

Editoriale

Localizzare nel cervello le funzioni cognitive

Carmela Morabito, Gloria Galloni e Mattia Della Rocca

Riassunto I modelli adottati nella neuropsicologia per indagare le funzioni cognitive in relazione alle loro basi neurali sono il risultato tangibile di un processo che, lungo un secolo e mezzo di storia, ha coinvolto a pieno titolo medici, psicologi, neurobiologi e filosofi della mente. Oggi, le nuove criticità e i punti di forza dei paradigmi di ricerca attuali necessitano di una profonda e fertile integrazione tra le riflessioni teoriche, i dati clinici e le acquisizioni sperimentali provenienti da diverse discipline, ma anche di un processo di storicizzazione in grado di creare consapevolezza della complessità di un tema tanto dibattuto e controverso. La sezione *Studi* di questo volume di *Rivista Internazionale di Filosofia e Psicologia* propone una selezione dei contributi presentati nel convegno *La Mente nel Cervello*, svoltosi nel dicembre 2011 presso l'Università di Roma "Tor Vergata" in occasione del 150° anniversario della scoperta dell'area del linguaggio articolato da parte di Paul Broca. I lavori proposti in questa sezione presentano riflessioni storico-epistemologiche legate alla nascita delle neuroscienze, contributi inerenti il linguaggio e le sue basi neurobiologiche, una esposizione ragionata delle nuove acquisizioni cliniche e sperimentali nel campo delle neuroscienze in relazione alle funzioni linguistiche.

PAROLE CHIAVE: Storia della neuropsicologia; Facoltà del linguaggio; Paul Broca; Modelli della mente; Neuropsicologia cognitiva.

Abstract *Localizing the Cognitive Functions in the Brain* – Current neuropsychological models for investigating the neural bases of cognitive functions are the product of continuous development over the past 150 years involving medical doctors, psychologists, neurobiologists and philosophers of mind. To address issues arising from these models and to enhance their strengths, clinical data and experimental evidence must be integrated with broader theoretical reflections. Taking a historical perspective is also important in raising awareness of the complexity of the wide-ranging and controversial debates on these topics. The section *Studies* in this *Volume of Rivista Internazionale di Filosofia e Psicologia* offers a selection of the research presented at the conference *La Mente nel Cervello* which took place in December 2011 at the University of Rome "Tor Vergata" in celebration of the 150th anniversary of Paul Broca's discovery of the brain area responsible for articulated language. The papers included in this section offer historical-epistemological reflections on the origin of the neurosciences, various investigations into language and its neurobiological bases as well as critical examinations of new clinical and experimental findings on linguistic functions from the neurosciences.

KEYWORDS: History of Neuropsychology; Faculty of Language; Paul Broca; Models of Mind; Cognitive Neuropsychology.

C. Morabito - Dipartimento di Studi Umanistici - Università di Roma "Tor Vergata" (✉)

E-mail: carmela.morabito@uniroma2.it

G. Galloni - Dipartimento di Studi Umanistici - Università di Roma "Tor Vergata"

E-mail: gloria.galloni@uniroma2.it

M. Della Rocca - Dipartimento di Studi Umanistici - Università di Roma "Tor Vergata"

E-mail: mattia.dellarocca@gmail.com



Molti avrebbero la pretesa che la psichiatria indicasse il centimetro quadrato o il millimetro cubo di sostanza nervosa dove succede il delirio, l'idea fissa, il perversimento degli affetti: ma ciò è un assurdo [...] Ad ogni idea, ad ogni emozione, prende parte tutto o quasi tutto l'organo cerebrale ed allora è evidente che prima di stabilire nel pazzo il punto preteso corrispondente alla lesione, sarebbe utile esaminare minutamente tutto il meccanismo, ma non il meccanismo arrestato dalla morte, bensì il meccanismo complicatissimo in istato di funzionalità attuale.¹

LE NEUROSCIENZE COGNITIVE CONTEMPORANEE sono in uno splendido “stato di grazia”, una fase esplosiva di rapido sviluppo con notata da potenti valenze euristiche per l'intero ambito della ricerca sulla mente e sul comportamento (filosofia e scienze cognitive ovviamente incluse).

Il *neuroimaging* ha consentito negli ultimi trent'anni di “entrare” nel cervello *in vivo* mentre “lavora” (o si inceppa) e di “vedere”, fuor di metafora, il corpo della mente,² o almeno parti importanti di corpo attivate in una dimensione interattiva e complessa per l'esecuzione di una funzione cognitiva e/o comportamentale. Il «meccanismo complicatissimo in istato di funzionalità attuale».³

È interessante e appassionante, per uno storico del pensiero scientifico, segnatamente della psicologia e delle sue intrinseche connessioni con la ricerca sul sistema nervoso, guardare allo sviluppo storico delle teorie e dei modelli di riferimento, i paradigmi, che nell'arco di circa 150 anni hanno consentito l'esplorazione della mente nelle sue basi biologiche, in primo luogo nei suoi rapporti col cervello. Rapporti che Gall aveva solo ipotizzato all'inizio dell'Ottocento, che Broca ha individuato e dimostrato nella seconda metà del secolo, e che poi – lungo tutto il Novecento – sono andati chiarendosi sempre più.

Si assiste così, da una prospettiva storico-epistemologica, al continuo modificarsi del pensiero in funzione degli sviluppi della tecnica e dell'indagine clinica e sperimentale, in una dialettica di “localizzazione/antilocizzazione”

che nel corso dei decenni si è lentamente trasformata in quella tra una localizzazione tradizionale e una localizzazione dinamica, diffusa potremmo dire, di funzioni altamente complesse che impegnano molte e diverse parti dell'organo cerebrale, ove non direttamente l'intero organismo come sistema.⁴

La storia delle idee chiaramente dimostra come un'ipotesi si definisce, prende forma nel tempo, si diffonde o si eclissa, magari per poi riaffermarsi con forza nuova e diversa: è una dinamica che vediamo all'opera nel caso dell'ipotesi di una localizzazione delle funzioni cerebrali, e nello specifico, della possibilità di localizzare le funzioni cognitive. L'idea si pone in ambito filosofico e speculativo con la *frenologia*, fragile in quanto priva di evidenze empiriche scientificamente accettabili, si eclissa per alcuni decenni (restando però come unico dispositivo interpretativo possibile per i dati della clinica) fino a riaffiorare, come un fiume carsico, sulle solide basi anatomiche e cliniche dell'opera di Broca. E assume i contorni di un vero e proprio paradigma attraverso la legittimazione clinica e sperimentale prodotta dal lavoro e dalle ricerche di studiosi quali Jackson e Ferrier nella seconda metà dell'Ottocento e tutti i cartografi che nel primo Novecento lavorano poi alla individuazione, anche istologica, di specificità anatomiche e fisiologiche di aree corticali diverse, producendo la mappatura Brodmann ancora oggi considerata classica⁵ e il noto *homunculus* sensoriale e motorio.⁶

Poi, come in tutto l'ambito delle molte ricerche interdisciplinari che convergono e si intersecano nello studio delle basi neurobiologiche delle funzioni cognitive e del comportamento, a partire dagli anni Settanta e Ottanta⁷ qualcosa si impone a sfumare i contorni di un modello localizzazionistico “ingenuo” che lega funzioni specifiche ad aree altrettanto specifiche e delimitabili, poiché diventa sempre più evidente come la natura complessa e sistemica dell'organismo, del suo sistema nervoso, della mente come supremo strumento adattativo, produca e al tempo stesso richieda una fitta interconnessione funzionale e al contempo una elevatissima plasticità.⁸

Si introducono così i concetti di neuroplasticità⁹ e di variabilità individuale, di pari passo col riconoscimento della complessità e della potenza dell'impatto del contesto e della storia, del tempo che passa e del vissuto individuale, su un organo, il sistema nervoso, costitutivamente caratterizzato dalla apertura alle modifiche prodotte dalla cultura e dall'esperienza (*external scaffolding*, nella terminologia delle nuove filosofie della mente come sistema dinamico).¹⁰

Così come l'epigenetica contemporanea ridisegna il concetto stesso di gene e richiede nuove metafore, dal "programma" genetico alle "ricette",¹¹ in maniera analoga e potente il nostro cervello si rivela plastico in misura sorprendente e aperto all'influenza "formatrice", plasmante, dell'esperienza individuale e della cultura.¹² Fino a produrre circuiti funzionali e percorsi neuronali specifici che cambiano nel tempo, interagiscono e si sovrappongono, in funzione del contesto ambientale, culturale, esperienziale.¹³

Anche nella patologia, quando percorsi funzionali si inceppano o si interrompono, il cervello può "vicariare" aprendo nuove vie, o utilizzandone di già esistenti per scopi nuovi e diversi. E il recupero funzionale nei pazienti neuropsicologici mostra chiaramente gli ampi margini di plasticità del nostro organo cerebrale, la stessa plasticità che su scale temporali diverse, evolutive, ha consentito per esempio il cosiddetto "riciclaggio neuronale" – teorizzato tra gli altri da Deheane¹⁴ – a proposito di basi neurali e specificità funzionali corticali che hanno prodotto in *Homo Sapiens* per esempio le aree del linguaggio verbale.¹⁵

Guardare a questi sviluppi delle nostre conoscenze neuropsicologiche e neurobiologiche da una prospettiva storica è particolarmente utile da un lato per un solido *assessment* del cosiddetto stato dell'arte, tanto nei suoi aspetti problematici quanto nei suoi punti di forza, dall'altro per una riflessione epistemologicamente fondata su possibili linee di sviluppo e obiettivi possibili di una modellizzazione cognitiva e comportamentale. I modelli di riferimento, infatti, chiaramente si pongono a monte e a valle della pratica scientifica, tanto clinica quanto sperimentale.

Il grande "salto evolutivo" prodottosi a partire dagli anni Ottanta nelle conoscenze neuropsicologiche, cui ci si riferiva in apertura del presente saggio, può essere adottato come un chiaro *case-study*, semplice ed elegante, proprio del nesso forte e costitutivo tra teorie e pratiche scientifiche, e della relazione profonda e dialettica che lega – di più, vincola reciprocamente – dati clinici e sperimentali da leggere in un contesto teorico adeguato e ipotesi teoriche da ancorare a solide evidenze e dati di realtà.

La storia della neuropsicologia, infatti, tutta dimostra la difficoltà, quando non l'impossibilità, di individuare, rilevare e interpretare processi e funzioni cognitive senza disporre di dati solidi sui modi in cui esse drammaticamente si disgregano nelle molte forme della patologia. E ciò rende con forza l'idea della potente valenza euristica del dato clinico ove affiancato a ipotesi e modelli sul sistema cognitivo in generale.

D'altra parte, però, proprio e ancora la storia della neuropsicologia rende evidente la complessità e la profonda variabilità di qualsiasi quadro clinico, il sovrapporsi di strategie compensative a capacità residue, anch'esse certamente non meramente menomate come se fossero scomposte dalla malattia e private di singole parti o aspetti funzionali specifici, ma profondamente alterate, rimodulate potremmo dire, dal deficit e dall'esperienza quotidiana, dai modi in cui ciascun individuo, con la sua storia e il suo vissuto, si modifica continuamente nell'interazione con l'ambiente per il conseguimento dei propri obiettivi.

E ciò altrettanto chiaramente dimostra l'inadeguatezza di un'analisi basata solo sul dato clinico, sulla patologia, per la comprensione di un sistema complesso e plastico, profondamente dinamico, come quello cognitivo. Proprio qui, in questo nodo teorico prima che pratico, si colloca da un lato il grande impatto delle tecniche di *neuroimaging*, che consentono un salto della ricerca che la svincola da una dimensione esclusivamente patologica e la introduce sempre più in profondità nelle pieghe e nelle dinamiche della mente in generale, nei processi cognitivi dei soggetti cosiddetti normali. Riconoscendovi una profonda specificità individua-

le e al tempo stesso una sorta di “cablaggio” generale, specie-specifico.

Dall'altro lato, però, è proprio il dato così acquisito a dimostrare la drammatica insufficienza di tanti modelli teorici e la vitale necessità di nuovi strumenti interpretativi. Cosa visualizzano le tecniche di *imaging*?¹⁶ Come possiamo spiegare che si diano luoghi funzionali specifici nell'assolvimento di funzioni specifiche, luoghi chiaramente implicati tanto nel funzionamento quanto nelle disfunzioni di capacità cognitive anche molto complesse, e al tempo stesso, però, altrettanto chiaramente si rilevino ridondanze e sovrapposizioni, attivazioni multiple e spesso variabili da soggetto a soggetto?

E soprattutto, come integrare e interpretare teoricamente quanto di giorno in giorno va delineandosi su piani diversi, quello delle basi neurali dei processi cognitivi e quello più propriamente psicologico e neuropsicologico, centrato su processi e funzioni altamente integrate e costantemente coinvolte in un'opera di incessante scambio formativo con l'esperienza individuale?

I modelli, si diceva. Cornici teoriche che rendano possibile l'individuazione di un senso profondo nel fatto che sul piano neurale si rilevino aree specifiche, anche distanti tra di loro, impegnate nell'assolvimento di un compito, e implicate drammaticamente nell'impossibilità di assolverlo o nella fragile compensazione che consente al soggetto di vicariare come possibile, aggirando o contenendo il proprio deficit attraverso percorsi e strategie alternative sul piano funzionale.

Modelli che, dunque, affianchino o meglio integrino piano neurale e piano funzionale, psicologico, per la spiegazione del nostro complesso sistema cognitivo. Modelli funzionali della cognizione che al tempo stesso ne spieghino la performance nei termini della neuroanatomia sottostante.

In merito alla capacità straordinaria che il nostro cervello ha di vicariare funzioni danneggiate, per esempio, è infatti di estrema importanza che si giunga a individuare nella riorganizzazione funzionale la natura del processo residuo, al netto delle strategie di compensa-

zione che “oscurano” l'identità della funzione cognitiva originaria e del suo ruolo nell'architettura complessiva della mente.¹⁷

Altro punto di grande importanza è riuscire a distinguere tra funzioni danneggiate da una lesione e funzioni semplicemente disconnesse dal sistema funzionale complessivo. Infine, è necessario poter distinguere i deficit conseguenti ad una lesione specifica e quelli associati ad una ipoattivazione di aree diverse da quella danneggiata ma ad essa funzionalmente connesse.

I modelli “giusti”, allora, contempleranno tanto la consapevolezza del fatto che le lesioni sono profondamente, inevitabilmente, sempre individuali,¹⁸ quanto il riconoscimento dell'importanza critica, sul piano epistemologico, di porre le giuste domande scegliendo accuratamente i compiti in modo di isolare funzionalmente processi specifici e individuarne la localizzazione neurale. In questo senso, lo sviluppo delle nostre conoscenze sul cervello pressantemente richiede una rinnovata “filosofia della neuroscienza” che sia in grado di formulare modelli dinamici delle relazioni tra cervello e cognizione.

Se i primi modelli neuropsicologici, i contesti teorici di riferimento dell'opera di Broca, Wernicke, e di quanti alla fine dell'Ottocento presupponevano una localizzazione potremmo dire “semplice”, lineare (“diagrammatica” come si sostenne nell'opera per esempio di Lichtheim)¹⁹ delle funzioni cognitive, miravano alla individuazione di un nesso “uno a uno” fra funzione ed area corticale, nel tempo l'acquisizione di dati clinici sempre più numerosi e la possibilità di affiancarvi evidenze sperimentali sempre più chiare ha innescato infatti un processo di ripensamento profondo degli stessi modelli di riferimento. E ciò ha comportato un continuo processo teorico di rimodellizzazione dell'intero sistema cognitivo e del suo fondarsi nell'anatomia e nella fisiologia del cervello umano.

Un momento teorico dirimente in questo processo è la formulazione del concetto di “modulo” nell'opera di Fodor, del 1983.²⁰ La “modularità della mente” consente infatti di affiancare i dati clinici della neuropsicologia con le acquisizioni, soprattutto funzionali, del

neuroimaging e della psicologia cognitiva. Così, a partire dagli anni Ottanta, è in termini di moduli che si concepisce l'organizzazione funzionale del sistema cognitivo, e nei termini della lesione o disattivazione di moduli specifici si leggono le patologie neuropsicologiche nella loro a volte impressionante selettività.

Fodor però caratterizza un modulo attribuendogli una serie di tratti distintivi, quali l'incapsulamento informativo e la specificità di dominio, che lo sviluppo continuo e potente delle tecniche di *neuroimaging* rende problematico assumere *tout-court* come unità o elemento costitutivo del sistema cognitivo in tutte le sue articolazioni.²¹ E neppure le successive riformulazioni di un'architettura cognitiva pensata come massivamente modulare,²² che hanno consentito di cogliere la selettività di funzioni psicologiche più complesse di quelle periferiche considerate modulari da Fodor,²³ né le diverse posizioni critiche intermedie sono riuscite a superare i problemi teorici che sorgono nell'incontro con la clinica e con le tecniche di visualizzazione funzionale.²⁴

Quanto incapsulato può essere infatti il riconoscimento delle facce (al quale è preposta la FFA nel giro fusiforme del lobo temporale destro) rispetto per esempio al riconoscimento dell'espressione facciale o della voce, o come leggere in termini di dominio modulare le diverse competenze che insieme definiscono la nostra capacità linguistica? L'interconnessione, l'integrazione multisensoriale, non dovrebbero piuttosto avere un ruolo di primo piano nella modellizzazione di queste funzioni?²⁵

E come spiegare l'evidente "arricchimento culturale" dei presunti moduli cognitivi di base legati alle molte "conoscenze" ingenuie (dalla fisica ingenua alla psicologia ingenua) che caratterizzano la nostra architettura funzionale cognitiva?²⁶ Va forse ripensato il concetto di dominio? Forse le capacità cognitive specifiche per dominio caratterizzano solo l'impalcatura biologicamente determinata di un sistema tanto complesso e plastico, come il cervello umano, da definirsi poi e prendere forma continuamente diversa in funzione della cultura e dell'esperienza individuale, dunque del tempo e

della storia? E ancora, come conciliare innatismo e flessibilità adattativa?

Si pone poi la questione di una possibile dissociazione tra modularità funzionale e modularità anatomica:²⁷ per esempio, nel caso della memoria semantica, che si delinea come una funzione associativa distribuita,²⁸ pur basandosi evidentemente su diverse conoscenze rappresentate in aree diverse della corteccia. Oppure si pensi, per contro, al fatto che un incremento nella difficoltà di compiti differenti è generalmente associato ad una maggiore attivazione dei lobi frontali (in un contesto evidentemente non modulare).²⁹ Infine, anche solo su un piano logico ed epistemologico, specializzazione funzionale non equivale a modularità.³⁰

Nel complesso, i più recenti modelli adottati dalla neuropsicologia cognitiva sono caratterizzati dal presupposto di una profonda connettività e di una relazione uno-a-molti tra sistemi neurali e sistemi funzionali,³¹ e proprio questo ci sembra uno dei nodi teorici sui quali è utile centrare le ricerche di chi guarda da una prospettiva storica allo sviluppo delle neuroscienze: seguire le tracce del concetto di integrazione nella relazione dialettica tra localizzazione e antilocalizzazione che si è rivelata l'elemento propulsivo di tutte le conoscenze acquisite dal secondo Ottocento in poi sul nesso cervello-mente.

Oltre la cartografia, le mappe anatomiche e funzionali del cervello, ma al tempo stesso di pari passo con la loro messa a punto, l'integrazione è sempre stata additata come il tratto distintivo fondamentale del sistema nervoso e si rivela ogni giorno di più lo strumento potente per lo sviluppo filogenetico di funzioni sofisticate ("superiori") a partire da capacità di base del nostro sistema nervoso.³²

E approfondire le nostre conoscenze sulla straordinaria complessità cerebrale, fondamentalmente basata su integrazione e plasticità, avrà evidenti importantissime ricadute anche sulla qualità della vita, sulla salute e sulle prospettive di recupero funzionale a seguito dei disturbi cognitivi e comportamentali più diversi. In questo risiede uno dei motivi di grande interesse, e di fascino, delle neuroscienze cogni-

tive contemporanee.³³

Per una comprensione neurobiologicamente fondata della nostra architettura cognitiva occorre dunque una nuova e continua messa a punto di concetti esplicativi e strumenti interpretativi che offrano risposte compatibili con lo sviluppo delle conoscenze neuroscientifiche a interrogativi che, anch'essi, nel tempo, vanno continuamente modificandosi.

Sono interrogativi, sfide diremmo, che le neuroscienze cognitive oggi pongono agli studiosi della mente e del comportamento. Interrogativi che ripensare la storia delle nostre conoscenze, compresi accidenti e incidenti che ne hanno scandito lo sviluppo, può essere utile a mettere a fuoco e magari a risolvere.

Note

¹ E. MORSELLI, *Lezioni dettate dal Chiar.mo Prof. E. Morselli raccolte per cura degli studenti U. Filippa e C. Mussatti*, Lit. F.lli Berter, 1887-1888, p. 14.

² Con l'espressione "corpo della mente" ci si riferisce ai recenti (e non) approcci che teorizzano una mente situata e incorporata, "embodied and embedded", di pari passo con un'epistemologia radicalmente naturalizzata. Il *neuroimaging* ha dispiegato infatti le sue grandi valenze euristiche a partire dagli anni Ottanta di pari passo con lo sviluppo del paradigma filosofico e psicologico della *embodied cognition* (si vedano, per esempio, L.W. BARSALOU, *Perceptual Symbol Systems*, in: «Behavioral and Brain Sciences», vol. XXII, n. 4, 1999, pp. 577-609; A. BERTHOZ, *Le Sens du Mouvement*, Odile Jacob, Paris 1997; A.M. BORGHI, *Object Concepts and Embodiment: Why Sensorimotor and Cognitive Processes Cannot be Separated*, in: «La nuova critica», n. 49-50, 2007, pp. 90-107; J.J. PRINZ, *Furnishing the Mind*, MIT Press, Cambridge (MA) 2002; B. HOMMEL, J. MÜSSELER, G. ASCHERSLEBEN, W. PRINZ, *The Theory of Event Coding (TEC): A Framework for Perception and Action Planning*, in: «Behavioral and Brain Sciences», vol. XXIV, n. 5, 2001, pp. 849-878). In una prospettiva ecologica (cfr. J.J. GIBSON, *The Ecological Approach to Visual Perception*, Houghton Mifflin, Boston 1979) l'organismo come sistema è indagato nella sua continua interazione adattativa con l'ambiente e se ne presuppone la reciproca modificabilità funzionale. Il vivente è sempre "situato" e integrato, la mente è "in-

corporata", dinamica e plastica, il corpo è parte attiva nei processi cognitivi e il cervello è al centro di continui scambi informativi e "formativi" (interni ed esterni al corpo) che ne caratterizzano la dimensione profondamente storica e culturale in funzione dell'esperienza individuale (L.W. BARSALOU, *Grounded Cognition*, in: «Annual Review of Psychology», vol. LIX, August 2008, pp. 617-645; A. CLARK, *Being There: Putting Brain, Body and World Together Again*, MIT Press, Cambridge (MA) 1997). "Vedere" i *pattern* di attivazione cerebrale e il loro modificarsi, così la loro anche rilevante variabilità individuale, da un lato ha fornito evidenze cliniche e sperimentali di questo modello teorico di riferimento, dall'altro lo ha presupposto e poi a sua volta corroborato come dispositivo interpretativo nei confronti della mente e del comportamento.

³ E. MORSELLI, *Lezioni dettate dal Chiar.mo Prof. E. Morselli raccolte per cura degli studenti U. Filippa e C. Mussatti*, cit., p. 14.

⁴ Interessanti osservazioni sulla dialettica fra teoria e pratica scientifica, con particolare attenzione alle neuroscienze e ai tempi di sviluppo e/o modifica del loro paradigma localizzazionistico di riferimento sono in P. BACH Y RITA, *Emerging Concepts of Brain Functions*, in: «Journal of Integrative Neuroscience», vol. IV, n. 2, 2005, pp. 183-205: «the neurosciences are slower to shift paradigms than other fields [...] this may be due to the absence or an appreciation for theory and hypotheses» (p. 186). Sulla storia della localizzazione delle funzioni cognitive cfr. C. MORABITO, *La mente nel cervello. Un'introduzione storica alla neuropsicologia cognitiva*, Laterza, Roma-Bari 2004.

⁵ K. BRODMANN, *Brodmann's "Localisation in the Cerebral Cortex"*, Smith-Gordon, London 1909.

⁶ W. PENFIELD, T. RASMUSSEN, *The Cerebral Cortex of Man. A Clinical Study of Localization of Function*, Macmillan, New York 1957.

⁷ Sul piano teorico già negli anni Settanta del secolo scorso, lo si è visto, Lurija teorizza una diversa concezione della localizzazione delle funzioni cognitive basandosi sul concetto sviluppato da Vygotskij di "sistema extracorticale" proprio per indicare la natura dinamica e culturalmente determinata di molti percorsi neurali soggiacenti alle funzioni cognitive.

⁸ Cfr. E.R. KANDEL, J.H. SCHWARTZ, T.M. JESSEL, *Principles of Neuroscience*, Elsevier, New York 1991 (trad. it. *Principi di neuroscienze*, a cura di V.

PERRI, G. SPIDALERI, Ambrosiana, Milano 2007, p. 1162): «è perciò altamente improbabile che le basi nervose di una qualsiasi funzione cognitiva come il pensiero, la memoria, la percezione e il linguaggio possano venir comprese concentrando l'attenzione soltanto su una certa regione cerebrale senza considerare i rapporti di quella regione con altre».

⁹ Di “rivoluzione neuroplastica” si parla in G. MARCUS, *The Birth of the Mind. How a Tiny Number of Genes Creates the Complexities of Human Thought*, Basic Books, New York 2004 (trad. it. *La nascita della mente. Come un piccolo numero di geni crea la complessità del pensiero umano*, traduzione di L. TANCREDI BARONE, Codice, Torino 2004).

¹⁰ Cfr. A. CLARK, *Embodiment and the Philosophy of Mind*, in: A. PERUZZI (ed.), *Mind and Causality*, John Benjamins, Amsterdam 2004, pp. 35-52.

¹¹ Cfr. G. MARCUS, *The Birth of the Mind*, cit.

¹² Cfr. G.M. EDELMAN, *Bright Air, Brilliant Fire*, Basic Books, New York 1992 (trad. it. *Sulla materia della mente*, traduzione di S. FREDIANI, Adelphi, Milano 1995); G.M. EDELMAN, *Second Nature: Brain Science and Human Knowledge*, Yale University Press, New York 2006 (trad. it. *Seconda natura. Scienza del cervello e conoscenza umana*, traduzione di S. FREDIANI, Cortina, Milano 2007); L. MAFFEI, *La libertà di essere diversi. Natura e cultura alla prova delle Neuroscienze*, Il Mulino, Bologna 2011.

¹³ Oggi sappiamo che le mappe cerebrali sono multiple e dinamiche: la corteccia visiva, per esempio, contiene mappe plurime e sovrapposte di caratteristiche diverse di uno stimolo, si parla in questo caso di *protomaps* che compongono una *polymap* (R.L. SAVOY, *History and Future Directions of Human Brain Mapping and Functional Neuroimaging*, in: «Acta Psychologica», vol. CVII, n. 1-3, 2001, pp. 9-42). In merito alle variazioni individuali, il riferimento classico è alle modifiche, per esempio nelle aree motorie, che si producono con l'esperienza nei musicisti, o nei tassisti, oppure a quanto accade negli amputati (R. CHEN, L.G. COHEN, M. HALLETT, *Nervous System Reorganization Following Injury*, in: «Neuroscience», vol. CXI, n. 4, 2002, pp. 761-773). E l'interconnettività massiva che caratterizza il cervello si riferisce in particolare alla complessa rete di nodi e connessioni corticocorticali e corticotalamiche: «the representational capacity and inherent function of any neuron, neuronal population, or cortical area in the brain is dynamic and con-

text sensitive. Functional integration, or interactions among brain systems, that employ driving (bottom-up) and backward (top-down) connections mediate this adaptive contextual specialization» (K. FRISTON, *Beyond Phenology: What can Neuroimaging tell us about Distributed Circuitry*, in: «Annual Review of Neuroscience», vol. XXV, n. 1, 2002, pp. 221-250, citazione a p. 247).

¹⁴ S. DEHEANE, *Les neurones de la lecture*, Jacob, Paris 2007 (trad. it. *I neuroni della lettura*, traduzione di C. SINIGAGLIA, Cortina, Milano 2009). Si basano sullo stesso assunto teorico le teorie sull'origine motoria del linguaggio (cfr. G. RIZZOLATTI, M.A. ARBIB, *Language Within our Grasp*, in: «Trends in Neuroscience», vol. XXI, n. 5, 1998, pp. 188-194; M. CORBALLIS, *From Hand to Mouth. The Origins of Language*, Princeton University Press, 2002; M. GENTILUCCI, M. CORBALLIS, *From Manual Gesture to Speech: A Gradual Transition*, in: «Neuroscience and Biobehavioral Reviews», vol. XXX, n. 7, 2006, pp. 949-960).

¹⁵ Sulla “ricomposizione funzionale” sul piano cognitivo di aree precedentemente specializzate per compiti senso-motori di base, cfr. le recenti teorie sulle basi motorie della conoscenza e sul nesso percezione-azione si veda G. RIZZOLATTI, V. GALLESE, *From Action to Meaning. A Neurophysiological Perspective*, in: J.-L. PETIT (ed.), *Les neurosciences et la philosophie de l'action*, Vrin, Paris 1997, pp. 217-229.

¹⁶ J. HOHWY, *Functional Integration and the Mind*, in: «Synthèse», vol. CLIX, n. 3, 2007, pp. 315-328: «mapping doesn't tell us about what goes on in and between the mapped areas».

¹⁷ Va sottolineato, inoltre che ci sono almeno tre modi in cui può verificarsi un recupero funzionale: 1) tramite l'attivazione di regioni perilesionali, che si mostrano in grado di svolgere processi precedentemente supportati da un maggior numero di neuroni; 2) per riorganizzazione neuronale, nel caso in cui la stessa architettura cognitiva può realizzarsi tramite strutture neuronali diverse; 3) per riorganizzazione cognitiva, se viene sviluppata una strategia cognitiva diversa per ovviare al deficit.

¹⁸ È la nota questione epistemologica legata ai cosiddetti *single case studies*. Cfr. G.W. HUMPHREYS, C.J. PRICE, *Cognitive Neuropsychology and Functional Brain Imaging: Implications for Functional and Anatomical Models of Cognition*, in: «Acta Psychologica», vol. CVII, n. 1-3, 2001, pp. 119-153: «lesions suffered by patients, after all, are subject to the vagaries of nature, and need not

respect the functional boundaries between cognitive processes» (p. 120).

¹⁹ L. LICHTHEIM, *On Aphasia*, in: «Brain», VII, 1985, pp. 433-484.

²⁰ J.A. FODOR, *Modularity of Mind: An Essay on Faculty Psychology*, MIT Press, Cambridge (MA) 1983. Nel modello fodoriano dell'architettura della mente, le unità funzionali, i moduli, sono dispositivi computazionali specializzati per domini cognitivi specifici e caratterizzati da una serie di altre specificità funzionali: l'innatismo che ne determina presenza e sviluppo universali durante l'ontogenesi, l'obbligatorietà dell'attivazione in presenza di uno specifico input, la velocità nella produzione di output specifici e superficiali, nonché la localizzazione nel contesto di un'architettura neuronale fissa (cui corrisponde la specificità e selettività di molti disturbi neuropsicologici).

²¹ J.J. PRINZ, *Is the Mind Really Modular?*, in: R. STAINTON (ed.), *Contemporary Debates in Cognitive Sciences*, Blackwell, Oxford 2006, pp. 22-36.

²² D. SPERBER, *In Defense of Massive Modularity*, in: E. DUPOUX (ed.), *Language, Brain and Cognitive Development: Essays in Honor of Jacques Mehler*, MIT Press, Cambridge (MA) 2001, pp. 47-57; D. SPERBER, *The Modularity of Thought and the Epidemiology of Representations*, in: L. HIRSCHFELD, S. GELMAN (eds.), *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*, Cambridge University Press, Cambridge 1994, pp. 39-67.

²³ Si confronti sulla tematica anche la prospettiva neuropsicologica di Shallice in T. SHALLICE, *More Functionally Isolable Subsystems but Fewer "Modules"?*, in: «Cognition», vol. VII, n. 3, 1984, pp. 183-211.

²⁴ Il problema sembra nascere dal fatto che una lunga serie di studiosi continua a ripetere che, se di moduli si vuole parlare, le due caratteristiche sopra citate – incapsulamento e selettività – devono essere conservate (cfr. per l'incapsulamento P. CARRUTHERS, *The Case for Massively Modular Models of Mind*, in: R. STAINTON (ed.), *Contemporary Debates in Cognitive Science*, Blackwell, Oxford 2005, pp. 3-21; per la specificità di dominio M. COLTHEART, *Modularity and Cognition*, in: «Trends in Cognitive Sciences», vol. III, n. 3, 1999, pp. 115-120). Samuels, invece, tenta di modificare la teoria e critica Prinz (*Is the Mind Really Modular?*, cit.), opponendo una visione della modularità che non ci sembra più essere quella degli

iniziali propugnatori, una visione in cui la specificità per dominio e l'incapsulamento (i due elementi cardine da sempre) non sono più davvero specifici né incapsulati. Ma allora che senso a conservarne l'impalcatura generale? Il punto critico delle teorie modulari si rivela essere il meccanicismo associazionistico, così come lo era per i primi localizzazionisti, un modello che va superato nell'ottica dell'integrazione e della dinamicità proprie del nostro sistema nervoso centrale. Se di moduli si vuole continuare a parlare, sarà bene vedere in tale modello non altro che un'ipotesi di lavoro, una presa di posizione metodologica, come suggerito già nel 1988 da Semenza, Bisiacchi e Rosenthal (cfr. C. SEMENZA, P.S. BISIACCHI, V. ROSENTHAL, *A Function for Cognitive Neuropsychology*, in: G. DENES, C. SEMENZA, P.S. BISIACCHI (eds.), *Perspectives on Cognitive Neuropsychology*, Erlbaum, London 1988, pp. 3-30).

²⁵ Cfr. G. CALVERT, C. SPENCE, B.E. STEIN (eds.), *The Handbook of Multisensory Processing*, MIT Press, Cambridge (MA) 2004.

²⁶ I. ADORNETTI, *Buone idee per la mente. I fondamenti cognitivi ed evolutivi della cultura*, CUEC, Cagliari 2011.

²⁷ Cfr. M.A. ARBIB, *Modular Models of Brain Function*, in: «Scholarpedia», vol. II, n. 3, 2007, p. 1869 – URL: http://www.scholarpedia.org/article/Modular_models_of_brain_function

²⁸ Nel modello computazionale sviluppato da McClelland nel 1991, la conoscenza degli oggetti è basata su proprietà percettive e proprietà funzionali che interagiscono al momento del recupero mnemonico (in un processo dunque non modulare) pur essendo rappresentate al livello neurale in regioni cerebrali diverse che selettivamente danneggiate danno luogo a un'evidente dissociazione tra deficit percettivi e/o funzionali (in una prospettiva di modularità anatomica).

²⁹ J. DUNCAN, A.M. OWEN, *Common Regions of the Human Frontal Lobe Recruited by Diverse Cognitive Demands*, in: «Trends in Neurosciences», vol. XXIII, n. 10, 2000, pp. 475-483. Con le parole di Humphreys e Price: «neurons in these areas [of the frontal lobes] can be rapidly programmed "on line" to help support different tasks, perhaps even in different ways. Here there may be non-modularity at an anatomical level, but functional modularity at a cognitive level between contrasting tasks» (G.W. HUMPHREYS, C.J. PRICE, *Cognitive Neuropsychology and Functional Brain Imaging*, cit., p. 128).

³⁰ Cfr. J.J. PRINZ, *Is the Mind Really Modular?*, cit., p. 53: «I think the term “modularity” should be dropped because it implies that many mental systems are modular in Fodor’s sense, and that thesis lacks support. Cognitive scientists should continue to engage in functional decomposition, but we should resist the temptation to postulate and proliferate modules».

³¹ Cfr. J. HOHWY, *Functional Integration and the Mind*, cit., 2007, p. 318: «It is fundamental to brain function that each area of activity is connected to other areas, that the same area is recruited for parts of a number of different functions, and that all this interconnected activity happens in the context of relatively high levels of global brain activity. It is therefore highly unlikely that mind and cognition can be explained without recourse to neural interconnectivity and global modulatory context».

³² Si pensi al famoso *The Integrative Action of the Nervous System* pubblicato nel 1906 da Sherrington, che – è bene sottolinearlo – era allievo di Ferrier, il primo “cartografo” del cervello (cfr. C. MORABITO, *La cartografia del cervello. Il problema delle localizzazioni cerebrali nell’opera di David Ferrier, fra fisiologia, psicolo-*

gia e filosofia, F. Angeli, Milano 1996). E l’idea che una stessa area possa essere implicata nell’assolvimento di funzioni diverse presuppone un’architettura cerebrale nel suo complesso che (lo si noti *en passant*, ma è questione di grande rilevanza per la filosofia e l’epistemologia delle neuroscienze) converge in maniera potente con l’ipotesi del riciclaggio neuronale (o *redployment thesis*) e ben si colloca nel generale contesto teorico evolutivistico basato sulla nozione di *exaptation*. Funzioni filogeneticamente più recenti potrebbero infatti basarsi su aree neurali più ampiamente distribuite rispetto alle più “antiche”. In proposito si veda, per esempio, M.L. ANDERSON, *Massive Redeployment, Exaptation, and the Functional Integration of Cognitive Operations*, in: «Synthèse», vol. CLIX, n. 3, 2007, pp. 329-345. Anderson legge in questi termini il possibile legame profondo tra comprensione del linguaggio e controllo motorio, per cui le capacità linguistiche più recenti potrebbero innestarsi su una capacità motoria (*motor doability*), in accordo con le teorie sull’origine motoria del linguaggio e la scoperta dei neuroni specchio nell’area di Broca.

³³ P. BACH Y RITA, *Emerging Concepts of Brain Functions*, cit., p. 200.