigide, in situazioni ecologicamente artificiali e prive di feed-back dinamico (a differenza del mondo reale fuori dal laboratorio), oltre che nella prevalente enfasi su compiti di tipo verbale. Fra gli aspetti più rilevanti e meglio studiati è, senz'altro, il meccanismo della lateralizzazione funzionale (nel linguaggio e nel coordinamento motorio), della dominanza inter-emisferica, e della relazione fra specializzazione emisferica e coscienza.

Gli studi di *neuropsicologia cognitiva*, che consistono in ricerche sulla relazione fra stati disfunzionali cerebrali e disfunzionamenti mentali e cognitivi (come la relazione fra ictus, emorragie, tumori e lesioni locali e dislessie, afasie, agnosie, *neglect*, aprassie, etc.), riescono a darci delle informazioni sulle basi materiali del funzionamento mentale, quindi costituiscono un esame quasi diretto (seppure solo deduttivo) dei meccanismi biologico-cerebrali che sono correlati alla coscienza ed al pensiero.

Questo è uno studio rivolto agli aspetti mentali che procede dal presupposto che esista un parallelismo mente-cervello (che

però non è sempre scontato, si pensi anche solo alle percezioni complesse evocate da soggetti che sono emersi da uno stato di coma profondo) e si fonda su quattro assunti fondamentali.

1 - Il primo assunto è quello della *modularità funzionale* (Fodor, 1983; Fodor, 1998; Fodor, 2001), ovvero che la mente operi per moduli indipendenti. Il modello di mente modulare è convincente e verificato per quanto concerne la codificazione sensoriale degli stimoli (si pensi alla elaborazione per blocchi delle afferenze sensoriali), ma non è sempre confermato per il ragionamento ed il pensiero.

2 - Il secondo assunto è quello della *modularità anatomica*, ovvero la corrispondenza fra tipo e contenuto dell'attività mentale e topografia corticale (o dei fasci e nuclei sub-corticali) delle strutture cerebrali che via via si attivano. Anche questo secondo assunto, che si collega all'esistenza di una mappatura corticale specifica, conosciuta fin dal XIX secolo con gli studi di Brodman, non pare essere del tutto incontestabile, né sempre valido. Si è osservato, ad esempio, che le stesse aree associative della corteccia frontale si attivano per compiti diversi, quando essi siano complessi ed impegnativi. Studi recenti (Owen, 2006) condotti con la RMI (Imaging con Risonanza Magnetica) hanno dimostrato la presenza di risposte a stimoli sensoriali e quindi di attività mentale cosciente in soggetti in stato di coma e stato vegetativo permanente (vale a dire con EEG piatto ed in condizioni di cosiddetta morte cerebrale).

3 - Il terzo assunto, probabilmente l'unico del tutto privo di dubbi, è che l'architettura cerebrale sia *uniforme nell'intera popolazione* (nei soggetti sani e privi di malformazioni).

4 - Il quarto assunto di base è che esista *la sottrattività*: il danno o lesione cerebrale possono soltanto eliminare dei centri e delle funzioni ad essi connesse e non sono compensati da elementi nuovi, e ciò avviene proprio in quanto esiste modularità funzionale ed anatomica ed uniformità nella popolazione.

A sostegno del metodo e degli assunti della neuropsicologia cognitiva abbiamo alcune importanti evidenze, anche se si registrano diverse notevoli limitazioni.

Un'evidenza chiave è il fenomeno della dissociazione post-lesionale (il compito A persiste mentre il compito B cessa) e, specificamente, quello della doppia dissociazione (in pazienti diversi). L'associazione dei disturbi post-lesionali in sindromi coerenti e replicabili (quadri clinici che si ripetono secondo simili configurazioni sintomatologiche, per effetto di analoghe od identiche localizzazioni delle lesioni anatomiche) è un'altra importante evidenza a favore della validità degli assunti e del metodo di ricerca della neuropsicologia cognitiva.

A fronte di queste evidenze confermatrice stanno alcuni limiti, come le strategie di recupero individuali (la compensazione subentrante delle aree emisferiche controlaterali non è uguale in tutti gli individui, e può rendere scarsamente interpretabile l'analisi funzionale post-lesionale).

Un altro limite, ben più sostanziale, consiste nella non assoluta specificità delle aree corticali, dato che le decine di miliardi di neuroni che compongono il SNC non sono connessi solo in catene lineari afferenti od efferenti (verticali), ma sono anche parte di una rete interconnessa (orizzontale) che funziona come una sorta di "rete magica" (Varela, F., *et. al.*, 2001) nella quale il segnale si riverbera e si trasmette in più punti contemporaneamente. In alcuni studi si è osservato un percorso di recupero, nella fase riabilitativa, distinto da soggetto a soggetto (pur in casi del tutto omologhi per lesioni, sesso ed età) in relazione con le distinte esperienze di vita precedenti la lesione.

La *scienza cognitiva computazionale* è un modello di ricerca che simula il funzionamento della mente umana tramite degli algoritmi che trattano il flusso di elaborazione delle informazioni. I risultati finali sono simili a quelli umani (come si vede nel caso dei programmi di traduzione automatica) quando il flusso di elaborazione è corretto, ma ci sono alcune importanti (e decisive) limitazioni. Anzitutto, diversi modelli ed algoritmi sono compatibili con lo stesso risultato (output), quindi la simulazione non è dimostrativa dal punto di vista della relazione causale dei fattori in gioco. La modellistica al computer non riproduce le dimensioni regolative (biologiche) ma solamente le dimensioni logiche del sistema

cognitivo puro. Infine, ovviamente, mancano delle dimensioni essenziali della mente umana come la coscienza, la motivazione, la dimensione affettiva. Alcuni programmi di intelligenza simulata (per esempio il Deep Blue per risolvere le combinazioni di partite a scacchi) competono validamente con gli atti intelligenti umani ma operano “intelligentemente” con regole e modalità assolutamente “stupide” ed abissalmente diverse da quelle umane (per esempio, elaborando dei confronti a matrice con cento milioni di operazioni al secondo). Non si tratta, in altre parole, di creare una intelligenza artificiale che riproduca il funzionamento della nostra mente, ma di impostare delle macchine atte a produrre delle risposte intelligenti a dei problemi logici.

Il “Deep Blue” confrontava nove milioni di combinazioni di mosse al secondo, incamerate in una base di dati di aperture di scacchisti del passato. Un giocatore di scacchi professionista procede in modo molto più intelligente, perché sintetico e non analitico per prove ed errori in serie, e raggiunge un risultato simile (tanto è vero che Garry Kasparov nel 1997 vinse una partita, ne impattò quattro e ne perse due e richiese invano alla IBM di poter ripetere il match, in quanto sosteneva che il calcolatore era stato manipolato dai ricercatori) con una strategia del tutto differente. Alcuni programmi di simulazione sono interattivi e modificano le proprie azioni in relazione all’accumularsi delle interazioni (potremmo dire che sono capaci di apprendere dall’esperienza, anche se non si tratta di apprendere e non è in atto alcuna esperienza...). Il più antico e noto fra di essi è Eliza (compilato nel 1968), programma reperibile in Internet col quale si può instaurare uno scambio verbale, sotto le specie di intervista o conversazione. Programmando Eliza con una base di dati psichiatrica, si è riusciti a farle condurre dei colloqui di consulenza con dei pazienti fittizi con dei risultati molto realistici (Castelfranchi, Stock, 2000).

Va, comunque, ricordato che anche se l’output è identico alle risposte di un interlocutore umano (o realisticamente molto simile) non è affatto eguale il substrato operativo. In altre parole esistono diverse architetture di funzionamento che sono compatibili con le stesse risposte: ad essere simulato è il risultato e non necessariamente il percorso “mentale” per raggiungerlo. Alcuni

programmi (come *Deep Blue enhanced*, o come Eliza) non funzionano sicuramente come la mente umana ma producono elaborazioni o risposte che sono analoghe od uguali a quelle umane. Da un punto di vista della attendibilità della riproduzione (della regolarità con la quale il programma fornisce risposte che sono simili od uguali a quelle umane) si è visto che i programmi migliori sono quelli che seguono lo schema della rete neurale e la logica aleatoria dei frattali o “fuzzy logic” (Lomartire, 2002).

• Tecniche di studio del cervello in vivo

Come prima accennato, la neuroscienza cognitiva ha a disposizione diverse metodiche tecniche per studiare le attività cerebrali (corticali e sub-corticali) in vivo. Si possono ottenere dei traccati dell'attività bio-elettrica, delle immagini che rispecchiano la distribuzione di marcanti radioattivi, il consumo di ossigeno, la riflessione magnetica trans-cranica, etc.

Attraverso il posizionamento microscopico di precisione con la tecnica della stereotassi¹ e l'uso di elettrodi di un solo millimicron è attualmente possibile anche la registrazione mononeuronale (Wilkins, Rengachary, 2002).

Lo studio dei potenziali evocati (ERP= Event Related Potentials) permette di seguire l'ordine di attivazione delle diverse aree corticali in corrispondenza con ogni singolo compito mentale. L'analisi dei potenziali evocati medi produce una diagnostica di semplice interpretazione per quanto riguarda l'elaborazione diretta da parte delle aree di Brodman dei segnali afferenti (in particolare uditivi e visivi), ma abbastanza incostante e complessa per le attivazioni delle aree associative.

1 Termine di origine greca che significa letteralmente “disposizione tridimensionale”, e che designa l'accesso guidato dal calcolatore all'interno del cranio, per neurochirurgia, biopsie mirate, radioterapia, laser-terapia di precisione, etc. L'apparecchio è una sorta di casco solidale al cranio del soggetto da trattare e/o studiare e l'ago (la sonda, l'elettrodo, etc.) penetra all'interno guidato da immagini di TAC (tomografia assiale computerizzata).

La PET (Tomografia ad Emissione di Positroni), produce delle immagini che seguono la distribuzione di mezzi di contrasto attivi ed il loro metabolismo intracerebrale. Si tratta di una tecnica relativamente invasiva, che richiede apparecchiature molto costose e complesse (anche se di recente sono stati costruiti degli apparati PET di medie dimensioni e trasportabili), e che non è così ben discriminante come altre tecniche di esame in vivo, a causa del problema dei tempi della diffusione parenchimale e del metabolismo del mezzo di contrasto.

La PET misura il metabolismo cellulare (il radionuclide a rapido decadimento è legato ad un farmaco, allo zucchero, a proteine, a lipidi, etc.), quindi non produce una semplice immagine anatomica dell'organo (come la radiografia o la TAC) ma una immagine dei suoi stati di attività. Si tratta di una diagnostica preziosa per lo studio dei tumori, l'individuazione precoce di metastasi, disturbi degenerativi ed atrofici (come l'Alzheimer), ma anche di una interessante tecnica per visualizzare le sequenze di attivazioni metaboliche corticali in coincidenza con le diverse stimolazioni sensoriali e le attività elaborative mentali conseguenti.

L'esame con la RMN (Risonanza Magnetica Nucleare) fornisce delle immagini che rappresentano sia informazioni anatomiche sia funzionali, in quanto registrano la ossigenazione dei tessuti, istante per istante. L'immagine deriva non dalla emissione di radiazioni di radionuclidi a decadimento rapido (come con la PET) o dalla trasparenza dei tessuti ai raggi X (come la radiografia standard o la TAC) ma deriva dalla deviazione del campo magnetico dei nuclei di idrogeno delle molecole di acqua presenti nei tessuti, indotta dall'azione di un potente magnete. L'apparecchio funziona con delle potenti onde radio, del tutto innocue per l'organismo, e fornisce una mappa dettagliata della densità di acqua e di ossigeno nei tessuti. I tessuti alterati, di norma, hanno un aumento del contenuto di acqua e di ossigeno rispetto ai tessuti sani. Anche se si tratta di una tecnica nata per la diagnostica clinica, è perfettamente adeguata per ricerche di neuropsicologia.

La Magnetoencefalografia produce delle buone immagini, con risoluzione ricca nei particolari (fino ad un millimetro cir-

ca), perché il cranio è completamente trasparente alle onde magnetiche e non interferisce con l'immagine prodotta dai tessuti nervosi intracranici. Utile per un esame localizzato in vivo, non offre però particolari vantaggi rispetto alla RMN.

La Elettroencefalografia, il classico esame dell'attività bioelettrica corticale derivata da venti posizioni standard di elettrodi posizionati sullo scalpo, fornisce delle informazioni rilevanti soprattutto sui processi attivazione e sincronizzazione neuronale (importanti per lo studio delle epilessie, lo studio lesionale, lo studio del sonno e della veglia, etc.). Il suo utilizzo per uno studio in vivo è importante ma complesso, specie con l'esame dei potenziali evocati medi, come visto più sopra.

• Casi speciali e problematici

Si è sempre ritenuto che il riconoscimento dei volti costituisca un compito mnestico speciale. Il loro riconoscimento implica un confronto di configurazioni, quindi un esame di tipo olistico o globale, e la loro memorizzazione sarebbe facilitata da regole di organizzazione dello stimolo, specifiche per i volti ed autoctone, alla pari delle leggi gestaltiche di organizzazione delle percezioni. Il disturbo neurologico della prosopagnosia fa sì che il malato non riconosca i volti familiari ma mantenga la capacità di riconoscere oggetti e luoghi in cui si trova, il che parrebbe confermare che i volti sono stimoli "speciali".

Chi soffre di prosopagnosia, però, mostra di avere delle difficoltà a distinguere fra di loro anche gli edifici ed i modelli di automobili. Ciò porterebbe alla conclusione, opposta, che i volti non sono poi così "speciali", ovvero che le vie della loro elaborazione mentale non sono ben distinte rispetto a quelle destinate ad altre configurazioni visive. La misura del riconoscimento può essere fatta in modo oggettivo, attraverso la registrazione del cosiddetto riflesso psicogalvanico (aumento di conduttività elettrica transcutanea per l'aumento della microsudorazione) parallelo all'attivazione prodotta dall'amigdala (emozione al riconoscimento).

Nella comunicazione scientifica in lingua inglese il termine prosopagnosia (coniato in Europa negli anni '40 del secolo scorso) è spesso sostituito da “cecità per i volti” o *face blindness* (Choisser, sito internet, 2002). Nella prosopagnosia può esistere un non riconoscimento conscio (il soggetto afferma di non avere di fronte un volto familiare o noto) ma un parallelo riconoscimento inconscio (evidenziato con la registrazione del corrispondente riflesso psicogalvanico). L'inverso della prosopagnosia, in un certo modo, è l'allucinazione di Capgras o illusione del sosia.

Questo è un raro disturbo di origine neurologica che prende il nome dallo psichiatra francese Jean Marie Joseph Capgras. Esso si presenta talvolta in coloro che hanno riportato una lesione in particolari aree cerebrali. Il paziente è portato a considerare i parenti più stretti (genitori, coniuge, figli o fratelli) come degli impostori o dei sosia, pur ammettendo che essi hanno un aspetto in tutto e per tutto uguale al solito.

L'ipotesi più verosimile della causa di tale disturbo è che una lesione provochi un'interruzione del collegamento tra le aree visive e il centro delle emozioni (sistema limbico e amigdala). Poiché le aree visive non sono danneggiate il paziente riconosce il congiunto ma, non provando alcuna emozione, l'unica spiegazione che sia in grado di darsi per quella situazione assolutamente anomala, è che la persona che ha di fronte non sia altro che un impostore.

A sostegno di tale ipotesi si possono portare almeno due elementi:

- 1) Nelle persone normali, la reazione emotiva che accompagna la vicinanza di una persona cara, può essere rilevata tramite il cosiddetto riflesso psicogalvanico, che consiste in una diminuzione della resistenza cutanea dovuta a una lieve sudorazione (Ramachandran, 2004)
- 2) Ascoltando per telefono la voce del congiunto, il paziente la riconosce come autentica. Quindi è soltanto il canale visivo a presentarsi anormale. La via neurale che dalla corteccia uditiva si connette all'amigdala, è distinta da quella visiva: si de-

ve, pertanto, presumere che mentre la via visiva sia interrotta, l'uditiva risulti ancora intatta.

Non si tratta di allucinazione (il soggetto non percepisce degli stimoli in modo indipendente dalla realtà sensoriale) ma di illusione (od inganno interpretativo).

Nel caso della alessia esiste un disturbo nella riconoscibilità del linguaggio scritto (fino alla inibizione della lettura e della scrittura) ma si mantiene una buona capacità di riconoscere il linguaggio parlato. I pazienti che presentano agnosia visiva (nel qual caso è compromesso sia l'esame olistico sia quello analitico del segnale visivo) dovrebbero soffrire sia di prosopagnosia sia di alessia. Questo è ciò che, in effetti, avviene. Tuttavia non avviene sempre, ma circa nel 90% dei casi. Una delle possibili spiegazioni fa riferimento alla scomposizione delle vie di trasmissione dei dati visivi verso i centri di memorizzazione, secondo la teoria di Marr (Vaina, 1990). Questa teoria, detta anche modello computazionale, costituisce un approccio allo studio ed alla riproducibilità dei sistemi cognitivo e percettivo di tipo matematico-computazionale, che permette di tradurre il funzionamento della mente umana facendo ricorso non a modelli fumosi e inutilmente ridondanti ma a degli algoritmi (Johnson-Laird, Keith Oatley, 1992).

Un altro caso particolare è quello dello studio delle immagini mentali. Per riconoscere delle lettere alfabetiche ruotate dobbiamo ruotarle mentalmente: si è visto che nel farlo si attivano le stesse aree della corteccia parietale dell'emisfero non dominante che si attivano normalmente nell'orientamento spaziale. Contemporaneamente si attivano anche le aree 17 e 18 della corteccia visiva, che sono le stesse che si attivano come risposta al movimento e nella illusione stroboscopica. Pertanto, come spiega la teoria di Kosslyn (1999), le stesse strutture neuronali sono attive nella percezione che risponde a stimoli sensoriali esterni (come nella normale visione) e nella elaborazione di immagini mentali (come anche di immagini oniriche od immagini allucinatorie). Il modulo di elaborazione delle immagini è, in altre parole, lo stesso nei due casi (percezione esterna e percezione endogena/allucinazione).

Una qualche differenza, tuttavia, esiste. Infatti, di norma, abbiamo ben presente nella coscienza la distinzione fra immagini mentali e percezioni esogene.

Esistono ripetuti studi su cerebrolesi delle aree visive primarie che mostrano una dissociazione nelle sequenze di attivazione corticale fra visione ed immagini mentali (Dehaene, 1996). Gli studi sulla detezione di movimento dimostrano che esiste un'integrazione fra dati propriocettivi ed eterocettivi. Il noto fenomeno dell'arto fantasma (che corrisponde alla propiocezione, in genere algica e talora termica, tattile o motoria, riferita ad un arto amputato) è qualificabile come una allucinazione da "completamento di sequenza" a partire da stimolazioni autoctone che hanno origine nel punto di lesione neuronale.

• Le basi materiali del pensiero

Le attività di pensiero si fondano, neurofisiologicamente parlando, sulla trasmissione ed elaborazione di messaggi bioelettrici (potenziali d'azione) fra delle stazioni o nodi neuronali. La fisicità del segnale è identica ed universale, ove la sua valenza (significato soggettivo) è, al contrario, del tutto specifica e vincolata all'architettura della rete, al nodo di elaborazione, alla topografia corticale di proiezione/evocazione del segnale.

Il segnale transita attraverso le sinapsi interneuronali grazie alla presenza di enzimi che attivano dei neuropeptidi trasmettitori. Ogni stato emotivo mentale è, quindi, veicolato da neuropeptidi. Questi sono altamente specifici (veicolano classi di stati o contenuti emotivi mentali) e sono molto numerosi. Un elenco, incompleto e sommario, comprende adrenalina, noradrenalina, dopamina, acido gamma amino butirrico, decine di diverse endorfine, prolattina, ossitocina, tiroxina, tiamina, muscarina, ormoni sessuali, aldosterone, cortisolo, etc.

La cosa notevole, oltre alla grande ricchezza e complessità dell'insieme del sistema dei neurotrasmettitori neuropeptidici, è che essi non siano presenti solo nel sistema nervoso centrale e periferico ma in tutto il corpo.

Presenti in tutte le parti del corpo, i neuropeptidi modulano le funzioni trofiche, lo stato della comunicazione neuroendocrina, il livello di attivazione e di reattività agli stimoli, flusso e contenuti del pensiero, la risposta allo stress, la risposta immunitaria ed anticorpale.

Le tre classiche aree della neuroscienza, dell'endocrinologia e dell'immunologia, con i loro diversi organi – il cervello (che è l'organo fondamentale studiato dai neuroscienziati), le ghiandole e il sistema immunitario (costituito dalla milza, il midollo spinale, i linfonodi e naturalmente dalle cellule in circolazione nel corpo) – sono in realtà unite da una rete di comunicazioni bi-direzionali e i “portatori” di informazioni sono i neuropeptidi. Esistono dei substrati fisiologici ben studiati che provano come la comunicazione avvenga in entrambe le direzioni per ognuna di queste aree e dei loro organi. Alcune ricerche risalgono a molti anni fa, altre sono recenti (Pert, 2004).

La parola che va sottolineata, in questo sistema integrato, è la rete, che viene dalla teoria delle informazioni. Tutto ciò di cui abbiamo parlato finora sono informazioni. In tale contesto, quindi, potrebbe essere più appropriato enfatizzare la prospettiva psicologica – letteralmente, lo studio della mente – piuttosto che quella della neuroscienza. Una mente è composta di insiemi ed elaborazioni di insiemi di informazioni e possiede un substrato fisico, cioè il corpo e il cervello; parallelamente, possiede un altro substrato immateriale che ha a che fare con il flusso di informazioni. Quindi, forse la mente è costituita dalle informazioni che scorrono tra tutte queste parti del corpo. Forse la mente è ciò che tiene insieme la rete (Pert, 2004).

Adottando una prospettiva integrata, un modello disciplinare che potremmo etichettare come neuro-psico-endocrinologia, possiamo unificare lo studio della mente (come rete di informazioni) e lo studio delle funzioni neuroendocrine ed immunitarie.

Sappiamo, da decenni, che la stimolazione della corteccia al di sopra dell'amigdala produce un'intera gamma di manifestazioni emozionali: potenti reazioni di rabbia, di dolore o di piacere collegate a memorie profonde e che sono sempre accompagnate da

delle risposte somatiche congruenti con queste emozioni. Al consueto schema omeostatico a retroazione dell'asse ipofisi-ipotalamo-corticosurrene, classicamente attivo nelle reazioni allo stress, dobbiamo aggiungere alcuni elementi e completare la catena come segue: ipofisi-ipotalamo-timo-sistema neuroendocrino diffuso. Recettori per le molecole di neuropeptidi, che hanno una funzione di neurotrasmissione, si trovano in tutto il corpo e non solo presso i neuroni. Al tempo stesso, a livello di ipotalamo e di sistema limbico, troviamo dei recettori per l'insulina, l'angiotensina e la noradrenalina (Giraud, 1992).

Siamo, pertanto, di fronte ad un sistema soma-psiche non dualistico ma totalmente integrato su almeno cinque distinti aspetti funzionali: reazioni emozionali, attivazione del sistema immunitario, metabolismo e reazioni vitali, reazioni trofiche, memoria e contenuti del pensiero. Esiste una connessione, attraverso queste molecole "psichiche" che sono i neuropeptidi in generale ed in particolare gli oppioidi endogeni od endorfine, fra pensiero-emozioni-motivazioni-memoria-reazione agli stimoli-risposta immunitaria.

Le esperienze possono modulare la risposta immunitaria (sia anticorpale sia attraverso i macrofagi e leucociti T), possono orientare l'attenzione, possono agire sulla resistenza al dolore. Attraverso tecniche di induzione ipnotica si può intervenire su alcuni parametri fisici, come la pressione arteriosa, la frequenza cardiaca, il tono muscolare, la risposta pro-infiammatoria, l'attività ormonale, etc. (Godino, Toscano, 2007).

• Conclusioni

Le emozioni non sono presenti né originate solo nel cervello, ma si riverberano nel corpo intero. Le prove, che tutto il corpo pensa, sono molto numerose e convergenti. Gli esempi sono piuttosto ricchi e suggestivi. La sensazione di piacere e di distensione emotiva legata all'ascolto di alcune musiche cessa completamente se si inattivano e bloccano i recettori endorfinici cerebrali con i

farmaci normalmente usati per controllare le sindromi di astinenza nei tossicodipendenti (come il Narconon); i mariti di donne malate di cancro in fase terminale presentano regolarmente una riduzione del numero di linfociti ematici; un'alterazione, nel senso di un deficit linfocitario e della risposta anticorpale, si riscontra spesso in condizioni di stress cronico e di depressioni secondarie o reattive; topi da laboratorio che sono stati accarezzati sul capo dagli sperimentatori fin dalla nascita hanno una migliore resa ai test di apprendimento in prove di condizionamento operante, evidenziando un rinforzo motivazionale e la rilevanza della dimensione affettiva dell'esperienza (Mayer, Saper, 2000).

I recettori biochimici per i neuropeptidi e per gli ormoni (ad esempio, sia per le endorfine che per l'insulina) sono presenti non solo nel SNC e nel cervello ma anche negli organi periferici (come muscoli, fegato, reni, cuore, etc.) e nei monociti.

Questi veri e propri motori biochimici delle emozioni appaiono, concretamente, controllare il ricambio e le migrazioni dei monociti. I monociti comunicano con i linfociti T e B, agendo in tutto il corpo, per combattere le malattie e per distinguere il Self dal non Self, stabilendo, in sostanza, quali parti del corpo sono degenerate e non più riconoscibili come Self (per esempio, le cellule tumorali) oppure sono estranee e devono essere eliminate dai linfociti K (Killer).

Sembra, inoltre, che non soltanto le cellule del sistema immunitario abbiano i recettori per i neuropeptidi neurotrasmettitori ma che esse stesse li producano (Ader, Cohen, Felten, 1995).

Esistono delle categorie di cellule immunitarie, infatti, che sintetizzano ed immettono in circolo le beta-endorfine ed altri neuropeptidi oppiacei. In altre parole queste cellule (che appartengono non al sistema nervoso ma a quello linfatico-immunitario) producono le stesse sostanze che sono sempre state ritenute i controllori biochimici del tono dell'umore a livello cerebrale. Queste cellule controllano l'integrità dell'intero corpo e, insieme, producono delle sostanze che modificano l'umore: ancora una volta psiche e soma sono fusi in un'unità complessa (Godino, Toscano, 2007).

In conclusione, ed in estrema sintesi, osserviamo che: un solo sistema di mediazione chimica del segnale (attraverso i neuropeptidi trasmettitori) regola la funzionalità e la crescita somatica, il livello di attività del sistema endocrino, le componenti affettive del pensiero (lo stato motivazionale e l'umore), la risposta anticorpale ed immunitaria, la reazione sia acuta sia cronica allo stress, il livello di attivazione.

Possiamo, in definitiva, affermare che tutto il corpo sente/rea-gisce/pensa, e che il pensiero logico-razionale, il pensiero emozionale e la regolazione neuro-ormonale sono parti della stessa rete. L'elaborazione mentale degli stimoli analitica (bottom-up) e sintetica (top-down) sono anche descrivibili come strade del rispecchiamento della realtà sensoriale-percettiva (somatica) e della realtà mentale-psichica.

• Riassunto

Questo lavoro vuole essere un contributo ad un riesame, si spera proficuo e stimolante, delle conoscenze e delle evidenze relative ad un aspetto molto specifico della psicologia cognitiva. Si evidenzia la contiguità-continuità dei processi materiali attivi nelle elaborazioni del segnale a livello corticale e negli automatismi del sistema immunitario e neuroendocrino. Si parte dall'esposizione dei metodi di ricerca in neuropsicologia, con tecniche che originano dal metodo di Donders. Si tratta del metodo sottrattivo della cosiddetta cronometria mentale ottocentesca applicata allo studio del tempo di reazione effettuato in un sistema dall'architettura nota e calcolando un intervallo fisso di trasmissione del segnale (intorno ai 48 msc) nelle diverse stazioni sinaptiche neuronali.

In sostanza, la misura del tempo di reazione dell'intervallo S-R (ciò che intercorre fra ingresso del segnale nel sistema e l'inizio della risposta comportamentale o motoria) ci fornisce un'indicazione precisa del numero di connessioni interneuronali coinvolte. A sostegno del metodo e degli assunti della neuropsi-

ciologia cognitiva abbiamo alcune importanti evidenze, anche se si registrano diverse importanti limitazioni, precisate nel testo.

La *scienza cognitiva computazionale* è un modello di ricerca che simula il funzionamento della mente umana tramite degli algoritmi che trattano il flusso di elaborazione delle informazioni. Nella A. I. mancano delle dimensioni essenziali della mente umana come la coscienza, la motivazione, la dimensione affettiva. Non si tratta, in altre parole, di creare una intelligenza artificiale che riproduca il funzionamento della nostra mente, ma di impostare delle macchine atte a produrre delle risposte intelligenti a dei problemi logici. Si esaminano alcuni casi particolari delle attività mentali, come la prosopagnosia o face-blindness. L'inverso della prosopagnosia, in un certo modo, è l'allucinazione di Capgras o illusione del sosia. Nel caso dell'alessia esiste un marcato disturbo nella riconoscibilità del linguaggio scritto (fino alla inibizione della lettura e della scrittura) ma si mantiene una buona capacità di riconoscere il linguaggio parlato. Un altro caso particolare è quello che corrisponde allo studio delle immagini mentali. La fisicità del segnale è identica ed universale, ove la sua valenza (significato soggettivo) è, al contrario, del tutto specifica e vincolata all'architettura della rete, al nodo di elaborazione, alla topografia corticale di proiezione/evocazione del segnale.

Presenti in tutte le parti del corpo, i neuropeptidi modulano le funzioni trofiche, lo stato della comunicazione neuroendocrina, il livello di attivazione e di reattività agli stimoli, flusso e contenuti del pensiero, la risposta allo stress, la risposta immunitaria ed anticorpale.

L'elaborazione mentale degli stimoli analitica (bottom-up) e sintetica (top-down) sono anche descrivibili come strade del rispecchiamento della realtà sensoriale-percettiva (somatica) e della realtà mentale-psichica.

• Bibliografia e sitografia

- Ader R., Cohen N., Felten D., “Psychoneuroimmunology: interaction between the nervous system and the immune system”, *The Lancet*, 345, 1995, pp. 14-27
- Bermudez J. L., *Thinking without words*, Oxford University Press, New York 2003
- Canestrari R., Godino A., *La psicologia scientifica – Nuovo trattato di psicologia*, CLUEB, Bologna 2007
- Castelfranchi Y., Stock O., *Macchine come noi – La scommessa dell'Intelligenza Artificiale*, Laterza, Roma-Bari 2000
- Choisser B., *Face Blind*, in <http://www.choisser.com/faceblind/>
- Dehaene S., (ed.), *Le cerveau en action: l'imagerie cérébrale en psychologie cognitive*, PUF, Paris 1996
- Fodor J., *The Modularity of Mind*, The MIT Press, Cambridge (Ma) 1983; trad. it., Luccio R., *La mente modulare*, Il Mulino, Bologna 1988
- Fodor J., *Concepts. Where Cognitive Science went wrong*, Oxford University Press, Oxford 1998
- Fodor J., *Mente e linguaggio*, (a cura di F. Ferretti), Laterza, Roma-Bari 2001
- Giraud O., *Psicobiologia dell'aggressività e del comportamento socio-affettivo. Neuropeptidi oppioidi endogeni e sistema neurale della gratificazione*, Liguori, Napoli 1992
- Godino A., Toscano A., *Ipnosi: storia e tecniche*, FrancoAngeli, Milano 2007
- Johnson-Laird P. N., Oatley K., “Basic emotions, rationality, and folk theory”, *Cognition & Emotion*, Vol. 6, n. 3-4, 1992, pp. 201-223
- Kosslyn, S.M., “If Neuroimaging is the Answer, What is the Question?”, *Philosophical Transactions, Biological Sciences*, 344, jul. 1999
- Lomartire L., “La Personalità intelligente di ELOISA (Easy Logic Intelligent Automa)”, *Psychofenia*, vol.V, n. 8, 2002, pp. 119-130
- Mayer K.H., Saper C. B., *The biological basis for mind body interactions*, Elsevier, Amsterdam 2000
- Owen A. M., “Evidence of brain activity raises issues for neurologists. ‘Vegetative’ patient shows signs of conscious thought”, *Nature*, 443, 2006, pp. 132-133, Published online: 13 September 2006.
- Pert C., “Molecole & Scelta”, *Shift: alle frontiere della consapevolezza*, No. 4, September–November, 2004, pp. 20-24.

- Ramachandran R., *Che cosa sappiamo della mente*, Mondadori, Milano 2004
- Squire M. T., Bloom J., McConnell R., Roberts C., Spitzer M., Zigmond A., *Fundamental Neuroscience*, Academic Press, New York 2003
- Taraborelli D., “Verso una nuova frenologia? Considerazioni sull’uso dei metodi di brain imaging e di strategie sottrattive per lo studio della cognizione e delle sue basi neurali”, *Logic and Philosophy of Science*, 1, 1, 2003
- Vaina L. M., (eds.), *From the retina to the neocortex: selected papers of David Marr*, Birkhauser, Boston, MA 1990
- Varela F., Lechaux J.P., Rodriguez E., Martinerie J., “The Brainweb: Phase Synchronization and Large-Scale Integration”, *Nature-Neuroscience*, 2, 2001, pp. 229-239
- Walsh V., Pascual-Leone A., *Transcranial Magnetic Stimulation: A neurochronometrics of mind*, The MIT Press, Cambridge (MA) 2003
- Wilkins R.H., Rengachary S.S., *Neurosurgery*, Mc Graw-Hill, New York 2002

