

GIAMPIETRO FELTRIN

## FARE, VEDERE, RIVIVERE: LA NUOVA FRONTIERA DELLA DIAGNOSTICA DEL PENSIERO

In ambito biomedico l'osservazione e la **documentazione mediante immagini** è stata condotta, negli ultimi due decenni, seguendo la traccia morfologica e strutturale anatomica. Solo più di recente ha supportato anche la sua **analisi funzionale**. L'ultima conquista è già iniziata per aprire lo scenario più ambizioso della ricerca biomedica: quello della documentazione analitica del pensiero umano (1; 2). Può sembrare che un'affermazione siffatta costituisca una millanteria più che un ragionevole risultato. Tuttavia quello che andiamo a spiegare è una conquista di conoscenze certamente ambiziose ma riteniamo non lontane dall'obiettivo del **pensiero**. Raccolgo qui le conoscenze acquisite da molti studi medici sui meccanismi funzionali cerebrali e sulla loro documentazione diagnostica acquisita con analisi mediante immagini. Il materiale qui esposto è stato oggetto delle presentazioni effettuate in più di una tornata accademica e delle quali vengono ricordati alcuni spunti (3).

Era già noto, dagli studi sempre operati con rilievi elettrici dell'attività del cervello, che molte aree cerebrali svolgono funzioni diversificate anche se anatomicamente hanno morfologia molto simile, chiamate circonvoluzioni cerebrali, quelle particolari formazioni arricciate che costituiscono l'aspetto esterno della corteccia cerebrale umana e di altri animali. La loro singolarità è costituita dal fatto che le particolari funzioni sono a volte alterate, anche se non sono dimostrabili lesioni anatomiche localizzate di natura patologica o traumatica, ma non letali. Solo dopo successive analisi, anche sperimentali sugli animali e applicative sull'uomo, si sono dimostrate strette relazioni tra le sedi anatomiche cerebrali e la loro funzione. Questo è stato possibile con l'espandersi di altre tecniche di studio incluse nel termine «per immagini».

### **Tecniche diagnostiche di studio mediante immagini**

La prima tecnica d'immagine che ha aperto gli scenari sulla funzione anche del cervello è stata la **PET** (Tomografia ad Emissione di Positroni) che sfrutta la captazione di sostanze radioattive (isotopi)

iniettate in vena e che si accumulano con prevalenza nelle aree cerebrali se esse sono in piena attività funzionale. La funzione di una certa area (centro neurologico) può essere rivelata in una sequenza di momenti che vengono "spinti" dall'attività delle cellule nervose (neuroni) nel loro pieno metabolismo durante il quale quei gruppi cellulari raccolti in un'area si rivelano perché sono metabolicamente attivi.

La seconda tecnica, ormai dominante anche se non esclusiva, è la **Risonanza Magnetica funzionale (fRM)** con programmi operativi dedicati, più che a produrre immagini anatomiche, a svelare quali siano le aree anatomiche attive in determinate funzioni cerebrali. Ad esempio, se il cervello è impegnato solo nella funzione visiva, l'attività osservata con **fRM** dimostra una condizione di attività nei lobi occipitali della corteccia. Questa visualizzazione dell'area in attività è resa possibile dalle variazioni anche molto deboli indotte dalle sostanze utilizzate e metabolizzate (consumate) da quelle aree: l'ossigeno presente nel sangue e consumato da quell'area viene rivelato da una dilatazione dei vasi locali indotta proprio in quell'area e risvegliata da quella specifica funzione. È dunque una risposta emodinamica che viene rilevata dalla **fRM** anche se con un lievissimo ritardo (di alcuni microsecondi) rispetto al fenomeno della messa in attività. Questo metodo di studio è chiamato infatti **BOLD**, acronimo per «Blood Oxygenation Level Dipendent» (4), perché dipendente dall'incremento di ossigeno rivelato dal sangue ivi richiamato. Ecco come sono state create le mappe funzionali della corteccia cerebrale, collegate a movimenti realizzati o a sensazioni ricevute o comunque coinvolte nelle varie relazioni di attività del cervello.

Ancor più si può dimostrare quale via delle fibre nervose viene utilizzata per trasmettere segnali di comando o ricevere i segnali degli stimoli sensitivi o anche quali altre aree vengono coinvolte in una funzione complessa del cervello. Vale a dire gli stimoli elettrici costituiti da onde di depolarizzazione lungo gli assoni neurologici (fibre) vengono visualizzati e documentati nel percorso anatomico utilizzato dando allora la visione delle aree corticali collegate in attività complesse e modulate da più centri funzionali. In tal modo si dimostrano le aree corticali che si eccitano e come si rivelino nell'intera attività collegata. Questi collegamenti di attività sono dimostrati con una metodica chiamata **Trattografia**, cioè traccia dei percorsi seguiti dai vari collegamenti. L'esemplificazione che si può utilizzare in questi casi è simile a quella di un determinato percorso sulla mappa di una linea metropolitana fra una e più stazioni collegate. La corteccia cerebrale, la parte grigia di tutto l'encefalo, è disseminata di "stazioni" quali centri operativi o di controllo con ampie connessioni di fibre nervose che formano la sottostante sostanza bianca. I centri operativi e le

loro connessioni sono evidenziabili con esami di Risonanza Magnetica funzionale o di Medicina Nucleare (PET) quando in attività.

## Funzioni di base motorie e sensoriali

Le funzioni di base sia motorie che sensoriali vengono visualizzate e seguite nel loro svolgersi secondo lo schema della tab. I, che sintetizza i tre livelli ai quali si realizzano gli atti motori (A) e i fenomeni sensoriali (B) e la direzione ( $\vee/\wedge$ ) di sviluppo delle loro sequenze: la **sensazione** è definita come la reazione agli stimoli interni ed esterni (fisici e fisiologici) recepiti dagli organi di senso, che raggiungono il midollo spinale, il miencefalo, il metencefalo e diencefalo, in sintesi il cervello profondo (base, hinbrain); mentre la **percezione** è la trasmissione ed elaborazione corticale di quegli stimoli al telencefalo (cervello superiore, forebrain)

Tabella I. Funzioni neurologiche ai livelli delle attività motorie e sensoriali.

A) MOTORIE	LIVELLI ANATOMICI	B) SENSORIALI
IDEAZIONE (frontale)	$\vee$ corteccia cerebrale	$\wedge$ PERCEZIONE
MODULAZIONE-CONTROLLO	$\vee$ nuclei/base encefalica	$\wedge$ SELETTIVITÀ/MODULAZIONE
ESECUZIONE (contrazione)	$\vee$ muscoli (periferia) organi sensori	$\wedge$ SENSAZIONE

Alcuni nodi cruciali di collegamento fra aree della corteccia cerebrale o fra componenti neurologiche periferiche (es. midollo) e corteccia sono frequentemente situati in sedi più centrali e localizzati nel cervello profondo della base: grande importanza assume uno di essi, l'**INSULA**, vicina ai nuclei della base, in una regione corticale poco estesa ma molto importante, perché nella sua sede si può dimostrare con studi fMR la attivazione di piccole aree poste a modulare molte delle **funzioni** motorie e sensoriali (fig. 1).

Riconosciuto e documentabile è l'intervento dell'insula nella esecuzione di **atti motoriripetitivi**: è conoscenza comune che molti atti ripetitivi sono innescati da una idea (volontà) esecutiva, che sorge nelle aree frontali, e poi continuano o si ripetono come **atti automatici** quali ad esempio quelli motori orali. Essi, come la **masticazione di chewing gum** o l'esecuzione di **atti deglutitivi** avvengono con l'intervento dell'insula, nell'area visuo-spaziale della fig. 1, che modula la funzione di aree frontali, controllando la corteccia motoria con una ripetizione nella sequenza dei movimenti degli organi esecutori

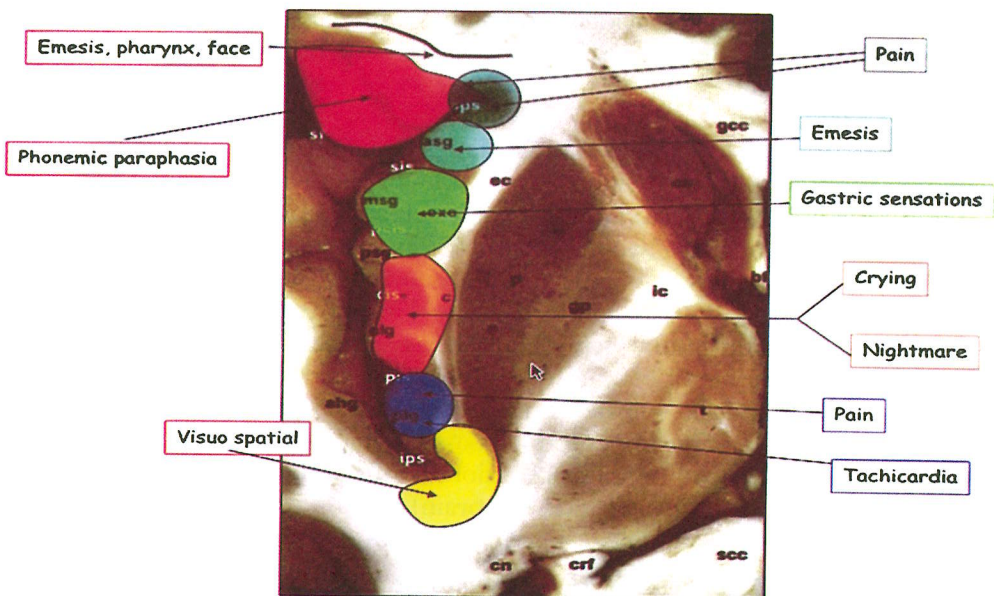


Figura 1. Le aree colorate sono segnate sulla sezione della corteccia dell'insula, e si vedono all'imaging quando si attivano per differenti funzioni: (dall'alto) a-Dolore (Pain), b-Vomito (Emesis), c-sintomi gastrici (Gastric s.), d-Pianto, Incubo (Crying, Nightmare), e-Dolore, f-Tachicardia (Tachicardia), g-(Coordinamento) visuo-spaziale (Visuo spatial). In alto e verso sinistra è segnata anche un'altra area – in rosso – che si attiva nelle funzioni della fascia cioè delle espressioni verbali. Le aree colorate dell'insula sono sovrapposte, nella sezione, alle aree scure che corrispondono ai nuclei della base encefalica.

di bocca e faringe. La funzione relativa alla trasmissione della sensazione **dolore** ha due centri funzionali nell'insula che funziona anche come smistamento degli stimoli spiacevoli sensoriali. Uno stimolo provocato alla periferia del corpo o conseguente ad una eccitazione piacevole (nocicettiva) quando arriva all'insula può subire un diverso destino: se viene trasmesso alla corteccia cerebrale, lo stimolo è percepito completamente dalla nostra coscienza che lo avverte anche nell'intensità e nella sua origine; oppure se viene "fermato" dall'insula e non trasmesso alla corteccia, lo stimolo doloroso non viene avvertito e identificato dalla nostra corteccia e rimane estraneo alla coscienza. Potremmo immaginare, ma non è assolutamente dimostrato, che quello stimolo nocicettivo potrebbe scaricarsi su altre funzioni e ripercuotersi in stimoli d'ansia o in sensazioni generiche di malessere.

Il ruolo dell'insula si realizza non solo nella esecuzione e coordinamento di atti motori, ma anche in atti cognitivi densi di significato funzionale come quello del **linguaggio** che si attiva tenendo il contatto tra un'area di un lobo frontale, ove viene ideato il messaggio da comunicare e da trasmettere ai muscoli degli organi vocali che lo eseguiranno. Le relative immagini ottenute segnalano solo la via che percorrerà il messaggio, ma non l'articolazione del messaggio sonoro utilizzato (se italiano o cinese), né il contenuto trasmesso. La mappa della complessa trasmissione di questa funzione è sintetizzata nella fig. 2 ove sono dimostrati dalla fMR le sedi di attivazione delle aree cerebrali e le vie di percorso (trattografia) dei segnali relativi all'espressione del messaggio vocale (5).

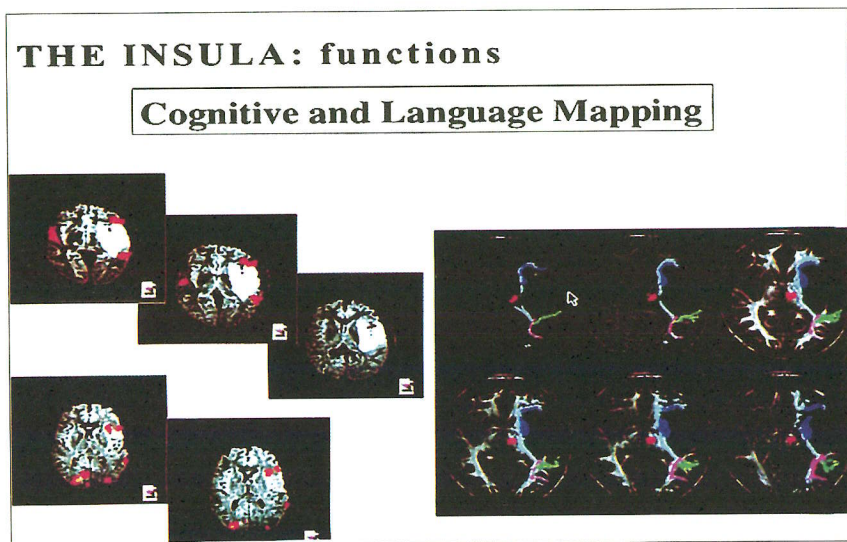


Figura 2. fMR dell'encefalo durante la creazione e trasmissione nell'encefalo di un messaggio verbale (il cervello è visualizzato dal basso: le sedi frontali sono in alto nelle figure, il lato destro è a sinistra in foto e quello sinistro a destra): nelle immagini di sinistra le aree rosse sono quelle che si attivano nel lobo frontale ed in quello parietale, le aree più basse sono dei lobi occipitali ove si attivano anche le visioni dei fonemi da esprimere. I percorsi degli stimoli neurali (a destra) sono le vie fronto-parietali percorse da quegli stimoli. Incidentalmente si osservi che le chiazze bianche delle immagini di sinistra rappresentano un tumore cerebrale che può venire asportato con intervento senza distruggere le vie del linguaggio: era lo scopo della indagine fMR.

Le varie funzioni dell'insula sono fortemente legate alla memoria di atti motori o sensoriali perché le variazioni tra un fonema udito o da esprimere presuppongono piccole differenze nella cascata motoria degli atti esecutivi la cui sequenza è coordinata dall'insula (tab. II).

Tabella II. Funzioni dell'insula: mappatura della conoscenza e del linguaggio.

LINGUAGGIO		RICONOSCIMENTO DEI NUMERI
- Articolazione semantica e fonemica		RICONOSCIMENTO DEI SUONI
- Nomi Oggetti	I	M U S I C A
- Discriminazione di categorie	I	
- Creazione di verbi (azioni)	I	L E T T U R A
- Comprensione di parole e concetti	I	
- Riconoscimento dei volti		

Inoltre anche la memorizzazione di un segnale piacevole o meno, ad esempio, il gradimento provocato da un gusto piacevole, si attiva, oltre che nell'insula, anche in un'altra struttura profonda, non lontana, che è l'**ippocampo**. La domanda «preferisci un the o una coca-cola?» trova collegamento tra la corteccia frontale (area prefrontale dorso-laterale) e l'ippocampo, depositario della qualità della memoria di uno stimolo, piacevole o no. Più avanti sarà ripreso questo meccanismo di trasmissione delle sensazioni piacevoli o spiacevoli.

## Fenomeni della memoria

La memoria è una capacità del cervello di trattenere molte delle sensazioni/emozioni vissute in modo temporaneo o permanente. Questo avviene nella accezione più semplice, ma la memoria implica meccanismi molto complessi e articolati, sottostanti alla maggior parte della nostra attività cognitiva. È di comune conoscenza che la memoria non è un fenomeno sempre replicantesi per tutti gli eventi che ci coinvolgono e dunque di tutte le aree del nostro encefalo coinvolte, e quand'anche si sia attivata una forma di memorizzazione, essa non è permanente ed immutabile. Infatti la memoria più stabile, quella che sostiene la quasi totalità dei nostri atti cognitivi (apprendimenti, ricordi condizionanti, determinanti gesti o scelte), non è ubiquitariamente ritrovabile in ogni area cerebrale, bensì è fissata principalmente in un apparato anatomico strutturale solo di recente individuato e chiamato **sistema neuroni specchio** dal nostro ricercatore Rizzolati (6). La caratteristica di questo sistema è costituita da una classe di neuroni posti a una certa profondità della corteccia cerebrale solo di

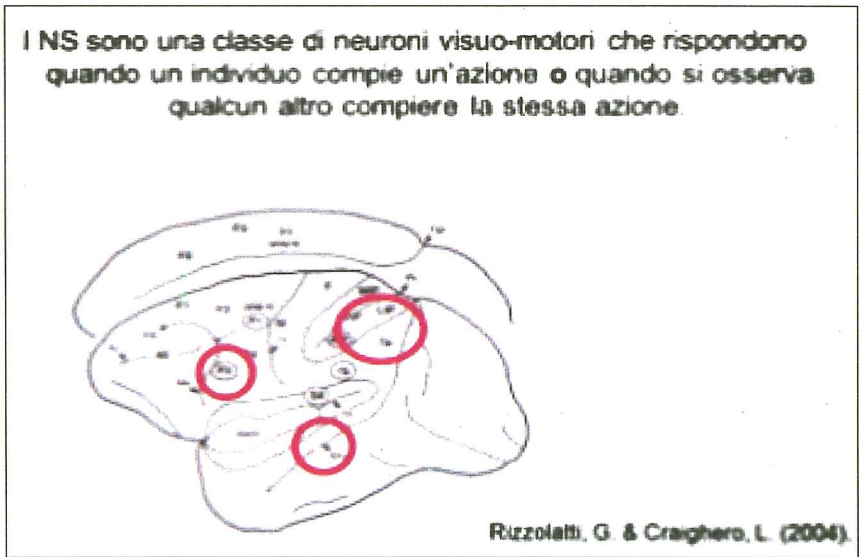


Figura 3. Il Sistema dei Neuroni Specchio (NS) si trova in alcune aree cerebrali definite: 1-circ. frontale inferiore (Broca). 2-aree motorie e premotorie. 3-area parietale inferiore (Broca).

alcune aree cerebrali che si attivano quando eseguiamo una azione od osserviamo un altro fare la stessa azione. Questi neuroni hanno le seguenti caratteristiche: 1- si attivano quando si compie un'azione o si osserva l'azione svolta da un altro individuo; 2- si documentano con studi di Risonanza Magnetica (fMR); 3- **i neuroni attivati da chi esegue sono gli stessi che si attivano in chi osserva la medesima azione**; 4- si attivano nelle attività neuronali e corticali anche negli amputati o divenuti ciechi. Il sistema si ritrova anche in altri primati (ad es. nel macaco) (fig. 3).

La memorizzazione è un fenomeno molto complesso e associato ad altre componenti associative: riconoscimento dei volti delle persone o di luoghi già visti, influenzati da espressioni corrucciate, gioiose ecc. Esiste addirittura una particolare sindrome – di Williams – nella quale alcuni soggetti sono in grado di riconoscere luoghi o ambienti già noti o vissuti, ma non i volti delle persone tutte ben conosciute e consuete (comunque non familiari!). Tale singolarità si dimostra anche con fRM (fig. 4). In un soggetto (figure di destra, WS) affetto da **sindrome di Williams** si dimostra attivazione della amigdala, centro di riconoscimento, solo per un luogo (scenes), ma non per il viso di una persona (faces), rispetto ad un soggetto normale

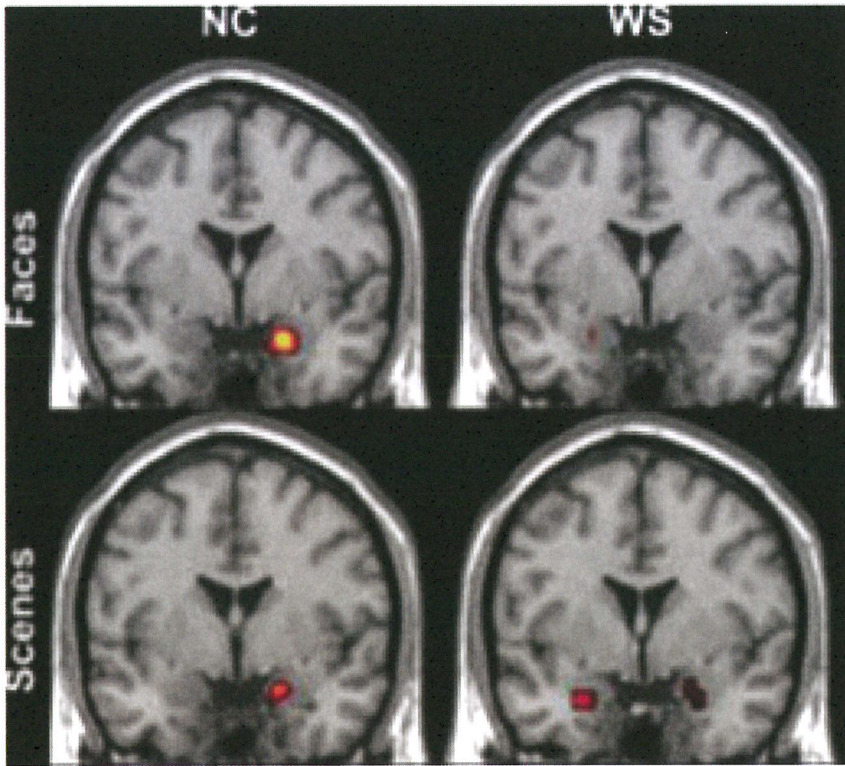


Figura 4. Sindrome di Williams (WS): attivazione dell'agmidala nel riconoscimento di luoghi (scenes), ma non di persone (faces).

(figure di sinistra, NC). Tale carattere della memoria è anche articolato con la grande attenzione che fin dalla nascita rivela il genere umano, ed analogamente anche la scimmia, che è quello dell'**istintiva capacità di imitazione**, non solo dei movimenti dei muscoli facciali (coinvolti nelle espressioni), ma anche dei gesti o dei comportamenti (fig. 5).

Questa automatica capacità verrà ripresa per altri significati anche più avanti. Come si può intuire, la memoria è anzitutto una registrazione di contenuti non in modalità indifferente, ma nella maggior parte dei casi i contenuti sono registrati con una aggiunta percepita o attribuita dallo stesso soggetto, di natura emotiva, come quella captata dal tipo di espressione visiva o di associazione piacevole o dolorosa recepita. La registrazione in memoria di movimenti osservati o realizzati è accompagnata anche da rilievi contestuali quali la finalità di quel movimento, il significato di un gesto e lo scenario di quell'at-



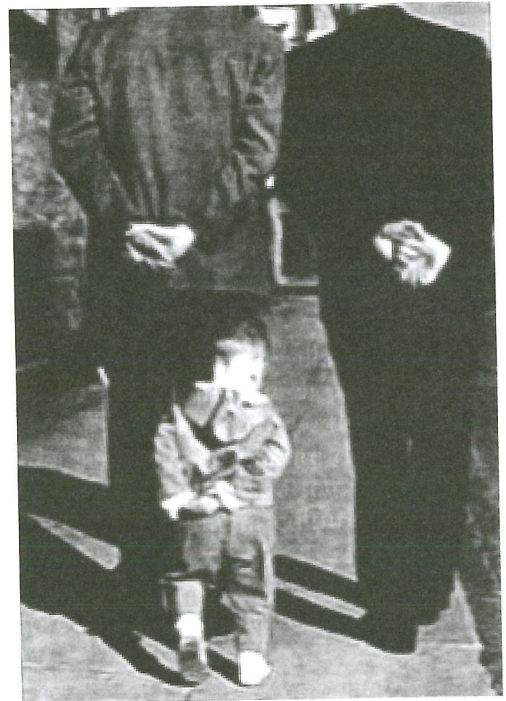


Figura 5. Negli umani e nei primati la capacità di imitare le espressioni dei volti che i neonati vedono fin dalla prime fasi della vita è ben nota, anche per il senso delle espressioni: sorpresa, disgusto, sorriso (a sinistra), e inoltre dei gesti o comportamenti caratterizzati dalle abitudini.

to. Non solo, ma per questo motivo la ripetizione di un dato movimento registrato in un preciso contesto è influenzata e dominata dalla relativa intenzione: in altri termini la presa di un oggetto anche se non completata viene assegnata allo scopo percepito nel contesto e non ad altro: una mela brandita richiama alla memoria un significato di rapida sottrazione se è in competizione con altro concorrente anziché soltanto una presa per soddisfazione di un desiderio dell'attore. Dunque a prevalere è il significato del contesto sociale su altri possibili finalità (7).

## Dolore e piacere nella memoria

Una caratteristica fondamentale della memoria è la **caratterizzazione in piacere-non piacere**. Possiamo sintetizzare che il piacere deriva da una soddisfazione che si genera all'appagamento di stimoli fisici o più spirituali che vengono trasmessi alla coscienza che genera godimento, contentezza o compiacimento. Ma esistono dei neuroni o aree corticali dell'innamoramento?, ovvero quali sono i **circuiti neuronali del piacere**? Per contro, esiste un **meccanismo del dolore**? Gli stimoli percepiti come dolorosi eccitano questa qualità in una rete di sedi cerebrali che possiamo chiamare **Matrice del dolore** che comprende: 1) il talamo, 2) la corteccia del giro cingolato anteriore, 3) l'insula, 4) una zona corticale somatosensoriale primaria e 5) una somatosensoriale secondaria, come si può dimostrare con PET o fMR (8).

Un altro meccanismo cerebrale è costituito da particolari circuiti che costituiscono una **Via dopaminergica del piacere o della gratificazione**: alla base dell'encefalo, nelle regioni più mediali, esistono due nuclei simmetrici chiamati uno **Sostanza nera** e l'altro **Area tegmentale ventrale** che si pongono a ponte tra le vie sensoriali dalla periferia (cute, organi ecc.) e aree corticali o altri nuclei basali. Le connessioni e la trasmissione degli stimoli avvengono mediante la liberazione di Dopamina (fig. 6), che costituisce il mediatore chimico delle sinapsi tra i neuroni per la trasmissione di segnali ed esperienze del piacere. Quando ciò avviene, le aree cerebrali coinvolte in questa rete si attivano e vengono documentate con l'imaging fRM o PET. Anche le sensazioni spiacevoli attivano queste reti con stimoli diversi. Si realizzano anche con eccitazione della memoria per il dolore proprio e altrui. Osservare facce disgustate o annusare odori sgradevoli attiva lo stesso gruppo di strutture cerebrali (insula e giro cingolato anteriore) (9). Analogamente viene attivata la corteccia somatosensoriale secondaria sia quando il soggetto viene toccato da qualcosa, sia quando osserva qualcuno essere toccato dallo stesso oggetto

## VIA DOPAMINERGICA DEL PIACERE O DELLA GRATIFICAZIONE

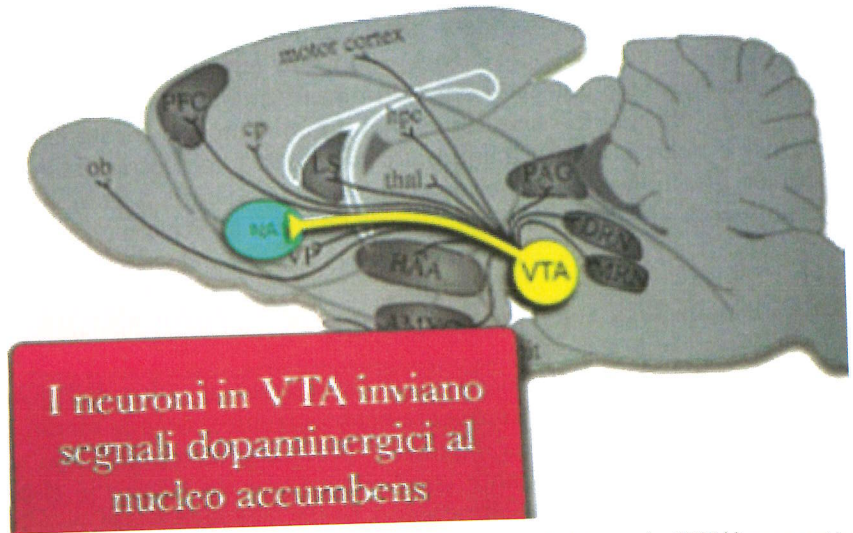


Figura 6. Alla base dell'encefalo l'Area Tegmentale Ventrale (VTA) trasmette al nucleo Accumbens (NA) gli stimoli periferici piacevoli ricevuti per segnali operati con Dopamina: i collegamenti tra le aree corticali (PFC pre-frontal cortex, motor cortex, orbital cortex(ob) e altri nuclei amigdala (AMY) e talamo(thal) con NA e con VTA sono alla base di una rete del piacere.

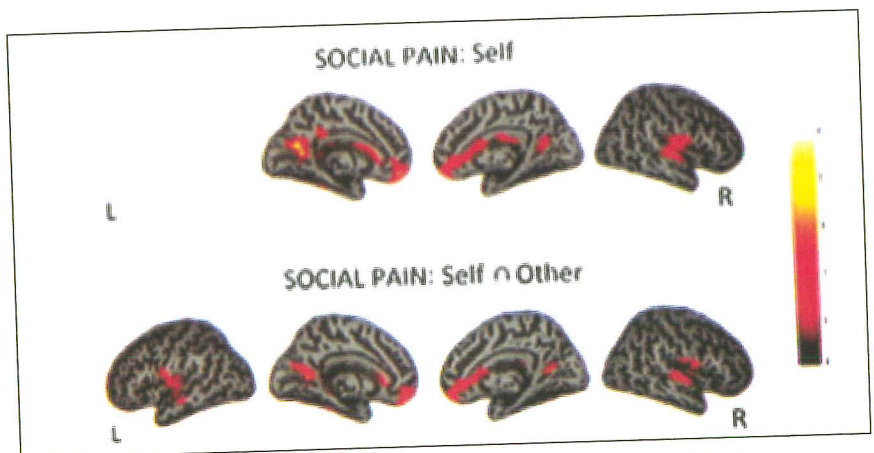


Figura 7. Nel «social pain» si attivano le stesse aree per il dolore provato sia dal soggetto stesso sia dall'altro osservato.

(10). Questo meccanismo della memoria, che viene indicato come **contagio emotivo**, è molto importante nella organizzazione del nostro encefalo ed è alla base dei nostri comportamenti compresi nella socialità e sue alterazioni (fig. 7).

Non è difficile comprendere pure che le archiviazioni della memoria siano trainanti anche di un significato emozionale di ciò che vediamo: un volto, una scena possono avere un richiamo indifferente, neutrale, se così è stato sperimentato; ma assumono un significato positivo o negativo se è avvenuto con situazioni, volti e rappresentazioni positive (piacevoli) o negative (spiacevoli, violente...). Il richiamo alle influenze delle rappresentazioni teatrali è intuitivo.

### La base neurologica della socialità e teoria della mente

Il neonato, dimostrando di essere interessato al volto dell'altro, ed in particolare di chi ha frequentemente a fronte, come la mamma, rivela di possedere fin dalla nascita un pre-adattamento genetico ad agire ed interagire attivamente con l'altro, tanto da imitare le altrui espressioni (v. sopra). Così il neonato rivela una preferenza percettiva per gli stimoli sociali cioè una **spinta sociativa**. Detto in breve, anche su questa base si è venuta a creare una teoria, la **teoria della mente** (11), che può essere spiegata come l'abilità a rappresentare gli stati mentali propri o di altre persone: desideri, intenzioni, disposizioni, sensazioni, sentimenti e (!) convinzioni. La teoria della mente si avvale anche di altre prove avanzate: 1-comprensione della simulazione o realtà delle emozioni, 2-comprendere il sarcasmo o comunque una situazione di "bluff", 3-rendersi conto di gaffe o passi falsi quali frasi inopportune o affermazioni indelicate. Lo "spirito" di socialità dell'uomo si manifesta su **due principali forme** (tab. III):

Tabella III. Componenti della SOCIALITÀ umana.

a) **cognizione sociale: Orientamento; Interesse; Consapevolezza; Percezione; Comunicazione; Adattamento sociale.**

b) **motivazione sociale: "Curiosità"-Preferenza per i segnali sociali vs i non sociali; Sguardo dell'altro e Risposta all'altro se viene richiamata l'attenzione; Il soggetto si accorge se l'altro è interessato a qualcosa e vi rivolge anche la sua attenzione, prende l'iniziativa nell'agganciare l'altro in gioco cooperativo, si lascia facilmente agganciare in un gioco cooperativo.**

Le assenze o le marcate riduzioni, se di cognizione sociale, producono la incompetenza cognitiva, se di spinta sociativa, inducono un **deficit sociale**, che viene considerato l'elemento caratterizzante e patognomonico dello Spettro Autistico caratterizzato dalla compromissione della empatia.

**Empatia.** L'empatia rientra nella consapevolezza sociale, cioè nella naturale tendenza che permette di rendersi conto delle emozioni degli altri riconoscendole (12) e captandole ("sentendole"). La sua comparsa nel comportamento umano è assai precoce: il bambino fin dai primi mesi/anni di vita rivela una capacità di condividere e coordinare l'attenzione con un partner sociale. L'attenzione congiunta si realizza attraverso un contatto oculare, uno sguardo alternato, il monitoraggio dello sguardo, l'indicare con il dito, il porgere o il mostrare con le mani qualcosa. L'empatia si distingue in tre tipologie: 1- cognitiva, 2- motoria, 3- emozionale, in funzione dell'ambito nel quale è sollecitata.

**Autismo.** L'assenza o la carenza di empatia si riconosce nell'autismo, anzi nello spettro delle situazioni autistiche di varia forma e gravità, inclusa anche una forma analoga denominata sindrome di Asperger. La caratteristica comune è la difficoltà di apprezzare o sentire gli stati mentali dell'altro. L'imaging documenta in questi soggetti una differente attivazione della rete sociale cognitiva rispetto a quella delle persone normali e sul meccanismo di realizzazione neurologica si tenta di riconoscere le differenti tipologie, non solo dell'adulto, ma anche del giovane autistico. Il bambino autistico si rivela precocemente perché dimostra scarsa capacità di imitare l'altro (ad esempio il genitore) e organizza il proprio gioco autonomamente non imitando o ripetendo quanto mostrato o suggerito dall'altro.

---

### **Estensione degli studi d'imaging nei soggetti affetti da deficit neurogeni**

Molto forte è la discussione sulla possibilità di documentare deficit funzionali e/o anatomici non solo nelle patologie psichiatriche ma anche in quelle dei comportamenti d'interesse penale. La dimostrazione di assenza o meglio "atrofia" di alcune aree, circonvoluzioni cerebrali, o di carenti o ridotte connessioni fra specifiche sedi corticali, come ad esempio tra quelle fronto-parietali, viene assunta a spiegare comportamenti individuali alterati o penalmente perseguibili. Le potenziali cause ricercate per spiegare l'esistenza dei meccanismi neurologici responsabili alla base sono: rilievo di alterazioni del rapporto di spessore della sostanza grigia/sostanza bianca cerebrale mediante una analisi automatica sulle immagini di SRM dell'encefalo, oppure l'esistenza di anomalie genetiche (o presenza di marker) familiari, oppure l'esistenza di masse (tumori) cerebrali realizzanti deficit di peculiari funzioni cerebrali. Si è sviluppata anche una particolare disciplina con forte componente neurologica denominata **neuroetica** (13; 14; 15), con lo scopo, molto discusso, di dimostrare una responsabilità anatomica-funzionale neurologica delle alterazioni di comportamento sociale incluse le responsabilità penali (16). Tali scottanti

argomenti, posti tra gli ambiti della psicologia, della medicina, e del diritto penale sono stati oggetto di uno degli incontri-tornate-promossi dall'Accademia Olimpica (28 febbraio 2013).

## Non definitive conclusions

Nel titolo – e nella palese intenzione di chi scrive – è presente anche l'obiettivo “pensiero” che potrebbe apparire un po' velleitario, ma che, a considerare bene, con i metodi di studio disponibili o in corso stiamo raggiungendo. È acquisito ormai che fra le componenti del pensiero sono divenute analizzabili la gran parte delle modalità realizzatrici. Manca l'estrazione del contenuto: sappiamo come formiamo e sviluppiamo gli atti del pensiero, ma non leggiamo ancora il contenuto. Anche nell'identificare la bugia siamo già a buon punto (ma qui non se ne è parlato): possiamo distinguere l'espressione vera da quella falsa del pensiero, ma non identifichiamo il suo oggetto. L'ultimo schema dei vari step raggiunti sembra confortare su queste provvisorie conclusioni: possiamo intuire e dimostrare il ragionamento, a volte prevedere il giudizio, ma non ancora il “voûç” greco cioè il concetto (tab. IV):

Tabella IV. v Sensazione (esperienze sensoriali) v

---

Percettivo > Esecutivo > Immaginario > Associativo > Affettivo > Volitivo v  
 P E N S I E R O < Giudizio < Concetto <

---

## Bibliografia

1. LEGRENZI P., *La mente*, Bologna, Il Mulino, 2002.
2. LEGRENZI P.-UMILTÀ C., *Neuro-mania, Il cervello non spiega chi siamo*, Bologna, Il Mulino, 2009.
3. Tornate accademiche: «Oltre il visibile» (15 marzo 2007); «Il pensiero invisibile» (2010); «Essere responsabili del proprio cervello» (23 febbraio 2013); «Vedere, fare, rivivere» (3 maggio 2014).
4. SCOTT HFARO, FEROZE BMOHAMED, *BOLD fMRI*, New York, Springer, 2010.
5. JEFFREY RBINDER, *fMR of Language Systems*, in *BOLD fMRI*, cit., pp. 183-213.
6. RIZZOLATI G.-CRAIGHERO L., *The mirror-neuron system*, «Ann Rev Neurosci», 2004, 27: 169-192.

7. BECCHIO C.-CAVALLO A.-BEGLIOMINI C.-SARTORI L.- FELTRIN G.-CASTIELLO U., *Social grasping: From mirroring to mentalizing*, «Neuroimage», 2012, 61: 240-248.
8. BINGEL U.-TRACEY I., *Imaging CNS modulation of pain in humans*, «Physiology», 2008, 23: 371-380.
9. WICKER B. ET AL., *Both of us disgusted in My Insula: the common neural basis of seeing and feeling disgust*, «Neuron», 2003, 40: 655-664.
10. KEYSERS C. ET AL., *A touching sight: SII/PV activation during the observation and experience of touch*, «Neuron», 2004, 42:335-346.
11. PREMACK D.-WOODRUFF G., *Does the chimpanzee have a theory of mind?*, «Sciences», 1978, 1(4): 515-526.
12. SIMON BARON-COHEN, *La scienza del male. L'empatia e le origini della crudeltà*, Milano, Cortina, 2012.
13. GAZZANIGA MICHEL S., *La mente etica*, Torino, Codice, 2006.
14. LAVAZZA A.-SARTORI G., *Neuroetica*, Bologna, Il Mulino, 2011.
15. CORBELLINI G.-SIRGIOVANNI E., *Tutta colpa del cervello*, Milano, Mondadori Education, 2013.
16. SARTORI G.-LAVAZZA A.-SANMICHIELI L., in cit. LAVAZZA-SARTORI 2011, pp. 136-163.

