

NEUROIMAGING: CONTINUITÀ E INNOVAZIONE¹

di Matteo Borri

Ora, come possiamo esaminare qualcosa che stiamo usando continuamente? Come possiamo analizzare i termini nei quali esprimiamo di solito le nostre osservazioni più semplici e dirette, e riportarne in luce i presupposti? In che modo possiamo scoprire il tipo di mondo che presupponiamo, dati i nostri modi di procedere abituali?

La risposta è chiara: non possiamo scoprirlo dall' *interno* .²

1. Introduzione

Il *neuroimaging* l' insieme di tecniche che forniscono informazioni *in vivo* sul sistema nervoso, è un processo complesso che si realizza all'interno di una specifica specializzazione medica: la medicina nucleare³. La complessità di questo settore è determinata in primo luogo dall'alto grado di interdisciplinarietà: i servizi offerti dalla medicina nucleare sono resi possibili da figure professionali che afferiscono a discipline diverse⁴. Risultano poi estremamente articolate anche l'organizzazione tecnologica⁵ e la sua gestione⁶. L'*imaging* è dunque un sapere altamente specialistico che per i progressi oggi ottenuti è sempre più centrale nelle prassi mediche.

Il presente lavoro intende far emergere, da alcuni degli aspetti che concorrono a delineare la complessità di questo settore delle scienze biomediche, prospettive di indagine e problematiche che sollevano riflessioni epistemologiche.

A tale scopo, verrà indagato se si possano riscontrare fattori di continuità fra le attuali ricerche e i primi studi scientifici sul cervello. Successivamente verrà valutato se e sotto quali aspetti si possa considerare "innovativo" il contributo delle tecniche di *neuroimaging*, in modo particolare in riferimento alla loro possibile dimensione euristica.

¹ Ringrazio il Centro di Documentazione per la Storia dell'Assistenza e della Sanità Fiorentina di Firenze per il permesso di consultazione dell'opera di Morselli e per la riproduzione delle immagini ad esse relative.

² Feyerabend, 2005, p. 28.

³ La natura della medicina nucleare è esplicitata nei documenti dell'*European Board of Nuclear Medicine*. La finalità specifica viene così indicata: "La mission della medicina nucleare è una disciplina la cui specificità risiede nell'impiego regolamentato di radionuclidi artificiali in forma "non sigillata" per attività sia di tipo diagnostico che terapeutico", Maffioli, 2006, p. 1. Attualmente in Italia operano 250 centri di medicina nucleare.

⁴ Gli operatori di una unità di medicina nucleare sono: medico specializzato in medicina nucleare; fisico sanitario; radio farmacista/radiochimico; tecnico sanitario di radiologia medica.

⁵ La strumentazione della medicina nucleare è molto complessa ed è sottoposta ad una normativa articolata e molto prescrittiva. Un primo strumento è quello dedicato alla produzione di radionuclidi: il ciclotrone. Il primo ciclotrone dedicato a servizi medici fu usato nel 1955 presso l'*Hammersmith Hospital* a Londra. Attualmente in Italia ne sono in funzione circa 20. I radionuclidi vengono usati in strumentazioni diverse corrispondenti a differenti tipi di visualizzazione.

⁶ Le prestazioni del Servizio di Medicina Nucleare coprono più settori: applicazioni diagnostiche *in vivo* e *in vitro*; esami speciali; ambulatorio di medicina nucleare; applicazioni terapeutiche; applicazioni di ricerca.

2. Guardare dentro il corpo: una tradizione di ricerca

Quando viene presentato un referto di neuroimaging, abbiamo un'immagine che viene direttamente dall'interno del corpo, e praticamente in tempo reale. Una domanda antica, quella riguardante il funzionamento del corpo, che nei secoli passati poteva essere ispezionato – quando non era addirittura proibito – solo *in vitro*. Oggi ispezionare il corpo *in vivo* è prassi consolidata che dà risposte a "nuove" e antiche domande.

Le linee di ricerca che guidano l'indagine fatta con le tecniche di *neuroimaging* sono quelle che da sempre afferiscono alla neurologia e alla psichiatria⁷. Se in letteratura si concorda nell'indicare le ricerche di Paul Broca e Carl Wernicke⁸ come momento iniziale degli studi neuropsicologici, è nondimeno corretto focalizzare l'attenzione sulle caratteristiche generali dell'ambiente scientifico nel quale esse si sono sviluppate.

La storia delle conoscenze scientifiche sul cervello inizia con un approccio basato sulla patologia dei disturbi mentali e interseca quella più ampia metamorfosi della medicina che ebbe inizio nel periodo a cavallo tra Settecento e Ottocento e che portò alla nascita della Clinica modernamente intesa⁹.

Nell'impianto di un nuovo processo di causazione la ricerca medica assunse come centrali due entità: l'organo e il tessuto biologico¹⁰. La psichiatria e la neurologia si introdussero in questa nuova dimensione riconoscendo come campi di studio propri un sistema – il Sistema Nervoso Centrale – e un organo: il cervello. Da questo assunto la ricerca si rivolse quindi verso la definizione dei processi etiologici delle malattie mentali, individuandoli nel concetto di "lesione nel cervello".

Dopo le prime ipotesi avanzate nel XVIII secolo da Johann Meyer¹¹ – che sviluppò uno dei primi tentativi di passare oltre la concezione di una coscienza intesa come un tutto

⁷ Il XIX secolo merita un posto particolare nella storia della medicina, non solo per progressi in settori specifici come quello della psichiatria che cominciava a studiare scientificamente le malattie mentali ma anche per lo sviluppo di nuove metodologie conoscitive. In particolare è qui da ricordare lo sviluppo dei sistemi diagnostici rivolti verso l'interno del corpo come quelli dei primi servizi di radiologia. "Rendere visibile l'interno del corpo umano senza aprirlo, effettuare una sorta di autopsia senza praticare dissezioni, questo sogno dei medici di un tempo è diventato realtà", Grmek, 1998, p. 285.

⁸ Cfr. Young, 1970 e Shallice, 1990.

⁹ Cfr. Foucault, 1998.

¹⁰ "La storia della patologia fa parte della storia della medicina clinica in senso ampio e non è meno complessa della storia delle tecniche diagnostiche. Il passaggio da una patologia umorale ad una patologia degli organi di tipo morgagnano, segna già una rottura epistemologica fondamentale, se non la rivoluzione più importante che abbia mai subito la medicina. Ma questa patologia anatomica ha essa stessa conosciuto una trasformazione capitale le cui implicazioni hanno sconvolto anche la clinica, trasformazione che ha consistito nella rifusione della patologia degli organi su una nuova base, quella della patologia dei tessuti. Numerosi storici hanno visto, ed ancora vedono, in questa elaborazione di una problematica istologica o dei tessuti, il segnale più importante della nascita della medicina clinica moderna", Keel, 2007, p. 17.

¹¹ Cfr. Meyer, 1779.

inscindibile correlando le varie facoltà psichiche ad una articolata anatomia cerebrale – e dopo quelle frenologiche di Franz Joseph Gall¹², l'ottica neurologica si spostò definitivamente verso l'“interno” del corpo. L'analisi *post mortem* del cervello accompagnerà per oltre un secolo gli studi di patologia mentale. Questo specifico indirizzo trovò un contributo significativo¹³ nell'opera di Wilhelm Griesinger. I suoi studi rappresentarono un vero punto di svolta in quanto determinarono il passaggio da una concezione etiologica basata su cause psicologiche e affettive all'assunzione di un rapporto di causazione organica¹⁴.

Gli studi di Wilhelm Griesinger cambiarono la prospettiva di ricerca psichiatrica, portando a considerare primari alcuni aspetti. Il primo di questi fu proprio la centralità dello studio del Sistema Nervoso Centrale e del cervello.

Se i fatti fisiologici e patologici ci mostrano che questo organo non può non essere altro che il cervello, dobbiamo concludere che sempre per le malattie mentali abbiamo una “affezione” del cervello.¹⁵

Questo tipo di studi aveva però un punto particolarmente critico: lo stato dei tessuti cerebrali che erano esaminati *post mortem*. Tale condizione determinava infatti cambiamenti nell'organo analizzato e comunque questi reperti risultavano ‘distanti’ dalle dinamiche di un cervello in funzione. Anche riconoscendo questi limiti oggettivi, Griesinger poteva tuttavia affermare:

Dalle analisi anatomiche *post mortem* non rileviamo solo conferme, ma possiamo dedurre certezze capaci di gettare una luce più viva sulla natura intima, sull'essenza di queste malattie, sulla fisiologia e la patologia del cervello in generale.¹⁶

Altro elemento caratteristico delle ricerche di Griesinger fu lo sviluppo di un tipo di conoscenza basata sul principio del “correlato anatomico”¹⁷.

Per Griesinger una tale prospettiva implicava esaminare in modo “scientifico” anche la

¹² Cfr, Gall, 1822-23.

¹³ Cfr. Ellenberger, 2003.

¹⁴ “Noi oggi respingiamo i grossolani errori delle scuole antiche, che studiavano la follia esclusivamente dal punto di vista psicologico e morale, e che lottavano contro chi voleva cercare per le malattie mentali le lesioni anatomiche”, Griesinger, p. 479 (la traduzione è mia).

¹⁵ Griesinger, 1865, p. 1.

¹⁶ Ivi. 477.

¹⁷ “Il ruolo dell'anatomia patologica è di ricercare quali sono le lesioni che si trovano ordinariamente nelle autopsie degli alienati e arrivare attraverso il confronto di queste lesioni con l'insieme dei sintomi che presentavano a stabilire nozioni anatomiche precise su queste malattie cerebrali”, Ivi, p. 480.

psiche, riconoscendo come momento costitutivo della diagnosi una specifica attenzione alla sintomatologia psicologica. “Per ben comprendere l’alienazione mentale dobbiamo identificarci con lo stato dell’anima degli alienati.”¹⁸

Lo psichiatra, indicato in letteratura principalmente come l’iniziatore della scuola somatica, seguì in effetti una prospettiva di studi molto articolata e di carattere interdisciplinare, descrivendo una articolata pluralità etiologica riferendosi anche a categorie psicodinamiche¹⁹.

Il nuovo indirizzo “biologico” negli studi sui disturbi mentali non rimase confinato solo ai paesi di lingua tedesca ma era diffuso in tutta Europa. Un apporto significativo nel panorama scientifico internazionale lo troviamo anche in Italia nella scuola di Reggio Emilia²⁰ e nel lavoro di uno psichiatra che influì significativamente negli studi della fine del XIX secolo: Enrico Morselli²¹.

Assunta la visione “positivista” a base della ‘nuova’ psichiatria, Morselli riconobbe come prioritario per questa disciplina aderire ai “bisogni ed alle nozioni della scienza”. Proprio la ricerca anatomica venne messa al centro del lavoro dello psichiatra, così come aveva indicato Griesinger:

La mente sovrana di Griesinger vide l’errore di mantenere la psichiatria sotto il giogo della vecchia psicologia, ed introdusse nella psicologia patologica le idee feconde di Herbart massime intorno ai rapporti tra l’intelligenza ed il sentimento. Egli per il primo pensò che non bastava studiare il pazzo dal lato sintomatico, né considerare la pazzia come un prodotto del caso, un *casus naturae*: ma che occorreva investigarne le leggi e determinarne almeno la genesi individuale.²²

¹⁸ Ivi, p. 270. Qui il concetto di “anima” corrispondeva alla psiche. Il termine tedesco *Seele* può essere tradotto in italiano sia come psiche sia come anima, riconoscendo comunque a questo termine l’indicazione dell’insieme delle facoltà psichiche.

¹⁹ Cfr. Ellenberger, 2003.

²⁰ Nel periodo fra il 1860 e il 1880, si sviluppò a Reggio Emilia una scuola basata sulla interdisciplinarietà degli studi (laboratori di batteriologia, chimica, istologia, psicologia) che usando l’esame psicologico come strumento diagnostico sviluppava parallelamente ricerche sulle alterazioni del cervello. In questo percorso di studi fu ottenuto un interessante modello di correlazione fra funzioni psichiche e circuiti cerebrali. Un’opera significativa fu la monografia di Luciani e Seppilli del 1885, ristampata nel 2002 a cura di Carmela Morabito.

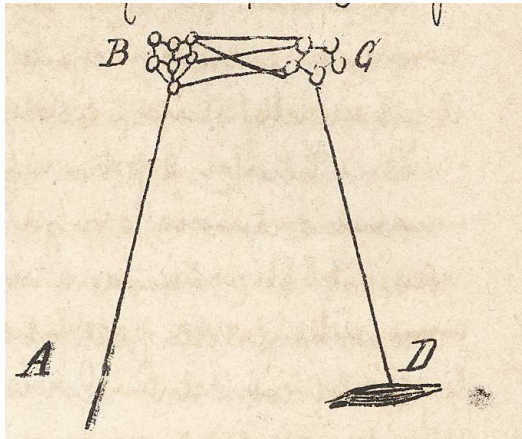
²¹ Enrico Morselli, costituì un punto di riferimento non solo nello specifico campo della psichiatria ma anche nel più ampio contesto culturale italiano. Come psichiatra egli lavorò presso l’ospedale psichiatrico di Reggio Emilia, e successivamente fu direttore dell’Ospedale psichiatrico a Macerata (1877) e poi a Torino (1880). Autore di un *Manuale di semeiotica della malattia mentale*, sviluppò ricerche significative sulla genesi corticale dell’afasia. Docente di psichiatria a Torino dal 1880 e a Genova dal 1889 si interessò in modo specifico alla psicologia sperimentale. Fondò e fu direttore della *Rivista di filosofia scientifica* che fu pubblicata dal 1881 al 1891. Essa ebbe lo scopo di sviluppare in Italia, in forma interdisciplinare, l’impostazione del pensiero positivista.

²² Morselli, 1887-88, pp. 7-8.

Morselli affermerà inoltre: “Io seguo questo schema, ritenendo col Griesinger, che non si può comprendere il cervello, se non vien studiato con lo stesso indirizzo del midollo spinale.”²³

Assumendo una metodologia basata sulla ricerca degli elementi neurali “di base”, Morselli indicò come punto di partenza un preciso elemento funzionale: l’atto riflesso.

L’atto riflesso, la più elementare delle funzioni del sistema nervoso è quello a cui si possono ridurre tutte le funzioni apparentemente complicate di questo. Può essere raffigurato da una fibra centripeta, che parte da una superficie sensiente A, giunge a un gruppo di cellule B unite per fibre di associazione ad un altro gruppo di cellule più grandi C, da cui parte una fibra centrifuga, la quale si porta ad una fibra muscolare D.²⁴



Con questo modello, lo psichiatra italiano si avvicinò allo studio del cervello: “Nello stesso modo nel cervello abbiamo i centri che presiedono all’atto psichico riflesso, e nei quali si ripercuotono gli stimoli centripeti per trasformarsi in impulsi centrifughi.”²⁵ Egli riconobbe che il cervello aveva (comunque) compiti più complessi, che andavano oltre alla semplice funzione automatica: esso operava come un “reostato”, “ritenendo gli impulsi”.

Questo potere che ha il cervello di ritenere allo stato latente gli impulsi giunti dalla periferia, questa resistenza che le cellule dei centri corticali oppongono a che quelli stimoli si esplicino immediatamente nell’atto riflesso costituisce il potere inibitorio del cervello, quello che i filosofi avevano chiamato volontà. La volontà non è che la inibizione che la corteccia cerebrale oppone alla trasformazione immediata della funzione in movimento.

²³ Morselli, Genova, p. 8.

²⁴ Ivi, p. 6-7.

²⁵ Ivi. 7.

La sensazione rimane là come un ricordo, le sensazioni immagazzinate e ricordate danno l'idea.²⁶

Morselli ricercava anche in campo psicologico una funzione "di base". Questa era all'epoca individuata nel concetto di sensazione²⁷. Come per Griesinger, anche per lo psichiatra italiano affrontare in modo compiuto lo studio della malattia mentale significava accompagnare lo studio anatomico a un preciso studio psicologico²⁸, effettuato sulla base di una psicologia scientifica che offriva ormai percorsi di ricerca in linea con le richieste di una scienza positivista²⁹.

Le conoscenze disponibili nel campo di una psichiatria proiettata sempre più verso l'anatomia risultavano fondate ed euristicamente significative³⁰. Morselli poté così sintetizzare una delle prime elaborazioni "spaziali" del cervello indicando una "localizzazione probabile dei centri motori e sensitivi nel cervello umano".³¹

²⁶ Ivi, pp. 7-8.

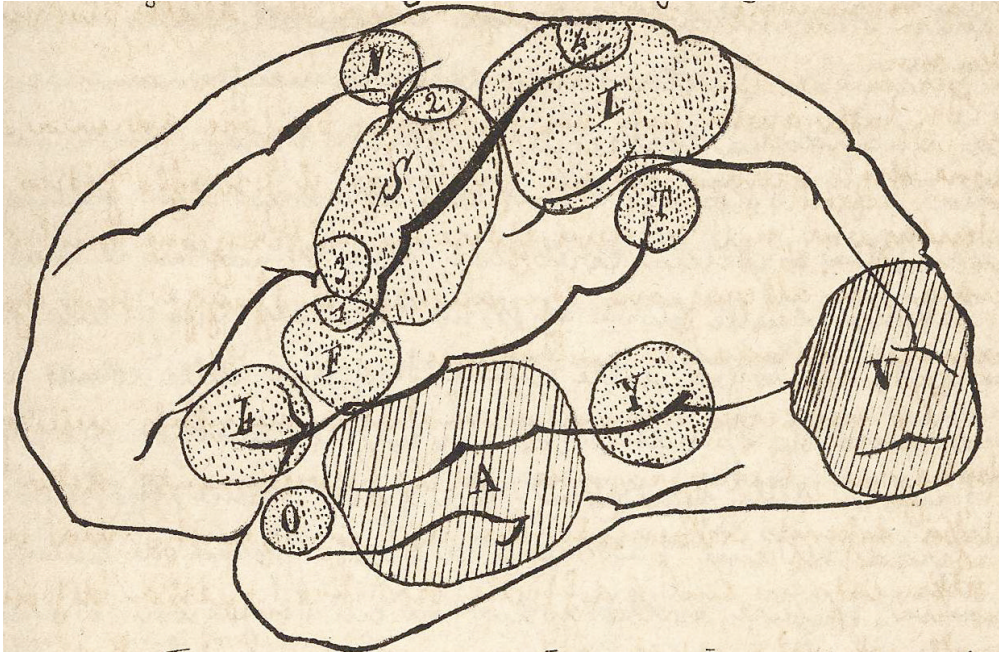
²⁷ Negli studi che costituirono l'inizio della psicologia scientifica, la "sensazione" fu riconosciuta come la 'chiave' per accedere allo studio della psiche. Questi erano iniziati con le ricerche di Ernst Heinrich Weber, docente di anatomia a Lipsia. Studiando la discriminazione percettiva egli arrivò a una fondamentale correlazione: il rapporto fra la soglia differenziale (incremento di una sensazione) e lo stimolo di riferimento è costante all'interno di ogni specifica forma di sensibilità (legge di Weber). Furono poi gli studi psicofisici di G. Fechner a sviluppare più compiutamente il concetto di sensazione. Egli dimostrò una caratteristica basilare della sensazione: la sua crescita avviene in progressione aritmetica in conseguenza dell'aumento dello stimolo che invece cresce in progressione geometrica. La sensazione risultò quindi una grandezza proporzionale al logaritmo dello stimolo che la produceva. Cfr. Zunini, 1972.

²⁸ Cfr. Morselli, 1894.

²⁹ La "nuova" psicologia, scientificamente fondata sul metodo sperimentale, si sviluppò in particolare nei laboratori delle università tedesche. Lo scopo centrale delle sue ricerche fu l'individuare funzionalità psichiche misurabili. Cfr. F. Meotti, 1971.

³⁰ "[...] la Psichiatria non ha forse cercato per mezzo di Meynert di riunire le leggi della patogenesi della pazzia alle leggi comuni dell'innervazione? Non ha egli cercato di determinare i rapporti che passano fra le funzioni mentali lese e le associazioni fra le cellule cerebrali?" Morselli, 1887-88, p. 14.

³¹ "Nella figura qui annessa noi abbiamo distribuito secondo gli ultimi studi le diverse zone della corteccia cerebrale in cui arrivano le impressioni dalla periferia, vengono percepite e immagazzinate, per essere poi a loro volta risvegliate da stimoli e trasformate in immagini ed idee". Morselli, Genova, p. 11-12.



Legenda: "Centri motori – L centro dei movimenti d'articolazione della parola.

F centro dei movimenti della faccia

1. Centri masticatori – N.

Centri dei movimenti della testa (nuca e collo) – Y.

Centro di movimenti degli occhi – O.

Centro di movimento delle orecchie – T.

Centro di movimento del tronco – S.

Centro di movimento delle membra superiori.

2. Centro dei movimenti della spalla. I. centro di movimento delle membra inferiori.

3. Centro di movimento del polso.

4. Centro di movimento delle dita grosse dei piedi.

Centri Sensitivi

V. Centri visivi.

A. Centri auditivi.

Nota bene: i centri motori son rappresentati dalle zone punteggiate, i centri sensitivi dalle zone tratteggiate."³²

Alla fine del XX secolo l'impianto conoscitivo nella neurologia e nella psichiatria era veramente esteso e complesso. Metodi di indagine sempre più precisi consegnavano alla

³² Morselli, Genova, pp. 11-12.

comunità scientifica dati anatomici, istologici, psicologici. Le conoscenze cominciavano a venire organizzate anche sul piano teorico. Un filone di ricerca relativo a queste sistematizzazioni, fu la rappresentazione spaziale delle funzioni psichiche nel cervello. Importanti furono gli studi di David Ferrier³³ e di Konstantin Brodmann³⁴. Alcuni risultati ottenuti erano rivolti a sviluppare una articolata concezione di complessità funzionale. Come auspicava Morselli:

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.³⁵

3. Medicina Nucleare

La richiesta anticipatrice di Morselli è oggi in larga misura concretizzata dal *neuroimaging*. Abbiamo già descritto come la medicina nucleare operi attraverso procedure complesse. Per cogliere l'importanza di questa attività conoscitiva ritengo importante focalizzare l'attenzione su alcuni dei processi che ne caratterizzano la realizzazione.

Sebbene l'aspetto terapeutico rivesta un ruolo importante, in questo lavoro saranno analizzati gli aspetti che riguardano la ricerca neurologica *in vivo*.

Le ricerche di *neuroimaging* sono oggi centrali nella gestione dei pazienti e permettono di studiare aspetti diversi – morfologico o funzionale – dell'organo interessato, attraverso la valutazione di immagini scintigrafiche³⁶.

Il *brain imaging*, oggetto di questo studio, è andato sviluppandosi e affinandosi nel corso degli ultimi venti anni permettendo oggi l'indagine delle reti neurali e dei grandi aggregati neuronali, 'regioni' che risultano attivarsi in relazione a compiti cognitivi (linguistici, motori, di apprendimento).

³³ Cfr. Ferrier, 1876.

³⁴ Brodmann fu direttore del laboratorio di anatomia nella clinica psichiatrica di Tubinga e successivamente della sezione istologica dell'Istituto Psichiatrico di Monaco. All'interno degli studi istologici i contributi specifici di Brodmann furono le ricerche sulla struttura cellulare della corteccia cerebrale e la realizzazione di tavole citoarchitettoniche ancora oggi utilizzate e continuamente aggiornate.

³⁵ Morselli, 1887-88, p. 14.

³⁶ Le immagini scintigrafiche si formano con la rilevazione delle emissioni di un radiofarmaco, la cui radiazione interagisce con un cristallo. L'energia ceduta viene poi trasformata in impulso elettrico, convertito a sua volta in segnali digitali analizzati da un computer.

4. Conoscenze e competenze

Queste tecniche richiedono però una valutazione complessa e articolata sul piano epistemologico.³⁷

Se come abbiamo visto la complessità della medicina nucleare è riscontrabile nel processo operativo e gestionale che porta alla produzione dei dati di *imaging*, dobbiamo riconoscere però che tale complessità si ritrova anche nelle implicazioni conoscitive che l'intero processo porta con sé.

Ritengo utile focalizzare l'attenzione su aspetti specifici sia della struttura conoscitiva che delle conoscenze e competenze proprie del medico, "vero" produttore – in questa ottica – della conoscenza trasportata dal processo di *imaging*. Fra questi ha un significato particolare, l'aspetto del *grado di invasività*, una variabile che si correla ai vari tipi di necessità della ricerca. Ad esempio in un rapporto rischio/beneficio a fronte di una patologia il rischio radiologico può essere accettato senza eccessive resistenze. In relazione poi alle caratteristiche di "informazione" veicolate dall'*imaging*, l'aspetto della *risoluzione spazio-temporale* riveste una particolare significatività soprattutto quando sia in relazione ai bisogni diagnostici.

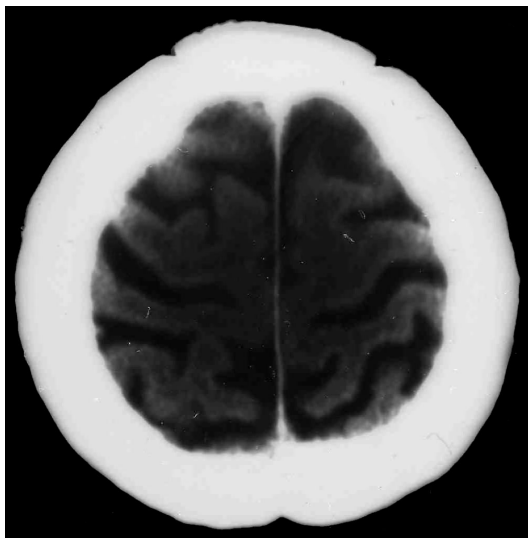
Infine risulta importante dal punto di vista epistemologico centrare l'attenzione sulla dimensione *correlazionale*. Essa riguarda la relazione tra un *dato* – ad esempio comportamentale – e l'*attività* in un determinato sistema neurale. Questo tipo di informazione – centrale nei processi di ricerca – è legata anche alla correttezza del processo. La correttezza emerge da un lato dalla qualità dell'output del processo tecnologico e dall'altro dalla precisione dell'interpretazione del referto. I parametri di rendimento legati alla "esperienza" del medico e alla "attendibilità" della strumentazione sono oggetto di continui studi. Risulta quindi centrale rendere più "affidabile" la strumentazione. Sappiamo infatti che c'è un legame diretto tra miglioramento della tecnologia e riduzione di errori interpretativo-valutativi

Gli aspetti sopra sinteticamente analizzati hanno delineato alcune delle problematiche interne al processo conoscitivo del *neuroimaging*. Da un lato abbiamo l'aspetto "tecnico" per la creazione di immagini-referto; dall'altro sappiamo che la lettura di tali immagini dipende anche dall'abilità del medico di rintracciare i dati salienti. Verrà ora analizzato il tipo di conoscenze disponibili (morfologiche e funzionali) non tanto in relazione agli aspetti tecnici e strumentali, quanto in relazione ai contributi conoscitivi che possono essere significativi sul piano euristico.

³⁷ Morabito, 2007, p. 131.

5. Conoscenze morfologiche

Uno tra i primi strumenti che permisero di indagare *in vivo* la morfologia degli organi interni del corpo umano fu la TAC. Le immagini scintigrafiche prodotte con una TAC hanno un alto grado di risoluzione spaziale e garantiscono quindi reperti significativi da un punto di vista diagnostico. Nella TAC il dato morfologico emerge in relazione ai diversi coefficienti di assorbimento della radiazione X da parte dei tessuti presenti nella scatola cranica.



Da TC CRANIO (esame diretto)

Nell'affrontare la discussione sulla valenza euristica del *neuroimaging* possiamo citare uno dei primi studi sul cervello fatti con la TAC, nel 1976³⁸. Questo venne realizzato su pazienti psichiatrici affetti da schizofrenia. Rispetto a un gruppo di controllo, i risultati tomografici evidenziarono differenze topografiche (i ventricoli cerebrali apparivano ingranditi). L'impiego di questa tecnica permise di concludere il percorso conoscitivo iniziato nell'Ottocento da Theodor Meynert. All'epoca gli strumenti di cui si avvaleva non gli avevano permesso di giungere ad una conclusione definitiva, perché non fornivano una visione strutturale di insieme per i cervelli analizzati³⁹. La tecnica di *neuroimaging*, con la possibilità di evidenziare l'insieme del cervello, offrì i dati che permisero di affrontare la correlazione fra sintomi e strutture neuronali.

³⁸ Nel 1976 lo studio fu condotto presso il *Clinical Research Centre* di Londra-Harrow dai ricercatori Eve Johnstone e Timothy Crow.

³⁹ Cfr. Shorter, 2000.

6. Conoscenze funzionali

Se le istanze conoscitive nei confronti del sistema nervoso centrale hanno avuto una presenza costante in medicina, diverse sono state le strade di acquisizione delle conoscenze ad esso relative. A partire dalla psichiatria biologica ottocentesca il percorso principe fu quello delle patologie e dell'analisi anatomica *post mortem*. Nel XX secolo si sono strutturati percorsi nuovi e diversi tra cui la possibilità dello studio della funzionalità *anche* non patologica *in vivo* e una acquisizione di dati più "completi" e significativi.

La qualità dei risultati di *imaging* ha portato ad ampliare e specificare una delle domande classiche nel campo della patologia mentale, relativa all'esistenza di correlati anatomici nella schizofrenia, facendo emergere con chiarezza come abbiamo visto, le possibilità euristiche di questo tipo di dati. Allo scopo di approfondire questa dimensione, qui di seguito viene analizzato uno studio – da considerare ormai *classico* – per la validazione di ipotesi funzionali nel linguaggio attraverso una delle tecniche di visualizzazione funzionale: la PET⁴⁰. Le prime ricerche sul linguaggio fatte da Broca⁴¹ e Wernicke⁴² hanno costituito la base per i successivi studi del linguaggio su basi neurali che hanno portato a classificare in modo sempre più articolato e specifico i relativi aspetti patologici⁴³.

In particolare Wernicke avanzò l'ipotesi che le funzioni cerebrali potessero essere trattate come strutture semplici e che le loro funzioni "complesse" derivassero da una loro connessione. Una specifica lesione avrebbe così danneggiato non tanto la funzione in sé

⁴⁰ Un settore di ricerca particolarmente significativo è costituito dai metodi di visualizzazione funzionale che permettono, grazie alle elevate caratteristiche di risoluzione spaziale e di contrasto, l'osservazione delle strutture profonde del cervello. La tomografia ad emissione di positroni – PET – viene usata per gli studi sulle funzioni cognitive e senso-motorie. Tramite PET si possono evidenziare le modificazioni locali del flusso sanguigno. Le immagini della attività cerebrale si ottengono "tracciando" modelli del flusso del sangue: quando in una parte del cervello aumenta l'attività, è lì che viene richiamato un maggior afflusso di sangue. La prova di questo emerse nel 1928 da studi compiuti su un paziente che dopo un'operazione chirurgica era rimasto senza calotta cranica, solo con il cuoio capelluto. Con lo stetoscopio fu possibile controllare che, mentre il soggetto era impegnato in un compito (lettura ad esempio), il flusso sanguigno aumentava. Quando il compito cessava, cessava anche il rumore collegato al flusso sanguigno. Il metodo di analisi della PET consiste nel contrassegnare il sangue (o il glucosio) con una "etichetta radioattiva" che consente di rilevare l'attività: il tracciante emette positroni che in interazione con gli elettroni del corpo, emettono raggi gamma rilevabili dalle apparecchiature. Un'altra tecnica di visualizzazione funzionale è la SPECT. Essa permette di misurare la perfusione cerebrale e il sistema recettoriale del Sistema Nervoso Centrale. I campi specifici di applicazione sono le malattie cerebrovascolari e quelle psichiatriche.

⁴¹ Broca, 1861, trovò una correlazione tra una lesione cerebrale (terzo posteriore della circonvoluzione frontale) e disturbi dell'articolazione del linguaggio, dimostrando così come una funzione intellettuale fosse legata ad una specifica area del cervello.

⁴² Wernicke, 1874, trovò una correlazione tra lesioni nel lobo temporale dell'emisfero sinistro e gravi deficienze a livello di comprensione del linguaggio (disturbi nella scelta corretta delle parole).

⁴³ Oggi la tassonomia delle afasie è ben più articolata rispetto ai due primi disturbi studiati e comprende: afasia di Broca (difficoltà a capire le frasi subordinate – implicante regole grammaticali); afasia di Wernicke (alterazione della capacità di comprensione e ripetizione); afasia di conduzione (alterazione della capacità di ripetizione e difetto di articolazione); afasia globale (perdita totale della comprensione); afasia transcorticale motoria (linguaggio non fluente); afasia transcorticale sensoriale (comprensione alterata).

quanto il sistema delle connessioni. Elaborò poi un modello di funzionamento del linguaggio.

Lo sviluppo delle conoscenze neurologiche portò successivamente a una concezione della funzionalità cerebrale più complessa rispetto alle prime ipotesi localizzazioniste. Nella concezione tradizionale si cercava infatti di ricondurre una funzione psichica ad un solo luogo, ad una sola struttura cerebrale.

Con i suoi studi sul linguaggio che si basavano sulle ipotesi linguistiche di Roman Jakobson, Aleksandr Luria sviluppò un nuovo modello – proponendo il concetto di “sistema funzionale”⁴⁴ – secondo il quale la funzione “emergeva” dalla interconnessione di aree corticali che svolgevano ognuna una funzione elementare.

“Sfruttando” le “nuove” possibilità di indagine offerte dalla PET, Marcus Raichle e Michael Posner⁴⁵ approfondirono questo “nuovo” concetto di sistema funzionale nel campo neurolinguistico.

Il quesito posto dai ricercatori aveva come punto di riferimento una ipotesi “storica” di base: lo schema proposto da Wernicke. In questo modello il processo linguistico attivato da parole *scritte* o *udite* era concepito sostanzialmente come seriale: dagli *input* sensoriali diversi (vista; udito) il messaggio passava ad un’area associativa, poi all’area di Wernicke (dove veniva associato al significato) e successivamente a quella di Broca (che determinava la produzione della parola). La struttura degli esperimenti sopra citati era tesa a visualizzare tramite PET i comportamenti linguistici analizzati da Wernicke: lettura, ascolto, elaborazione del significato. Raichle e Posner intendevano controllare la validità o meno dell’ipotesi funzionale di Wernicke. I risultati ottenuti confermarono solo in parte la primitiva ipotesi: gli *input* visivi se non integrati “in ingresso” dalla lettura o dalla loro pronuncia (canale uditivo), passavano “direttamente” all’area di Broca generando una risposta di eloquio. Gli *input* uditivi passavano invece all’area di Wernicke, dove venivano associati al significato e successivamente passavano all’area di Broca. I canali di *input* visivo e uditivo erano quindi diversi e afferivano a strutture cerebrali differenti. Raichle e Posner conclusero che le funzioni *leggere, ascoltare, riflettere sul significato* corrispondevano ad aree cerebrali diverse e potevano essere processate sia “in serie” che “in parallelo”⁴⁶. Questo risultato sperimentale confermò l’importanza del *neuroimaging* e permise di evidenziare la sua reale portata euristica. Possiamo dunque affermare che le ricerche di *imaging* su aspetti così fondamentali come le abilità cognitive concorrono a

⁴⁴ Cfr. Luria, 1967.

⁴⁵ Cfr. Posner, 1988.

⁴⁶ Cfr. Posner, 1988. Cfr. anche Kandell, 2007, p. 14.

definire non solo problemi altamente specifici ma anche concezioni sul cervello sempre più ampie e articolate⁴⁷ e che portano a considerare ogni funzione psichica come una complessa architettura neurale.

Come fa notare Eric Kandel:

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.⁴⁸

7. Discussione

Le riflessioni qui sviluppate ci conducono ad un inquadramento critico del *neuroimaging*. In primo luogo dobbiamo rilevare come non sia esaustivo parlare di questa metodologia conoscitiva riducendola solo ad aspetti “tecnologici”. In relazione ai quesiti che erano stati posti all’inizio sulla presenza di momenti di continuità e di innovazione si può affermare che queste dimensioni risultano ambedue consistenti. In effetti l’analisi storica ci ha condotto a riconoscere nelle istanze conoscitive del *neuroimaging* problemi e domande comuni a discipline che già nel corso del XIX secolo avevano iniziato ad affrontare lo studio del cervello su basi biologiche. Possiamo pertanto riconoscere al *neuroimaging* un diritto di appartenenza ad una tradizione di ricerca che oggi confluisce, in termini di singole discipline e di metodologie di ricerca, nell’ampio sistema delle neuroscienze. Al contempo, si possono riconoscere momenti specifici di innovazione. Un primo momento è relativo alla “potenza” del processo tecnologico. Questa deriva sia dalle caratteristiche tecniche delle macchine a disposizione sia dalla tecnologia di processo basata sui rapporti interdisciplinari fra operatori con specialità diverse e sulle procedure di controllo. Un secondo aspetto riguarda quella che possiamo definire la potenza euristica dei referti di *neuroimaging*, come abbiamo visto nelle ricerche citate.

Non ritengo comunque che la domanda epistemologica sul *neuroimaging* possa esaurirsi in relazione alle due dimensioni di “continuità” e “innovazione”. L’analisi sopra svolta ha condotto infatti a considerare epistemologicamente significativa la dinamica di correlazione fra gli interrogativi che le istanze di ricerca pongono o possono porre, e la tipologia di “risposte” tecnologico/processuali offerte attualmente dal *neuroimaging*.

⁴⁷ Lo schema oggi proposto si sviluppa su tre sistemi ben definiti: sistema di implementazione; sistema di mediazione; sistema concettuale. Per un approfondimento Cfr. Kandel, 2007.

⁴⁸ Kandel, 2007, p. 1162

Emerge così un quadro conoscitivo costituito da un impianto sistemico ampio al quale concorrono anche i due poli sopra evidenziati, ma che risulta essere ancora più “ricco” in termini di possibilità conoscitive.

Molti autori riconoscono che i percorsi conoscitivi offerti dalle tecniche di visualizzazione costituiscono praticamente un “ponte” fra discipline diverse che affrontano problematiche comuni ma che hanno statuti disciplinari diversi. Se si intende il concetto di ponte non tanto come momento legato all’utilizzo di una tecnologia condivisa, ma come un vero e proprio fattore conoscitivo, possiamo cogliere con più precisione la dimensione epistemologica del *neuroimaging*. Questo viene quindi assunto in tutte le sue dimensioni conoscitive – qui richiamate in termini di conoscenze e competenze – e inteso come parte costitutiva delle dinamiche concrete del lavoro di ricerca neuroscientifico.

Matteo Borri

Bibliografia

- Aglioti Salvatore M., Franco Fabbro (2006), *Neuropsicologia del linguaggio*, Bologna, Il Mulino.
- Bechtel William, Abrahamsen Adele, Graham George (2004), *Menti, cervelli, calcolatori. Storia della scienza cognitiva*, Roma-Bari, Laterza.
- Borri Matteo (2001), *Il gioco come "momento ermeneutico"*, Bari, Laterza.
- Boschi Filippo (1977), *Psicologia della lettura. Studi e ricerche sulle capacità del lettore abile e maturo*, Firenze, Giunti - Barbera.
- Boschi Filippo, Aprile Luigi, Scibetta Ida (1992), *Le parole e la mente. Studi e ricerche sullo sviluppo della competenza lessicale nel ragazzo*, Firenze, Giunti.
- Brodmann Konstantin (1909), *Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde in ihren Prinzipien dargestellt auf grund des Zeelenbaues*, Leipzig, Johannes Ambrosius Barth.
- Camaioni Luigi (2004), *La teoria della mente. Origini, sviluppo e patologia*, Roma-Bari, Laterza.
- Conforti Rosario (a cura di) (2006), *La psicoanalisi tra scienze umane e neuroscienze*, Salerno, Rubbettino.
- Ellenberger Henri F. (1976), *La scoperta dell'inconscio*, Torino, Bollati Boringhieri.
- Ferrier David (1876), *The Function of the Brain*, London, Smith Elder.

- Feyerabend Paul K. (2005), *Contro il metodo. Abbozzo di una teoria anarchica della conoscenza*, Milano, Feltrinelli.
- Foucault Michel (1998), *Nascita della clinica. Una archeologia dello sguardo medico*, Torino, Einaudi.
- Gall Franz Joseph (1822-23), *Sur les fonctions du cerveau et sur celles de chacune de ses parties*, Paris.
- Gazzaniga Michael S., Richard B. Ivry , George Mangun (2005), *Neuroscienze cognitive*, Bologna, Zanichelli.
- Grmek Mirko D. (1998), *Storia del pensiero medico occidentale. 3. Dall'età romantica alla medicina moderna*, Roma-Bari, Laterza.
- Groppo Mario, Antonietti Alessandro (1995), *Nuove teorie della mente*, Milano, Vita e Pensiero.
- Kandel Eric R., Schwart James H., Jessel Thomas M. (2007), *Principi di neuroscienze*, Milano, Casa Editrice Ambrosiana.
- Keel Othmar (2007), *La nascita della clinica moderna in Europa 1750-1815. Politiche, istituzioni e dottrine*, Firenze, Polistampa.
- Luciani Luigi, Seppilli Giuseppe (2002), *Le localizzazioni funzionali del cervello*, Firenze, Giunti.
- Luria Aleksandr R. (1967), *Le funzioni corticali superiori nell'uomo*, Firenze, Giunti.
- Mado Proverbio Alice, Zani Alberto (2000), *Psicofisiologia Cognitiva*, Roma, Carocci.
- Maffioli Lorenzo, Mazzuca Nicola, Bombardieri Emilio (2006), *Il libro bianco della Medicina Nucleare in Italia*, Associazione Italiana di Medicina Nucleare ed Imaging Molecolare.
- Meotti Franca (1971). "La nascita della psicologia scientifica", in Geymonat Ludovico (a cura di) *Storia del pensiero filosofico e scientifico V*, Milano, Garzanti.
- Meyer Johann Christoph Andreas (1779). *Anatomisch-physiologische abhandlung vom gehirn, Rückmark, und Ursprung der Nerven*. 4to. Berlin-Leipzig: Decker.
- Morabito Carmela (1996), *La cartografia del cervello. Il problema delle localizzazioni cerebrali nell'opera di David Ferrier, fra fisiologia, psicologia e filosofia*, Milano, Franco Angeli.
- Morabito Carmela (2007), *La mente nel cervello. Un'introduzione storica alla neuropsicologia cognitiva*, Roma-Bari, Laterza.
- Morselli Enrico, *Lezioni di psichiatria tenute per cura d'alcuni studenti*, Genova, Manoscritto.
- Morselli Enrico (1887-88), *Lezioni dettate dal Chiar. Prof. E. Morselli raccolte per cura degli*

studenti U. Filippa e C. Mussatti, Lit. F.lli Bertero.

- Morselli Enrico (1894), *Esame psicologico degli alienati*, Milano, Francesco Vallardi.
- Posner Michael I. , et al. (1988). "Localization of Cognitive Operation in the Human Brain." Science **240**: 1627-1631.
- Robins Robert H. (1997), *La linguistica moderna*, Bologna, Il Mulino.
- Shallice Tim (1990), *Neuropsicologia e struttura della mente*, Bologna, Il Mulino.
- Shorter Edward (2000), *Storia della Psichiatria*, Milano-Parigi-Barcellona, Masson.
- Telfener Umberta, Casadio Luca (a cura di) (2003), *Sistemica. Voci e percorsi nella complessità*, Torino, Bolalti Boringhieri.
- Thompson Richard F. (1997), *Il cervello. Introduzione alla neuroscienze*, Bologna, Zanichelli.
- Umiltà Carlo (1999), *Manuale di neuroscienze*, Bologna, Il Mulino.
- Young Robert M. (1970), *Mind, Brain and Adaptation in the Nineteenth Century*, Oxford, Clarendon Press.
- Zunini Giorgio (1972), *Psicologia*, Brescia, Morcelliana.