

Neuroscienze, Scienze Umane e Pedagogia: quale rapporto? Prospettive e limiti delle Neuroscienze

Andrea Peru

Dovendo argomentare su prospettive e limiti delle neuroscienze, pare opportuno ribadire innanzi tutto il dichiarato proposito di questa branca del sapere: tentare di spiegare i comportamenti umani in termini di attività del sistema nervoso (Kandel e Schwartz, 1985). Ne deriva che, in una chiara prospettiva interdisciplinare, devono dirsi applicati alle neuroscienze quanti, pur muovendo da approcci affatto diversi - biochimico, computazionale, comportamentale, clinico - condividono l'interesse per lo studio del sistema nervoso quale chiave per leggere ed interpretare l'agire dell'uomo nella sua relazione con l'ambiente e i suoi simili.

Lo scopo di siffatto riduzionismo biologico è, dunque, quello di arrivare a comprendere le basi neurali dei processi mentali; vale a dire, conoscere nel dettaglio le strutture anatomiche ed i meccanismi fisio-psicologici che permettono agli esseri umani (e - a seconda dei casi - agli animali) di percepire, agire, pensare, parlare, ricordare, amare, odiare, imparare etc., fino alla sfida più ambiziosa: svelare i correlati neurali della coscienza.

Ammesso che il termine *mente* abbia effettivamente ancora un senso e non sia preferibile limitarsi a parlare di attività mentali o funzioni cognitive *tout court*, il problema di cui sopra è solitamente riassunto in un'espressione di indubbia pregnanza: la relazione mente-cervello. In quest'ottica, appare oggi pressoché unanimemente accettato che non è più possibile prescindere dal cervello per analizzare la mente. Tra i neuroscienziati contemporanei, il premio Nobel John Eccles, per quanto illustre, è rimasto forse l'ultimo a credere nella separazione tra mente e cervello; credente convinto, Eccles riteneva, infatti, che *mente* fosse sinonimo di *anima* (Popper e Eccles, 1981). Per il resto, fatto salvo l'ambito teologico, l'idea di un'intima connessione tra mente e cervello è concetto ormai radicato anche nella grande platea dei non addetti ai lavori. Significativa, al proposito, la promulgazione negli ultimi decenni nei paesi occidentali, di leggi sulla c.d. morte cerebrale (in Italia: legge 29 dicembre 1993 n. 578), chiara dimostrazione di come l'ordinamento sociale abbia definitivamente introiettato il principio per cui la totale ed irreversibile compromissione delle funzioni cerebrali pregiudica irrimediabilmente la possibilità di esprimere una mente, riducendo il corpo che alberga tale cervello alla stregua di un vegetale.

Ancor più che per le disposizioni di legge sul fine vita, questa consapevolezza si è fatta strada nella pubblica opinione in ragione della grande risonanza mediatica che incontrano oggi i risultati degli studi di neuroimmagine (*brain imaging* nella più usata dicitura anglosassone e da qui in avanti anche in questa trattazione) funzionale. Per meglio capire tale assunto è però doveroso fare un passo indietro.

Il primo tentativo, peraltro oltremodo ingenuo, di correlare precise strutture cerebrali con lo svolgimento di determinate attività mentali spetta alla frenologia, dottrina pseudoscientifica propagandata nella prima metà del diciannovesimo secolo dallo svizzero-tedesco F. Joseph Gall e poi rapidamente diffusasi in Europa e negli Stati Uniti. Pur assolutamente priva di qualsiasi fondamento scientifico nella sua pretesa di stabilire un nesso di causalità tra la conformazione del cranio ed i talenti e le inclinazioni del titolare del cranio stesso, la frenologia conserva l'indiscutibile merito di aver per prima proposto una organizzazione modulare del cervello tale per cui specifiche aree cerebrali svolgono specifiche funzioni cognitive e le diverse facoltà mentali godono di una relativa autonomia le une rispetto alle altre.

Da questo punto di vista, la frenologia può essere considerata la più immediata progenitrice della moderna neuropsicologia, disciplina di tutt'altro spessore scientifico. Un postulato fondamentale della neuropsicologia asserisce che una lesione cerebrale compromette la funzione dell'area interessata, ma non induce una significativa riorganizzazione del tessuto extra-lesionale che risulterebbe, dunque, sostanzialmente analogo alla condizione pre-lesionale. Di conseguenza, l'osservazione dei deficit comportamentali conseguenti ad una determinata lesione cerebrale rende possibile inferire la funzione primariamente svolta dall'area lesa. Tale processo di inferenza è ulteriormente avvalorato dalla dimostrazione di una doppia dissociazione: se la lesione dell'area X compromette la funzione A, ma risparmia la funzione B, mentre la lesione dell'area Y compromette la funzione B, senza interferire con la funzione A, si potrà a buona ragione concludere che le aree X e Y sottendono, rispettivamente, l'una alla funzione A, l'altra alla funzione B.

A partire dai pionieristici studi sull'afasia condotti da Broca e Wernicke nella seconda metà del XIX secolo (Code et al., 1996) l'applicazione di questo procedimento di inferenza nello studio dei pazienti cerebrolesi ha permesso di "localizzare" in precise aree corticali diverse funzioni cognitive. Certo, in epoca classica si doveva aspettare l'esame autoptico per documentare compiutamente sede ed estensione della lesione cerebrale responsabile del deficit comportamentale, mentre da qualche decennio l'introduzione della TAC prima e della RMN poi ha rivoluzionato il panorama clinico e scientifico. Queste tecniche consentono, infatti, di ottenere immagini talmente dettagliate sotto il profilo morfologico da giustificare l'ossimoro di "autopsia in vivo" con evidenti ricadute positive sia sotto il profilo dell'accuratezza diagnostica che della precisione delle correlazioni morfo-funzionali di cui sopra.

L'applicazione di metodiche non invasive (prima fra tutte, la risonanza magnetica funzionale fMRI) allo studio del sistema nervoso non solo dal

punto di vista morfologico, ma anche funzionale ha rappresentato l'ulteriore, decisivo, salto di qualità. Sfruttando il principio socialisteggiante che vige nel sistema nervoso per cui ha diritto a consumare di più chi lavora di più (fuor di metafora: nel cervello il flusso ematico locale – e relativo apporto di ossigeno e glucosio – correla positivamente con l'attività elettrica e metabolica espressa in quel distretto) è stato possibile documentare – con parametri di definizione temporale e spaziale specifici per ogni tecnica considerata – il relativo coinvolgimento delle diverse aree cerebrali in diversi compiti cognitivi.

Da metà anni '80 poi, l'armamentario a disposizione dei ricercatori si è arricchito di una nuova metodica: la stimolazione magnetica transcranica capace, a seconda delle modalità di applicazione, di produrre transitori e reversibili effetti facilitanti o interferenti sulla corteccia cerebrale. In pratica, stimolando ripetitivamente ad alta frequenza un'area cerebrale se ne può inibire la normale attività, di fatto mimando per un breve periodo gli effetti di una lesione spontanea.

L'integrazione delle attivazioni funzionali ottenute dal *brain imaging* con quanto inferito dall'osservazione dei deficit comportamentali dei pazienti cerebrolesi e quanto emerso dalle stimolazioni selettive del tessuto cerebrale ha finito per produrre una convergenza di evidenze decisiva ai fini della localizzazione di funzioni cognitive nel cervello umano. I dati del *brain imaging* sull'uomo possono, inoltre, servire per sostanziare quanto intuito dagli esperimenti neurofisiologici in animali. Si consideri, ad esempio, quanto osservato riguardo gli ormai famosi neuroni specchio. Questa particolare classe di neuroni, scoperta inizialmente durante la registrazione di singole unità nelle aree premotorie del cervello di scimmia, è stata poi dimostrata – ovviamente con metodiche non invasive – essere presente anche in diverse aree del cervello umano. L'interpretazione più accreditata vuole che i neuroni specchio rappresentino – tanto nella scimmia quanto nell'uomo – un meccanismo di comprensione del comportamento altrui. In quest'ottica, recenti dati sperimentali sembrano corroborare l'ipotesi che una disfunzione di tale sistema possa concorrere al determinismo dell'autismo e di altre patologie della sfera comunicativa e relazionale (Rizzolatti e Fabbri-Destro, 2010). A prescindere dalla conferma o smentita di tale ipotesi eziopatogenetica, il dato permette di evidenziare come una lettura interdisciplinare dei riscontri di varie branche delle neuroscienze possa aprire promettenti orizzonti non solo dal punto di vista conoscitivo, ma anche clinico.

E dato che si è fatto cenno all'ambito clinico, tanto vale accennare al ruolo sempre più preminente che il *brain imaging* va acquisendo relativamente alle problematiche di diagnosi differenziale in condizioni di profonda e perdurante alterazione dello stato di coscienza quali i diversi gradi di coma, lo stato vegetativo persistente e la morte cerebrale (Laureys et al., 2004), temi che travalicano il ristretto ambito medico per assumere rilevanza politica e sociale, come dimostrato dai recenti episodi della cronaca italiana (e.g. Mori, 2008).

Per quanto sopra detto, sembrerebbe dunque che le tecniche di *brain imaging* possano rappresentare la chiave di volta per scardinare definitivamente

la cosiddetta *black box theory of consciousness*, sorta di manifesto comportamentista connotato da un radicale scetticismo riguardo le possibilità di addivenire ad una descrizione compiuta delle strutture e dei meccanismi neurali che sottendono il comportamento umano. L'atteggiamento culturale è ora mutato ed il diaframma tra mente e cervello si è fatto via via più sottile e tanto nella comunità scientifica quanto nell'opinione pubblica si è fatta sempre più strada l'idea che prima o poi sarà possibile documentare i substrati neurali di qualsiasi comportamento umano.

La tensione conoscitiva da un lato e la sempre maggiore facilità con cui si ottengono “fotografie del cervello al lavoro” dall'altro (fMRI e metodiche affini sono ora utilizzate in molti centri di ricerca in tutto il mondo tecnologicamente avanzato e l'ampiezza della disponibilità genera, inevitabilmente, attesa di risultati in proporzione), ha fatto sì che negli ultimi anni si sia registrato un crescendo rossiniano di studi di *brain imaging* che hanno finito per travalicare l'ambito delle classiche funzioni cognitive (linguaggio, memoria, ragionamento etc.) ed approdare ad orizzonti sperimentali inerenti i comportamenti sociali (non a caso, dal 2006 viene edita la rivista *Social Neuroscience*): autenticamente innovativi in alcuni casi, francamente improponibili in altri.

Diretta risultanza di questa “apertura al sociale”, la comparsa nel lessico corrente di etichette disciplinari caratterizzate dal prefisso *neuro-* a cominciare dalle ormai già datate *neuro-economia* e *neuro-etica* per passare alle più recenti *neuro-estetica* e *neuro-politica* e finire con l'ultima (per adesso) coniata: *neuro-teologia*. Quanto poi al significato da attribuire all'apposizione del prefisso *neuro-*, si oscilla tra una sorta di “potere salvifico” (Legrenzi e Umiltà, 2009) per cui solo le discipline che se ne possono fregiare potrebbero dirsi scientificamente fondate (in quanto se ne sono documentate le basi cerebrali) ed una più prosaica indicazione del fatto che quell'ambito di attività ha destato l'interesse delle neuroscienze in generale e degli studiosi di *brain imaging* in particolare.

A riprova di quanto sopra esposto, si vedano alcuni lavori recentemente apparsi su autorevolissime riviste scientifiche riguardo, ad esempio: i rapporti tra neuroscienze ed architettura (Eberhard, 2009); i correlati neurocognitivi delle condotte morali (Green et al., 2001) e delle tendenze politiche (Amodio et al., 2007) per finire con la ricerca delle basi neurali della meditazione trascendentale (Newberg et al., 2001).

Senza alcun riferimento specifico agli esempi citati (alcuni dei quali sicuramente rigorosi), si capirà come molti tra gli stessi neuroscienziati giudichino alcune ricerche nell'ambito delle neuroscienze sociali improvvise invasioni di campo, riconoscendo loro la stessa attendibilità scientifica della magia nera (Vul et al., 2009). Pur apprezzando l'efficacia di tale provocazione, occorre poi far chiarezza sui termini della questione: un conto è definire *voodoo correlates* le asserite dimostrazioni dei correlati cerebrali di tratti psicologici individuali, in realtà prive di qualsiasi attendibilità scientifica; l'altro è negare all'origine che anche i tratti psicologici individuali abbiano basi cerebrali solo perché tali basi non sono ancora dimostrabili con le attuali tecniche di *brain imaging* (Berlucchi, 2009a).

In sintesi: l'indisciplinato utilizzo delle tecniche di *brain imaging* per cercare di documentare oltre ai correlati neurali delle funzioni cognitive proprie di tutti i membri della specie umana, anche i substrati cerebrali di tratti di personalità e condotte sociali evidentemente condizionate da plurime variabili ambientali, può certo meritare l'appellativo "neuro-mania" con cui è stata recentemente stigmatizzata questa deriva cerebrocentrista (Legrenzi e Umiltà, 2009). D'altro canto, si deve poi stare attenti a non buttare via il bambino con l'acqua sporca: che da alcune parti si faccia un esagerato riferimento al funzionamento cerebrale per spiegare comportamenti complessi non implica certo che si possa confutare la validità dell'assioma che vuole fatti e fenomeni mentali riconducibili al cervello, struttura biologica geneticamente determinata, soggetta a sviluppo, maturazione e declino sotto l'influenza plasmatrice dell'ambiente.

Si è, dunque, tornati al punto di partenza: solo il cervello può esprimere una mente. E lo fa sulla base di alcune sue intrinseche proprietà che, curiosamente, in inglese iniziano tutte con la lettera *e*; per cui il cervello risulta, rispettivamente: *embodied*, *embedded*, *extended*, *enactive* (per una trattazione esauriente si veda Berlucchi, 2009b).

Con il primo aggettivo – *embodied* – si fa riferimento all'ovvia constatazione che vede il cervello essere l'organo della mente, ma anche UN organo del corpo (e, almeno per Woody Allen, nemmeno il più importante, "My brain: my second favorite organ" da *Sleeper*, 1973). Lunghi dall'assolvere un ruolo di puro contenitore, il corpo condiziona profondamente l'attività del cervello da molteplici punti di vista. Innanzi tutto, la conformazione stessa del corpo assume un rilievo determinante; si pensi, ad esempio, a come la posizione frontale degli occhi incide sulla nostra possibilità di esperire l'ambiente che ci circonda rispetto alle specie animali che hanno gli occhi in posizione laterale. Ancor più rilevante, la stazione eretta; a parere di molti la conquista determinante per il vantaggio evolutivo della nostra specie: la possibilità di liberare le mani dall'impegno della deambulazione rappresenterebbe, infatti, il presupposto per lo sviluppo tanto delle abilità manipolatorie quanto, secondo alcuni, dello stesso linguaggio, prima gestuale e poi verbale (Corballis, 2002). Bisogna, infine, ricordare che, per quanto meno nobili, anche gli altri organi del corpo influenzano il cervello (e, quindi, l'attività mentale); senza il bisogno di scomodare Maslow e la sua piramide motivazionale, è esperienza comune ad ognuno di noi che uno stomaco troppo vuoto o una vescica troppo piena sono tutte condizioni capaci di distogliere il cervello da qualsiasi altra occupazione per indirizzarlo al soddisfacimento di questi bisogni primari. Per non parlare poi della secrezione di ormoni da parte delle ghiandole endocrine: basta una insufficienza della tiroide per rincretinare (nel senso medico del termine) la mente più arguta e d'altro canto molte delle nostre condotte sociali sono condizionate dal livello di ormoni sessuali circolanti, testosterone *in primis*. Tralasciando ogni considerazione su quello che se da un lato pare una forma di tutela della specificità femminile, dall'altro si configura come un'implicita delegittimazione della capacità di autodeterminazione della donna, valga ancora una volta il riferimento

giurisprudenziale. Nella stragrande maggioranza dei codici penali in vigore nei paesi occidentali è chiaramente previsto che la donna che agisce sotto l'influsso destabilizzante dello scompenso ormonale dovuto al periodo premenstruale o al periodo puerperale possa essere impossibilitata a controllare il proprio agire, tanto da avere diritto a considerevoli attenuanti quando responsabile di comportamenti devianti, omicidio e infanticidio inclusi (e.g. il caso Sandie Craddock: responsabile dell'uccisione di un collega, fu riconosciuta colpevole di omicidio colposo e non volontario, proprio in quanto "aveva agito sotto l'influsso perturbatore della sindrome premenstruale"). Molto altro si potrebbe dire sulle relazioni corpo-cervello, ma una disamina esauriente finirebbe per esulare dall'oggetto della presente trattazione. Pare, dunque, qui sufficiente ribadire come anche la più spiccata istanza riduzionista non possa fare a meno di riconoscere che l'attività del cervello non è in alcun modo scindibile da quella del resto del corpo e si realizza grazie ad un'omeostasi del *milieu interieur* nella quale il cervello è allo stesso tempo organo regolatore ed organo regolato (Chiel e Beer, 1997).

Chiarito che la presenza di un cervello è *conditio sine qua non* perché un corpo possa originare una mente, ma un cervello può esprimere una mente solo se inserito in un corpo vitale (appunto: *embodied*), si deve subito aggiungere che il binomio corpo-cervello ha ragion d'essere solo in quanto *embedded* nell'ambiente che lo circonda. L'ambiente è indispensabile al cervello non solo indirettamente in quanto fornisce gli elementi vitali (aria, acqua, cibo) atti a garantire la sopravvivenza del corpo, ma anche e soprattutto in via diretta in quanto sorgente degli stimoli sensoriali, irrinunciabile nutrimento dell'attività cerebrale. Condizioni di prolungata deprivazione sensoriale (messe in atto a scopo di ricerca o, purtroppo, come forma di tortura) determinano, infatti, un alterato stato di coscienza caratterizzato dalla comparsa di allucinazioni e depressione, chiara riprova del fatto che il cervello soffre profondamente la mancanza di stimoli esterni tanto da arrivare a produrne di propri, ovviamente immaginifici, pur di evitare l'angoscia del vuoto. Al di fuori di queste situazioni estreme, è comunque evidente che l'esperienza cosciente richiede un contesto ambientale in cui poter esercitare cognizione ed azione. Non si deve però vedere l'ambiente come un semplice palcoscenico dell'agire umano; l'interazione è, infatti, bidirezionale: come l'uomo interviene sull'ambiente adattandolo alle proprie necessità, è altrettanto vero che l'interazione con l'ambiente svolge un ruolo determinante nello sviluppo del sistema sensoriale, motorio e cognitivo. Assolutamente immaturo alla nascita, il sistema nervoso dell'uomo si sviluppa e plasma in conformità alle sollecitazioni ambientali. In questo senso, oltre all'ovvia dimensione spaziale, anche la dimensione temporale (longitudinale) assume una rilevanza fondamentale, come dimostrato dal concetto di "periodo critico": è, infatti, indispensabile che adeguati stimoli sensoriali siano presentati entro e non oltre un certo limite temporale, pena la impossibilità per il sistema nervoso di compiere la sua ottimale maturazione. Ad esempio, la prolungata soppressione della stimolazione luminosa

preclude irrimediabilmente il corretto sviluppo delle connessioni retino-corticali come dimostrato - in laboratorio dai classici esperimenti degli anni '60 di occlusione palpebrale nei gattini neonati (e.g. Randt e Collins, 1960) - nella clinica dall'inutilità di ogni correzione tardiva dello strabismo congenito. Riconducibile allo stesso principio quanto si osserva nell'apprendimento delle lingue. Uno stesso soggetto che ha imparato perfettamente e senza particolari sforzi le diverse lingue cui è stato esposto in tenera età, diventato adulto incontrerà non poche difficoltà ad imparare una nuova lingua a causa della diminuita plasticità dei meccanismi cerebrali preposti all'acquisizione linguistica (Peru, 2010).

Per cogliere appieno il significato di cervello (mente) *extended*, bisogna innanzi tutto riconoscere che la realtà fenomenica non sempre coincide con quella fisica. Emblematico, al riguardo, il fenomeno dell'arto fantasma: soggetti perfettamente sani di mente che hanno subito la brusca avulsione di un arto (il termine "arto" va inteso in senso lato, includendo anche organi quali mammelle e genitali esterni), a scapito di ogni evidenza, continuano a percepire la veridica presenza dell'arto amputato. Come dire: è più convincente ciò che "sente" il nostro cervello che quanto vedono i nostri occhi. La mente umana può, dunque, modificare se non proprio i confini fisici del nostro corpo, di sicuro la percezione soggettiva di detti confini. Tipico esempio, il bastone bianco dei non-vedenti: appendice corporea a tutti gli effetti che determina lo spostamento del limite tra il corpo e l'ambiente esterno dalla superficie cutanea alla punta del bastone. Non si deve però credere che queste esperienze scaturiscano da gravi condizioni patologiche preesistenti. Come sa bene ogni automobilista, guidando si tende a formare un tutt'uno con il veicolo; così chi è abituato ad un'utilitaria, avvertirà un certo disagio al volante di una grossa berlina e comunque, a prescindere dalle dimensioni dell'auto, quando sembra che un volatile o altro oggetto stia per piombare sull'auto, l'autista prontamente si ritrae, del tutto incurante della presenza protettiva del parabrezza. Il fenomeno per cui il cervello finisce per "incorporare" oggetti e strumenti intimamente connessi al corpo trova diretta dimostrazione nei documentati cambiamenti strutturali che l'uso protratto di un utensile produce nel cervello di scimmia (Quallo et al., 2009). Ulteriore evidenza di quanto sfumati siano i limiti (sempre parlando di realtà percepita e non fisica) tra corpo e ambiente, la sensazione di estraneità nei confronti di oggetti personali esperita da pazienti cerebrolesi affetti da emisomatoagnosia. In uno dei più noti lavori sul tema (Aglioti et al., 1996), gli autori descrivono il caso di una paziente affetta da una grave forma di eminegligenza corporea sinistra che disconosceva la propria fede nuziale quando indossata in posizione canonica (i.e. anulare sn.) per poi reclamarne vivacemente il possesso quando lo stesso anello veniva collocato in ambiente neutro (es. sopra un tavolo) o indossato all'anulare destro. Tutto questo per dire che non di binomio corpo - cervello si deve parlare, quanto piuttosto di una struttura a tre componenti (corpo, cervello e ambiente) profondamente intersecati l'uno con gli altri per produrre quel sistema dinamico altrimenti detto mente.

Mente che si sviluppa compiutamente solo grazie all'ultima delle 4 *e*-proprietà: *enactive*, dal verbo *to enact*: interpretare una parte, simulare. Sembra quasi pleonastico sottolineare la rilevanza di questi comportamenti nello sviluppo delle dinamiche sociali di varie specie animali, umana innanzi tutto. Geneticamente predisposto all'interazione sociale, fin dalla nascita il cucciolo d'uomo matura il proprio pensiero e sviluppa la propria personalità (in sintesi: costruisce la propria mente) in maniera precipua attraverso la comunicazione e lo scambio con la madre e gli altri soggetti che gravitano attorno a lui. Mettendo in atto comportamenti di emulazione e simulazione, il bambino è indotto a ricoprire ruoli di volta in volta diversi e per far ciò deve estraniarsi da sé ed assumere l'altrui punto di vista. In tal modo, egli matura una progressiva consapevolezza degli stati mentali propri ed altrui e arriva a formare la c.d. teoria della mente, necessario presupposto per lo sviluppo di valide ed efficaci relazioni interpersonali (Baron-Cohen et al., 1985). Si capisce, quindi, come l'intersoggettività rappresenti una condizione imprescindibile per la crescita della mente; come dire che non vi può essere adeguato sviluppo delle funzioni mentali individuali al di fuori di un tessuto di relazioni sociali. Il concetto di empatia deriva direttamente da questo assunto; solo una mente *enactive* riesce a rappresentarsi lo stato d'animo e le emozioni di chi ci sta intorno, permettendo di stabilire quella corresponsione affettiva che costituisce il primordiale collante di ogni struttura sociale basata sulla condivisione di principi e valori. Per contro, l'alienazione è l'inevitabile destino per chi non riesce a sviluppare la capacità di condividere il proprio e l'altrui sentire (Klin et al., 2003). Come a dire che non si può dare un'identità individuale che non sia in qualche misura anche un'identità collettiva.

Avendo chiarito (almeno, si spera) che la relazione mente-cervello coinvolge tante e tali variabili da non poter certo essere descritta esclusivamente in termini di attività elettrica o biochimica, ma richiede, invece, una lettura ben più articolata, vale la pena dedicare le considerazioni finali ad alcuni aspetti di carattere metodologico. Chi vede nelle neuroscienze una minaccia per la sussistenza di ambiti disciplinari di più antico lignaggio, ma oggi col fiato un po' corto, tende spesso a liquidare i più recenti contributi delle neuroscienze come frutto di tecniche certo straordinarie, ma sostanzialmente povere, se non proprio prive, di solide basi teoriche. Senza tornare su quanto già detto a proposito dell'applicabilità di certi approcci a certe tematiche, si deve però osservare come tale critica sia perlomeno ingenerosa. Nessuno nega che l'evoluzione tecnologica rappresenti una risorsa preziosissima per lo sviluppo della scienza in generale e delle neuroscienze in particolare. Al contempo, però, si dovrebbe avere l'onestà di riconoscere che le neuroscienze traggono la loro forza non tanto dagli strumenti utilizzati nella fase di studio, quanto piuttosto dalle procedure seguite per diffondere i risultati di tali studi. La consuetudine che vuole sia ritenuto attendibile solo quanto appare su riviste dotate di procedure di *peer review* dei contributi proposti per la pubblicazione è, infatti, di per sé garanzia di un sistema che, rifuggendo l'autoreferenzialità, persegue il progresso delle conoscenze in un ambito in cui finalmente ora molto si sa, ma molto di più resta ancora da scoprire.

L'auspicio è che, in una sorta di neo-umanesimo, neuroscienze e scienze umane possano percorrere insieme questo difficile percorso.

Bibliografia

- S. Aglioti, N. Smania, M. Manfredi, G. Berlucchi, *Disownership of left hand and objects related to it in a patient with right brain damage*, «Neuroreport», 8: 293-296, 1996
- D.M. Amodio, J.T. Jost, S.L. Master, C.M. Yee, *Neurocognitive correlates of liberalism and conservatism*, «Nature Neuroscience», 10: 1246-1247, 2007
- G. Baron Cohen, A.M. Leslie, U. Frith, *Does the autistic child have a "theory of mind"?*, «Cognition», 21: 37-46, 1985
- G. Berlucchi, *Viva la neuro-mania*, «Giornale Italiano di Psicologia», 2: 273-278, 2009a
- G. Berlucchi, *Cognizione enactive e la teoria motoria delle basi nervose della percezione di Roger W. Sperry*, «Teorie e Modelli», 14: 11-23, 2009b
- H.J. Chiel, R.D. Beer, *The brain has a body: adaptive behavior emerges from interactions of nervous system, body and environment*, «Trends in Neuroscience», 20: 553-557, 1997
- C. Code, C.W. Wallech, Y. Joannette, A. Roch Lecours (editors), *Classic Cases in Neuropsychology*, Hove, Psychology Press, 1996
- M.C. Corballis, *From hand to mouth: the origins of language*, Princeton, University Press, 2002
- J.P. Eberhard, *Applying neuroscience to architecture*, «Neuron», 62: 753-756, 2009
- J.D. Green, R.B. Sommerville, L.E. Nystrom, J.M. Darley, J.D. Cohen, *An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgement*, «Science», 293: 2105-2108, 2001
- E.R. Kandel, J.H. Schwartz, *Principles of Neuroscience*, New York, Elsevier Science Publishing Co., 1985
- A. Klin, W. Jones, R. Schultz, F. Volkmar, *The enactive mind, or from actions to cognition: lessons from autism*, *Philosophical Transactions of Royal Society London B Biol. Sci.*, 358: 355-360, 2003
- S. Laureys, A.M. Owen, N.D. Schiff, *Brain function in coma vegetative state and related disorders*, «Lancet Neurology», 3: 537-546, 2004
- P. Legrenzi, C.A. Umiltà, *Neuromania*, «Giornale Italiano di Psicologia», 2: 261-272, 2009
- M. Mori, *Il caso Eluana Englaro*, Bologna, Edizioni Pendragon, 2008
- A. Newberg, A. Alavi, M. Baime, M. Pourdehnad, J. Santanna, E. d'Aquili, *The measurement of regional cerebral blood flow during the complex cognitive task of meditation: a preliminary SPECT study*, «Psychiatric Research Neuroimaging», 106: 113-122, 2001
- A. Peru, *Lo sviluppo delle competenze linguistiche quale strumento privilegiato nella comunicazione bambini - adulti*, in G. Bandini (a cura di), *Noi-loro. Storia ed attualità della relazione educativa fra adulti e bambini*, Firenze, FUP, 2010

- K.R. Popper, J.C. Eccles, *L'Io e il Suo Cervello*, Roma, Armando, 1981
- M.M. Quallo, C.J. Price, K. Ueno, T. Asamizuya, K. Cheng, R.N. Lemon, A. Iriki, *Gray and white matter changes associated with tool-use learning in macaque monkeys*, «PNAS», 106:18379-18384, 2009
- C.T. Randt, W.F. Collins, *Sensory deprivation in the cat*, «Archives of Neurology», 2:565-572, 1960
- G. Rizzolatti, M. Fabbri-Destro, *Mirror neurons: from discovery to autism*, «Experimental Brain Research», 200: 223-237, 2010
- E. Vul, C. Harris, P. Winkielman, H. Pashler, *Voodoo correlates in Social Neuroscience*, «Perspective on Psychological Science», 4: 274-290, 2009